

1 Einleitung

In Deutschland sind ca. 7,6 Millionen Einwohner nicht an die öffentliche Kanalisation angeschlossen. Nach Untersuchungen der niedersächsischen Wasserbehörden und des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft Aachen entspricht dies einer ungefähren Zahl von 1,9 Millionen Kleinkläranlagen.[vgl. OTTO 96]

Die dezentrale Abwasserreinigung wurde viele Jahre nur als Übergangslösung angesehen und sollte so bald wie möglich durch den Anschluss an das öffentliche Entwässerungsnetz abgelöst werden. Die Erschließung der ländlichen Gebiete hat sich aber als sehr kostenintensiv erwiesen, da wesentlich größere Distanzen zwischen Haushalt und zentraler Kläranlage überwunden werden müssen. Somit erhöhen sich die Kosten für die Kanalnetze im ländlichen Raum erheblich im Vergleich zu den bereits erschlossenen Ballungsgebieten. Durch die höheren Kosten würden die öffentlichen Träger sowie die privaten Haushalte übermäßig belastet. Um dies zu vermeiden, kommt der dezentralen Abwasserreinigung eine neue Bedeutung zu. Dezentrale Abwasserentsorgungseinrichtungen sollen nicht mehr nur als Übergang, sondern auch als dauerhafte Lösung zur Entwässerung von Haushalten im ländlichen Raum herangezogen werden.

Die dafür nötigen gesetzlichen Voraussetzungen sind bereits geschaffen und in verschiedenen Vorschriften und Bestimmungen verankert worden. Auf diese gesetzlichen Regelungen wird in Kapitel 1 „Vorschriften und Gesetze für die dezentrale Abwasserreinigung“ näher eingegangen. Die Entwicklung der gesetzlichen Grundlagen erfordert einen genauen Vergleich der einzelnen Systeme und eine Änderung der bisherigen Anforderungen, insbesondere in bezug auf eine Anwendung als Dauerlösung, da die bisher angewandten Systeme nach DIN 4261 Teil 1 und 2, die ja gerade nicht als Dauerlösungen (siehe oben) vorgesehen waren, nicht alle dafür geeignet erscheinen.

Im Laufe der technischen Entwicklung entstanden verschiedene Verfahren zur dezentralen Reinigung von häuslichem Abwasser, die wiederum von einer Vielzahl von Firmen unterschiedlich umgesetzt werden. Durch diese vielfältigen Verfahren und Systeme ergibt sich ein großes Spektrum an Anlagen zur dezentralen Abwasserreinigung. Das Problem liegt aber darin, dass sich diese Anlagen in vielen ökologischen und ökonomischen Merkmalen erheblich unterscheiden.

In den verschiedenen Publikationen über Kleinkläranlagen existieren große Widersprüche in den Angaben über die Leistungsfähigkeit einzelner Klärsysteme. Es ist daher von großer Bedeutung, diese Widersprüche aufzuzeigen und einheitliche Vergleichsmaßstäbe zu finden. In der Praxis sollte genau abgewogen werden, welche der unterschiedlichen Verfahren zum Einsatz kommen sollen. Durch mangelnde Kenntnisse oder auf Grund von Vorurteilen gegenüber bestimmten Abwasserreinigungsverfahren kam es bisher häufig zu Fehlentscheidungen bei der Wahl geeigneter dezentraler Abwasserreinigungsverfahren.

Die Gründe dafür sind im wesentlichen in einer unzureichenden Differenzierung der Verfahrensmerkmale zu suchen. Bisher standen zumeist nur günstige Bau- und Betriebskosten im Vordergrund; auf einen nachhaltigen Schutz der Umwelt wurde dabei nur selten geachtet. Ein weiteres Problem sind auch Vorurteile gegenüber bestimmten Verfahren, welche in den Anfängen ihrer Anwendung noch teilweise technische und somit auch ökologische Mängel oder ökonomische Nachteile aufwiesen, obwohl diese inzwischen längst überholt und auf den Stand der Technik gebracht wurden.

Um in Zukunft die richtigen Entscheidungen bei der Wahl einer geeigneten Abwasserbehandlungsanlage zu treffen, sollen in der folgenden Arbeit Verfahren, die dem Stand der Technik entsprechen, gegenübergestellt und bezüglich ökologischer und ökonomischer Aspekte überprüft und verglichen werden.

Das Ziel wird es sein „die besten verfügbaren Techniken“ gemäß dem Wasserhaushaltsgesetz (kurz WHG) vom 12.11. 1996 für die dezentrale Abwasserreinigung herauszuarbeiten, um eine ökologisch zumindest gleichwertige und wirtschaftlich interessante Alternative zur zentralen Abwasserbehandlung aufzuzeigen, welche zur Zufriedenheit der Betreiber sowie der Behörden und vor allem zum Schutz der Natur, insbesondere der Gewässer, beitragen sollen.

Die dezentrale Abwasserreinigung gewinnt zunehmend an Bedeutung. Sie stellt vor allem auch in Schwellen- und Entwicklungsländern oft die einzige wirtschaftliche Lösung dar. Aus diesem Grunde sollten die Industrieländer mit neuen Konzepten eine Vorbildrolle einnehmen, und nicht nur auf „end of pipe- Systemen“ beharren. Kleine, aber leistungsfähige und kostengünstige Reinigungsverfahren stellen die zukünftige Herausforderung im weltweiten Wettbewerb dar.

2 Rechtliche Grundlagen für die dezentrale Abwasserreinigung

Die für den Bau und den Betrieb von Anlagen zur dezentralen Abwasserreinigung geltenden Gesetze, Vorschriften und Regelungen sollen im folgenden Kapitel unter dem Blickwinkel der „besten verfügbaren Techniken“ zum Schutz der Gewässer, des Bodens und somit der Umwelt betrachtet werden. Dabei wird nur auf die für das Thema wichtigen Vorschriften eingegangen.

I n t e r n a t i o n a l e B e s t i m m u n g e n

In der Agenda 21 vom Juni 1992 wird eine nachhaltige Entwicklung der Wasserwirtschaft gefordert. Diese Forderung beinhaltet die Senkung der Umweltbelastungen durch die Verminderung der Schadstoffeinträge sowie den sparsamen und nachhaltigen Umgang mit Süßwasser als einer der wichtigsten Lebensgrundlagen. Durch eine nachhaltige und technisch voranschreitende Entwicklung kann die dezentrale Abwasserreinigung einen wichtigen Beitrag leisten.

E u r o p ä i s c h e s R e c h t

Die europäische Gemeinschaft hat verschiedene Richtlinien erlassen, die einen umfassenden Schutz der Umwelt garantieren sollen. Hierbei sollen vor allem die Richtlinien zum Gewässerschutz besonders berücksichtigt werden. In der europäischen Wasserrahmenrichtlinie vom 16.6.1998 wurden folgende bedeutende Ziele festgelegt:

- Schutz und Verbesserung aquatischer Ökosysteme sowie Förderung eines nachhaltigen Wasserverbrauchs
- Verpflichtung, langfristig einen guten ökologischen Zustand in allen Gewässern herzustellen

Die Richtlinie 96/61/EG über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) beinhaltet einen umfassenden Ansatz bezüglich der einzelnen Schutzgüter, zu einbezogenen Schadstoffen und den zu berücksichtigenden Umwelteinflüssen. Dabei werden „die besten verfügbaren Techniken“ als wichtige Schlüsselposition hervorgehoben, um eine Emissionsbegrenzung zu erreichen, ohne jedoch eine Problemverlagerung von einem Medium in ein anderes zu verursachen.

Die „besten verfügbaren Techniken“, im nachfolgenden mit bvT bezeichnet, sind in Artikel 2 Nr. 11 wie folgt definiert:

„Der effizienteste und fortschrittlichste Entwicklungsstand der Tätigkeit und entsprechenden Betriebsmethoden, der spezielle Techniken als praktisch geeignet erscheinen lässt, grundsätzlich als Grundlage für Emissionsgrenzwerte zu dienen, um Emissionen in und Auswirkungen auf die gesamte Umwelt allgemein zu vermeiden oder, wenn dies nicht möglich ist, zu vermindern“ [VELTWISCH 98]

Zum Schutz von Luft, Wasser und Boden ist somit die Anwendung der bvT künftig europaweit als Betreiberpflicht und als Genehmigungsgrundlage vorgeschrieben.

Zum Schutz der Gewässer und zur Behandlung von Abwasser bestehen noch zahlreiche weitere Richtlinien und Bestimmungen, auf die nicht näher eingegangen werden soll.

N a t i o n a l e s R e c h t

Die Umsetzung der europäischen Richtlinien muss in der Bundesgesetzgebung erfolgen. Für die Abwasserbehandlung ist dabei das Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes (kurz: WHG) vom 12.11.1996 ausschlaggebend. Im WHG vom 12.11.1996 wird bereits auf die bvT eingegangen; eine Neufassung des WHG ist in Arbeit.

In § 1 des WHG vom 12.11.1996 werden Gewässer im Sinne der gesetzlichen Regelung beschrieben: oberirdische Gewässer, Küstengewässer und das Grundwasser. Diese Gewässer sind grundsätzlich als Bestandteil des Naturhaushaltes zu sehen und bilden somit den Lebensraum für Pflanzen und Tiere, den es zu sichern gilt.

Das Einleiten von Stoffen in diese Gewässer, wozu auch das Abwasser zählt, ist nach § 3 WHG eine Benutzung und bedarf somit nach § 2 WHG einer Erlaubnis. Für diese Benutzung können nach § 4 WHG Auflagen und Bedingungen festgelegt werden. Diese Genehmigung ist nach § 7 WHG befristet und kann widerrufen werden. Die Erlaubnis darf nur erteilt werden, wenn die im Abwasser enthaltenen Schadstofffrachten so gering sind, wie dies nach dem Stand der Technik für das jeweils in Betracht kommende Verfahren möglich ist. [vgl. WHG 96] Dies stellt eine Verschärfung gegenüber dem WHG von 1986 dar, nach welchem eine Erlaubnis zum Einleiten von Abwasser bereits erteilt werden konnte, wenn die Anlagen mindestens den „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ entsprachen.

Die Bundesregierung hat Anforderungen definiert, die dem Stand der Technik entsprechen und diese sind in § 7a Satz 5 WHG wie folgt formuliert:

„Stand der Technik im Sinne des Absatzes 1 ist der Entwicklungsstand technisch und wirtschaftlich durchführbarer fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, die als beste verfügbare Techniken zur Begrenzung von Emissionen praktisch geeignet sind.“

§ 18a WHG schreibt vor, Abwasser nur so zu entsorgen, dass „das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird“. Die Beseitigung häuslichen Abwassers kann auch durch dezentrale Anlagen erfolgen, sofern diese nicht das Allgemeinwohl beeinträchtigen.

Abwasserbeseitigung im Sinne des § 18a WHG beinhaltet das Sammeln, Fortleiten, Behandeln, Einleiten, Versickern, Verregnen und Verrieseln sowie das Behandeln und Entsorgen des Klärschlammes. Für die dezentrale Abwasserbehandlung, die in sogenannten Kleinkläranlagen erfolgt, gelten die Regeln des Standes der Technik, wobei die besten verfügbaren Techniken einzusetzen sind.

Bei der dezentralen Abwasserbehandlung durch Kleinkläranlagen gelten für den Betreiber gesonderte Vorschriften. Diese sind in § 21 WHG verankert und beschreiben die Pflichten des Kleinkläranlagenbetreibers bei der Überwachung und der Gewässerbenutzung. Dabei gilt, dass Kleinkläranlagenbetreiber bei der behördlichen Überwachung uneingeschränkt Hilfe zu leisten haben.

Im Abwasserabgabengesetz, von 1995, ist in § 8 Satz 2 festgelegt, dass das Einleiten aus einer Kleinkläranlage abgabefrei ist, wenn diese mindestens den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht und eine ordnungsgemäße Schlammensorgung gewährleistet ist [vgl. AbwAG 94].

Kl ä r s c h l a m m v e r o r d n u n g

Die Klärschlammverordnung, vom 15. April 1992 regelt die Bedingungen für ein Ausbringen von Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzte Flächen. In bezug auf Kleinkläranlagen ist festgelegt, dass der in diesen Anlagen anfallende Schlamm als Klärschlamm gilt. In § 3 Absatz 8 AbfKlärV ist festgelegt, dass nur Klärschlamm aus Kleinkläranlagen landwirtschaftlicher Betriebe und dann nur auf betriebseigenen Ackerflächen aufgebracht werden darf. Vor dem erstmaligen Aufbringen sind die Klärschlämme auf die, in § 3 Absatz 5 AbfKlärV festgelegten Parameter zu untersuchen. Bei den im Absatz 5 festgelegten Stoffen und Parametern handelt es sich um Schwermetalle, organisch gebundene Halogene, Stickstoffverbindungen, organische Substanzen, basisch wirkende Stoffe, Phosphat, Kalium, Magnesium, Trockenrückstand, sowie den pH- Wert. [vgl. AbfKlärV 92]

Nach dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz in der Fassung vom 27. September 1994 sind Abfälle zu vermeiden und gegebenenfalls zu verwerten (Klärschlamm gilt als Abfall). Die Erzeuger von Abfällen sind verpflichtet, diese zu verwerten. Diese Pflicht zur Verwertung von Abfällen ist einzuhalten, soweit dies technisch und wirtschaftlich möglich ist. Abfälle, die nicht verwertet werden können, sind von der Kreislaufwirtschaft auszuschließen. Sind Erzeuger oder Besitzer von Abfällen aus privaten Haushalten nicht in der Lage, diese zu verwerten oder zu beseitigen, sind sie verpflichtet diese nach Landesrecht verpflichteten juristischen Personen zu überlassen [vgl. KrW-/AbfG 94]

Die in der Düngemittelverordnung vom 26 Januar 1996 festgelegten Rechtsvorschriften für das Aufbringen von Düngemitteln, darunter fallen auch aerob stabilisierte Schlämme aus Kläranlagen, gelten nicht für die Anwendung in Haus- und Nutzgärten.

Landeswassergesetze (LWG)

Die von der Bundesregierung vorgegebenen gesetzlichen Rahmenbedingungen müssen von den einzelnen Bundesländern ausgefüllt werden. Die Landeswassergesetze der einzelnen Länder regeln weitere Details der Abwasserbeseitigung und insbesondere der Zuständigkeiten. Trotz einzelner Unterschiede in den Landeswassergesetzen gibt es zu Fragen der Abwassereinigung viele Übereinstimmungen.

Lange Zeit galten dezentrale Konzepte nur als Übergangslösung, worauf im Abschnitt Normvorschriften noch näher eingegangen wird. Erst Ende 1995 haben die Gesetzgeber von Niedersachsen die dezentrale Abwasserreinigung der zentralen Entsorgung in kommunalen Kläranlagen gleichgesetzt. Inzwischen besteht bundesweit die Meinung, dass nicht jedes einzelne Haus an ein öffentliches Kanalnetz angeschlossen werden kann und damit eine dauerhafte dezentrale Lösung im ländlichen Raum nicht länger in Zweifel steht. Der Grund dafür ist einerseits in den enormen Kosten für lange Kanalnetze, wie sie im ländlichen Raum nötig wären und andererseits in der Finanzknappheit der Kommunen zu sehen. Inzwischen haben sich Kleinkläranlagen in jahrelanger Praxis bewährt und ihre Leistungsfähigkeit bewiesen.

Die gesetzliche Umsetzung der Rahmengesetzgebung soll am Beispiel des Wassergesetzes für Baden - Württemberg gezeigt werden.

Die Pflichten der Abwasserbeseitigung liegen grundsätzlich bei den Gemeinden und Städten. Diese können aber Dritte beauftragen; damit ist auch eine Privatisierung in Form von Abwasserzweckverbänden und anderen Unternehmensformen möglich. Die Art der Abwasserbeseitigung muss die Gemeinde in Plänen und Konzepten festlegen. Somit wird geregelt, welche Gemeindegebiete zentral an eine Kanalisation angeschlossen werden und wo das Abwasser dezentral durch Kleinkläranlagen entsorgt werden soll.

Die Entsorgung des anfallenden Klärschlammes bleibt in der Pflicht der Gemeinden. Diese können Dritte damit beauftragen. In mehreren Bundesländern, unter anderem in Baden - Württemberg und in Sachsen, ist es noch möglich, dass Landwirte den Klärschlamm aus ihrer eigenen Anlage auf geeignete landwirtschaftliche Flächen aufbringen können. Dabei gilt es, die bereits beschriebenen Vorschriften der Klärschlammverordnung zu beachten.

Weiter finden sich in der Landesgesetzgebung allgemeine Vorschriften zum Bau und Betrieb von Abwasseranlagen. Dabei hat der Betreiber sicherzustellen, dass die Anlage durch geeignetes Personal fachgerecht betrieben und gewartet wird, er selbst hat ihren Zustand und Betrieb ständig zu überwachen.

Für die Erteilung der wasserrechtlichen Erlaubnis zur Einleitung sowie zu allen Fragen des WHG und der LWG, der zulässigen Technik der Abwasserbehandlung bis hin zum Betrieb und Wartung der Anlagen ist die Untere Wasserbehörde der Landkreise oder der kreisfreien Städte zuständig.

Der Betreiber einer Kleinkläranlage steht in direkter Pflicht gegenüber dem Rechtsstaat. Im Strafgesetzbuch § 324 „Verunreinigung eines Gewässers“, Satz 1, ist verankert:

„Wer unbefugt ein Gewässer verunreinigt oder sonst dessen Eigenschaften nachteilig verändert, wird mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.“[StGB 98]

Damit kann der Anlagenbetreiber bei Verunreinigung eines Gewässers, verursacht durch unzureichende Funktion seiner Kleinkläranlage, in die Rechtspflicht genommen werden.

Normvorschriften

Für den Bau, den Betrieb und die Wartung von Kleinkläranlagen gelten verschiedene Normvorschriften, die vom Normausschuss Wasserwesen (NAW) des Deutschen Instituts für Normung e.V. erstellt werden. Dabei ist die Normenreihe DIN 4261 mit ihren einzelnen Teilen zu betrachten.

Im ersten Teil der DIN 4261 werden die Grundsätze für Anwendung, Bemessung und Ausführung von Kleinkläranlagen ohne Abwasserbelüftung festgelegt. Diese Norm wurde bereits 1954 veröffentlicht und wurde in den Jahren 1970 und 1983 überarbeitet; die letzte Fassung stammt aus dem Jahr 1991. Bei den unterschiedlichen Fassungen ist eine Weiterentwicklung der Bestimmungen zu verzeichnen.

In der DIN 4261 Teil 2 werden Kleinkläranlagen mit Abwasserbelüftung, deren Anwendungs-, Bemessungs-, Ausführungs- und Prüfungsgrundsätze festgelegt. Diese Norm ist bisher einmalig 1984 erschienen.

Bisher galten Kleinkläranlagen in den DIN Normen nur als Übergangslösung. Die DIN 4261 aus 1954 legt fest:

„Kleinkläranlagen sind stets nur ein Behelf sind. An deren Stelle sollte daher sobald als möglich der Anschluss an eine Sammelkanalisation oder Sammelkläranlage treten.“[DIN 4261 54]

Mit Erscheinen der DIN 4261 Teil 1 in den Jahren 1970 und 1984 kommt es zu einer teilweisen Abstufung der Übergangsregelung. In der DIN 4261 Teil 1 vom Jahr 1991 ist eine deutliche „Entschärfung“ der Übergangsregelung gegenüber den Bestimmungen von 1954 zu erkennen.

„Kleinkläranlagen sind häufig nur als Behelf zu betrachten. Wo es möglich ist, sollen sie durch den Anschluss an ein öffentliches Entwässerungsnetz mit nachgeschalteter Kläranlage ersetzt werden.

In den Normen DIN 4261 Teil 3 (1990) und Teil 4 (1984) sind Vorgaben für den Betrieb und die Wartung der Kleinkläranlagen mit und ohne Abwasserbelüftung festgelegt.

3 Voraussetzungen für den Vergleich der verschiedenen Systeme zur dezentralen Abwasserbehandlung

Im folgenden Kapitel werden die Kriterien für den Vergleich der einzelnen Systeme festgelegt und näher erläutert. Weiterhin werden die zum Vergleich herangezogenen Reinigungssysteme kurz vorgestellt und deren Besonderheiten dargestellt.

3.1 Kriterien für die Bestimmung der „besten verfügbaren Technik“

Die Kriterien für die Festlegung der „besten verfügbaren Technik“ sind breitgefächert, sie können in ihrem Stellenwert in einer Bewertung unterschiedlich ausgelegt werden, je nachdem, ob ökologische oder wirtschaftliche Interessen im Vordergrund stehen.

Bei den Kriterien werden zunächst zwei große Gruppen unterschieden, zum einen die ökologischen und zum anderen die ökonomischen. Bei den ökologischen Kriterien handelt es sich um Aspekte wie: Ablaufqualität, Prozessstabilität, Emissionen und Möglichkeiten eines Störfallausgleichs. Die wirtschaftlichen Kriterien hingegen beinhalten Aspekte wie: Investitions- und Betriebskosten, Energieeinsparung, Kontrollaufwand sowie Entsorgung oder Verwertung.

Um diese unterschiedlichen Aspekte in einem geordneten und übersichtlichen Schema darstellen zu können, wurde ein Bewertungssystem erstellt. Bei diesem System erfolgt, wie bereits angedeutet, eine grobe Aufteilung der Aspekte in einen ökologischen und einen ökonomischen Bereich. Jeder der Bereiche enthält verschiedene Unterpunkte, welche die einzelnen Aspekte widerspiegeln sollen.

Zur Bewertung werden die einzelnen Aspekte für jedes System geprüft und mit Punkten von 1 bis 5 bewertet, wobei 1 die schlechteste und 5 die beste erreichbare Punktzahl darstellt. Soll bestimmten Aspekten innerhalb der Bewertung eine besondere Bedeutung zukommen, so kann diesen mit entsprechend gewählten Multiplikatoren ein größerer Stellenwert zugewiesen werden. Schließlich werden die vergebenen Punkte addiert. Somit können die unterschiedlichen Systeme verglichen werden.

3.1.1 Ökologische Bewertungskriterien

Ablaufqualität: Diese wird durch Probenahme an der jeweiligen Anlage und anschließender Analyse im Labor bestimmt. Die Probenahme erfolgt während der vorgeschriebenen Wartungen. Da die Behörden zur Kontrolle der Anlagen meist nur eine Analyse des BSB₅ – Wertes verlangen, liegen für diesen Parameter die meisten Untersuchungen vor. Um einen möglichst repräsentativen Mittelwert zum Vergleich heranziehen zu können, sollten möglichst viele Analysen vorliegen. Aus diesem Grund bezieht sich der Vergleich der Ablaufqualität auf die ermittelten BSB₅ – Mittelwerte der jeweiligen Systeme.

Prozessstabilität: Diese bezieht sich auf das Einhalten der Ablaufwerte der Systeme innerhalb einer bestimmten Grenze. Die Einhaltung der Ablaufgrenzwerte zeigt auf, wie stabil das Reinigungssystem arbeitet. Bei großen Schwankungen der Ablaufwerte kann von einer zunehmenden Instabilität ausgegangen werden. Die Prozessstabilität ist somit ausschlaggebend für die Bewertung der qualitativ konstanten Reinigung des anfallenden Abwassers.

Emissionen: bei den auftretenden Emissionen handelt es sich vor allem um Geruchsbildung, welche zu einer Belästigung führen kann, insbesondere, wenn diese vermehrt und intensiv auftritt. Überschussschlamm, welcher durch das stetige Wachstum der Mikroorganismen entsteht, ist ebenfalls als Emission zu berücksichtigen. Weitere Emissionen sind z.B. Geräusche, die durch die technischen Teile der Anlagen verursacht werden können. Diese genannten Emissionen sollten so gering wie möglich gehalten werden, um einen möglichst belästigungsfreien Betrieb zu gewährleisten.

Störfallausgleich: Dieser bewertet die Eingriffsmöglichkeiten bei einem Ausfall der Anlagen. Dies kann beispielsweise durch den Ausfall technischer Bestandteile der Anlage oder durch den Zufluss toxischer Substanzen geschehen. Bewertet werden hierbei die Möglichkeiten zur Behebung dieser Ausfälle sowie deren zeitlicher und materieller Aufwand, bis die Anlage wieder in ihren normalen Betriebszustand zurückgekehrt ist.

3.1.2 Ökonomische Bewertungskriterien

Investitionskosten: Diese setzen sich zusammen aus den Kosten für den Bau der Anlage sowie den Kosten für den Einbau. Bei den Kosten für den Bau der Anlage wird bei mehreren Anbietern ein Mittelwert aus den verschiedenen Preisen gebildet, wenn sich die Anlagen nicht wesentlich in ihrem Aufbau unterscheiden. Gibt es für einen Anlagentyp nur einen Anbieter, so werden dessen Verkaufspreise zugrunde gelegt. Bei den Kosten für den Einbau der Anlage werden Standardpreise für das Ausheben und Verfüllen der Baugrube, bezogen auf deren Größe, herangezogen. Die Kosten für die Montage der Anlagenteile sowie für eventuelle Zusatzkosten, wie z.B. Kranarbeiten beim Versetzen der Anlagenbehälter, werden bei den Investitionskosten mit berücksichtigt. Die Investitionskosten werden in Euro angegeben.

Betriebskosten: Sie beinhalten die Energiekosten der technischen Geräte, die Kosten für Wartungsarbeiten sowie sonstige anfallende Kosten. Die Energiekosten werden über die theoretische Laufzeit der technischen Geräte, multipliziert mit einem standardisierten Strompreis, ermittelt. Bei allen Anlagen wird von einer Wartung nach DIN 4261 Teil 3 bzw. 4 ausgegangen; die Kosten für die Wartung werden für jeden Anlagentyp, bezogen auf die Anschlussgröße, gleich hoch angesetzt. Bei den sonstigen Kosten handelt es sich um Reparaturkosten sowie um Kosten für die Entsorgung des anfallenden Fäkal- bzw. Klärschlammes. Die Reparaturkosten sind abhängig von der Lebensdauer der technischen Geräte; hierbei wird ebenfalls mit Durchschnittswerten für Lebensdauer und Reparaturkosten gerechnet. Die Ermittlung der Betriebskosten erfolgt in Euro pro m³ Abwasser.

Eigenkontrollaufwand: Dieser bezieht sich auf die vom Betreiber durchzuführenden Arbeiten, um einen reibungslosen Betrieb der Anlage zu gewährleisten. Die Angabe des Eigenkontrollaufwandes erfolgt dabei in Stunden pro Jahr.

Anpassungsmöglichkeiten: Dabei soll der Aufwand für eventuelle Nachrüstungen oder Anpassungen untersucht werden, falls der jeweilige Anlagentyp durch die Änderung von staatlichen Bestimmungen nicht mehr dem gesetzlich vorgeschriebenen Standard entsprechen sollte.

Anlagenstilllegung: Hierbei sollen die Möglichkeiten zur Umnutzung der Anlage und eventuelle Kosten für die Entsorgung der gesamten Anlage oder bestimmter Anlagenteile bewertet werden.

3.2 Darstellung möglicher Reinigungssysteme für die dezentrale Abwasserbehandlung

Im folgenden werden die verschiedenen Reinigungsverfahren kurz dargestellt. Bei der Auswahl der Reinigungssysteme ist deren Praxisrelevanz ausschlaggebend, d.h. es werden Systeme vorgestellt, die sich auch in Anwendung zur Reinigung häuslichen Abwassers befinden. Bei der Vielzahl der Anbieter von dezentralen Abwasserbehandlungsanlagen kommt es zu Variationen beim Bau dieser Anlagen. Daher sollen im folgenden nur die grundlegenden Anlagenmerkmale beschrieben werden. Zur groben Unterteilung der Reinigungssysteme werden diese in Anlagen mit und ohne Abwasserbelüftung unterschieden.

Anlagen mit Abwasserbelüftung zur dezentralen Abwasserreinigung sind solche Anlagen, die einen Abbau der Abwasserinhaltsstoffe durch technische Hilfsmittel realisieren. Zu den technischen Mitteln zählt man:

- Oberflächenbelüfter¹
- Luftverdichter, über die der zum Abbau nötige Sauerstoff in das System eingetragen wird
- Pumpen, mit deren Hilfe das Abwasser innerhalb der Anlage transportiert wird
- Rotationskörper, welche durch einen Motor angetrieben werden

Zu oben genannten Anlagen zählt man laut DIN 4261 Teil 2 folgende Reinigungssysteme:

- Tropfkörper
- Tauchtropfkörper
- Anlagen nach dem Belebtschlammverfahren

¹ Diese technischen Belüftungssysteme finden bei der dezentralen Abwasserbehandlung nur selten Anwendung.

Zu den Anlagen mit Abwasserbelüftung zählen auch Neuentwicklungen, die noch nicht in der DIN beschrieben sind, wie:

- Festbetтанlagen
- SBR- Anlagen (sequential batch reaktor)

Eine nähere Beschreibung der oben genannten Reinigungssysteme mit dazugehöriger Prinzipskizze befindet sich im Anhang A1, „Beschreibung dezentraler Abwasserbehandlungsanlagen“.

Anlagen ohne Abwasserbelüftung nach DIN 4261 Teil 1 sind solche Anlagen, die Abwasserinhaltsstoffe weitestgehend ohne technische Hilfsmittel abbauen. Diese Reinigungsverfahren, besonders die Pflanzenanlagen, werden oft als „naturnahe“ Verfahren bezeichnet, weil diese sich „besser in das landschaftliche Bild einbinden lassen und als zusätzliches Biotop fungieren“ sollen [vgl. DEISTER 87] (Hier ist anzumerken, dass bei technischen Anlagen ein (evt. mehrere Deckel) zu sehen ist, wie dies übrigens auch bei den der „naturnahen Anlage“ vorgeschalteten Mehrkammergruben der Fall ist; die bei den technischen Anlagen eingesparte Grundfläche kann der Betreiber optimal nach eigenen Wünschen gestalten). Zu diesen Anlagen gehören:

- Abwasserteiche
- Sandfiltergräben
- Untergrundverrieselung
- Sickerschächte
- Pflanzenanlagen (vertikal sowie horizontal durchströmt)

Eine genaue Beschreibung dieser Anlagen befindet sich im Anhang A1, „Beschreibung dezentraler Abwasserbehandlungsanlagen“.

3.3 Ausschluss von Verfahren, die nicht den Ansprüchen als Dauerlösung genügen

In dieser Arbeit sollen Anlagen zur dezentralen Reinigung von Abwasser verglichen werden. Da dies im Hinblick auf den Stand der Technik und damit auch für einen Einsatz als Dauerlösung geschieht, ist es erforderlich, eine Vorauswahl der Reinigungssysteme zu treffen, die für einen derartigen Vergleich überhaupt in Frage kommen. Im folgenden werden Systeme ausgeschlossen, die bei ihrem derzeitigen Entwicklungsstand den Ansprüchen, zumindest als Dauerlösung, nicht entsprechen:

Bei den Bodenfiltern, zu denen Filtergräben, Untergrundverrieselung und Pflanzenanlagen gehören, kommt es mit andauernder Betriebszeit zu Verstopfungserscheinungen. Dies ist auf eine einfache naturwissenschaftliche Grundregel zurückzuführen: Ein System, das laufend mit einem Stoff beschickt wird, muss diesen Stoff entweder in unveränderter oder veränderter Form wieder abgeben oder sich damit anreichern [vgl. SCHMAUTZ 94]. Diese Verstopfungen werden durch den Eintrag von Schwebestoffen aus der Vorreinigung und durch das Wachstum der zur Reinigung benötigten Mikroorganismen im Bodenfilter hervorgerufen. Durch die Verstopfung des Bodenfilters kommt es zu einer Funktionsstörung der Anlage; somit kann das Abwasser nicht mehr ausreichend gereinigt werden. Zur Behebung der Störung muss nach einer gewissen Betriebszeit das Filtermaterial gewechselt werden, d.h., dass fast die gesamte Anlage, ausgenommen der mechanischen Vorreinigung, erneuert werden muss. Nach verschiedenen Berichten wird angenommen, dass der Verschlammungszustand im Normalfall nach 10 bis 20 Jahren erreicht; es kann aber bereits nach 3 bis 5 Jahren zu einer Verschlammung des Bodenfilters kommen. [vgl. FINKE 01] Dies würde bedeuten, dass eine Anlage nach dem System der Bodenfiltration spätestens alle 10 bis 20 Jahre neu gebaut werden muss.

Mit dem 1998 erschienenen Arbeitsblatt ATV A 262 „Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Pflanzenbeeten für kommunales Abwasser bei Ausbaugrößen bis 1000 Einwohnerwerten“, wurden „allgemein anerkannte Regeln der Technik“ für Pflanzenanlagen festgeschrieben. Auf einem Erfahrungsaustausch zum Thema Pflanzenanlagen am 9. Mai 2001 wurden die 1998 festgelegten Bemessungsgrundsätze bereits in Frage gestellt, da es nach nur dreijähriger Praxiszeit bereits Probleme mit Verstopfungen der Pflanzenbeete zu diskutieren galt [vgl. THALER 01]. Die Ursache für die Verstopfungserscheinungen wurde aber lediglich der unzureichenden Bemessungsgröße der Vorreinigung zugeschrieben, durch die Schwebstoffe in den Bodenfilter eingetragen wurden. Die Tatsache, dass es durch den Abbau der Abwasserinhaltsstoffe zu einer permanenten Anreicherung von Biomasse im Porenraum des Bodenfilters kommt, wurde bei den Betrachtungen völlig außer Acht gelassen. Als Fazit der Tagung sollten die Bemessungsgrundsätze für die Pflanzenbeete selbst sowie die der Vorreinigung überprüft und geändert werden. Der allgemeine Trend geht zu einer weiteren Vergrößerung der Bemessungsdimensionen, was eine zusätzliche Vergrößerung des Flächenbedarfes zur Folge hat.

Um die Reinigungsleistung der Pflanzenanlagen zu verbessern, wurde außerdem angeregt, technische Zusatzeinrichtungen für intermittierende, alternierende oder rezirkulierende Betriebsweisen vorzusehen. Durch den Einsatz solcher technischer Zusatzeinrichtungen nähern sich die Pflanzenanlagen den technischen Verfahren immer mehr an, jedoch ohne wesentliche Vorteile dieser Anlagen zu besitzen. Hierbei sei besonders die problemlose Schlammabnahme aus dem System und die Eingriffsmöglichkeiten bei einem Störfall zu nennen.

Mit der zunehmenden Verschlämmung des Filterkörpers kommt es zu einer Verstopfung der Bodenporen. Als deren Folge ist keine optimale Sauerstoffversorgung mehr möglich. Durch diesen Sauerstoffmangel ist eine ausreichende Reinigung des Abwassers nicht mehr gewährleistet. Beim Auftreten von hydraulischen Überlastungszuständen durch Fremdwasser (Niederschlag) sowie bei zu hohen Frachtbelastungen kommt es zu einem zusätzlichen Sauerstoffmangel im Bodenfilter. Unter den so entstehenden anaeroben Bedingungen ist die Bildung von Faulschlamm nicht auszuschließen.

Ist die Verschlämmung des Bodenfilters so weit fortgeschritten, dass dieser erneuert werden muss, stellt sich neben den für den Neubau anfallenden Kosten die Frage nach der ordnungsgemäßen Entsorgung des verbrauchten Filtermaterials. Durch das Auftreten von Faulschlamm und die Vermischung der Biomasse mit dem Bodenmaterial ist eine Behandlung in kommunalen Kläranlagen sowie ein Aufbringen auf landwirtschaftlichen Flächen nicht möglich. Somit stellt die ordnungsgemäße Entsorgung ein großes Problem dar. Zur Zeit sind keine Konzepte zur Behandlung dieses Faulschlamm - Boden - Gemisches vorhanden. Welche zusätzlichen Kosten für die Entsorgung des Filtermaterials auf den Betreiber zukommen, lässt sich somit noch nicht abschätzen.

Untersuchungen von Pflanzenanlagen durch die Limnologische Station der TU München ergaben, dass es bei Pflanzenanlagen zu einer fast vollständigen Reduktion der Mikroorganismen auf Bakterien und somit auf eine „Einebenengesellschaft“ kommt. Im Gegensatz zu einer ausgeprägten Organismengemeinschaft kann diese Bakterienpopulation nur stark eingeschränkt auf Veränderungen und Stresssituationen reagieren [vgl. STEINMANN & MELZER 01]. Solche Stresssituationen, wie Stoßbelastungen oder Nährstoffüberlastungen, können aber immer wieder auftreten und würden damit die Funktion der Pflanzenanlagen empfindlich stören. Kommt es zu einer Störung durch die Einleitung toxischer Stoffe, so bestehen keine anderen Eingriffsmöglichkeiten, als das Filtermaterial zu spülen oder auszutauschen.

Einen weiteren Stressfaktor für die Pflanzenanlagen stellen die stark zurückgehenden Temperaturen in den Wintermonaten dar. Im ATV Hinweisblatt H 262 „Behandlung von häuslichem, Abwasser in Pflanzenbeeten“ wird darauf hingewiesen, dass es in den Frostperioden zu einer Leistungsminderung kommt. Diese Leistungsminderung kann bis zu 30 % betragen.

Die Untergrundverrieselung sollte als Abwasserreinigungsmethode generell abgeschafft werden, da diese eine unkontrollierbare Einleitung von mehr oder minder gereinigtem Abwasser in das Grundwasser bedeutet.

Im Sinne der Agenda 21, also einer nachhaltigen Nutzung, sollte die Nutzungsdauer einer Kleinkläranlage als wichtiger funktionaler Bestandteil eines Hauses mindestens dessen „Lebensdauer“ entsprechen. Pflanzenanlagen und Filtergräben sind somit eher als Übergangslösung anzusehen, wenn ein Anschluss an die zentrale Entwässerung innerhalb der durchschnittlichen Lebensdauer dieser Anlagen sichergestellt ist und keine hohen Anforderungen an die Reinigungsleistung bestehen.

Abwasserteiche sind die Anlagen, welche den größten Flächenbedarf beanspruchen. Es gelten Bemessungsgrößen bei unbelüfteten Teichen von mehr als 10 m² Wasseroberfläche pro Einwohner; die Mindestwasserfläche beträgt 100 m² [vgl. FINKE 01]. Da gelegentliche Geruchsbelästigungen nicht auszuschließen sind, wurde bereits 1975 vom Ernährungsministerium Baden-Württemberg in einer Verwaltungsvorschrift empfohlen, die Teiche 300 bis 500 m vom nächsten Wohnhaus entfernt anzulegen. Bei belüfteten Abwasserteichen ist zu bedenken, dass sich, unter Einbeziehung der Bemessungsgrößen laut ATV A 201, für die dezentrale Nutzung entsprechend kleine Teiche nicht konstruieren lassen [vgl. FINKE 01]. Weiterhin müssen Teiche nach einer Betriebszeit von ca. 10 Jahren gereinigt werden [vgl. ATV 85]. Dies ist auch erforderlich, wenn der Schlamm Spiegel ein Viertel der ursprünglichen Wassertiefe erreicht hat. Die Schlammräumung kann mit einem Bagger erfolgen, wenn ausreichend Platz vorhanden ist. Dazu muss der Teich abgelassen und somit die Anlage vorübergehend stillgelegt werden. Ein Absaugen des Schlammes ist nur bedingt möglich. Beim Entfernen des Schlammes ist darauf zu achten, dass die Abdichtung des Teiches nicht beschädigt wird, da sonst der Teich neu angelegt werden muss. Es kann also gesagt werden, dass die Reinigung von Abwasserteichen nur mit großem technischen Aufwand zu realisieren ist.

Bei Belebungsanlagen muss zwischen Anlagen mit regelbarer Zwangsrückführung und solchen mit Schlammfängen unterschieden werden. Bei Belebungsanlagen mit Schlammfängen kann es auf Grund ihrer Bauweise (siehe Anhang 1 Anlagenbeschreibung) bei hydraulischen Belastungsstößen zu einem Schlammauftreiben im Nachklärbecken kommen. Dies hat zumeist einen Schlammabtrieb im Ablauf und daher eine Verschmutzung des Vorfluters zur Folge. Die durchschnittliche Ablaufqualität der Belebungsanlagen mit Schlammfängen liegt mit BSB₅ von 52,2 mg / l sogar über dem gültigen Grenzwert (40 mg / l).

Auf Grund der oben aufgeführten Gründe werden belüftete wie unbelüftete Abwasserteiche, Untergrundverrieselung, Filtergräben, Pflanzenanlagen und Belebungsanlagen mit Schlammfänger aus der weiteren Betrachtung ausgenommen, da sich diese Reinigungsverfahren nicht als Dauerlösung für die dezentrale Abwasserreinigung unter Berücksichtigung der „besten verfügbaren Techniken“ eignen.

4 Ergebnisse des Verfahrensvergleiches

Die Anlagenbezeichnungen in den folgenden Bewertungen sind wie folgt abgekürzt:

- Anlagen nach dem Belebtschlammverfahren mit regelbarer Zwangsrückführung → BL
- Anlagen nach dem sequential batch reaktor Verfahren → SBR
- Festbetтанlagen → FSB
- Tropfkörper mit Nachklärbecken und Schlackenfüllung → TRK_{mS}
- Tropfkörper mit Nachklärbecken und Kunststofffüllung → TRK_{mK}

Es wird darauf hingewiesen, dass bei der Bewertung der Ablaufqualität bestimmte Analysenergebnisse nicht berücksichtigt wurden, um die durchschnittlichen Ablaufwerte nicht zu verfälschen. Dabei handelt es sich um systembedingte Ablaufproben, bei denen folgende Sachverhalte aufgetreten sind:

- Proben, die während der Einarbeitungsphase genommen wurden
- Anlagen, die im Vergleich zu ihrer Bemessung extrem überbelastet waren
- Anlagen, bei denen trotz Aufforderung durch die Wartungsfirma keine Mängelbeseitigung seitens des Betreibers vorgenommen wurde

4.1 Ergebnisse der ökologischen Bewertungskriterien

Ablaufqualität

Zur Bewertung der Ablaufqualität wurden die im Rahmen der Wartungsarbeiten der Firma Ökoservice GmbH analysierten BSB₅-Ablaufproben zugrundegelegt, da diese von fast allen Ämtern, gemäß DIN 4261 Teil 4, als Grundlage zur Bewertung der Qualität der Abwasserbehandlung in den Kleinkläranlagen gefordert wird und somit in großer Anzahl vorhanden sind. Die Probenentnahmen erfolgen in den von den Ämtern vorgeschriebenen Intervallen; dies ist zumeist bei jeder zweiten Wartung der Fall, wobei die Wartungen je nach Auflage zwei bis vier mal im Jahr, in der Regel drei mal jährlich, durchgeführt werden. In nachfolgender Tabelle sind die Ergebnisse der Ablaufqualitätsbetrachtung zusammengefasst und bewertet. Die der Bewertung zugrunde gelegten Messwerte sind im Anhang A4 „Sonstige Anlagen“ aus der Tabelle „Ergebnisse der BSB₅ Analysen“ ersichtlich.

Tabelle 1: Ablaufbewertung

Anlagentyp	Anzahl Proben	Durchschnitts-BSB ₅ in mg/l O ₂	Anzahl BSB ₅ -Werte in %			Wertungspunkte
			<20	20 – 40	>40	
BL	1113	9,9	88,6	8,9	2,5	4
SBR	126	5,7	95,2	4,8	0	5
FSB	26	14	76,9	19,2	3,9	3
TRKmS	316	21,6	66,8	19,6	13,6	1
TRKmK	95	35,4	41,1	32,6	26,3	1

mit BL Anlage nach dem Belebtschlammverfahren
 SBR Sequential Batch Reaktor (Aufstauverfahren)
 FBS belüftetes Festbett
 TRKmK Tropfkörperanlage mit Kunststoff-Füllkörpern
 TRKmS Tropfkörper mit Schlackenfüllung

Da die durchschnittlichen Ablaufwerte alle unter dem gesetzlichen Grenzwert von 40 mg/l liegen, ist es nötig, eine weitere Abstufung vorzunehmen. Diese Abstufung soll einer zu erwartenden zukünftigen Verschärfung der gesetzlichen Grenzwerte vorbeugen. Aus diesem Grund wurde der Grenzwert von 40 mg/l auf 20 mg/l herabgesetzt. Für die Bewertung der Ablaufqualität ist nun entscheidend, wie viel Prozent der Messwerte diesen neuen Grenzwert einhalten bzw. unterschreiten. Abwasserreinigungsverfahren, die diese Grenze um mehr als 90 % unterschreiten, sind bestens für einen nachhaltigen Gewässerschutz geeignet und werden mit 5 Punkten bewertet. Verfahren, die eine Unterschreitung um mehr als 80 % aufweisen, scheinen für zukünftige Entwicklungen gut geeignet zu sein und werden mit 4 Punkten bewertet. Eine Unterschreitung der Grenze von 20 mg/l um weniger als 80 % ist als bedingt geeignet einzustufen und wird nur mit 3 Punkten bewertet. Verfahren, die diese Grenze um weniger als 70 % einhalten, sind für zukünftige Entwicklungen schlecht gerüstet, aus diesem Grund erfolgt ihre Bewertung mit nur einem Punkt. Die Punkte für die einzelnen Verfahren sind aus oben stehender Tabelle ersichtlich.

Prozessstabilität

Die Prozessstabilität ist auf den für Kleinkläranlagen vorgeschriebenen Ablaufgrenzwert bezogen. Dieser liegt für den BSB₅- Wert bei 40 mg/l im Ablauf der Anlage. Die Prozessstabilität ergibt sich aus der Anzahl der Ablaufwerte, die diesen Grenzwert unterschreiten, bezogen auf die Anzahl der Gesamtablaufwerte. Für die Ermittlung der Prozessstabilität der unterschiedlichen Reinigungsverfahren wurden die gleichen Werte wie bei der Bestimmung der Ablaufqualität herangezogen. Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 2: Prozessstabilität

Anlagentyp	Anzahl Proben	Anzahl BSB ₅ -Werte		Prozessstabilität in %	Wertungspunkte
		<40 mg/l	>40 mg/l		
BL	1113	1085	28	97,5	4
SBR	126	126	0	100	5
FSB	26	25	1	96,2	4
TRKmS	316	273	43	86,4	2
TRKmK	95	70	25	73,7	1

Die Vergabe der Wertungspunkte wurde folgendermaßen vorgenommen: Eine Prozessstabilität von mehr als 99 % ist als überragende Leistung zum Schutz der Gewässer anzusehen und wird mit 5 Punkten bewertet. Die Einhaltung des Grenzwertes bei mehr als 95 % der Messwerte ist als sehr gute Prozessstabilität einzustufen und geht mit 4 Punkten in die Wertung ein. Wird der Grenzwert zu 90 % nicht überschritten, ist dies als gute Leistung anzusehen und wird mit 3 Punkten bewertet. Liegt die Prozessstabilität über 80 %, ist dies als ausreichend anzusehen und kann mit 2 Punkten in die Wertung einfließen. Ein Überschreiten des Grenzwertes von mehr als 20 % ist als unzureichend einzustufen und kann somit nur mit einem Punkt bewertet werden.

Emissionen

Hierbei handelt es sich vorwiegend um Geruchs- bzw. Geräuschemissionen sowie um den anfallenden Überschussschlamm.

- Geräuschemissionen können weitgehend ausgeschlossen werden. Die bei den BL-, SBR- und FSB- Anlagen benötigten Luftverdichter sind von Seiten der Hersteller für einen ruhigen Lauf konstruiert und können an geeigneten Orten wie Garage, Keller oder Gerätebox untergebracht werden. Dadurch besteht keine direkte Lärmbelastung für den Betreiber. In den Anlagen installierte Pumpen sind bei ihrem Betrieb für den Betreiber kaum hörbar.
- Geruchsemissionen aus dem Vorklärbecken bzw. der Absetzgrube können auftreten. Dies ist besonders im Sommer bei langen Wärmeperioden und bei umschlagenden Witterungsverhältnissen zu beobachten. Bei normaler Betriebsweise der BL-, SBR- und FSB- Anlagen ist eine Geruchsemission aus den belüfteten Anlageteilen auszuschließen. Bei TRK- Anlagen kann es bei einer starken hydraulischen Belastung zu einer zusätzlichen Geruchsemission aus dem Tropfkörper selbst kommen, da dann die Belüftung nicht mehr ausreicht, um einen schnellen Abbau zu gewährleisten.
- Überschussschlamm fällt bei biologischen Reinigungssystemen durch das Biomassenwachstum an. Dieser Überschussschlamm gilt als Emission, da er aus dem System entfernt werden muss, um die Abwasserreinigung nicht zu beeinträchtigen. Die Menge des anfallenden Überschussschlammes ist vorwiegend von der Belastung des Abwassers abhängig. Die Bewertung des Überschussschlammaufkommens, dessen Entsorgung einen wirtschaftlichen Faktor darstellt, wird in der Betriebskostenrechnung bei der ökonomischen Bewertung berücksichtigt.

Auf Grund der oben genannten Begründungen, welche vorwiegend auf Beobachtungen der Firma Ökoservice GmbH sowie eigenen Erfahrungen beruhen, ergibt sich folgende Bewertung, welche aus nachfolgender Tabelle ersichtlich ist: Es werden dabei jeweils Punkte für Geräusch- und Geruchsemissionen vergeben, deren Durchschnitt als Wertungspunkt in die Bewertung eingeht. Als beste Leistung wäre ein emissionsfreier Betrieb anzusehen; dieser würde mit 5 Punkten bewertet werden. Eine sehr geringe Belastung durch Emissionen wird mit 4 Punkten bewertet. Bei gering auftretenden Emissionsbelastungen wird eine Bewertung von 3 Punkten vergeben. Kommt es zu einer mittleren Belastung, soll dies mit 2 Punkten in die Wertung einfließen. Eine starke Belastung mit Emissionen durch den Betrieb der Anlagen wird mit nur einem Punkt bewertet.

Tabelle 3: Emissionsbewertung

Anlagentyp	Geräuschemission	Geruchsemission	Wertungspunkte
BL	4	4	4
SBR	4	4	4
FSB	4	4	4
TRK	4	2	3

Störfallausgleich:

Zur Bewertung des Störfallausgleiches sollen zwei theoretische Szenarien zugrundegelegt und bewertet werden:

1. Die zufällige Einleitung toxischer Stoffe in die Kleinkläranlage und das damit verbundene Absterben der gesamten Biomasse.
2. Der Ausfall der technischen Geräte und der damit verbundene Aufwand für die Wiederinbetriebnahme der Anlage.

Nach § 324 StGB ist ein Verunreinigen von Gewässern strafbar. Daher sollte eine Kleinkläranlage nach einer Störung ihren normalen Betrieb in kürzestmöglicher Zeit wieder aufnehmen können.

Im ersten theoretischen Szenario soll durch das Einleiten eines oder mehrerer toxischer Stoffe eine Schädigung der Biomasse erfolgen. Dabei soll der zeitliche Aufwand bis zur Wiederaufnahme des normalen Betriebszustandes bewertet werden.

Bei den BL- und den SBR- Anlagen ist eine Regenerierung der Anlage mit verhältnismäßig geringem Aufwand möglich. Bei geringer toxischer Belastung, beispielsweise durch das Einleiten zu scharfer Reinigungsmittel, bei der die in der Anlage befindliche Biomasse geschädigt wurde, kann die Anlage durch das Animpfen mit frischem Belebtschlamm aus einer anderen Belebungsanlage sofort wieder ihren normalen Betriebszustand erreichen. Bei einer stärkeren toxischen Belastung, beispielsweise durch das Einleiten von Farbstoffen, sollte die Anlage ausgepumpt, gereinigt und mit Frischwasser gefüllt werden. Um eine schnellstmögliche Wiederaufnahme des normalen Betriebszustandes zu gewährleisten, sollte die Anlage ebenfalls mit frischem Belebtschlamm angeimpft werden.

Bei der Festbettanlage gestaltet sich die Wiederherstellung des normalen Betriebszustandes bei geringer toxischer Belastung (scharfe Reinigungsmittel) schon schwieriger, da die abgestorbene Biomasse zuerst aus dem Festbettbecken entfernt werden und anschließend eine Reinigung des Festbettkörpers erfolgen muss. Dies kann mit Hilfe einer Pumpe und eines Hochdruckreinigungsgerätes erfolgen, wobei die Säuberung des Festbettes auf Grund seiner engen Wabenstruktur einen erheblichen zeitlichen Aufwand darstellt. Die Wiedereinarbeitung der Festbettanlage nimmt einige Wochen in Anspruch, da diese nicht ohne weiteres angeimpft werden kann. Bei einer stärkeren toxischen Belastung ist die Regenerierung der Anlage noch aufwendiger. Sollte das eingebaute Festbett (meist ein Kunststoffgerippe) beschädigt worden sein, ist dessen Ersatz nur durch einen erheblich größeren materiellen und zeitlichen Aufwand zu realisieren.

Die Regenerierung von Tropfkörperanlagen (wobei kein großer Unterschied zwischen Schlacken- oder Kunststofffüllung besteht) gestaltet sich am aufwendigsten. Bei einer Schädigung der Biomasse kann diese nur durch mehrmaliges Spülen mit großen Mengen von Wasser vom Füllmaterial entfernt werden, wobei nicht geprüft werden kann, ob die tote Biomasse vollständig von dem Füllmaterial entfernt werden konnte. Es ist anzunehmen, dass die Reinigung bei Kunststofffüllkörpern etwas besser zu realisieren ist, als bei Schlackefüllung. Die Wiedereinarbeitung dauert mehrere Wochen, da bei der geringen Aufenthaltszeit des Abwassers im Tropfkörper die Biomassebildung nur langsam vorangeht. Kommt es zu einer Schädigung der Füllkörper, z.B.: durch das Einleiten von Farbstoffen, muss der gesamte Inhalt oder Teile der Füllkörper ausgetauscht werden, was einen sehr großen Aufwand an Material und Zeit bedeutet.

Im zweiten Szenario soll der Aufwand für den Austausch defekter technischer Geräte wie Pumpen oder Gebläse beurteilt werden.

Bei den BL- und SBR- Anlagen ist der Tausch der technischen Geräte (Gebläse und eventuell Pumpen) unkompliziert, da diese gut zugänglich außerhalb der Anlage angeordnet sind und somit leicht durch neue Teile ersetzt werden können.

Bei den Tropfkörperanlagen ist der Wechsel der technischen Geräte mit etwas mehr Aufwand verbunden, da sich diese auf Grund der baulichen Beschaffenheit am Boden der Anlage befinden. Der Austausch dieser Geräte (Pumpen) ist deshalb in vielen Fällen mit einem Einsteigen in die Anlage verbunden, wozu aus sicherheitstechnischen Gründen zwei Monteure mit Sicherheitsausrüstung benötigt werden.

Bei den Festbetтанlagen ist der Tausch des Gebläses und der eventuell verwendeten Pumpen genau so problemlos wie bei den BL- bzw. SBR-Anlagen. Kommt es hingegen zu einem Defekt der Belüfter, welche sich am Boden unter dem Festbett befinden, muss das gesamte Festbett ausgebaut werden. Dies bedeutet einen sehr großen zeitlichen Aufwand für die Reparatur (einen Defekt der Belüfter kann man am veränderten Blasenbild an der Festbettoberfläche erkennen).

Die Angaben zur Begründung des Störfallausgleiches beziehen sich alle auf Praxiserfahrungen der Firma Ökoservice GmbH und auf eigene Beobachtungen sowie auf theoretische Überlegungen. Die Wertungspunktvergabe ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Störfallausgleich

Anlagentyp	Szenario 1	Szenario 2	Wertungspunkte
BL	5	5	5
SBR	5	5	5
FSB	3	1	2
TRK	1	3	2

Die Vergabe der Punkte wurde nach folgenden Maßstäben festgelegt:

- Für das erste Szenario wurden die Punkte für den zeitlichen Aufwand der Regenerierungsarbeiten und für die Dauer der Einarbeitungszeit der Anlage vergeben. Kann die Anlage innerhalb eines Tages ihren normalen Betriebszustand wieder aufnehmen, so werden 5 Punkte vergeben. Sind die Instandsetzungsarbeiten innerhalb eines Tages zu bewältigen und die Dauer der Einarbeitung der Anlage nimmt nicht mehr als eine Woche in Anspruch, wird dies mit 4 Punkten bewertet. Wird für die Instandsetzung der Anlage nicht mehr als ein Tag benötigt, aber die Einarbeitung nimmt mehrere Wochen in Anspruch, erfolgt die Vergabe von 3 Punkten.

Das Reinigungsverfahren wird mit 2 Punkten bewertet, wenn die Regenerierungsarbeiten zwei Tage und die Einarbeitung mehrere Wochen in Anspruch nehmen. Geht der zeitliche Aufwand über die bisherigen Angaben hinaus, wird dies mit nur einem Punkt bewertet.

- Die Punkte für das zweite Szenario wurden für den zeitlichen und personellen Aufwand vergeben. Die Punktzahl 5 wird vergeben, wenn die Reparaturarbeiten von einem Monteur innerhalb von 3 - 4 Stunden zu bewältigen ist. Benötigt ein Monteur einen vollen Arbeitstag (8 - 9 Stunden), wird dies mit 4 Punkten bewertet. Sind die Reparaturarbeiten innerhalb von 3 - 4 Stunden abgeschlossen, werden aber zwei Monteure benötigt, erfolgt die Bewertung mit 3 Punkten. Sind die zwei Monteure einen vollen Arbeitstag mit der Reparatur beschäftigt, gehen nur 2 Punkte in die Wertung ein. Überschreitet die Arbeitszeit der zwei Monteure einen Arbeitstag, wird dies mit nur einem Punkt bewertet.

4.2 Ergebnisse der ökonomischen Bewertungskriterien

Investitionskosten

Auf dem Markt für Kleinkläranlagen gibt es eine Reihe von Herstellern, die unterschiedliche Systeme anbieten. Um einen Vergleich der Investitionskosten für den Neubau einer Kleinkläranlage zu realisieren, können nicht alle Anbieter berücksichtigt werden. Deshalb wird pro System ein repräsentativer Anbieter in die Vergleichsrechnung einbezogen. Für die BL- und SBR- Anlagen ist dies Firma Ökoservice, für die FSB- Anlagen Firma Rhebau und für den Bau von Tropfkörperanlagen Firma Mall. Um einen Vergleich der Investitionskosten, bezogen auf die Größe der Anlagen, aufzuzeigen, erfolgt die Kostenberechnung jeweils für Anlagen mit den Anschlussgrößen von 8, 16 und 40 Einwohnern. In nachfolgender Tabelle sind die einzelnen Investitionskosten gegenübergestellt. Die genauen Investitionskostenrechnungen für die einzelnen Anlagen sind in Anlage A2, „Berechnung der Investitionskosten der zum Vergleich gewählten dezentralen Abwasserbehandlungsanlagen“, nachzulesen.

Tabelle 5: Investitionskosten

Anlagentyp	Anschlussgröße der Anlage						Wertungspunkte
	8 EW		16 EW		40 EW		
	Kosten €	Punkte	Kosten €	Punkte	Kosten €	Punkte	
BL	11224	2	15914	4	22931	4	3
SBR	8286	5	12228	5	20707	5	5
FSB	9544	4	15790	3	27015	3	4
TRK	10730	3	17184	2	33671	1	2

Die Verteilung der Punkte ist von den Preisen für die Anlagen abhängig. Die günstigste Anlage wurde mit 5 Punkten und die teuerste mit 2 Punkten bewertet. Die Vergabe von einem Punkt erfolgt, wenn der Preis der teuersten Anlage stark von dem günstigsten Angebot abweicht.

Bei den Investitionskosten ist zu erkennen, dass die SBR- Anlage in jeder Ausbaugröße die günstigste Variante darstellt. Im allgemeinen folgen die Investitionskosten dem Trend, dass mit zunehmender Anschlussgröße eine Abnahme der Investitionskosten pro angeschlossenen Einwohner erfolgt. Bei den BL-Anlagen ist zu erkennen, dass sie bei den kleinen Anschlussgrößen (8 EW) die höchsten Investitionskosten benötigen. Der Grund dafür liegt in ihrer baulichen Beschaffenheit, da bei der Anlage der Firma Ökoservice (Einbehälterbauweise) die Einbauten etwas aufwendig herzustellen sind (es handelt sich um eine Entwicklung ohne Verwendung einer Vorklärung, als Vorstufe zum BioTop-System). Bei größerer Bauweise nähern sich die BL- Anlagen stark den Investitionskosten der SBR- Anlagen an; dies ist in der Abbildung 1 graphisch dargestellt.

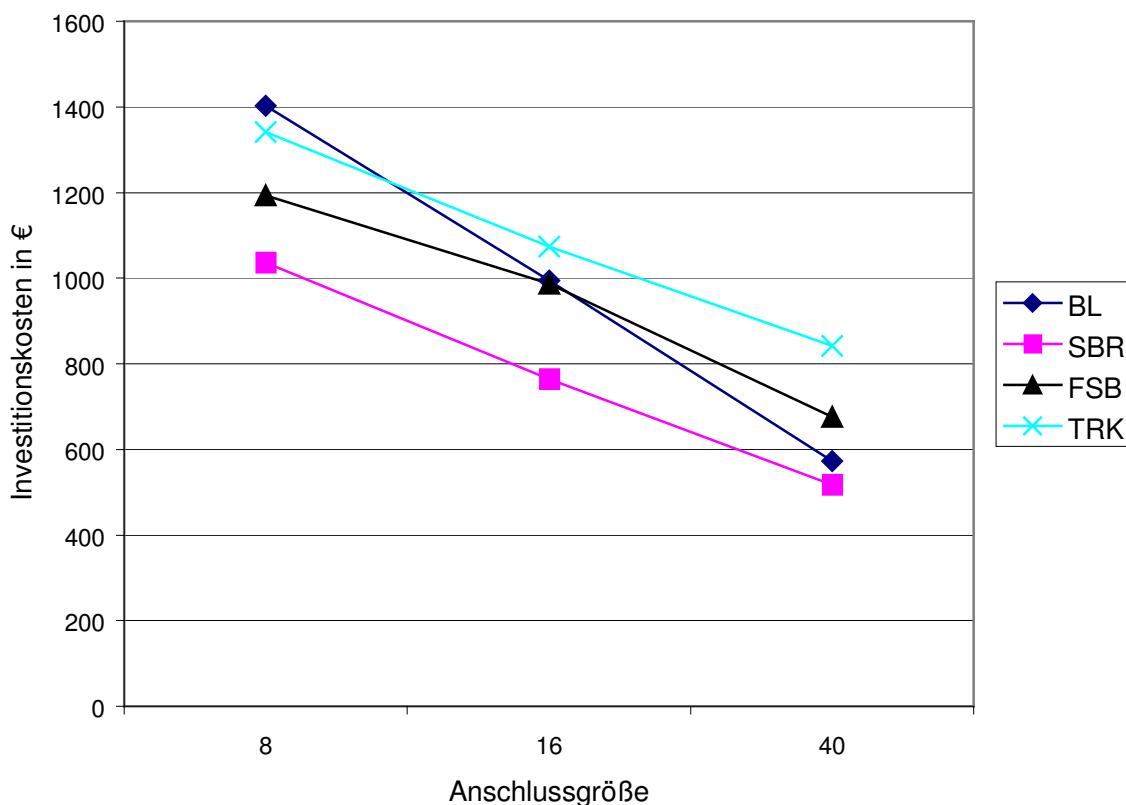


Abbildung 1: Investitionskosten bezogen auf die Anschlussgröße

Durch den Trend der sinkenden Investitionskosten pro Person bei steigender Anschlussgröße liegt die Schlussfolgerung nahe, dass es günstiger ist, mehrere Haushalte an eine Anlage anzuschließen, um so die Investitionskosten zu senken. Dies ist aber nur bedingt richtig, da bei dieser Investitionskostenrechnung keine Kosten für einen eventuellen Kanalbau berücksichtigt wurden. Da im ländlichen Raum die einzelnen Gebäude oft in größerem Abstand zueinander liegen, ist der Bau einer Kanalisation nicht zu vermeiden. Im Kapitel 5.3.2 wird untersucht, bei welcher Kanalisationslänge es günstiger ist, eine größere Anlage (40 EW) dem Bau mehrerer kleiner Anlage (8 EW) vorzuziehen.

Betriebskosten

Die Berechnung der Betriebskosten bezieht sich auf die anfallende Abwassermenge und wird in Euro pro m³ Abwasser angegeben. Bei der Bestimmung der jährlichen Abwassermenge wurde laut DIN 4261 Teil 1 und Teil 2 von einem Abwasseranfall von 150 Liter pro Einwohner und Tag ausgegangen. Die Betriebskostenrechnung bezieht sich auf die gleichen Anlagen, die bei der Investitionskostenrechnung zu Grunde gelegt wurden. Die gesamten Betriebskosten setzen sich aus folgenden Kostenarten zusammen:

- Wartungskosten
- Energiekosten
- Entsorgungskosten für den Fäkalschlamm
- Reparaturkosten
- Abschreibung der Investitionskosten

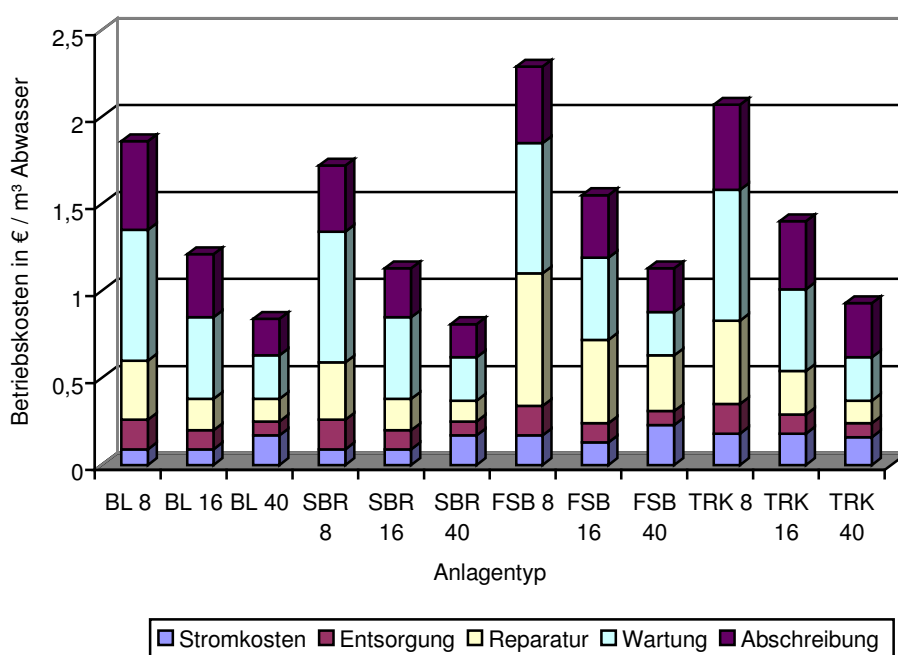
Die genaue Beschreibung sowie die Berechnung der Betriebskosten befinden sich im Anhang A3, „Berechnung der Betriebskosten der zum Vergleich gewählten Abwasserbehandlungsanlagen“. Die bei der Berechnung ermittelten Betriebskosten für die einzelnen Anlagen sind in Tabelle 6 dargestellt. Die Kosten sind in Euro pro m³ Abwasser angegeben.

Tabelle 6: Betriebskosten

Anlagentyp	Anschlussgröße			Wertungspunkte
	8 EW	16 EW	40 EW	
	Kosten € / m ³	Kosten € / m ³	Kosten € / m ³	
BL	1,86	1,21	0,84	4
SBR	1,72	1,31	0,81	5
FSB	2,29	1,55	1,13	2
TRK	2,07	1,40	0,93	3

Die Punktevergabe bei den Betriebskosten erfolgt nach dem gleichen Maßstabe wie bei den Investitionskosten.

Auch bei den Betriebskosten stellt die SBR- Technik die günstigste Variante dar, während die FSB- Anlagen die höchsten Betriebskosten aufweisen. Der Grund für die auftretenden Kostenunterschiede ist vorwiegend bei den Reparatur-, Energie- und Abschreibungskosten zu suchen. Bei der Berechnung der Betriebskosten stellte sich heraus, dass die Anteile der einzelnen Kostenarten in bezug auf die Gesamtkosten variieren. Die Kostenverteilung der einzelnen Anlagen sind in Abbildung 2 dargestellt.

**Abbildung 2: Betriebskostenverteilung**

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Betriebskosten mit steigender Anschlussgröße sinken. Dabei ist aber zu beachten, dass bei der Betriebskostenrechnung keinerlei Kanalkosten eingerechnet wurden. Somit stellt sich erneut die Frage, bis zu welcher Länge des Kanalnetzes eine Teilzentralisierung gegenüber den kleineren Einzelanlagen rentabel ist. Dieser Aspekt wird in Kapitel 5.3.2 näher untersucht.

Eigenkontrollaufwand

Bei dem Betrieb einer Kleinkläranlage hat der Betreiber bestimmte Pflichten zu erfüllen, um eine reibungslose Reinigung in der Anlage zu gewährleisten. Diese Pflichten variieren bei den einzelnen Reinigungsverfahren, nicht aber bei der Anlagengröße. Zu den Kontrollaufgaben gehören Tätigkeiten, die bei allen Reinigungsverfahren gleich sind. Dazu gehören:

- **täglich:** Kontrolle ob die Anlage in Betrieb ist, wobei Störungen an geeigneten Alarmeinrichtungen angezeigt werden
- **wöchentlich:** Ablesen und Protokollieren der Betriebsstundenzähler

Folgende Kontrollen sind bei den unterschiedlichen Reinigungsverfahren zusätzlich durchzuführen:

Belebungsanlagen:

- **wöchentlich:** Ist die Funktion des Lufteintrages und der Schlammrückführung zu kontrollieren.
- **monatlich:** Ist das Blasenbild im Belebungsraum zu überprüfen, sowie das Schlammvolumen in der Belebung zu kontrollieren. Weiterhin ist das Nachklärbecken auf Schwimmschlamm, der Ablauf auf Schlammabtrieb und die Schlammrückführung auf ordnungsgemäße Funktion zu überprüfen.

Die Schlammmessung sollte nach den Angaben des ATV- Handbuches „Einfache Messungen und Untersuchungen auf Klärwerken“ erfolgen. Aus der Betriebsanleitung des Herstellers ist die Obergrenze des erforderlichen Schlammvolumens zu entnehmen, gegebenenfalls ist Überschussschlamm abzuziehen. Schwimmschlamm auf dem Nachklärbecken ist in die Vorklärung abzuschöpfen.

SBR- Anlagen:

Die wöchentlichen und monatlichen Arbeiten erfolgen analog zu denen von Belebungsanlagen, ausgenommen der Kontrolle der Schlammrückführung und des Nachklärbeckens.

Festbettanlagen:

Die wöchentlichen und monatlichen Kontrollen erfolgen genau wie bei BL-Anlagen, ausgenommen der Messung des Schlammvolumens

Tropfkörperanlagen:

- **wöchentlich:** Ist eine Kontrolle und gegebenenfalls Reinigung der Beschickungs- und Verteilereinrichtungen durchzuführen, sowie die Funktionstüchtigkeit der Pumpen zum Heben des Abwassers und der Schlammrückführung zu kontrollieren.
- **monatlich:** Ist die Tropfkörperoberfläche auf Pfützenbildung, die Nachklärung auf Schwimmschlamm und der Ablauf auf Schlammabtrieb zu überprüfen. Schwimmschlamm auf dem Nachklärbecken ist in die Vorklärung abzuschöpfen.

Nach der Auswertung der Wartungsprotokolle von Ökoservice wurde festgestellt, dass bei über 90% derselben eine Verschlammung der Verteilervorrichtung bemängelt werden musste. Daraufhin wurde bei einigen Anlagen genauer untersucht, in welchen Zeitabständen eine Säuberung der Verteilervorrichtung erforderlich ist.

Die Untersuchungen haben ergeben, dass die Verteilereinrichtungen im Durchschnitt wöchentlich gereinigt werden müssen. Der zeitliche Aufwand für die Reinigung liegt etwa bei einer halben Stunde.

Die Zusammenstellung des zeitlichen Aufwandes für die Eigenkontrolle ist aus folgender Tabelle ersichtlich:

Tabelle 7: Zeitlicher Aufwand der Eigenkontrolle

Anlagen	tägliche Kontrollen	Zeit min	wöchentliche Kontrollen	Zeit min	monatliche Kontrollen	Zeit min
BL	Funktion	1	Betriebsstunden Lufteintrag und Schlammrückführung	10 15	Schlammvolumen**	30
SBR	Funktion	1	Betriebsstunden Lufteintrag	10 15	Schlammvolumen**	30
FSB	Funktion	1	Betriebsstunden Lufteintrag und Schlammrückführung	10 15	Blasenbild, Nachklärbecken, Ablauf	20
TRK	Funktion	1	Betriebsstunden Verteilereinrichtungen Reinigung*	10 15 30	Pfützenbildung, Nachklärbecken, Ablauf	30

* Die Zeit für die Reinigung wurde anteilig für jede Woche angegeben.

** Die übrigen Kontrollarbeiten, wie oben bereits beschrieben, können während der Absetzzeit des Schlammes durchgeführt werden.

Die in Tabelle 7 aufgeführten Zeiten werden addiert und auf den Zeitraum von einem Jahr hochgerechnet. Die Ergebnisse und die Bewertung des Eigenkontrollaufwandes sind in nachstehender Tabelle aufgeführt. Dabei wurden für den geringsten Zeitaufwand 5 Punkte vergeben. Die weiteren zeitlichen Abstufungen folgen mit den entsprechenden Punkten. Der Eigenkontrollaufwand für die Tropfkörperanlage wurde nur mit 2 Punkten bewertet, da deren Zeitaufwand mehr als 20 Stunden über dem der FSB-Anlage liegt.

Tabelle 8: Bewertung des Eigenkontrollaufwands

Anlagen	Gesamtzeit min pro Monat	Gesamtzeit h pro Jahr	Wertungspunkte
BL	175	34	4
SBR	175	34	4
FSB	165	32	5
TRK	280	56	2

Anpassungsmöglichkeiten

Durch Änderungen in den gesetzlichen Vorschriften oder Veränderungen der Belastungssituation ist es mitunter notwendig, die verfahrenstechnischen Anlagenkomponenten anzupassen. Durch diese Anpassung ist zu gewährleisten, dass die gesetzlichen Richtlinien eingehalten werden. Inwieweit dies erfolgen kann, hängt von der Betriebsweise der Anlagen ab. Da eine Anpassung durch bauliche Maßnahmen sehr kostenintensiv ist, sollen nur verfahrenstechnische Änderungen untersucht werden.

Bei den BL-, SBR- und FSB- Anlagen kann man durch eine Veränderung der Laufzeiten des Luftverdichters sehr gut auf Schwankungen in der Belastungssituation reagieren und somit immer einen optimalen Sauerstoffgehalt im Abwasser gewährleisten.

BL- und SBR- Anlagen können durch den Einsatz von anorganischen Fällungsmitteln (z.B.: Eisen(III)chlorid) eine zusätzliche Phosphatfällung bewirken, die somit die Ablaufwerte für Phosphat wesentlich reduzieren. Bei SBR- Anlagen ist die mengenproportionale Zugabe ohne großen Aufwand möglich; eine Fällungsmittelzugabe ist bei FSB- Anlagen nur bedingt und bei TRK-Anlagen gar nicht möglich.

Mit TRK- Anlagen kann man nur durch eine Steigerung oder Verminderung der Rezirkulationsrate auf veränderte Belastungssituationen oder verschärfte Richtlinien reagieren, wobei die hydraulische Belastbarkeit von Vor- und Nachklärung als begrenzender Faktor anzusehen ist.

Die vergebenen Wertungspunkte für die Anpassungsmöglichkeiten sind in Tabelle 9 ersichtlich.

Tabelle 9: Bewertung der Anpassungsmöglichkeiten

Anlagentyp	Anpassungsmöglichkeiten	Wertungspunkte
BL	gut	4
SBR	sehr gut	5
FSB	gut	4
TRK	schlecht	2

Anlagenstilllegung:

Wenn eine Kleinkläranlage nach Ablauf ihrer Lebensdauer stillgelegt wird, stellt sich die Frage nach der Entsorgung oder Umnutzung der Anlage. Im Sinne des Abfallwirtschafts- und Kreislaufgesetzes und der Agenda 21 (Nachhaltigkeit) sollten die Anlagen einer weiteren Nutzung zugeführt werden. Als Voraussetzung für eine Umnutzung ist der einwandfreie Zustand des Anlagenbehälters ausschlaggebend.

Wegen der anaeroben Zustände in Mehrkammergruben und Vorklärbecken von sogenannten Einbehälteranlagen² und den damit verbundenen Ausgasungen u.a. von Schwefelwasserstoff ist durch auftretende Korrosion die bauliche Substanz der Betonbehälter in den meisten Fällen nicht mehr für eine weitere Nutzung geeignet. Diese Anlagen werden in der Regel nach der Demontage der technischen Geräte verfüllt. Zum Verfüllen der Anlagen sollte Sand verwendet werden, der mit 35,00 € pro m³ frei Baustelle in die Berechnung eingeht. Anlagen bzw. Anlagenteile, in denen keine anaeroben Zustände auftreten oder die aus Kunststoff gefertigt sind, weisen in den meisten Fällen einen guten baulichen Zustand auf und können beispielsweise als Regenwasserzisterne weiter genutzt werden.

² Anlagen, bei denen die Vorklärung, das Belebungs- und das Nachklärbecken in einem Behälter eingebaut sind.

Der Inhalt der Anlage muss von einem Entsorgungsunternehmen abgepumpt und einer kommunalen Kläranlage zugeführt werden. Diese Unternehmen führen auch die Reinigung der Behälter durch. Die Kosten dafür wurden, wie bereits bei den Reparaturkosten, mit 25 € pro m³ Abwasser und 80 € pro Saugwagen (10 m³ Fassungsvermögen), berechnet.

Die technische Ausrüstung der Anlage muss ebenfalls aus dem Behälter entfernt und entsorgt werden. Geräte wie Steuerung, Gebläse oder Pumpen werden teilweise von den Anlagenherstellern zurückgenommen oder können in der Regenklärzisterne weitergenutzt werden. Die in der Berechnung angegebenen Kosten für die Demontage enthalten bereits eine Entsorgungsgebühr für ausgebaute Anlagenteile. Die Entsorgung der Schlackenfüllung bei Tropfkörpern unterliegt derzeit keinen gesetzlichen Vorschriften. Es ist aber davon auszugehen, dass diese Anlagen zumeist verfüllt werden, wobei die Schlacke in die Verfüllung integriert wird. Das Kunststoffgerippe der FSB- Anlagen wird ebenfalls nicht aus der Anlage ausgebaut, sondern mit verfüllt.

Für die Arbeitsleistung beim Verfüllen der Anlagen bzw. Anlagenteile wird eine Pauschale von 30 € pro m³ verfülltem Sand berechnet. Die Aufstellung der einzelnen Kosten sind aus Tabelle A4-1 im Anhang A4, „Sonstige Anlagen“, ersichtlich. Das Ergebnis der Kosten für die Anlagenstilllegung ist in nachfolgender Tabelle dargestellt und bewertet. Die Bewertung erfolgt nach den gleichen Maßstäben wie bei der Investitionskostenbewertung.

Tabelle 10: Bewertung der Stilllegungskosten

Anlagentyp	Anschlussgröße			Wertungspunkte
	8 EW	16 EW	40 EW	
	Kosten €	Kosten €	Kosten €	
BL	1247	1362	2113	4
SBR	663	775	2340	5
FSB	1333	2171	3765	3
TRK	1651	2463	4213	2

5 „Beste verfügbare Technik“

5.1 Auswertung der Ergebnisse und Festlegung der „besten verfügbaren Technik“

Die im Kapitel 4, „Ergebnisse des Verfahrensvergleiches“, erhaltenen Wertungspunkte werden zur Bewertung nicht einfach addiert, sondern vorher mit einem Faktor multipliziert. Dieser Faktor spiegelt die Priorität der einzelnen Wertungskriterien wider.

Die **ökologischen** Kriterien Ablaufqualität und Prozessstabilität besitzen die höchste Priorität, da diese einen unmittelbaren Einfluss auf die Umweltauswirkungen des Reinigungsverfahrens haben. Aus diesem Grund werden diese beiden Kriterien mit dem Faktor 6 multipliziert. Weiterhin ist es von großer Bedeutung, auftretende Störungen so schnell als möglich zu beheben, um die Umweltbelastungen auf ein Minimum zu begrenzen und da gemäß StGB §324 die Verschmutzung von Gewässern für den Betreiber strafrechtliche Folgen nach sich ziehen kann. Aus diesem Grund erhält der Störfallausgleich mit einem Faktor von 5 die zweitgrößte Priorität. Die Emissionen erhalten mit 2 einen kleinen Faktor, da es sich dabei nur um Geräusch- und Geruchsemissionen handelt und diese keinen direkten Umwelteinfluss besitzen.

Bei den **ökonomischen** Kriterien erhalten die Betriebskosten und der Eigenkontrollaufwand mit einem Faktor von 4 die größte Priorität, da sie unmittelbar die Belange des Anlagenbetreibers betreffen. Die Investitionskosten sind über die Abschreibung bereits indirekt in die Betriebskosten eingerechnet worden, weshalb sie nur einen Faktor von 3 erhalten.

Die Anpassungsmöglichkeiten erhalten ebenfalls den Faktor 3, da sie ausschlaggebend für eine Modifizierung der entsprechenden dezentralen Abwasserbehandlungsanlagen sind, um auf Änderungen der Belastungssituation oder gesetzlicher Vorschriften reagieren zu können. Die Kosten für die Anlagenstilllegung haben die geringste Priorität bei der Bewertung der „besten verfügbaren Technik“, aus diesem Grund erhalten sie nur den Faktor 1.

Die Zusammenfassung der einzelnen Bewertungskriterien und die Ergebnisse nach der prioritätsbezogenen Auswertung sind aus Tabelle 11 ersichtlich. Die in der Tabelle mit WP (Wertungspunkte) bezeichneten Werte stellen die erhaltenen Wertungspunkte der einzelnen Kriterien dar. Die mit FP (Faktorpunkte) bezeichneten Werte sind die für die Festlegung der „besten verfügbaren Technik“ ausschlaggebenden Punktzahlen und werden zum endgültigen Ergebnis zusammengefasst.

Tabelle 11: Zusammenfassung der Wertungspunkte

Reinigungssystem		BL		SBR		FSB		TRK	
Wertungskriterium	Faktor	WP	FP	WP	FP	WP	FP	WP	FP
ökologische Kriterien:									
Ablaufqualität	6	4	24	5	30	3	18	1	6
Prozessstabilität	6	4	24	5	30	4	24	2	12
Emission	2	4	8	4	8	4	8	3	6
Störfallausgleich	5	5	25	5	25	2	10	2	10
Ergebnis ökologische Kriterien:			81		93		60		34
ökonomische Kriterien:									
Investitionskosten	3	3	9	5	15	4	12	2	6
Betriebskosten	4	4	16	5	20	2	8	3	12
Eigenkontrollaufwand	4	4	16	4	16	5	20	2	8
Anpassungsmöglichkeiten	3	4	12	5	15	4	12	2	6
Anlagenstillegung	1	4	4	5	5	3	3	2	2
Ergebnis ökonomische Kriterien:			57		71		55		34
Gesamtpunktzahl:			138		164		115		68

Nach der Auswertung der einzelnen Kriterien ist das SBR- Verfahren mit 164 von 170 möglichen Punkten als die „beste verfügbare Technik“ anzusehen. Das BL-Verfahren mit 138 erreichten Punkten genügt ebenfalls noch den Ansprüchen der „besten verfügbaren Technik“, wird aber in der Praxis (bei Anlagenneubau) bereits weitgehend durch die SBR- Technik ersetzt. Durch die gezeigte Bewertung scheinen FSB-Anlagen mit 115 Punkten weniger sowie TRK- Anlagen mit 68 Punkten eher nicht als „beste verfügbare Technik“ geeignet zu sein.

Allgemeine Annahmen, dass Investitions- und Betriebskosten mit zunehmendem Entwicklungsstand steigen, können mit dieser Bewertung widerlegt werden. Es hat sich sogar gezeigt, dass das fortschrittlichste System, die SBR- Technik, gleichzeitig das wirtschaftlichste ist. Damit werden die Anforderungen nach wirtschaftlicher Vertretbarkeit, wie sie im WHG gefordert wird, voll erfüllt.

5.2 Weitere Entwicklungsmöglichkeiten der „besten verfügbaren Technik“

Selbst an Anlagen, die dem Stand als der „besten verfügbaren Techniken“ unterliegen, können weitere Optimierungen vorgenommen werden.

Als eine wichtige Weiterentwicklung ist dabei der Verzicht auf die Vorklä rung zu nennen. Diesen Vorteil besitzen die SBR- Anlagen der Firma Ökoservice. Der Betrieb dieser Anlagen ohne Vorklä rung wurde vom Institut für Analytik, Forschung und Beratung ÖKO-CONTROL Dessau GmbH & Co. KG in einer Langzeitstudie über 16 Monate geprüft und zertifiziert. Eine Anmeldung zum Patent für den Betrieb ohne Vorklä rung wurde bereits eingereicht.

Durch das Wegfallen der Vorklä rung und durch die Betriebsweise der SBR- Anlagen entsteht ausschließlich ein aerob stabilisierter Schlamm. Dieser kann in einer der Anlage angeschlossenen Schlammvererdung weiterbehandelt werden. Der in der Vererdungsstufe behandelte Schlamm kann anschließend auf dem Grundstück des Betreibers als Dünger für Blumen und Sträucher verwertet werden. Eine Verwertung als Dünger auf dem eigenen Grundstück entspricht den Grundsätzen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes und unterliegt nicht den Vorgaben der Düngemittelverordnung.

Die gesetzlichen Anforderungen wurden bereits im Kapitel 1 aufgezeigt. Dadurch spart der Betreiber der Anlage die Kosten für die Fäkalschlammentsorgung, welche z.Zt. ca. 10 % der Betriebskosten betragen. Durch diese Optimierung kann man die SBR- Anlage als eine „abfallfreie“ dezentrale Abwasserbehandlungsanlage bezeichnen.

Neue Richtlinien (TA Siedlungsabfall) lassen ab dem Jahr 2005 keine Deponierung von entwässertem Klärschlamm mehr zu. Stattdessen darf nur noch die Asche des zuvor getrockneten und anschließend verbrannten Klärschlammes deponiert werden. Darüberhinaus planen einige Bundesländer (z.zt. Baden-Württemberg, Bayern und Nordrhein-Westfalen), zukünftig die landwirtschaftliche Düngung mit Klärschlamm zu untersagen, so dass der Klärschlamm, der kommunalen Kläranlagen im ländlichen Raum keine Abnehmer mehr finden würde. Auch dieser Klärschlamm müsste dann zwangsläufig verbrannt werden.

Die Mehrkosten für eine Klärschlammverbrennung lassen sich derzeit noch nicht abschätzen. Es muss jedoch mit einer Vervielfachung der Entsorgungskosten, auch für Fäkalschlamm aus Kleinkläranlagen gerechnet werden. Daraus resultiert, dass die Betriebskosten aller Anlagen mit Fäkalschlammfall ebenso stark beeinflusst werden wie diejenigen der kommunalen Kläranlagen.

Insofern wird die „abfallfreie“ Kläranlage zukünftig an wirtschaftlicher Bedeutung gewinnen.

Eine weitere Möglichkeit zur Maximierung der Betriebssicherheit wäre die redundante Anordnung der technischen Geräte. In diesem Fall würden die technischen Teile der Anlagen doppelt ausgerüstet, so dass bei einem technischen Defekt eines Aggregates der Betrieb der Anlage ungestört fortgesetzt werden kann.

Bisher wurden SBR- Anlagen nach zeitlich fest eingestellten Zyklen betrieben. Es hat sich gezeigt, dass einige Anlagen einen zeitlich sehr unterschiedlichen Abwasseranfall aufweisen; dies ist besonders in der Urlaubszeit und im Vergleich von Wochenende und Arbeitswoche deutlich geworden. Daraus ergab sich die Überlegung, die festgelegten Zyklen durch eine belastungsabhängige Steuerung zu ersetzen. Um dies zu erreichen, wurde in die Anlage ein Schwimmerschalter eingebaut, der beim Erreichen eines bestimmten Wasserspiegels im Belebungsbecken der SBR- Anlage ein Signal an die Steuerung weiterleitet. Ist dieser Füllstand erreicht, wird der Sedimentations- und Abzugszyklus eingeleitet. Durch die Modifikation der Steuerung wurde die Anlage so eingestellt, dass die Belüftung auf die Belastung der Anlage reagiert.

Wenn der Schwimmer in einem bestimmten Zeitraum kein Signal gibt, also nur ein geringer oder kein Abwasserzufluss vorhanden ist, schaltet die Steuerung in einen Schwachlastbetrieb um. In diesem Schwachlastmodus arbeitet das Gebläse nur mit geringer Laufzeit, d.h. es wird weniger Sauerstoff in die Belebung eingetragen. Die gleiche Modifikation ist auch in umgekehrter Reihenfolge möglich. Durch das Einrichten eines Hochlastbetriebs kann die Belüftung auf starken Abwasserzufluss mit erhöhter Laufzeit reagieren.

Damit kann der Betreiber der Anlage Energiekosten sparen und gleichzeitig einen für die jeweilige Belastungssituation optimalen Sauerstoffeintrag gewährleisten. Dies ist vor allem für SBR- Anlagen geeignet, die an Haushalte oder Betriebe (z.B.: Gaststätten) mit stark schwankender Belastung angeschlossen sind.

Auf dem 64. Darmstädter Seminar für Abwassertechnik „Neues zur Belüftungstechnik“ wurde deutlich, dass die EPDM- (Ethylenpropylen - Dien - Teerpolymere) Belüftungsmembranen durch ein Herauslösen der Weichmacheranteile im Gummi einer zunehmenden Versprödung unterliegen. Durch diese Versprödung wird der Sauerstoffeintrag beeinträchtigt.

Es wurde empfohlen, die EPDM- Membranen zukünftig durch Silikonmembranen zu ersetzen. Diese weisen eine wesentlich längere Haltbarkeit auf [Vgl. WAGNER 01]. Durch den Einsatz von Silikonmembranen lassen sich die Betriebskosten für dezentrale Abwasserbehandlungsanlagen mit Membranbelüftung (BL-, SBR- und FSB- Anlagen) senken.

In Gebieten mit besonders hohen Ansprüchen an die Einleitung von gereinigtem Abwasser, als Beispiel seien hier Trinkwassereinzugsgebiete genannt, ist es möglich, Reinigungssysteme miteinander zu kombinieren. Die Untersuchung der Abwasserqualität im Ablauf einer SBR- Anlage mit nachgeschalteter Pflanzenstufe zeigt die Tendenz einer weiteren Verbesserung der Ablaufqualität. In Tabelle 12 sind die Messungen der CSB- Ablaufwerte beider Reinigungsstufen dargestellt.

Tabelle 12: CSB- Ablaufwerte von Belebung und Pflanzenstufe

Probenahme	Ablauf Bel. CSB mg/l	Ablauf Pfl. CSB mg/l	Verbesserung %
08.07.99	49	30	39
27.10.99	33	18	45
12.07.00	49	30	39
08.09.00	68	46	32
16.10.00	60	27	55
17.07.01	68	19	72
28.11.01	85	54	36
Durchschnitt			44

Es ergibt sich eine weitere Verbesserung der CSB- Konzentration von durchschnittlich 44 %. Diese Tendenz wird in einer Langzeitstudie weiter verfolgt und ausgewertet. Weitere Untersuchungen werden im Hinblick auf eine weitergehende Nährstoffelimination sowie auf eine Keimreduktion in der nachgeschalteten Pflanzenstufe durchgeführt. Sollte sich diese Tendenz in weiteren Untersuchungen bestätigen, wäre die Kombination aus Belebungs- und Pflanzenstufe eine gute Möglichkeit zum Schutz besonders empfindlicher Gewässer.

Bereits jetzt lässt sich sagen, dass eine nachgeschaltete Pflanzenstufe einen guten Schutz gegen eventuell auftretende Störungen in technischen Anlagen darstellt. Dies wird in der Literatur auch als „Polizeistufe“ bezeichnet. Durch die weitgehende biologische Vorreinigung konnten bisher keine Kolmationserscheinungen festgestellt werden, wie sie bei Pflanzenkläranlagen, die nur einer Mehrkammergrube nachgeschaltet sind, ein großes Problem darstellen.

Eine weitere Entwicklung stellt die Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser dar. Die dabei aus seuchenhygienischen Gründen erforderliche Keimelimination im Abwasser, wäre durch UV – Behandlung oder durch Ultrafiltration (Membrantechnik) zu realisieren. Die Technik der Membranfiltration kann in Zukunft eine wichtige Rolle bei der Abwasserbehandlung spielen. Ein Besuch der 4. Aachener Tagung mit der Thematik Membrantechnik zeigte, dass die Membranfiltration bereits in der dezentralen Abwasserreinigung angewendet wird. Es wurde aber auch deutlich, dass auf diesem Gebiet noch großer Forschungsbedarf besteht. Es konnten noch keine konkreten Aussagen über die Lebensdauer der Membran gegeben werden. Die Reinigung der Membran sowie eine Verbesserung der Permeabilität bedürfen noch weiterer Forschung und Entwicklung. Fraglich blieb auch die Störanfälligkeit der Membran und die Folgen für die Sicherheit der Abwasserreinigung. Da Membrananlagen sehr kompakt gebaut und mit hohen Schlammgehalten betrieben werden, stellt der Ausfall der Membran, gerade bei Kleinkläranlagen, ein großes Risiko für die Verunreinigung des Vorfluters dar.

Ein kombinierter Ansatz aus SBR- und Membrantechnik, bei dem nur die Menge Abwasser filtriert wird, die wieder verwendet werden soll, stellt wahrscheinlich die wirtschaftlichste Lösung dar. Auch wäre bei einem Ausfall der Membran die Anlagensicherheit gewährleistet, da die SBR-Anlage die Reinigung des Abwassers weiterhin sicherstellt.

5.3 Vergleich zentraler und dezentraler Abwasserbehandlung im ländlichen Raum

In diesem Kapitel sollen zentrale und dezentrale Abwasserreinigung im ländlichen Raum bezüglich ihrer Kosten für den Betreiber bzw. den angeschlossenen Einwohnern verglichen werden. Die Datengrundlagen für diesen Vergleich liefern die in dieser Arbeit erhaltenen Ergebnisse und eine Broschüre der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (ATV - DVWK). In diesem Vergleich sollen die Betriebskosten der dezentralen Abwasserbehandlungsanlagen und die durchschnittlichen Abwassergebühren gegenübergestellt sowie der Aspekt einer Teilzentralisierung untersucht werden.

5.2.1 Vergleich der Kosten für zentrale und dezentrale Abwasserreinigung

In der Broschüre „Marktdaten 2000“ wurde in Zusammenarbeit zwischen der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall und dem Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW) das Ergebnis einer Umfrage über die Abwasserentsorgung in Deutschland veröffentlicht. Die Ergebnisse dieser Befragung beziehen sich auf das Jahr 1999. In dieser Umfrage wurde eine durchschnittliche Abwassergebühr von 4,43 DM, also 2,27 Euro pro m³ Abwasser, ermittelt. Die Ermittlung dieser durchschnittlichen Abwassergebühr erfolgt nach dem Frischwassermaßstab, d.h. zur Gebührenermittlung wurde allein der Trinkwasserverbrauch herangezogen. [Vgl. COBURG & ASMUSSEN 01]

Als Vergleich werden die in dieser Arbeit errechneten Betriebskosten der dezentralen Reinigungssysteme verwendet. Die Betriebskosten der SBR-Anlage mit einer Anschlussgröße von 8 EW, als „beste verfügbare Technik“, liegt bei 1,71 Euro pro m³ Abwasser. Daraus ergibt sich eine Differenz von 0,56 Euro pro m³ Abwasser zugunsten der dezentralen Abwasserreinigung. Bei einem jährlichen Abwasseraufkommen von ca. 55 m³ pro Person³ entspricht dies einer Summe von 30,80 Euro pro Person. Bei einem 4-Personen-Haushalt wäre das eine Differenz von jährlich 123,20 Euro zugunsten der dezentralen Anlage.

Die Ursache für den großen Unterschied zwischen zentraler und dezentraler Abwasserreinigung ist in den Kosten für den Bau und den Erhalt der Kanalisationen zu suchen. Diese ergeben ca. 70 % der Gesamtkosten der zentralen Abwasserentsorgung. [vgl. GÜNTHERT 02] und mehr.

Der Broschüre „Marktdaten 2000“ ist weiterhin zu entnehmen, dass erhebliche Unterschiede zwischen ländlichen und städtischen Regionen auftreten. In Abbildung 3, welche aus dieser Broschüre übernommen wurde, ist eine Verteilung der Abwassergebühren auf die Bevölkerung ersichtlich.

³ Ergibt sich bei einem täglichen Schmutzwasseranfall von 150 l gemäß DIN 4261 Teil 1, 1991

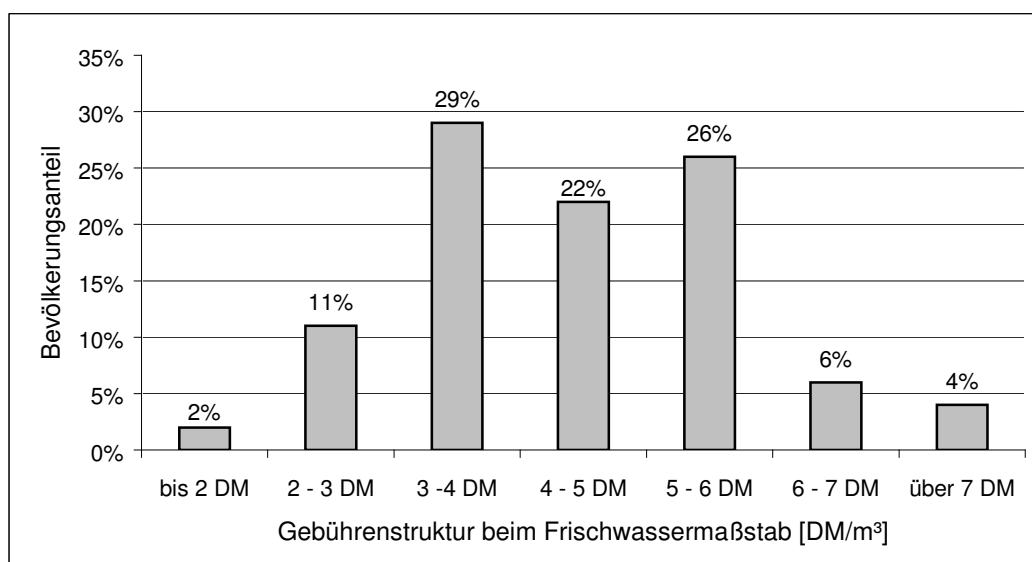


Abbildung 3: Struktur der Abwassergebühren beim Frischwassermaßstab 2000
[COBURG & ASMUSSEN 01]

Es ist zu erkennen, dass bereits 1999 bei ca. 36 % der Bevölkerung eine Abwassergebühr von mehr als 5 DM (2,56 €) pro m³ erhoben wurde. Durch die zunehmende Inflationsrate ist anzunehmen, dass die heutigen Abwassergebühren bereits höher liegen als die von 1999, dazu liegen momentan noch keine Daten vor. Es ist aber mit einer zunehmenden Preissteigerung zu rechnen, im Besonderen dann, wenn durch die neue TA- Siedlungsabfall der in Kläranlagen anfallende Schlamm vor seiner Deponierung thermisch behandelt werden muss. Durch die Möglichkeit der Schlammvererdung bei SBR- Anlagen entfällt diese Preissteigerung für den Betreiber. Die Betriebskosten bei Kleinkläranlagen können ebenfalls nicht als konstant angesehen werden und unterliegen einer teilweisen Preissteigerung. Es ist aber davon auszugehen, dass die Betriebskostensteigerung bei Kleinkläranlagen – wie bereits in der Vergangenheit - wesentlich geringer ausfällt, als die bei den Abwassergebühren, so dass sich die Kostenvorteile einer dezentralen Lösung gegenüber dem zentralen Anschluss zukünftig weiter vergrößern werden.

5.2.2 Vergleich dezentrale - semidezentrale⁴ Abwasserreinigung

Bei der Berechnung der Investitions- und Betriebskosten hat sich gezeigt, dass diese mit zunehmender Anschlussgröße sinken. Somit stellt sich die Frage, ob es günstiger ist, einzelne Gebäude an eine gemeinsame Kleinkläranlage anzuschließen. Ausschlaggebend sind dabei die Kosten für den Bau und die Unterhaltung eines Kanals, um die Gebäude mit der Anlage zu verbinden. Nachfolgend soll die mögliche Kanallänge, bezogen auf die Betriebskosten, für einen Zusammenschluss von fünf Gebäuden mit je 8 Einwohnern überschlagen werden.

Als Grundlage für diesen Vergleich werden die in dieser Arbeit errechneten Betriebskosten am Beispiel der SBR- Anlagen für die Anschlussgrößen von 8 und für 40 EW zugrundegelegt. Die Kosten für den Bau eines Abwasserkanals variieren stark; dies ist vor allem abhängig von der Einbautiefe und der Untergrundbeschaffenheit sowie zahlreichen anderen Faktoren. Nach Rücksprache mit Firma Geiger und Kunz GmbH wurde der Preis für den Kanalbau auf ca. 400 € pro laufenden Meter festgelegt. Es handelt sich dabei um einen Freispiegelkanal mit einer Nennweite von DN 200. Als Nutzungsdauer des Kanals sollen ebenfalls 50 Jahre angenommen werden wie bei der Nutzungsdauer von Kleinkläranlagen.

Die Differenz der Betriebskosten zwischen der 8 EW- Anlage mit 1,71 Euro / m³ Abwasser und der 40 EW- Anlage mit 0,80 Euro / m³ liegt bei 0,91 Euro / m³. Bei einer Abwassermenge von 109.500 m³ in 50 Jahren und 40 EW ergibt sich eine Kostendifferenz von 99.645,- Euro. Dies würde einer Kanallänge von ca. 250 m entsprechen. Somit dürften die einzelnen Gebäude nicht mehr als jeweils ca. 50 m von der gemeinsamen Kleinkläranlage entfernt stehen.

⁴ Semidezentral ist der Zusammenschluss mehrerer Gebäude an eine Kleinkläranlage.

Ein weiteres Problem bei einem Zusammenschluss mehrerer Gebäude stellt die Rechtssicherheit dar. Bei Fragen wie der Eigenkontrolle, anfallenden Reparaturkosten sowie der Haftung bei Schadensfällen kann es leicht zu rechtlichen Problemen zwischen den einzelnen Parteien einer Gemeinschaftsanlage kommen. Solche Differenzen gehen oft zu Lasten des Gewässerschutzes und sollten durch vertragliche Festlegungen vermieden werden. In der Praxis treten jedoch trotzdem immer wieder Probleme auf.

6 Ausblick

6.1 Kritik an der bisherigen Siedlungsentwässerungspolitik

Bei der Studie der rechtlichen Vorschriften wurden zahlreiche Mängel auffällig, die dringend einer Überarbeitung bedürfen.

In der Abwasserverordnung von 1997 sind viele Grenzwerte für fast alle Einleitergrößen festgelegt. Die Kleineinleiter, zu denen die dezentralen Abwasserbehandlungsanlagen zählen, sind in Anhang 1 Absatz 2 ausdrücklich von den Grenzwerten ausgeschlossen. Die meisten Behörden beziehen sich deswegen auf die Grenzwerte für Anlagen der Größenklasse I (kleiner als 60 kg/d BSB₅ roh) mit BSB₅ 40mg/l und CSB 150 mg/l im Ablauf der Anlage. Um einen besseren Schutz der Gewässer zu realisieren, sollten Grenzwerte für dezentrale Abwasserbehandlungsanlagen festgelegt werden, welche die Leistungsmöglichkeiten der dezentralen Abwasserreinigung widerspiegeln. Wie die Auswertung der Arbeit zeigt, wären Ablaufgrenzwerte von BSB₅ <20 mg/l und CSB <90 mg/l technisch machbar, ohne den Anlagenbetreiber mit hohen Kosten zu belasten.

Bei den technischen Normen der DIN ist anzumerken, dass besonders die Anlagen mit Abwasserbelüftung, welche in der DIN 4261 Teil 2 festgelegt sind, in den letzten Jahren einer besonders schnellen Entwicklung unterlagen. Diese bedürfen daher dringend einer Weiterentwicklung der technischen Vorschriften. In einer Neufassung der DIN 4261 Teil 2 sollten die neusten Entwicklungen wie Festbett- und SBR- Anlagen, (Anlagen mit Abwasserbelüftung) unbedingt berücksichtigt werden. Eine generelle Überarbeitung der Norm für dezentrale Abwasserbehandlungsanlagen wäre von Vorteil. Dabei sollte zukünftig nach Anlagen unterschieden werden, die für eine Dauerlösung bzw. die nur als Übergangslösung geeignet sind.

Die Normvorschriften für die Wartung von dezentralen Abwasserbehandlungsanlagen sollten erweitert bzw. erneuert werden. Die Untersuchung des Ablaufes auf BSB_5 , wie sie in der DIN 4261 Teil 4 vorgeschrieben ist, erscheint unzureichend, da sie keine Aussage über vorhandene Nährstofffrachten im gereinigten Abwasser angibt. Eine Ausweitung der Untersuchungsparameter auf CSB, Ammonium und Gesamtphosphat wäre ein Schritt in die richtige Richtung.

Bisher wird mindestens eine jährliche Überwachung durch die Behörde empfohlen (DIN 4261 Teil 4). Eine Möglichkeit, diesen Aufwand zu reduzieren, wäre die Zertifizierung derjenigen Wartungsfirmen, die diese Anlagen meist ohnehin betreuen. Voraussetzung dafür ist die zwingende Vorschrift zum Abschluss eines Wartungsvertrages, sowie eine Vorschrift für Wartungsfirmen, in der die wichtigsten Anforderungen vorgeschrieben werden. Die so zertifizierten Wartungsfirmen sollten behördlich überwacht werden, ähnlich wie dies bei zertifizierten Labors der Fall ist.

Wichtige Voraussetzungen für eine Zertifizierung sind:

- ein eigenes Labor, wo die bei der Wartung entnommenen Proben analysiert werden können
- die Möglichkeit zur Durchführung wichtiger Reparaturarbeiten und die damit verbundene Lagerhaltung der wichtigen Ersatzteile
- qualifiziertes und ausreichendes Personal für Wartung-, Reparatur- und Laborarbeiten

In manchen Regionen werden Wartungen von kleinen dezentralen Abwasserbehandlungsanlagen durch örtliche Klärwärter oder sogar von Tiefbaufirmen übernommen. Diese Praxis ist als unzureichend einzustufen und sollte von behördlicher Seite unterbunden werden. Da es erforderlich ist, bei auftretenden technischen Problemen diese sofort bzw. in kürzester Zeit zu beheben, sollte eine mit der Wartung beauftragte Firma in der Lage sein, diese Anlagen schnellstens zu reparieren. Bei Ersatzteilen kann es zu Lieferzeiten von 8 bis 12 Wochen kommen. Um die Betriebsbereitschaft der Anlagen in kürzester Zeit wieder herzustellen, ist somit eine entsprechende Ersatzteilkhaltung zwingend erforderlich. Diese Ersatzteilkhaltung ist mit einem erheblichen finanziellen Aufwand verbunden. Die auftretenden Probleme bei dezentralen Anlagen unterscheiden sich außerdem häufig von denen kommunaler Kläranlagen und können nicht mit den gleichen Methoden behoben werden.

Durch den Ausschluss der Kleineinleiter ($<8\text{m}^3$ Abwasser pro Tag) von der Abwasserabgabepflicht fehlt die Motivation für den Betreiber, mit seiner Anlage die bestmöglichen Ablaufwerte zu erzielen. Um den Anlagenbetreiber besser motivieren zu können, müssten sich für ihn Vor- bzw. Nachteile ergeben, die eng an die Funktion seiner Kleinkläranlage gebunden sind. Es besteht die Möglichkeit, die Wartungsintervalle den Ablaufwerten der Anlage anzupassen, d.h. bei Nichteinhaltung der Ablaufgrenzwerte sollten die Wartungsintervalle verkürzt werden und die Probenahme bei jeder Wartung erfolgen, bis die Ablaufwerte den Grenzwert wieder stabil einhalten. Die zusätzliche finanzielle Belastung des Betreibers könnte zu einem Umdenken bei der Anlagenbetreuung führen.

Diese Auflagen müssten entsprechend im Wasserrechtsbescheid der Unteren Wasserbehörde verankert werden.

Dazu ist es, wie bereits erwähnt, notwendig, für Kleinkläranlagen Grenzwerte festzulegen, die sich an den technisch machbaren und wirtschaftlich vertretbaren Möglichkeiten orientieren.

Sollte der Anlagenbetreiber trotz dieser präventiven Maßnahmen keine Reaktion bzw. Initiative zur Verbesserung des Zustandes seiner Anlage zeigen, könnten dann, wie bisher auch, rechtliche Schritte zum Schutz der Umwelt eingeleitet werden.

Ein großes Problem für eine innovative Entwicklung der dezentralen Abwasserbehandlung stellt die statische Denkweise alteingesessener Bürokratiestrukturen in den Behörden dar. So existieren Vorurteile gegenüber fortschrittlichen Reinigungssystemen, welche sich in der Praxis längst bewährt haben. Die Gründe für diese Vorurteile sind unter anderem in der mangelnden Differenzierung bei der Beurteilung der unterschiedlichen Systeme zu suchen. So werden beispielsweise Anlagen mit und ohne Wartungsvertrag bei der Beurteilung ihrer Reinigungsleistung nicht unterschieden. Dabei hat es sich gezeigt, dass die Überwachung der Anlagen durch qualifizierte Wartungsfirmen für einen optimalen Betrieb von ausschlaggebender Bedeutung sind. Auch verfahrenstechnische Unterschiede werden nicht differenziert betrachtet. So werden, um nur ein Beispiel zu nennen, Belebungsanlagen mit geregelter Zwangsrückführung und Belebungsanlagen mit Schlammtaschen in der Bewertung gleichgesetzt, so dass häufig eine schlechte Beurteilung des Belebungsverfahrens insgesamt erfolgt. Bei Tropfkörperanlagen mit Schlacke- oder Kunststofffüllkörpern erfolgt gleichfalls keine Differenzierung.

Die Pauschalisierung veralteter Erkenntnisse und die mangelnde Differenzierung stellen eine große Behinderung für die Weiterentwicklung der dezentralen Abwasserreinigung und damit dem verbesserten Gewässerschutz dar. Es hat sich erwiesen, dass entgegen vieler Behauptungen die dezentrale Abwasserreinigung häufig wesentlich kostengünstiger als ein zentraler Anschluss ist.

6.2 Ausblick auf zukünftig mögliche Entwicklungen in der dezentralen Abwasserbehandlung

In Anbetracht der technischen Entwicklung der dezentralen Abwasserreinigung ist es in unmittelbarer Zukunft denkbar, dass Brauchwasser innerhalb eines Haushaltes weitgehend im Kreislauf zu nutzen ist. Das Abwasser wird dabei soweit gereinigt, dass es als Grauwasser wieder in den Haushalt integriert werden kann. Mit diesem Grauwasser könnte der gesamte Bedarf für die Toilettenspülung und Gartenbewässerung, immerhin ca. 40 % des Wasserbedarfs eines Haushaltes, gedeckt werden. In der Literatur wird dies oft als „abwasserfreies“ Grundstück bezeichnet. Diese Bezeichnung ist nicht ganz korrekt. Da nicht die gesamte Abwassermenge wiederverwendet werden kann, sollte besser die Bezeichnung „abwasserarmes Grundstück“ benutzt werden.

Bei Anlagen ohne Vorklärung kann der anfallende aerob stabilisierte Überschussschlamm in einer Schlammvererdungsanlage weitestgehend mineralisiert werden. Dieser Schlamm kann anschließend im Garten des Anlagenbetreibers als nährstoffreicher Humus zur Düngung von Blumen und Sträuchern aufgebracht werden.

Die wirtschaftliche Rückgewinnung von Brauchwasser aus Abwasser ist eine zukunftsweisende Technik, vor allem für den Einsatz in Schwellen- und Entwicklungsländern, wo Wasser als knappe Ressource die Entwicklung einschränkt. Eine dezentrale Abwasserbehandlung erscheint vor allem in diesen Ländern als einzig vernünftige Variante. Denn nicht nur in ländlichen Gebieten, sondern auch in stark bebauten Ballungsgebieten könnte so eine kostengünstige Technik zur Abwasserreinigung etabliert werden. Solche Konzepte existieren bereits in China und Indien. Hier sollten die Industrienationen eine Vorbildrolle übernehmen, um eine weltweite Verbesserung der Lebensbedingungen und des Umweltschutzes voranzutreiben.

7 LITERATURVERZEICHNIS

ABWASSERTECHNISCHE VEREINIGUNG E.V. [HRSG.] (1985): Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik. Wilhelm Ernst & Sohn Verlag, Berlin

COBURG, Randolf; ASMUSSEN, Silke; STADTFELD, Richard (2001): Marktdaten Abwasser 2000. ATV - DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft und Abfall e.V.(2001) [Hrsg.], Hennef

DIN 4261 Teil1 (1991): Anlagen ohne Abwasserbelüftung. in den Fassungen von 1954, 1970, 1984 und 1991, Normenausschuss Wasserwesen im Deutschen Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin

ENERGIE UND UMWELTZENTRUM AM DEISTER E.V. [Hrsg.] (1987): Naturnahe Abwasserreinigung. Ökobuch Verlag, Freiburg

FINKE, Gerrit (2001): Kleinkläranlagen. Köhler, Harsum, Hildesheim

GESETZ ÜBER ABGABEN FÜR DAS EINLEITEN VON ABWASSER IN GEWÄSSER (1994): In der Fassung vom 03. November 1994 BGBl. I S. 3370, zuletzt geändert durch Gesetz vom 25.08.1998

GESETZ ZUR FÖRDERUNG DER KREISLAUFWIRTSCHAFT UND SICHERUNG DER UMWELTVERTRÄGLICHEN BESEITIGUNG VON ABFÄLLEN (1994): in der Fassung vom 27. September 1994, BGBl. I S. 2705, zuletzt geändert durch Gesetz vom 25.08.1998

GESETZ ZUR ORDNUNG DES WASSERHAUSHALTES (1996): in der Fassung vom 12. November 1996, BGBl. I S. 1695, zuletzt geändert durch Gesetz vom 25.08.1998

GÜNTHERT, Prof. F. Wolfgang (2002): Zeitaufwand und Kosten beim Bau von Abwasserleitungen mit unterschiedlichen Rohrmaterialien. bbr Wasser, Kanal und Rohrleitungsbau, S. 23-30, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller [Hrsg.], Köln

HAUS, Internet Magazin Verlag GmbH Haus+Garten online (2002) München „www.haus.de“

KLÄRSCHLAMMVERORDNUNG (1992): in der Fassung vom 15 April 1992 BGBl. I S. 912, zuletzt geändert durch Verordnung vom 06.03.1997

OTTO, Ulrich (1996): ATV-Schriftenreihe 04 - Bau- und Betrieb von Kleinkläranlagen, S. 231-253 -. Abwassertechnische Vereinigung e.V. [Hrsg.]

SCHMAUTZ, H. (1994):): Korrespondenz Abwasser Nr. 07, 1994 - Spektrum -. S. 1059, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. [Hrsg.], Hennef

STEINMANN, Dr. Christian; MELZER Prof. Arnulf (2001): Korrespondenz Abwasser Nr. 04, 2001 - Hydrophysikalische und biologische Untersuchungen des Substrates verschiedener Pflanzenanlagen -. S. 506-509, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. [Hrsg.], Hennef

STRAFGESETZBUCH (1998): in der Fassung vom 13. November 1998 BGBl. I S. 3322

THALER, Sabine (2001): Korrespondenz Abwasser Nr. 10, 2001-
Pflanzenkläranlagen - Bemessungsansätze auf dem Prüfstand -. S. 1368-
1371, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. [Hrsg.]
Hennef

VELTWISCH, Dr. Dieter (1998): Korrespondenz Abwasser Nr. 12, 1998 -
Europäische Vorgaben für die Abwasserwirtschaft -. S. 2309-2320,
Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. [Hrsg.] Hennef

WAGNER, Dr. M. (2001): WAR Schriftenreihe 134 - Darstellung von
Schadensfällen durch belegte EPDM- Membranen und
Lösungsmöglichkeiten -. S. 71-84, Verein zur Förderung des Institutes
WAR [Hrsg.], Darmstadt