

**Bericht**

---

# **Möglichkeiten der Abwasserentsorgung im Wilhelmsburger Osten**

Bewertung bestehender Anlagen, Empfehlungen  
für eine zukünftige Abwasserentsorgung in dem  
Gebiet unter Berücksichtigung von Umwelt  
bedingungen und wirtschaftlicher Machbarkeit

Hamburg, 08.05.02

---

Prof. Dr.-Ing. Ralf Otterpohl  
Technische Universität Hamburg Harburg  
Arbeitsbereich Abwasserwirtschaft  
Eißendorfer Straße 42  
21073 Hamburg  
Tel.: 040/42878-3207; Fax: 040/42878-2684  
e-mail: otterpohl@tuhh.de

In Kooperation mit

OtterWasser GmbH  
Engelsgrube 81  
23552 Lübeck

## 1. Einleitung und Zielsetzung

Im Jahr 1998 wurde die Restbesiedlungsplanung durch die Hamburger Stadtentwässerung (HSE) abgeschlossen. Den zuständigen Behörden wurde verbindlich mitgeteilt, welche Straßenzüge aus Kostengründen von der Besiedlung ausgenommen werden. Für diese Gebiete, in denen vorwiegend unzureichende Abwasseranlagen vorhanden sind, müssen dauerhafte dezentrale Lösungen gefunden werden. Eines der betroffenen Gebiete befindet sich im Wilhelmsburger Osten zwischen Norder- und Süderelbe. Es handelt sich um etwa 200 Grundstücke.

Derzeitig besteht die Abwasserbehandlung und –entsorgung darin, dass von den meisten der betroffenen Haushalte Mehrkammergruben nach DIN 4261 Teil 1 oder abflusslose Sammelgruben betrieben werden. In einigen Fällen wurden vollbiologische Hauskläranlagen in Betrieb genommen und von der zuständigen Wasserbehörde, dem Bezirksamt Harburg, mit einer wasserrechtlichen Erlaubnis ausgestattet.

In dieser Studie soll die Siedlungsstruktur mit den bestehenden Abwasserbehandlungssystemen stichprobenartig erfasst und bewertet werden. Darüberhinaus werden weitere notwendige Informationen (mögliche Vorfluter, Gewässergüte, Flurabstände...) soweit möglich im Rahmen der Studie recherchiert.

Auf der Basis dieser Ergebnisse werden in einem zweiten Schritt Möglichkeiten der Abwasserentsorgung auf der Grundlage konventioneller und integrierter Entsorgungskonzepte erarbeitet. Unter Berücksichtigung der vorhandenen Strukturen, der Umweltbedingungen und einer überschlüssigen Kostenermittlung werden stimmige Abwasserkonzepte empfohlen.

Für das Betreiben einer derartigen dezentralen Lösung, die ab einer bestimmten Größe nicht mehr als Kleinkläranlage betrieben werden kann, wird eine für die Betreiber zweckmäßige Lösung vorgeschlagen.

## 2. Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet umfasst etwa 180 Grundstücke im Stadtteil Wilhelmsburg der Freien und Hansestadt Hamburg. Die Grundstücke liegen im östlichen Ausläufer der „Insel“ zwischen Norder- und Süderelbe und haben somit die charakteristische Ausprägung der flussnahen Marschengebiete.

Der anstehende Boden ist erwartungsgemäß sandig mit schluffigen Anteilen. Grundwasser steht in allen Bereichen sehr hoch an. Es muß damit gerechnet werden, dass der Flurabstand in den meisten Fällen weniger als 1 bis 1,5 Meter beträgt. Protokolle und Profile von Grundwassermessstellen bestätigen dies. Eine ganzjährige Untergrundverrieselung des gereinigten Abwassers ist in den meisten Fällen ausgeschlossen.

Das Gebiet ist durch eine lockere Siedlungsstruktur gekennzeichnet und von großen durch Gärtnereibetriebe genutzten Flächen geprägt. Blumen und Gemüse, vereinzelt auch Obst, werden sowohl auf großen Freilandflächen als auch in Gewächshäusern angebaut. Dazwischen liegen Brachflächen und Wiesen.



Abbildung 2-1 Am Moorwerder Hauptdeich

### **3. Aufnahme bestehender Hauskläranlagen und ihre Bewertung hinsichtlich der Reinigungsleistung und der wasserrechtlichen Zulässigkeit**

Nach Auskunft der für das Projektgebiet zuständigen Wasserbehörde, Bezirksamt Harburg, haben die im folgenden aufgeführten Grundstücke in Wilhelmsburg eine wasserrechtliche Erlaubnis und damit Bestandsschutz für vollbiologische Kleinkläranlagen.

- Q 3/91 Vogelhüttendeich 182, 21107 Hamburg
- Q 2/99 Vogelhüttendeich 150a, 21107 Hamburg
- V 5/92 Bullertweg 5 21109 Hamburg
- V 3/92 Finkenriek 50, 21109 Hamburg
- V 2/94 Am Weidengrund 10, 21109 Hamburg
- V 3/94 Goetjensorter Deich 33, 21109 Hamburg
- V 2/97 Goetjensorter Deich 1a, 21109 Hamburg
- V 1/98 Siedenfelder Weg 165,167, 21109 Hamburg
- V 4/00 Finkenriek 78, 21109 Hamburg
- W 1/93 Moorwerder Hauptdeich 28,29,30, 21109 Hamburg
- W 1/96 Moorwerder Osterdeich 12, 21109 Hamburg
- W 1/00 Moorwerder Hauptdeich 17, 21109 Hamburg
- W 2/00 Einlagedeich 66, 68 ( z.Z. wird eine wasserdichte Sammelgrube hergestellt, die vollbiologische Kläranlage zu einem späteren Zeitpunkt)

Die restlichen Häuser sind i.d.R. mit Mehrkammergruben ausgestattet. Mehrkammergruben alleine sind nach heutigem Stand der Technik als nicht mehr ausreichend zu bewerten. Eine Untergrundverrieselung kann als biologische Stufe verstanden werden, obschon sichere Erkenntnisse über die Abbauvorgänge im Boden nicht vorliegen. Die Ablaufqualität ist außerdem nicht kontrollierbar und erfahrungsgemäß werden Störungen nicht erkannt. In Hamburg ist eine wasserrechtlich Erlaubnis für ein solches System nicht möglich.

## **4. Ermittlung und Bewertung möglicher Abwasserentsorgungssysteme für das Projektgebiet**

### **4.1 Allgemeines**

Als Kleinkläranlagen werden Abwasserreinigungsanlagen definiert, deren maximaler Tageszufluß 8 m<sup>3</sup> Abwasser nicht überschreitet, bzw. an die nicht mehr als 50 Einwohner angeschlossen sind. Anlagen dieser Größe dürfen von den Grundstücksbesitzern, Betreibergemeinschaften oder anderen private Personen betrieben werden.

Kleinkläranlagen bestehen in der Regel aus zwei Behandlungsstufen, einer mechanischen Vorreinigung und einer biologischen Reinigungsstufe. In der mechanischen Vorreinigung werden ungelöste und feste Bestandteile des Abwassers abgeschieden, in der biologischen Stufe wird das vorgereinigte Abwasser aerob weiterbehandelt. Beide Behandlungsstufen sind als Einheit zu betrachten.

Die biologische Nachbehandlung kann durch die in Abbildung 4-1 aufgeführten Anlagen erfolgen.

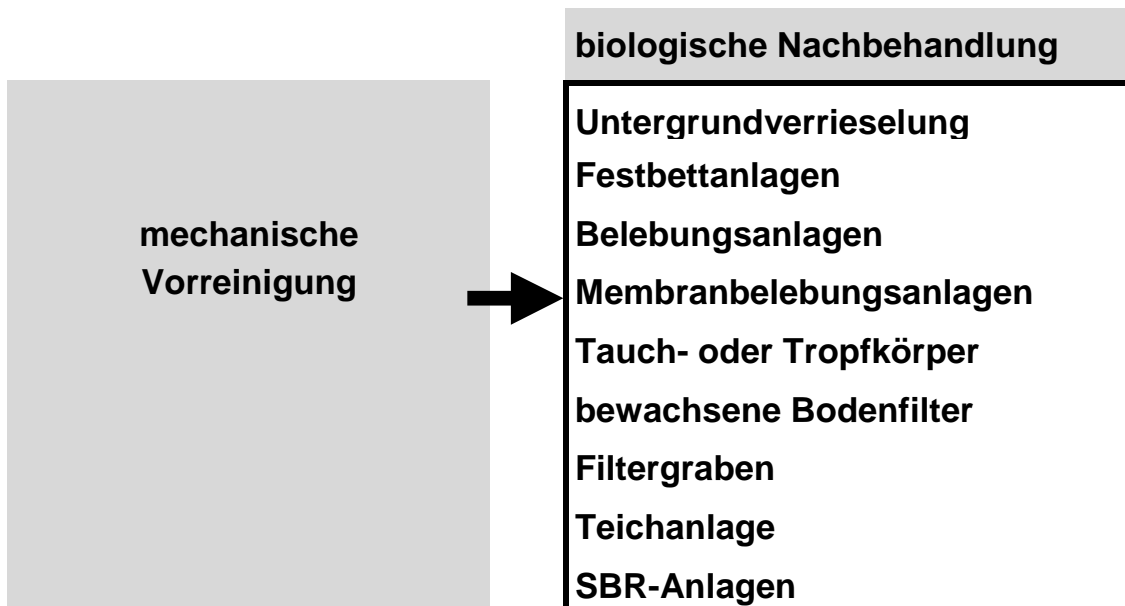


Abbildung 4-1 Mögliche biologische Stufen von Kleinkläranlagen

Neben den herkömmliche Kleinkläranlagensystemen, ist die Installation innovativer Sanitärkonzepte, mit Stoffstrommanagement und Wiedernutzbarmachung der Wertstoffe oft eine gangbare Alternative. Systemkomponenten alternativer Sanitärkonzepte sind:

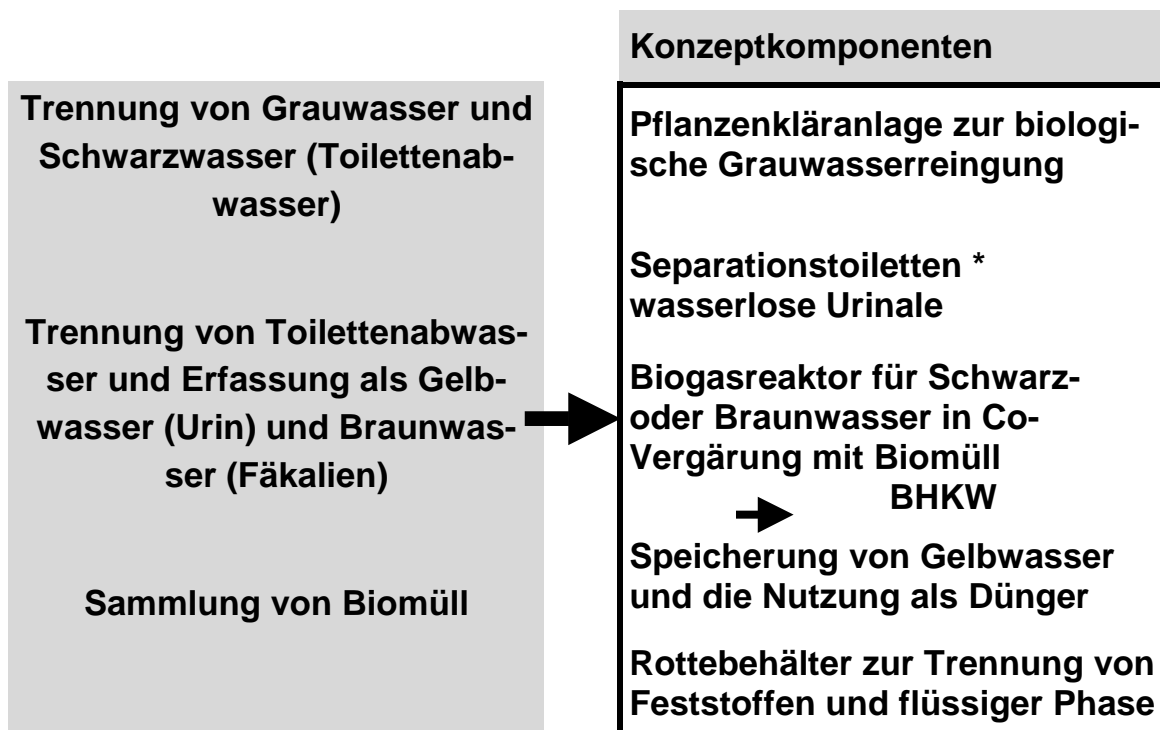


Abbildung 4-2 Bausteine innovativer Sanitärkonzepte

## 4.2 Übersicht über konventionelle Kleinkläranlagen

Im folgenden werden kurz die erwähnten Kleinkläranlagensysteme sowie praktikable Kombinationsmöglichkeiten für die Komponenten ökologischer Sanitärkonzepte aufgeführt und bewertet. Dabei wird zunächst die Mehrkammergrube als generelle Vorreinigungsstufe biologischer Kleinkläranlagen beschrieben.

### 4.2.1 Mehrkammergrube

Merkmal dieser Gruben ist die Unterteilung in verschieden große, miteinander verbundene Kammern, die alle vom Abwasser in horizontaler Richtung durchströmt werden. Dabei sedimentieren Fest- und Schwebstoffe.

Mehrkammergruben werden gemäß DIN 4261 entweder als Mehrkammerabsetzgruben (MKAG) oder als Mehrkammerausfallgruben (MKFG) ausgebildet. MKFG weisen aufgrund ihres größeren Absetzraumes eine höhere Schlammspeicherkapazität und damit wesentlich längere Aufenthaltszeiten des Abwassers auf (theoretisch etwa 10 Tage, im Vergleich zu MKAG mit einer theoretischen Aufenthaltszeit von etwa 2 Tagen).

In MKFG wird bedingt durch die langen Aufenthaltszeiten ein Teil der organischen Bestandteile in größtenteils anaeroben Prozessen abgebaut. Dabei entstehen energiereiche und klimarelevante Faulgase, die ungenutzt in die Atmosphäre gelangen.

Die Gruben allein sind hinsichtlich ihrer Reinigungsleistung bzgl. organischer Stoffe als nicht ausreichend zu bewerten. Nährstoffelimination findet kaum statt. In keinem Fall ist der Ablauf einer Mehrkammergrube direkt in ein Gewässer einleitbar.

### 4.2.2 Untergrundverrieselung

Nach der Vorreinigung in der Mehrkammergrube wird das Wasser flächenhaft im Untergrund verrieselt. Dabei erfolgt noch eine Reinigung durch sessile Organismen sowie Adsorption und Filterwirkung des Bodens.

Die Länge der unterirdischen Verteilerrohre richtet sich nach DIN 4261, Teil 1 nach der Aufnahmefähigkeit des Untergrundes. Zwischen den Rieselrohren und dem höchsten Grundwasserstand muss nach DIN 4261 in Mindestabstand von 60 cm gewährleistet sein, wohingegen die strengere österreichische ÖNORM mit einem Abstand von  $\geq 1,5$  m einen deutlich höheren Wert vorschreibt. Eine Einleitung in Oberflächengewässer ist auszuschließen.

### Reinigungsleistung

Untersuchungen im technischen Maßstab liegen nur für gut durchlässige Böden mit einem Flurabstand  $> 5$  m vor. Die Reinigungsergebnisse hinsichtlich CSB und  $BSB_5$  sind bereits nach 0,5 – 1 m Fließstrecke sehr gut. Nährstoffelimination findet allerdings nur unzureichend statt (RETTINGER, 1992; EBERS & BISCHOFBERGER, 1992). Die Mechanismen zum Abbau organischer Substanz laufen insbesondere in der Biofilmschicht ab, die sich direkt unterhalb der Sickerstränge mit einer Mächtigkeit von 30 bis 50 cm einstellt. Voraussetzung für gute Reinigungsleistungen ist ausreichend Sauerstoff im Makroporenraum.

Untersuchungen von EBERS & BISCHOFBERGER (1992) ergeben für alle gängigen Abwasserparameter außer Nitrat Wirkungsgrade von größer 90 % nach etwa 3 m Sickerstrecke. Denitrifikation findet demnach nicht oder erst unter anaeroben Verhältnissen im Grundwasser statt. In jedem Fall ist eine möglichst lange Sickerstrecke wichtig. Die Ergebnisse sind spezifisch für die Münchner Kies- und Schotterebene, wo die Untersuchungen durchgeführt wurden und nicht auf beliebige Verhältnisse und Böden übertragbar.

Für eine durch Marschen und hohe Grundwasserspiegel geprägte Gegend, wie Wilhelmsburg ist die Untergrundverrieselung auszuschließen.

### **Betriebssicherheit und Erfahrungen**

Es liegen kaum gesicherte Daten zur Betriebsdauer von Untergrundverrieselungen vor. Angaben über die hydraulische Leistungsfähigkeit variieren zwischen 5 und 20 Jahren (PÖNNINGER, 1964; ORTH, 1988). Zur Stabilität der Reinigungsleistung des Untergrundes können aufgrund fehlender Untersuchungen keine Aussagen gemacht werden.

In Untersuchungen wurde festgestellt, dass trotz Ausführung nach DIN und Stoßbeschickung der Verteilerrohre nur etwa 25-50% der Sickerstränge mit Abwasser beaufschlagt wurden (EBERS & BISCHOFBERGER, 1992), eine hydraulische Überbelastung mit zwangsläufigen Einbußen der Reinigungsleistung ist die Folge.

In jedem Fall entspricht die einfache Mehrkammergrube mit anschließender Untergrundverrieselung nicht mehr dem heutigen Stand der Technik. Daraus folgt, dass Verrieselungsanlagen ohne vorherige biologische Abwasserbehandlung aus technischer Sicht nicht eingesetzt werden dürfen.

Ein großer Nachteil der Untergrundverrieselung besteht in der mangelnden Kontrollierbarkeit der Anlagen. Einmal verlegt, gibt es keine Möglichkeit mehr, die Rieselrohre regelmäßig zu überwachen. Häufig wird nur ein geringer Teil der Rohre mit Abwasser beaufschlagt, Verstopfungen und Überlastung des Bodens sind die Folge.

**GENERELLE BEWERTUNG:** Die Abwasserreinigung mittels Untergrundverrieselung ist für das betrachtete Gebiet auszuschließen.

**BEWERTUNG GEMÄß HAMBURGER RECHTSLAGE:** In Hamburg sind Mehrkammergruben nach DIN 4361 Teil 1 nicht als Stand der Technik anerkannt und können somit nicht als Kleinkläranlagen zugelassen werden.

### **4.2.3 Belebungsanlagen**

Im Wasser schwebende, in Flocken aggregierte, aerobe Mikroorganismen reinigen das Abwasser. Künstliche Belüftung und intensive Durchmischung schaffen ein geeignetes Milieu für diesen „Belebtschlamm“. In der Nachklärung werden Organismen und Wasser durch Sedimentation getrennt und ein Teil des Schlammes wird zum Erhalt der Schlammkonzentration in das Belebungsbecken zurückgeführt. Überschüssiger Schlamm wird dem System von Zeit zu Zeit entzogen.

## Reinigungsleistung und Betriebssicherheit

In Belebungsanlagen findet ein Abbau organischer Stoffe und Nitrifikation statt. Bei intermittierender Belüftung wird ein Teil des entstandenen Nitrats auch denitrifiziert, dennoch findet eine Nährstoffelimination nur unzureichend statt. Nach [KUNST ET AL. 1998] liegt der Wirkungsgrad von Belebungsanlagen für CSB bei etwa 65 %, für BSB<sub>5</sub> bei etwa 80 %. Die Nitrifikationsleistung liegt bei etwa 50 %. In geringem Umfang wird auch denitrifiziert, so dass insgesamt eine etwa 30-%ige Stickstoffelimination erwartet werden kann.

Phosphatelimination findet nicht statt.

Belebungsanlagen sind stark technisierte Systeme und dementsprechend sehr störanfällig. Betriebsstörungen sind in aller Regel auf Probleme mit dem Belebtschlamm zurückzuführen und überwiegend nur von Fachpersonal zu beseitigen. Auch die Anpassung an die tatsächliche Belastung ist nur schwer vom Betreiber durchzuführen. Belebungsanlagen erbringen nur bei intensiver Kontrolle und Wartung eine stabile Reinigungsleistung.

Umfangreiche Untersuchungen aus der Schweiz [ZUMSTEIN & MEYER 1995] zeigen, dass Belebungsanlagen oft instabil arbeiten und im Vergleich mit anderen Kleinkläranlagen unbefriedigende Reinigungsleistungen erbringen. Als Ursachen werden die Anfälligkeit dieser Anlagen gegenüber Stoßbelastungen und Belastungsunterbrechungen, lange Einfahrzeiten und vor allem der hohe Wartungsbedarf der Anlagen angeführt.

Aus diesen Gründen wird vom LUA, NRW [1994] empfohlen, diese Art Anlagen nicht bei Anschlußgrößen kleiner 15 EW einzusetzen, um so eine einigermaßen gleichmäßige Belastung zu garantieren.

Die bei Belebungsanlagen notwendige häufige Wartung durch Fachpersonal resultiert in hohen Wartungskosten.

**BEWERTUNG:** Belebungsanlagen können für Einfamilienhäuser nicht empfohlen werden und sollten somit in dem betrachteten Gebiet nicht zum Einsatz kommen.

**BEWERTUNG GEMÄß HAMBURGER RECHTSLAGE** In der Hamburger Globalrichtlinie werden Belebungsanlagen einer Ausbaugröße von < 16 EW als nicht betriebstabil angesehen und daher in aller Regel von einer Erlaubnis ausgenommen.

### 4.2.4 Membranbelebungsanlage

Der Unterschied zu einer normalen Belebungsanlage besteht darin, dass die Nachklärstufe entfällt, weil das Klarwasser aus der Belebung nach Passieren einer Membran – und somit feststofffrei - abgezogen wird. Auf diese Weise können auch höhere TS-Gehalte in der Belebung erreicht werden und Betriebsprobleme, die sich in schlecht sedimentierendem Schlamm zeigen, haben keine Auswirkungen auf die Ablaufqualität.

Für Betrieb und Wartung gelten ähnliche Aussagen wie für herkömmliche Belebungsanlagen. Allerdings ist mit einem stabileren Betrieb zu rechnen.

Es ist festzustellen, dass es keine Langzeiterfahrungen mit dieser Art Kleinkläranlagen gibt, so dass zumindest anfänglich eine regelmäßige und relative häufige Überwachung und Wartung notwendig erscheint.



**BEWERTUNG:** Es liegen für Membranbelebungsanlagen noch keine Langzeiterfahrungen vor. Die angewandte Technik läßt aber einen relativ stabilen Betrieb erwarten und scheint für Kleinkläranlagen geeignet.

**BEWERTUNG GEMÄß HAMBURGER RECHTSLAGE:** In der Hamburger Globalrichtlinie werden Membranbelebungsanlagen weder ausgeschlossen noch mit konkreten Bemessungsvorgaben belegt.

#### 4.2.5 SBR-Anlage

Beim „sequencing-batch-reactor“ laufen verschiedene Prozesse der Abwasserreinigung diskontinuierlich in einem Behälter ab.

Die Vorgänge der biologischen Reinigung entsprechen denen der Belebungsanlage. Im Gegensatz zum klassischen Verfahren durchläuft das Abwasser nach der mechanischen Vorklärung die verschiedenen zur Reinigung notwendigen Phasen in einem Behälter. Das Abwasser wird im Belebungsbecken aufgestaut, intermittierend belüftet, biologisch gereinigt und sedimentiert.

SBR-Anlagen verlangen ebenso wie herkömmliche Belebungsanlagen einen hohen Wartungsaufwand. Die Technik ist relativ jung, so dass keinerlei Langzeiterfahrungen über Betriebsstabilität und Störanfälligkeit vorliegen, sie hat sich aber für die Nachrüstung von Kleinkläranlagen etabliert.

**BEWERTUNG:** Es liegen für SBR-Anlagen noch keine Langzeiterfahrungen vor. In Kläranlagen kleiner bis mittlerer Ausbaugrößen werden sie erfolgreich eingesetzt, was jedoch keinen Rückschluß auf ihre Betriebsstabilität in Kleinkläranlagen zulässt. Als Nachrüstsatz für Kleinkläranlagen haben sie sich dennoch inzwischen etabliert. In jedem Fall ist eine häufige Kontrolle und Wartung bei diesen technisierten Anlagen unerlässlich.

**BEWERTUNG GEMÄß HAMBURGER RECHTSLAGE:** SBR-Anlagen werden ähnlich wie Membranbelebungsanlagen nicht explizit berücksichtigt. Sie stellen aber technisch belüftete Kleinkläranlagen nach DIN 4261 Teil 1 dar. Es gelten wie bei allen anderen Kleinkläranlagen die Anforderung an eine stabile Denitrifikation.

#### 4.2.6 Festbettanlagen

Neben dem Belebungsverfahren mit seinen frei schwebenden Bakterienflocken steht in der Abwasserreinigung das Biofilmverfahren, bei dem feste Oberflächen (Tropfkörper, Tauchkörper, Nachrüstsätze für Mehrkammergruben) als Aufwuchsfläche für die Bakterien dienen. Auf dieser Aufwuchsfläche bildet sich ein Biofilm, der aus Wasser, Mikroorganismen, extrazellulärer polymerer Substanz (EPS), eingelagerten Partikeln und gelösten Stoffen besteht.

Die einfachste Art der **Aufrüstung alter Mehrkammergruben** zu biologischen Kleinkläranlagen, ist der nachträgliche Einbau von **Festbettmaterial** als Nachrüstsatz in die mittlere Kammer einer Grube. Häufig wird bei einem solchen nachträglichen Einbau aber nicht bedacht, dass dann die erste Kammer als alleinige Vorklärung nicht mehr ausreicht. Die Reinigungsleistung wird auf diese Weise erheblich beeinträchtigt.

Beim **Tropfkörperverfahren** siedeln sich die Bakterien an groben Füllstoffen mit großer Oberfläche (Schlacken, Kunststoffe...) an. Das vorgereinigte Abwasser wird mehrfach über das Tropfkörpermaterial geleitet. Durch das Bakterienwachstum nimmt die Dicke des Biofilms zu, die Spülwirkung des zulaufenden Abwasser bewirkt eine regelmäßige Abspülung von Teilen diese biologischen Rasens. Für einen störungsfreien Betrieb ist eine ausreichende Spülwirkung sicherzustellen. Zur Abscheidung des Bakterienschlammes ist eine Nachklärung erforderlich.

Beim **Tauchkörperverfahren** ist das Aufwuchsmaterial im Gegensatz zum Tropfkörperverfahren nicht ständig belüftet, sondern zeitweilig (rotierender Tauchkörper) oder ständig (mit Druckbelüftung) ins Wasser getaucht.

### **Reinigungsleistung und Betriebssicherheit**

In Untersuchungen von Richards [1995] und Stölting [1995] wurden Tropf- und Tauchkörper auf ihre Reinigungsleistung hin untersucht. Für Tropfkörper ergibt sich daraus übereinstimmend mit dem LUA NRW (1994), dass mehr als 85 % der untersuchten Anlagen einen Wert von 150 mg/l CSB einhalten. Die Nitrifikationsrate liegt übereinstimmend bei etwa 70 % und Phosphatabbau findet kaum statt [KUNST ET AL. 1998].

Bei **Tauchkörpern** scheinen die rotierenden Festbetten grundsätzlich eine bessere Reinigungsleistung aufzuweisen als die druckbelüfteten Festbetten. Hinsichtlich organischer Parameter weisen rotierende Tauchkörper eine höhere Wirksamkeit auf. Für die Stickstoffelimination wird von KUNST ET AL. (1998) ein Wirkungsgrad bzgl.  $N_{ges}$  von 41 % ermittelt. Ein Phosphatabbau wird weitestgehend ausgeschlossen.

Sowohl **Tauch- als auch Tropfkörper** sind wegen ihrer einfachen maschinentechnischen Einrichtung robust und betriebssicher, damit sind die Betriebskosten geringer als bei Belebungsanlagen. Für die Biomasse ist auch hier ein regelmäßiger Abwasseranfall notwendig, Stoßbelastungen können nur mittels großzügiger Dimensionierung und Rezirkulation aufgefangen werden.

**BEWERTUNG:** Tauch- und Tropfkörper bieten bei sachgerechter Handhabung und Wartung eine relativ stabile Reinigungsleistung. Eine weitgehende Nährstoffelimination wird bei normaler Bemessung mit diesen Anlagen nicht erreicht.

**BEWERTUNG GEMÄß HAMBURGER RECHTSLAGE** In der Hamburger Globalrichtlinie werden für Tauch- und Tropfkörper Bemessungsgrundsätze vorgeschrieben, die sich aus der in der Richtlinie vorgegebenen 70 %-igen Nährstoffelimination erklären. Für eine ausreichende Denitrifikation ist eine Rezirkulation vorzusehen. Auf der Grundlage der Bemessungsvorgaben sind beide Systeme wasserrechtlich zulässig.

#### **4.2.7 Bewachsene Bodenfilter**

Bodenfilter sind biologisch aktive Abwasserbehandlungsanlagen. Sie bestehen aus zum Untergrund hin abgedichteten Beeten, durch die das mechanisch gereinigte, feststofffreie Abwasser hindurchgeleitet wird.

Es gibt mehrere Regelwerke und Empfehlungen zur Dimensionierung von Bodenfiltern. Aufgrund der jahrelangen Erfahrung beim Bau und Betrieb von Bodenfiltern stehen heute Richtlinien (z.B. ATV A 262) zur Verfügung, die allgemein anerkannten Regeln und den Stand der Technik beschreiben.

In bewachsenen Bodenfiltern durchströmt das Abwasser nach einer Vorreinigung einen mit höheren Wasser- und Sumpfpflanzen (Schilf, Binsen, Rohrkolben u.a.) bestandenen Bodenkörper. Die Reinigungswirkung beruht auf mikrobiologischen, physikalisch-chemischen und pflanzenphysiologischen Vorgängen im System Pflanze - Boden.

Eine Differenzierung der verschiedenen Verfahren ergibt sich aus der Beschickungsart. In **horizontal durchflossenen Beeten** wird das Abwasser an der Stirnseite der Anlage eingeleitet und durchfließt das Beet in horizontaler Richtung. Horizontalfilteranlagen haben heute üblicherweise eine Auslegung von 5 – 10 m<sup>2</sup>/EW.

In **vertikal durchflossenen Beeten** wird das Abwasser intermittierend auf die Oberfläche des Beetes aufgebracht und durchströmt den Filterkörper in vertikaler Richtung. Das gereinigte Abwasser wird an der Bodensohle in Dränrohren aufgenommen und abgeleitet. Die einwohnerspezifischen Flächen liegen i.d.R. bei 2–5 m<sup>2</sup>/EW, im ATV-Arbeitsblatt A 262 werden mind. 2,5 m<sup>2</sup>/EW gefordert. Die aktuelle Diskussion lässt darauf schließen, dass dieser Bemessungswert in Zukunft wieder erhöht wird.

Unterschiede in den einzelnen Anlagen finden sich auch in der Art der Bepflanzung (Mono- oder Mischkulturen) in der Art des Bodensubstrates und in deren Aufbau (sandig-kiesige Böden, bindige Böden, Bodengemische). Während die Pflanzen für die Reinigung lediglich eine untergeordnete Rolle spielen (BAHLO & WACH, 1992; GELLER ET AL., 1992), scheint der verwendete Boden wichtigen Einfluss auf Reinigungsleistung und Nährstoffelimination der Anlage zu haben.

## **Wirkungsweise und Reinigungsleistung**

Die Reinigungsleistung Bewachsener Bodenfilter beruht auf einer Verflechtung komplexer physikalischer, biologischer und chemischer Prozesse, einem Zusammenwirken von Boden, Mikroorganismen, Pflanzen und Abwasser. Primäre Abbaumechanismen sind nach BÖRNER (1992):

- mechanischer Rückhalt suspendierter und disperser Stoffe durch die Filterwirkung des Bodens
- Adsorption
- Ionenaustausch
- Abbau und Umsetzung von Abwasserinhaltsstoffen durch Mikroorganismen
- Verwertung von Abwasserinhaltsstoffen zum Biomassenaufbau der Pflanzen

Vertikalfilterbeete sind im Vergleich zu Horizontalfiltern aufgrund der besseren Sauerstoffversorgung leistungsfähiger bzgl. Nitrifikation und Abbau organischer Substanzen. Es findet allerdings so gut wie keine Denitrifikation statt. Hohe Nitratblaufwerte sind die Folge. Eine Kombination von Vertikal- und Horizontalfiltern scheint eine gute Möglichkeit einer sehr weitgehenden Stickstoffelimination zu sein. Untersuchungen an 2 größeren Anlagen dieser Art

(150 bzw 300 EW) ergaben eine mittlere Nitrifikationrate von 80 % und eine Denitrifikationsrate von wiederum 80 % (PLATZER, 1997).

Die P-Elimination hängt in erster Linie vom eingesetzten Filtermaterial und nicht von der Verfahrensart ab. GELLER (1997) ermittelte gute  $P_{ges}$ -Ablaufwerte beim Einsatz von Sand und spezifischen Flächen von größer 10 m<sup>2</sup> pro Einwohner. Er empfiehlt den Einsatz von gepuffertem, carbonathaltigem Filtermaterial.

Dennoch kann der P-Rückhalt in Bodenfiltern nicht garantiert werden, häufig kommt es nach relativ kurzer Zeit zu einem Durchbruch und damit zu erhöhten Ablaufwerten.

## **Betriebssicherheit und Erfahrungen**

Im Gegensatz zu technischen Verfahren, z.B. der Belebung, sind die naturnahen Bodenfilter wenig technisiert und damit wenig störanfällig. Weiterhin sind sie vergleichsweise unempfindlich gegen stoffliche und hydraulische Stoßbelastungen. Bemessungsgrößen werden im ATV-Arbeitsblatt A 262 (5/2000) angegeben. Vertikalfilter sollten in jedem Fall intermittierend beschickt werden, um so den Sauerstoffeintrag in den Bodenkörper und damit die Nitrifikationsleistung zu erhöhen.

Das Bodensubstrat muss verschiedenen Kriterien genügen. Feinkörniges Material mit Tonanteilen bietet mehr Ionenaustauscherplätze und den Mikroorganismen größere Aufwuchsflächen, erhöht aber die Gefahr der Kolmation beträchtlich. Aus Gründen der Betriebssicherheit ist also für Vertikalfilter mittel- bis grobsandiges oder sandig-kiesiges Bodensubstrat gewählt werden.

Die Lebensdauer ausreichend groß bemessener Anlagen mit grobkörnigem Material wird von GELLER (1995) mit vielen Jahren bis Jahrzehnten angegeben, wobei mit konstanten Reinigungsleistungen zu rechnen ist.

**BEWERTUNG:** Pflanzenkläranlagen bieten als low-tech-Anlagen eine sehr hohe Betriebssicherheit. Mit Verfahrenskombinationen von Vertikal- un Horizontalfilteranlagen kann eine gute Stickstoffelimination erreicht werden. Phosphorelimination ist mit großen Unsicherheiten behaftet.

**BEWERTUNG GEMÄß HAMBURGER RECHTSLAGE:** Aus der Hamburger Globalrichtlinie werden Zweifel an dem System deutlich. Bewachsene Bodenfilter werden nur in Ausnahmefällen zugelassen. Wie bei allen anderen Systemen muß in jedem Fall eine 70 %-ige Stickstoffelimination gewährleistet werden.

### **4.2.8 Filterkörper, Filtergraben und Sandfiltergraben**

Gemäß DIN 4261 bestehen Filtergräben aus Grobsand oder Feinkies, die Tiefe sollte 1,25 m, die Filterhöhe 0,6 m, die Breite 0,5 m und die Länge 6m/E nicht unterschreiten. Die Reinigung erfolgt durch sessile aerobe und anaerobe Mikroorganismen am umströmten Aufwuchsmaterial, durch Adsorption am Sand und durch die Filterwirkung.

Der Filtergraben z.B. nach RENNER, unterscheidet sich vom DIN-Aufbau durch den Zweischichtenaufbau und den größeren Abstand des Zu- und Ablaufdräns. Nach DIN entsteht ein Filterbeet, wenn die Sickerrohre auf 1 m Abstand zusammenrücken. Beim Filterbeet nach NEDDENS handelt es sich um ein hochliegendes, abgedichtetes Beet (2-4 m<sup>2</sup>/E), Filterhöhe

80-90 cm, Material: Sand 0-8 mm. Auf halber Fließstrecke werden Belüftungseinheiten angeordnet.

Nach DIN bemessene Filtergräben weisen eine unbefriedigende Reinigungsleistung und eine hohe Anfälligkeit gegenüber Stoßbelastungen auf. Demgegenüber lassen sich mit optimierten Sandfiltern die erhöhten Anforderungen hinsichtlich der organischen Parameter einhalten. Eine Nitrifikation wird in der Größenordnung von 50-70 % erreicht. Denitrifikation und Phosphorelimination sind systembedingt sehr gering.

Probleme hinsichtlich der Betriebssicherheit ergeben sich lediglich durch die Verstopfungsgefahr der Rieselrohre und des Bodens. Ansonsten sind Sandfilteranlagen nach bisherigem Kenntnisstand relativ betriebsstabil. Allerdings liegen keine Langzeiterfahrungen hinsichtlich Kolmation und Verstopfung vor.

#### **BEWERTUNG GEMÄß HAMBURGER RECHTSLAGE:**

Im Gebiet der Hansestadt Hamburg sind diese Art Kleinkläranlagen nicht zulässig

#### **4.2.9 Abwasserteich**

Das vorgereinigte Abwasser wird am Boden eines Abwasserteiches von sessilen, anaeroben und in der Freiwasserzone von freischwebenden, aeroben und anaeroben Organismen gereinigt. Die Belüftung erfolgt wie in natürlichen Gewässern über die Wasseroberfläche und Photosynthese, die Umwälzung durch Temperatur- und Windeinflüsse.

Abwasserteiche zeichnen sich durch eine hohe Stabilität der Ablaufwerte aus.

Zu betrieblichen Problemen kommt es daher lediglich durch Algenabtrieb und gelegentliche Geruchsemissionen. Ein ausreichender Abstand zwischen Wohngebäuden und Teichanlage sollte daher gewährleistet sein. Ein Kiesfilter vor dem Ablauf kann den Algenabtrieb vermindern. Eine Umzäunung des Teichgeländes ist unbedingt erforderlich.

Teiche haben einen sehr großen Platzbedarf und erfordern regelmäßige Überwachung und Wartung. Eine Optimierungsoption für Teichkläranlagen ist die Kombination mit Bewachsenen Bodenfiltern, hier können Teiche sowohl als Sedimentationseinheit vorgeschaltet als auch zur Schönung nachgeschaltet werden.

#### **BEWERTUNG GEMÄß HAMBURGER RECHTSLAGE:**

Im Gebiet der Hansestadt Hamburg sind Abwasserteiche nicht zulässig

### **4.3 Gesamtbewertung konventioneller Kleinkläranlagen**

Die konventionelle Abwassertechnik setzt auch in ihrer dezentralen Form mit der Behandlung des Abwasser an einer Stelle an, an der eine Rückgewinnung der verwertbaren Inhaltsstoffe sowie des Wassers kaum mehr möglich ist. Konventionelle Abwassersysteme behandeln den gesamten und hochverdünnten Abwasserstrom. Das hat neben einem enorm hohen Reinigungsaufwand zur Folge, dass eine vollständige Reinigung vor allem hinsichtlich einer Nährstoffelimination nicht möglich ist.

Für Kleinkläranlagen ist gesetzlich i.d.R. keine Nährstoffelimination gefordert, hier findet in aller Regel lediglich eine Nitrifikation, also der Umbau von Ammonium zu Nitrat statt. Phosphatabbau findet nicht gezielt statt.

Dennoch stellen Kleinkläranlagen gerade in dünn besiedelten Gebieten im Vergleich zum zentralen Anschluss eine vor allem aus wirtschaftlicher Sicht sinnvolle Alternative dar.

Unter den verschiedenen Kleinkläranlagentypen lassen sich deutlich Unterschiede hinsichtlich ihrer Betriebssicherheit und Reinigungsleistung erkennen. Für alle Anlagen gilt aber, dass sie in aller Regel keine Nährstoffelimination gewährleisten können.

#### **BEWERTUNG NACH HAMBURGER RECHTSLAGE:**

In Hamburg wird auch für Kleinkläranlagen eine 70%-ige Stickstoffelimination vorgeschrieben. Das bedeutet, dass eine stabile Denitrifikation gewährleistet sein muß. In der Hamburger Globalrichtlinie werden die Voraussetzungen für eine wasserrechtliche Zulässigkeit genannt. Kleinkläranlagen nach DIN 4261 Teil 1 sind nach Hamburger Gesetz nicht zulässig. Ebenso werden Filtergräben und Abwasserteiche von einer Erlaubnis ausgeschlossen.

Kleinkläranlagen nach DIN 4261 Teil 2 sind zulässig, sofern gewährleistet ist, dass sie eine stabile Denitrifikation gewährleisten. Sie müssen deshalb auf eine interne Rezirkulation bemessen werden.

Bewachsene Bodenfilter (Pflanzenkläranlagen) sind auch nach Hamburger Recht zulässig. Auch hier gilt, dass eine 70%-ige Denitrifikation erreicht werden muß. Rezirkulation oder andere bauliche Maßnahmen (Kombination von Vertikal- und Horizontalfilter) und eine entsprechende Bemessung der Anlage sind vorzusehen.

## **4.4 Stoffstromtrennung**

Neben den konventionellen Systemen dezentraler Abwasserreinigung wie sie oben beschrieben wurden, gibt es alternative Konzepte, die auf Überlegungen zum Stoffstrommanagement und der Schonung und Rezirkulation von Ressourcen basieren.

Der Abwasserstrom besteht analog zum Müll aus Teilströmen unterschiedlicher Qualität. Die Kenntnis über die Zusammensetzung dieser Teilströme sowie die Erkenntnis über die Schwierigkeiten der Behandlung hochverdünnten vermischten Abwassers führten zur Wiederentdeckung und Weiterentwicklung ökologischer Sanitärkonzepte.

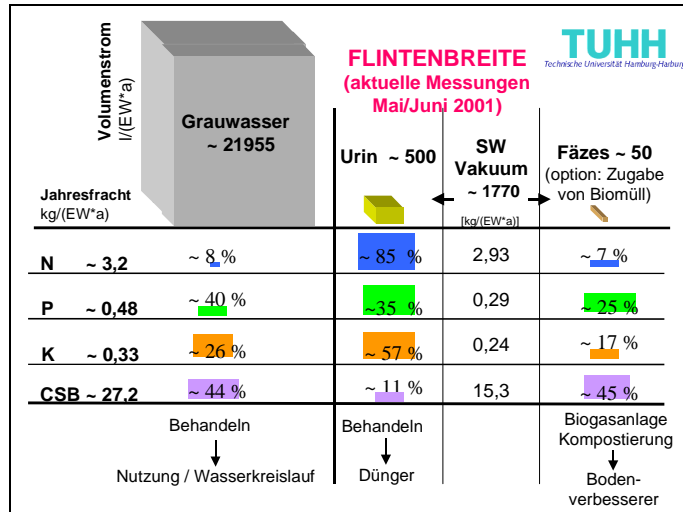


Abbildung 4-3: Qualität der Abwasserteilströme, aktuelle Messungen in der Flintenbreite

#### 4.4.1 System Flintenbreite

Die „ökologische Wohnsiedlung Flintenbreite“ ist ein Beispiel für die Umsetzung eines integrierten Sanitärkonzeptes, bei dem das Abwasser in Teilströmen getrennt gesammelt, abgeleitet und separat behandelt wird. Das gereinigte Wasser, sowie die anfallenden Nährstoffe werden dem regionalen Kreislauf wieder zugeführt.

In den Häusern werden **Schwarzwasser** aus Toiletten und **Grauwasser** aus Küche, Bad und Waschmaschine in getrennten Leitungen erfasst und unterschiedlichen Behandlungen zugeführt. Das Regenwasser von den versiegelten Flächen wird vor Ort in Versickerungsmulden versickert.

Das Grauwasser aus Haushalten ist größtenteils organisch belastet und kann mit einer relativ einfachen biologischen Reinigung zu sehr guter Qualität aufgereinigt werden. In der Flintenbreite werden hierfür vertikal beschickte bewachsene Bodenfilter eingesetzt (s.o.). Der gereinigte Ablauf der Anlagen wird in einen naheliegenden Bach geleitet.

#### Das Schwarzwasser

Die meisten Nährstoffe (N, P, K) befinden sich im Schwarzwasser und hier insbesondere im Urin, dem volumenmäßig kleinsten Strom des Abwassers.

Statt herkömmlicher Spültoiletten sind in der Siedlung Vakuumtoiletten installiert (ähnlich den aus Flugzeugen und Bundesbahn bekannten). Auf diese Weise werden die Inhaltsstoffe des Schwarzwassers nur gering verdünnt (~ 0,7 l/Spülung). Der Transport zur zentralen Vakuumstation im Gemeinschaftshaus gelingt durch Unterdruck im Leitungsnetz. Im Gemeinschaftshaus wird dann der siedlungseigene Biomüll dem Schwarzwasser zugegeben. Das Gemisch wird bei 55°C hygienisiert, und anschließend in einer Biogasanlage vergoren. Hier entsteht Biogas, das in einem Blockheizkraftwerk zur Erzeugung von Wärme für die Siedlung genutzt wird. Der Gärrest wird von Landwirten aus der näheren Umgebung als Flüssigdünger abgenommen.

## Das Grauwasser

Die Entwässerung im Haus erfolgt auf gleiche Art und Weise wie in konventionell ausgestatteten Häusern über Freigefälleleitungen. In 3 vertikal durchströmte Pflanzenkläranlagen werden die organischen Inhaltsstoffe weitgehend abgebaut. Das schwierigere Problem der Nährstoffelimination in den Pflanzenbeeten ist weitestgehend durch die Separierung des Schwarzwassers entschärft. Das gereinigte Grauwasser wird zum Teil versickert, zum Teil wird ein Teich zusätzlich gespeist und als Überlauf wird in ein nahes Oberflächengewässer genutzt.

## Das Regenwasser

Der Regen fließt von den Dachflächen über Falleleitungen in oberirdischen Ableitungsrinnen. Diese Rinnen führen in offene Grasmulden, die das Regenwasser speichern und anschließend versickern lassen. Auf den Geräte- und Fahrradschuppen sind Grasdächer vorgesehen, um den Abfluss zu verringern. Somit wird das Regenwasser im ortsnahen Kreislauf gehalten.

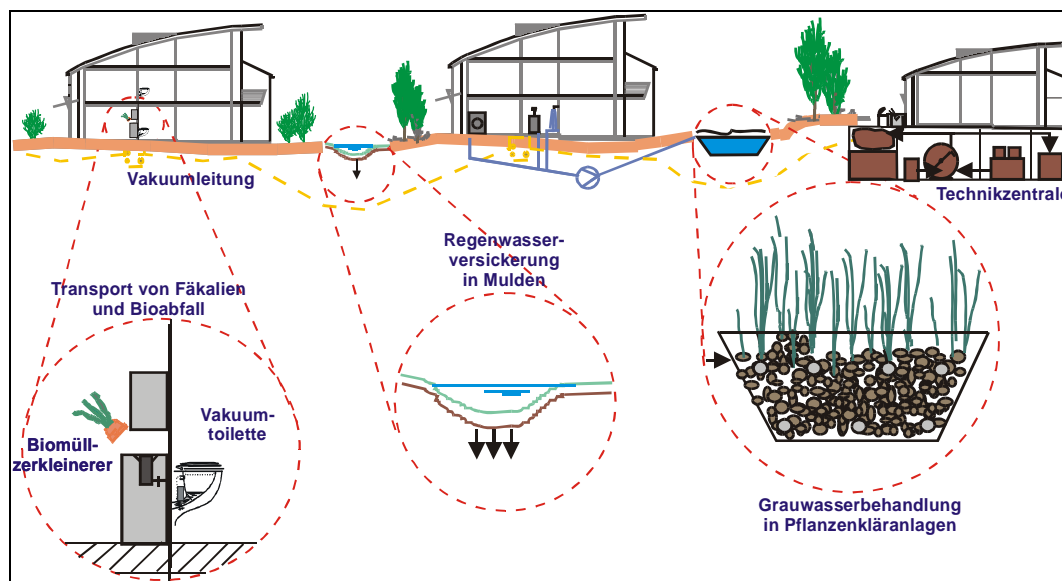


Abbildung 4-4 Stoffstrommanagement in der Flintenbreite in Lübeck

### 4.4.2 Stoffstromtrennung System Lambertsmühle

Die Lambertsmühle, eine Wassermühle im Wiembachtal, steht unter Denkmalschutz. Sie wird zur Zeit zu einem Museum umgebaut, das zukünftig den Weg "Vom Korn zum Brot" anschaulich darstellen soll.

Durch die Restaurierung der Gebäude wurde auch eine Sanierung des Abwassersystems erforderlich. Bisher wurden alle Abwässer der Lambertsmühle in einer abflusslosen Grube gesammelt.



Das neu erarbeitete Abwasserkonzept der Lamberts-mühle stellt einen wichtigen Schritt in Richtung nachhaltiger Wasser- und Abwasserwirtschaft im ländlichen Raum dar. Durch die Trennung des häuslichen Abwassers in Teilströme und die Wiederverwertung von Nährstoffen als Dünger kann der Nährstoffkreislauf geschlossen werden. Dieser geschlossene Kreislauf beinhaltet nicht nur "Vom Korn zum Brot" – das Motto des Museums Lamberts-mühle - sondern auch umgekehrt wieder den Schritt "Vom Brot zum Korn".



Abbildung 4-5 Lamberts-mühle in Burscheid mit im Bau befindlicher Pflanzenkläranlage im Vordergrund

Das hier angewandte Abwasserkonzept ist für Einzelhäuser und kleinere Siedlungen geeignet. Für dieses Einsatzgebiet kann es ein kostengünstiges und wartungsarmes System darstellen. Separierende Toiletten ermöglichen die getrennte Erfassung und Ableitung von Urin und Fäkalien als Gelbwasser bzw. Braunwasser. Das Gelbwasser wird über eine gesonderte Leitung abgeleitet und in einem Gelbwasserspeicher bis zur Abfuhr und Nutzung in der Landwirtschaft gelagert.

Das Braunwasser wird ebenfalls separat abgeleitet und einem Rottebehälter (Kompostfilter) zugeführt. Hier findet eine Vorkompostierung der Fäkalien statt. Nach einer einjährigen Ruhephase wird das Rottegut aus dem Rottebehälter entnommen und auf einem Kompostplatz zusammen mit Bioabfall aus Küche und Garten nachkompostiert. Der reife Kompost kann zur Gartenpflege eingesetzt werden und stellt einen Humusdünger mit langanhaltender Düngewirkung dar. Das bei der Fäkalientwässerung im Rottebehälter anfallende Wasser (Filtrat) ist aufgrund der Urinseparation nährstoffarm, da die gelösten Nährstoffe größtenteils im Urin vorliegen. Das Filtrat kann deshalb in der Grauwasseranlage mitbehandelt werden.

Das Grauwasser wird in einem Sedimentationsbecken vorgereinigt und anschließend zusammen mit dem Filtrat aus dem Rottebehälter zur vertikal durchströmten Pflanzenkläranlage gepumpt. Das gereinigte Wasser kann dann, je nach Bedarf und örtlichen Verhältnissen

in die örtliche Vorflut eingeleitet, versickert oder zur Bewässerung im Garten eingesetzt werden.

Die Grauwasserbehandlung ist auch mit anderen Abwasserbehandlungssystemen möglich. Pflanzenkläranlagen zeichnen sich durch den Vorteil eines geringen Energieverbrauchs und bei richtiger Konstruktion eines geringen Wartungsaufwandes aus.

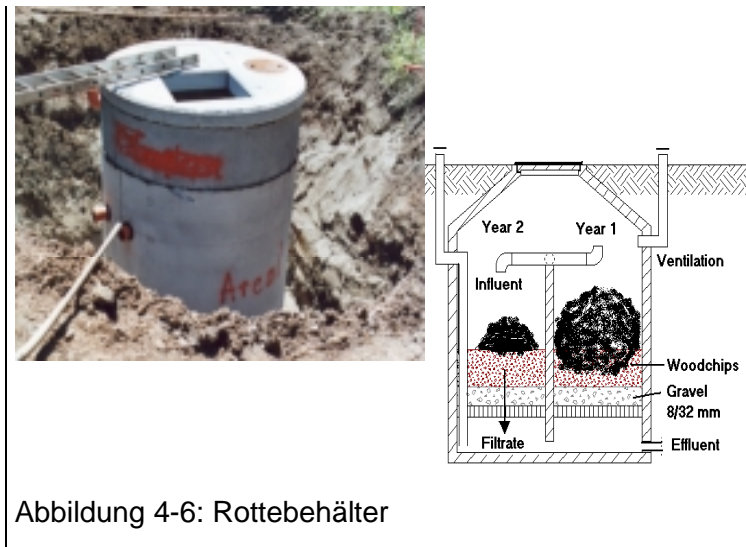


Abbildung 4-6: Rottebehälter



Abbildung 4-7 Gelbwasserspeicher

Tabelle 4-1 stellt diese Elemente mit ihrer Anlagenfunktion in einer Übersicht dar.

Tabelle 4-1 Systemkomponenten der Abwasserbehandlung und ihre Funktion in der Lambertsühle

Element	Funktion
Wasserfreie Urinale	Erfassung des unverdünnten Urins (optional)
Separierende Toiletten	Erfassung gering verdünnten Urins Erfassung gering verdünnter Fäkalien
Gelbwasserspeicher	Sammlung und Lagerung des Gelbwassers
Rottebehälter	Sammlung und Kompostierung des Dickstoffanteils aus den verdünnten Fäkalien Abtrennung der Feststoffe
Gartenkompost	Nachkompostierung des vorkompostierten Dickstoffanteils aus dem Rottebehälter gemeinsam mit Küchenabfällen und Gartenschnitt
Vorklärung	mechanische Vorklärung des Grauwassers
Pflanzenkläranlage	Reinigung des vorgeklärten Grauwassers und Filtrats

Das hier vorgestellte Konzept kann je nach Randbedingungen auch anders aufgebaut werden. Besonders interessant ist die Einbeziehung in die regionale Planung. Mit dem Instrument des Least-Cost-Planning kann eine für die gesamte Region besonders kostengünstige Lösung mit sukzessivem Einstieg in zukunftsfähige Systeme gefunden werden. In jedem Falle sind die Hintergründe und Motivationen den betroffenen Bewohnern darzustellen, um eine gute Akzeptanz zu erreichen.

## 5. Rechtliche Anforderungen und Stand der Technik

Vor dem Einleiten von weitgehend gereinigtem Abwasser in das Gewässer ist nach § 2, Abs. 1, WHG für diese Benutzung des Gewässers eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich. Einleitung in Grund- und Oberflächengewässer sind nach § 3, WHG Benutzungen und bedürfen somit der behördlichen Erlaubnis nach § 7 WHG. Aufgabe der zuständigen Wasserbehörde ist es, abzuwägen, ob an die Einleitung gereinigten Abwassers besondere Anforderungen zu stellen sind und dementsprechend Vorgaben für die zur Abwasserreinigung vorzusehenden Anlagen zu machen.

Grundsätzlich müssen auch dezentrale Systeme zur Abwasserreinigung dem Stand der Technik entsprechen. Hierzu wird in §7a, Abs.5 WHG ausgeführt:

(5) Stand der Technik im Sinne des Absatzes 1 ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung von Emissionen in Luft, Wasser und Boden, zur Gewährleistung der Anlagensicherheit, zur Gewährleistung einer umweltverträglichen Abfallentsorgung oder sonst zur Vermeidung oder Verminderung von Auswirkungen auf die Umwelt zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt gesichert erscheinen lässt.

### Hamburger Globalrichtlinie D1/99

Die Globalrichtlinie D1/99 der Umweltbehörde Hamburg ist Grundlage für alle Erlaubnisverfahren für Kleinkläranlagen <150 EW und Direkteinleitungen in Oberflächengewässer.

In der Richtlinie werden die Anforderungen an Reinigungsleistung und Überwachungsintervalle für Kleinkläranlagen festgelegt. Für Gebiete, in denen auch langfristig nicht mit einem Anschluss an das zentrale Kanalnetz zu rechnen ist gelten demzufolge die in Tabelle 5-1 aufgeführten Werte für Stichproben.

Nachzuweisen ist eine weitestgehende Nitrifikation und eine stabile Denitrifikation mit einer mindestens 70%-iger Stickstoffelimination.

Tabelle 5-1 Anforderungen an Kleinkläranlagen (Globalrichtlinie D1/99)

	Bis 50 EW	50-150 EW
CSB [mg/l]	90	75
BSB <sub>5</sub> [mg/l]	20	15
NH <sub>4</sub> -N [mg/l]	10	10
N <sub>ges anorg</sub> [mg/l]	25	18

Die Richtlinie sieht weiterhin eine regelmäßige Eigenüberwachung vor, wobei eine wöchentliche Sichtkontrolle aller Anlagenteile verlangt wird. Außerdem wird für technische Anlagen eine vierteljährliche Wartung der Anlage durch eine Fachbetrieb vorgeschrieben.

Zur Einhaltung der in der Globalrichtlinie dargestellten Anforderungen werden in der Vollzugshilfe 1 zur Globalrichtlinie die in der DIN 4261 Teil 2 genannten biologischen Kleinkläranlagen mit technischer Abwasserbelüftung aufgeführt. Wasserrechtlich zulässig sind auch

bewachsene Bodenfilter. Alle Anlagen müssen konstruktiv so ausgeführt werden, dass eine stabile Denitrifikation gewährleistet ist.

Abwasserteiche, Mehrkammergruben und Filtergräben sind unzulässig. Wasserrechtliche Erlaubnisse werden für diese Anlagen in Hamburg nicht mehr erteilt.

## **6. Ermittlung der Bau- und Betriebskosten der möglichen Entsorgungskonzepte**

### **6.1 Allgemeines**

Die vergleichende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die Möglichkeiten der dezentralen Abwasserentsorgung im Wilhelmsburger Osten werden unter Verwendung der "Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien)" der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (1998) durchgeführt.

Es werden basierend auf einer Abschätzung der Investitions- und laufenden Kosten unter der Berücksichtigung von Reinvestitionen im Laufe des Betrachtungszeitraums Projektkostenbarwerte errechnet und miteinander verglichen. Dieser Vergleich ermöglicht eine erste Einschätzung der Wirtschaftlichkeit von Projektalternativen, die in einem zweiten Bearbeitungsschritt detaillierter untersucht werden müssen.

## Allgemeine Annahmen

Für die Erstellung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wird von folgenden – für alle Varianten identischen Grundannahmen ausgegangen:

Betrachtungszeitraum des Projekts:	50 Jahre
Realzinssatz	3 %
Preissteigerung:	0,0 %/a
(keine Preissteigerung bei laufenden Kosten)	
Angenommener Wasserverbrauch	120 l/(Pers. *d)

Anhand des vorliegenden Kartenmaterials und der Besichtigung des Gebiets wurden die Grundstücke identifiziert. Bei manchen Grundstücken war nicht klar erkennbar, welche Gebäude als Wohngebäude, als Nutzgebäude oder für beide Zwecke genutzt werden.

Da es sich bei der Bebauung im Wilhelmsburger Osten im wesentlichen um Einfamilienhausbebauung handelt, wird im Weiteren davon ausgegangen, daß je Grundstück ein Wohngebäude mit einer durchschnittlichen Belegung von 4 ständigen Bewohnern je Wohneinheit vorhanden ist.

Insgesamt fallen in das Betrachtungsgebiet

182 Grundstücke,

von denen bereits 7 mit einer biologisch arbeitenden Kleinkläranlage ausgerüstet sind.

Die biologischen Kleinkläranlagen sind nach Angaben des Bezirksamts Harburg überwiegend Tropfkörperanlagen, die die geforderten Grenzwerte hinsichtlich der Parameter CSB, BSB<sub>5</sub>, ges. N<sub>anorg.</sub> und NH<sub>4</sub>-N überwiegend einhalten.

Es sind nunmehr noch 175 Grundstücke nachzurüsten – auf diese Anlagen bezieht sich die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung.

Der Zustand der Mehrkammergruben ist unterschiedlich. Diese Gruben sind teilweise über 40 Jahre alt und können als sanierungsbedürftig eingeschätzt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wird für die mechanische Vorreinigung folgende Verteilung der Sanierungsbedürftigkeit angenommen:

Guter Zustand (kein Sanierungsbedarf):	20 %
Mittelmäßiger Zustand (Sanierung der bestehenden Grube erforderlich)	30 %
Schlechter Zustand (Neubau der Grube erforderlich)	50 %

Da die Beurteilung der Anlagen auf den zur Verfügung stehenden Informationen erfolgte, deren Bestandteil keine intensive Begutachtung und Aufnahme des Zustands aller Anlagen war, muß diese Annahme durch eine Begehung aller Grundstücke verifiziert werden.

Es wird daher für alle Varianten mit Mittelwerten gerechnet, die dann grundstückbezogen in die Rechnungen einfließen.

## 6.2 Varianten

Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden drei Varianten untersucht:

### Variante 1:

Hauskläranlagen

Jedes Grundstück erhält eine eigenen Hauskläranlage und ist für die Errichtung und den ordnungsgemäßen Betrieb verantwortlich. Bei dieser Variante ist die Zuständigkeit und Verantwortlichkeit für jede Anlage klar geregelt.

### Variante 2:

Hauskläranlagen auf der Grundstücksgrenze

Die Hauskläranlagen werden auf der Grundstücksgrenze für jeweils zwei Häuser errichtet. Jeder der beiden Eigentümer erhält somit eine Hälfte der Behandlungsanlage auf seinem Grundstück. Hier sind vertragliche Regelungen bzgl. der Eigentumsregelungen und Grunddienstbarkeiten erforderlich. Für den Betrieb ist ein Verantwortlicher der beiden Parteien zu benennen.

### Variante 3:

Gruppenkläranlagen

Die Grundstücke werden sinnvoll zusammengefaßt und das Abwasser Gruppenkläranlagen zugeführt. Diese Gruppenkläranlagen reinigen das Abwasser mehrerer Häuser. Die zusammengeschlossenen Häuser müssen privatrechtliche kleine Betreibergesellschaften gründen, die für die Wartung und den Betrieb der Anlagen verantwortlich sind und die Kosten über einen Umlageschlüssel an die einzelnen Mitglieder verteilen.

#### 6.2.1 Variante 1

Die Variante 1 wird unter Festlegung folgender Annahme berechnet:

- Keine Unterscheidung der Anlagengröße (Gleichverteilung der angeschlossenen Einwohner)

- Erneuerung der Anschlußkanälen aus den Häusern bei 50 % der Grundstücke aufgrund von Kanalschäden und alterungsbedingtem Austausch der Rohre (15 m je Grundstück)
- Zustandsverteilung der mechanischen Vorreinigung wie oben beschrieben
- Keine Festlegung der Verfahrensweise der biologischen Stufe im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- Aufteilung in Kosten für Bau und Maschinenteknik
- Ableitung des gereinigten Abwassers bis zum nächsten Graben als Vorfluter (ca. 30 m je Grundstück)
- Bedarfsgerechte Schlammabfuhr
- Wartungsvertrag mit Fachunternehmen (hier auch Feststellung der erforderlichen Schlammräumung)

### 6.2.2 Variante 2

Bei der Variante 2 wird bei benachbarten Grundstücken die Kleinkläranlage auf der Grundstücksgrenze errichtet. Dies bedeutet zwar einen etwas höheren Aufwand für die Leitungsführung, die Anlagenanzahl und die damit verbundenen anlagenspezifischen Kosten reduzieren sich.

Die Variante 2 wird unter Festlegung folgender Annahme berechnet:

- Keine Unterscheidung der Anlagengröße (Gleichverteilung der angeschlossenen Einwohner)
- Erneuerung der Anschlußkanälen aus den Häusern bei 50 % der Grundstücke aufgrund von Kanalschäden und alterungsbedingtem Austausch der Rohre (30 m je Grundstück) bei 50 % der Grundstücke Verlegung des Kanalanschlusses bis zur gemeinsamen Anlage (15 m je Grundstück).
- Zustandsverteilung der mechanischen Vorreinigung wie oben beschrieben. Die einwandfreien und sanierungsfähigen Vorklärungen werden beibehalten bzw. saniert. Das vorgeklärte Abwasser wird dann der gemeinsamen biologischen Stufe zugeführt. Bei einem Neubau der Vorklärung wird diese als gemeinsame Vorklärung ausgeführt. Dies wird durch einen gegenüber Variante 1 reduzierten einwohnerspezifischen Einheitspreis berücksichtigt.
- Anordnung der biologischen Stufen auf der Grundstücksgrenze. Ist dies nicht möglich (z.B: bei einzelstehenden Häusern etc.), wird eine einzelne Hauskläranlage vorgesehen. Unter diesen Annahmen sind 100 Anlagen für 4 – 10 Einwohner erforderlich.
- Keine Festlegung der Verfahrensweise der biologischen Stufe im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- Aufteilung in Kosten für Bau und Maschinenteknik
- Ableitung des gereinigten Abwassers bis zum nächsten Graben als Vorfluter (ca. 30 m je Grundstück)

- Bedarfsgerechte Schlammabfuhr
- Wartungsvertrag mit Fachunternehmen (hier auch Feststellung der erforderlichen Schlammräumung)

### **6.2.3 Variante 3**

Bei der Variante 3 werden die Grundstücke zu Gruppenkläranlagen zusammengefaßt.

Dies bedeutet zwar einen höheren Aufwand für die Leitungsführung, die Anlagenanzahl und die damit verbundenen anlagenspezifischen Kosten reduzieren sich erheblich.

Die Variante 3 wird unter Festlegung folgender Annahme berechnet:

- Keine Unterscheidung der Anlagengröße (Gleichverteilung der angeschlossenen Einwohner)
- Neubau der Hausanschlußkanäle (ca. 120 m je Wohneinheit)
- Neubau der mechanischen Vorreinigungen an den Gruppenkläranlagen.
- Anordnung der biologischen Stufen in Abhängigkeit von den Grundstückslagen
- Keine Festlegung der Verfahrensweise der biologischen Stufe im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- Aufteilung in Kosten für Bau und Maschinenteknik
- Ableitung des gereinigten Abwassers bis zum nächsten Graben als Vorfluter (ca. 30 m je Grundstück)
- Bedarfsgerechte Schlammabfuhr
- Wartungsvertrag mit Fachunternehmen (hier auch Feststellung der erforderlichen Schlammräumung)



### 6.3 Gegenüberstellung der Kosten

In der folgenden Tabelle sind die verschiedenen Kosten für die Varianten 1-3 gegenübergestellt.

Aufgrund des hohen Neubauanteils weist die Variante 3 die größten Investitionskosten auf, ist aber aufgrund der geringeren Betriebskosten wirtschaftlicher als die Variante 1.

Die wirtschaftlichste Variante ist allerdings die Variante 2, die aufgrund ihrer Mittelstellung zwischen einem rein dezentralen Konzept (Hauskläranlage – Variante 1) und einem semi-zentralen Konzept (Gruppenkläranlagen) sowie aufgrund des hohen Nutzungsanteils bestehender Strukturen die wirtschaftlichste Lösung darstellt.

Tabelle 6-1 Gegenüberstellung der Kosten für die Varianten 1-3

<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Sustainable Sanitation</b>				
<i>Auftraggeber:</i> Umweltbehörde der Freien und Hansestadt Hamburg				
<i>Projekt:</i> Abwasserentsorgung im Wilhelmsburger Osten				
<i>Leistungen:</i> Vergleich der wirtschaftlichen Machbarkeit				
<b>Finanzmathematische Aufbereitung</b>				
	Einheit	Variante 1	Variante 2	Variante 3
<b>Nominale Kosten</b>				
Erstinvestitionskosten IK	[€]	2.123.933	2.048.958	3.070.997
Reinvestitionskosten IKR	[€]	1.065.750	895.230	491.828
Laufende Kosten ohne Preissteigerung LK	[€/a]	180.351	139.918	143.279
<b>Barwerte</b>				
Erstinvestitionskosten IK	[€]	2.123.933	2.048.958	3.070.997
Reinvestitionskosten IKR	[€]	491.617	412.959	226.874
Laufende Kosten mit Preissteigerung LK*DKAKRP(0;3;50)	[€]	4.640.384	3.600.050	3.686.532
<b>Projektkostenbarwert PKBW</b>	<b>[€]</b>	<b><u>7.255.934</u></b>	<b><u>6.061.966</u></b>	<b><u>6.984.403</u></b>
<b>Jahreskosten JK</b>				
Investitionskosten	[€/a]	94.964	90.063	125.086
Laufende Kosten LK (ohne Preissteigerung)	[€/a]	180.351	139.918	143.279
<b>Summe Jahreskosten</b>	<b>[€/a]</b>	<b><u>275.315</u></b>	<b><u>229.981</u></b>	<b><u>268.365</u></b>
<b>Dynamische Gestehungskosten DGK</b> (bezogen auf den Trinkwasserverbrauch)				
Dynamische Gestehungskosten	[€/m³]	8,98	7,50	8,75

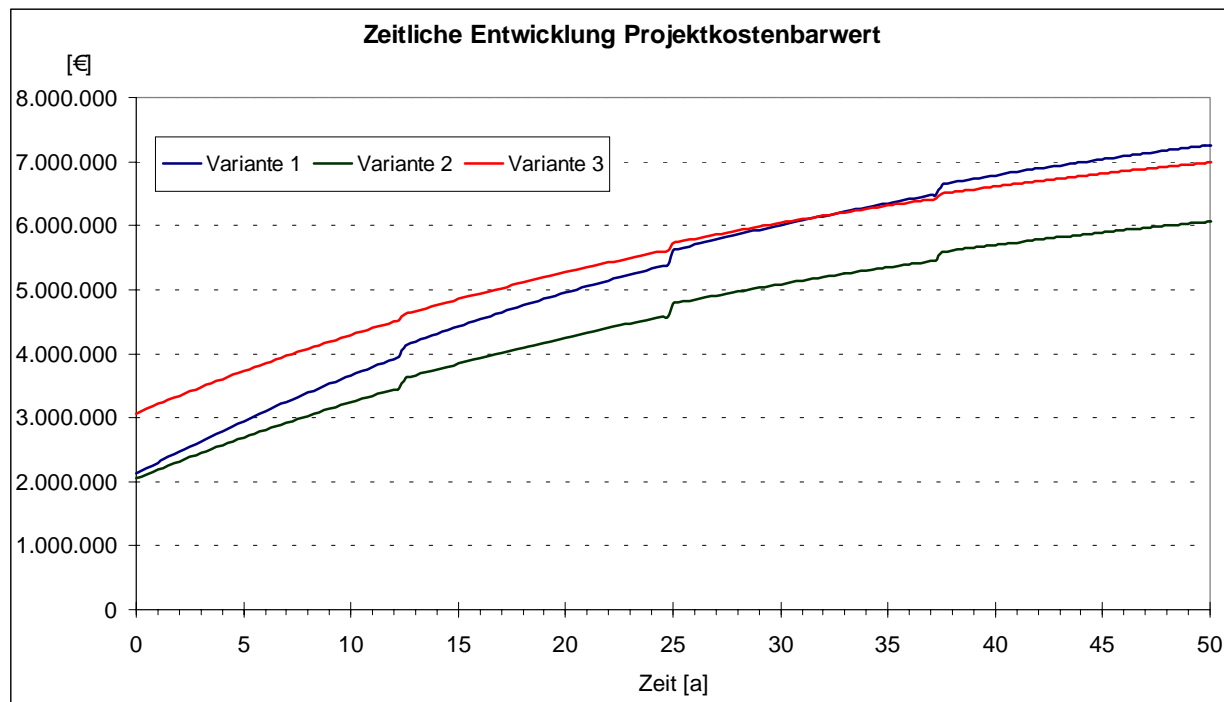


Abbildung 6-1 Zeitliche Entwicklung des Projektkostenbarwertes

## 6.4 Kosten eines nachhaltigen Sanitärkonzepts

Nachhaltige Sanitärkonzepte, die auf dem Prinzip der Teilstromtrennung, d.h. der getrennten Erfassung und Ableitung verschiedener Teilströme basieren, erhalten ihre Wirtschaftlichkeit in der Regel durch eine flächenhafte Anwendung, bei der mehrere Grundstücke zusammengefasst werden.

Da für den Einsatz solcher neuen Sanitärsysteme aufgrund der erforderlichen Sanitärtechnik in den bereits vorhandenen Baubestand eingegriffen werden muss, sind folgende Einschätzungen realistisch:

- Die vorhandenen Gebäude werden nur im Rahmen von durchgeführten Sanierungen bzw. Umbauten mit neuen Sanitärtechniken ausgerüstet. Dies bedeutet, daß sich deren Einführung über einen längeren Zeitraum erstreckt.
- Da die einzelnen Gebäude über eine große Fläche verteilt sind, ist für ein einheitliches System ein erhöhter Aufwand für die mehrfache Leitungsführung erforderlich. Dies wird zu zusätzlichen Kosten führen.
- Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass bei allen Hauseigentümern bzw. Bewohnern eine sofortige Akzeptanz eines neuen Sanitärkonzepts erreicht wird. Dies wird erst nach der Realisierung der ersten Anlagen und dem Vorliegen erster Praxiserfahrungen gelingen.

Folglich ist die Annahme realistisch, dass neue Sanitärkonzepte erst bei einigen Grundstücken realisiert werden können und sich deren Einführung über einen längeren Zeitraum erstrecken wird. Somit kann auch nur ein System etabliert werden, dass den sich aus der Dezentralität ergebenden Anforderungen genügen kann. Dies kann ein System mit getrennter

Erfassung des Urins (Gelbwasser), Grauwasser und Braunwasser (fäkalienhaltiger Teilstrom) sein, das insbesondere für einzelne Anwesen vorgesehen werden kann.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte wird daher abweichend vom bisherigen Vorgehen exemplarisch eine Kostenabschätzung für ein einzelnes Wohnhaus vorgenommen.

Der Kostenvergleich beruht auf der Variante 2 (Kleinkläranlage auf der Grundstücksgrenze) und der Installation eines Abwasserkonzepts nach dem System Lambertsmühle (Gelbwassersammlung und –speicherung, Vorbehandlung von Grau- und Braunwasser in einem Rottebehälter und Nachbehandlung in einer biologischen Anlagen) (hier als Variante 4 bezeichnet).

Tabelle 6-2 Gegenüberstellung der Kosten für die Variante 2 (konventionell) und Variante 4 (teilstromorientiert)

<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Sustainable Sanitation</b>			
<i>Auftraggeber:</i> Umweltbehörde der Freien und Hansestadt Hamburg			
<i>Projekt:</i> Abwasserentsorgung im Wilhelmsburger Osten			
<i>Leistungen:</i> Vergleich der wirtschaftlichen Machbarkeit			
<b>Finanzmathematische Aufbereitung</b>			
	Einheit	Variante 2	Variante 4
<b>Nominale Kosten</b>			
Erstinvestitionskosten IK	[€]	25.706	34.530
Reinvestitionskosten IKR	[€]	10.231	9.135
Laufende Kosten ohne Preissteigerung LK	[€/a]	1.925	1.660
<b>Barwerte</b>			
Erstinvestitionskosten IK	[€]	25.706	34.530
Reinvestitionskosten IKR	[€]	4.720	4.252
Laufende Kosten mit Preissteigerung LK*DKAKRP(0;3;50)	[€]	49.538	42.708
<b>Projektkostenbarwert PKBW</b>	<b>[€]</b>	<b>79.963</b>	<b>81.490</b>
<b>Jahreskosten JK</b>			
Investitionskosten	[€/a]	1.118	1.464
Laufende Kosten LK (ohne Preissteigerung)	[€/a]	1.925	1.660
<b>Summe Jahreskosten</b>	<b>[€/a]</b>	<b>3.044</b>	<b>3.124</b>
<b>Dynamische Gestehungskosten DGK</b> (bezogen auf den Trinkwasserverbrauch)			
Dynamische Gestehungskosten	[€/m <sup>3</sup> ]	8,69	10,70

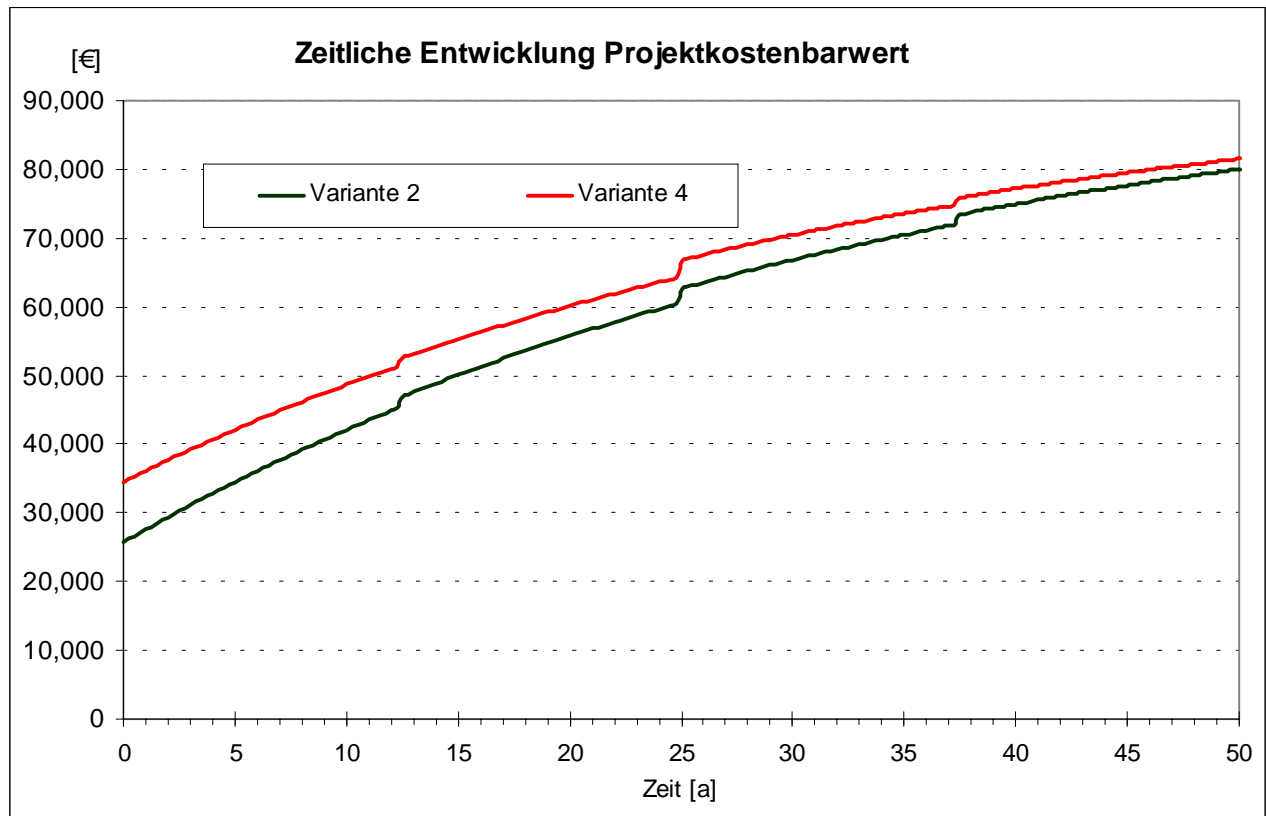


Abbildung 6-2 Zeitliche Entwicklung der Projektkostenbarwerte der Varianten 2 und 4 für 2 Grundstücke mit einem gemeinsamen Abwassersystem

Infolge des höheren Investitionsvolumens (Hausinstallation, doppelte Leitungsführung, Gelbwasserspeicher) sind bei der teilstromorientierten Variante 4 erhöhte Anfangsinvestitionen erforderlich. Dem stehen allerdings geringere laufende Kosten (niedriger Wasserverbrauch aufgrund reduzierter Spülung, niedrigere Energiekosten für die biologische Behandlung etc.) gegenüber, die für den gesamten Projektbetrachtungszeitraum in einem geringfügig niedrigeren Projektkostenbarwert darstellen.

Die Einführung eines neuen Sanitärkonzeptes sollte allerdings nicht nur vor dem wirtschaftlichen Hintergrund erfolgen, sondern es sollten auch emissionsrelevante Aspekte berücksichtigt werden. Die getrennte Erfassung des Gelbwassers reduziert die Nährstoffeinträge in das restliche Abwasser, vereinfacht die Behandlung und bewirkt niedrigere Ablaufkonzentrationen an Nährstoffen in die ökologisch empfindlichen Oberflächengewässern.

## 7. Empfehlung

Die Entwicklung alternativer Wasserkonzepte ist auf die Lage, Größe, Siedlungsstruktur abzustimmen. Für jede Siedlung muss ein regional angepasstes Szenario entwickelt werden, damit die Abwasserentsorgung umweltfreundlich und kostengünstig realisiert werden kann. Manchmal kann es auch durchaus sinnvoll sein, eine weniger technische Lösung zu finden. Im vorliegenden Fall handelt es sich um eine relativ dünn besiedelte ländliche Gegend, in der allerdings ein großer Teil der Häuser in mehr oder weniger dichten Gruppen zusammenstehen.

In jedem Fall ist die Siedlung geprägt durch weitläufige land- und gartenwirtschaftlich genutzte Flächen, die von Entwässerungsgräben durchzogen sind.

Es können Einzel- und Gruppenlösungen entwickelt werden. Das gilt sowohl für den Bau konventioneller Kleinkläranlagen als auch für die Implementierung teilstromorientierter Systeme. Als aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll hat sich die Zusammenlegung benachbarter Grundstücke erwiesen. Dabei ist die konventionelle Hauskläranlage zunächst aufgrund der geringeren Anfangsinvestition kostengünstiger. Der Vergleich von Projektkostenbarwerten über einen Planungszeitraum von 50 Jahren zeigt aber, dass sich eine innovative low-tech-Lösung in einigen Jahrzehnten (etwa 40 Jahre) amortisiert haben wird. Hier schlagen deutlich die unterm Strich günstigeren Betriebskosten zu Buche.

Vorgeschlagene Systeme:

#### Konventionelle dezentrale Lösungen:

Ist aus wirtschaftlichen Gründen eine Installierung von innovativen Systemkomponenten nicht möglich oder nicht gewünscht und daher die Entscheidung für ein konventionelles Hauskläranlagensystem gefallen, so sollte eine qualifizierte Auswahl der in Frage kommenden Anlagen getroffen werden. Gemäß der oben angeführten Kriterien kommen hier vor allem vertikal durchströmte **bewachsene Bodenfilter** in Betracht. Als technische Variante und mit weniger Platzbedarf sind am ehesten **Tropf- und Tauchkörperanlagen** zu empfehlen.

Belebungsanlagen laufen erfahrungsgemäß bei kleinen Anschlußgrößen und damit verbundenen Belastungsschwankungen häufig instabil. Blähschlammprobleme sind zu beobachten. Sie werden hier deshalb nicht empfohlen.

In allen Fällen ist eine Rezirkulation des Ablaufes in die Vorklärung erforderlich, um die geforderte Denitrifikation zu gewährleisten. Im Falle des naturnahen Bodenfilters kommt auch eine Reihenschaltung von Vertikal- und Horizontalfilter in Betracht, bei der im Horizontalfilter entstehende anaerobe Zonen eine Denitrifikation ermöglichen.

#### Teilstromorientierte Konzepte

Eine Analyse der vorhandenen Randbedingungen führt zu einer dem Konzept Lamberts-mühle ähnlichen Lösung. Am sinnvollsten erscheint eine Trennung von Gelb- und Braunwasser, bei der das Gelbwasser als Nährstofflösung unmittelbar in der Landwirtschaft eingesetzt werden kann. Allerdings ist eine direkte Verwertung im Fruchtanbau zunächst auszuschließen. Braun- und Grauwasser können über Rottesysteme von Feststoffen befreit und anschließend in bewachsenen Bodenfiltern gereinigt werden. Das gereinigte Abwasser hat aufgrund der vorhergegangenen Nährstoffabtrennung eine Qualität, die bedenkenlos in Oberflächengewässer eingeleitet werden kann. Rotte und Gelbwasser müssen 1 x pro Jahr von einem landwirtschaftlichen Betrieb entleert und verwertet werden.

In beiden Fällen scheint aufgrund dieser Voruntersuchungen eine Zusammenlegung zweier benachbarter Grundstücke eine wirtschaftlich sinnvolle Lösung.

In allen Fällen muß der Einleitpunkt in das Gewässer genau definiert sein.

Im Rahmen dieser Studie waren detaillierte Betrachtungen verschiedener Varianten für konkrete Häuser und Häusergruppen in dem betrachteten Gebiet nicht durchführbar. Es ist durchaus möglich, dass in Einzelfällen z.B. eine Gemeinschaftskläranlage für mehr als 2 Häuser wirtschaftlich sinnvoll ist. Die Grundstücksbesitzer sollten vor der Detailplanung in Absprache mit der zuständigen Wasserbehörde verschiedene Optionen untersuchen lassen.

---

Prof. Dr.-Ing. Ralf Otterpohl

---

Dipl.-Ing. Jutta Niederste-Hollenberg