

Dezentrale Abwasserentsorgung
- neue Erkenntnisse, hygienische Aspekte -

Manfred Koch, René Schlesinger

aus: Tagungsband „Wasser, Abwasser – Wertstoffe für die Lausitz?“,

Lauta, 5. Dezember 2003

Dezentrale Abwasserentsorgung - neue Erkenntnisse, hygienische Aspekte

Manfred Koch, René Schlesinger

1 Einleitung

Der schon seit längerem absehbare Anspruch, jedes Abwasser in einer biologischen Stufe zu behandeln, führte in den letzten Jahren zu einer Vielzahl verschiedener Kläranlagensysteme mit biologischer Stufe, welche für einen Einsatz in dezentralen Regionen und im häuslichen Bereich geeignet sind.

Zur Aufbereitung des häuslichen Abwassers in dezentralen Strukturen haben sich zum größten Teil Kleinkläranlagen durchgesetzt, welche mittlerweile durch gesetzliche Festlegungen über eine biologische Stufe verfügen müssen.

Um festzustellen, ob Kleinkläranlagen den heutigen und zukünftigen Anforderungen entsprechen, wird die Leistungsfähigkeit der Kleinkläranlagensysteme durch die Auswertung von Prüfberichten, Literatur und eigenen Untersuchungen festgestellt und überprüft. Darüber hinaus werden Maßnahmen und neue Entwicklungen vorgestellt, welche Einfluss auf den Wirkungsgrad und die Ablaufwerte der Anlagen haben. Neben den Aufbereitungsverfahren für das Abwasser werden Wege zum Umgang mit den weiteren „Reststoffen“ aus dem Klärprozess vorgestellt. Der an Bedeutung gewinnenden Diskussion um die hygienischen Aspekte bei der Abwasseraufbereitung, wird durch Auswertung von Literaturquellen und eigenen Analysen Rechnung getragen. Auf Grund des großen Gewichts, welche die Investitions- und Betriebskosten bei der Wahl der Behandlungsverfahren und Entsorgungssysteme haben, werden im letzten Abschnitt einige Überlegungen zu diesen Punkten ausgeführt.

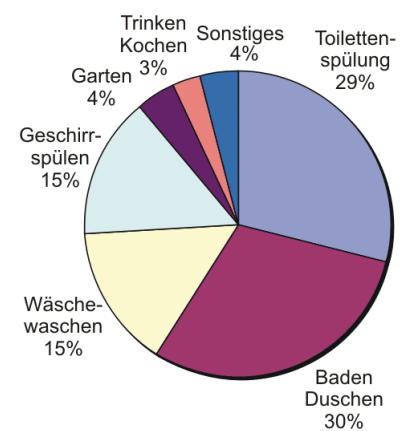


Abbildung 1: Aufteilung des täglichen Trinkwasserbedarfs im Haushalt (nach Lecher et al. 2001, S.791)

2 Menge und Zusammensetzung des häuslichen Schmutzwassers

2.1 Entstehung und Mengen des häuslichen Abwassers

Abwasser ist nach heutiger Definition jedes durch den Gebrauch veränderte und abfließende Wasser. Im Allgemeinen wird Schmutzwasser, Regenwasser, Mischwasser und Fremdwasser unterschieden. Für den Klärprozess in Kleinkläranlagen bleibt in den meisten Fällen nur das Wasser, welches durch häuslichen Gebrauch verändert wurde. Abbildung 2 gibt einen Überblick über Entstehung und Zusammensetzung des häuslichen Abwassers. Aus der Annahme, dass in den Kleinkläranlagen „nur“ häusliches Abwasser gereinigt werden muss, darf jedoch nicht der Eindruck entstehen, dass dies ein Vorteil gegenüber den zentralen Kläranlagen darstellt. Die Schwankungen in der Zusammensetzung des Abwassers, welche kaum unterbunden werden können, sind im dezentralen Bereich und besonders bei Hauskläranlagen wesentlich größer als bei zentralen Kläranlagen und stellen ein nicht unwesentliches Problem dar.

Im Allgemeinen wird heute mit einem Abwasseranfall von 120 bis 150 l / (E-d) gerechnet (UBA 2002, Umweltdaten 2002, S.7). Dies sind Durchschnittswerte, in denen unter anderem auch der Verbrauch aus Industrie und Gewerbe eingerechnet ist. Erfahrungen haben gezeigt, dass im ländlichen Raum Abwassermengen zwischen 70 und 120 l / (E-d) erreicht werden und teilweise sogar darunter liegen. Als realer Mittelwert kann eine Annahme von 100 l / (E-d) getroffen werden (Schmager et al. 2000, S.323; Finke 2001, S.27), obwohl eine genauere Abschätzung von Fall zu Fall nötig ist.

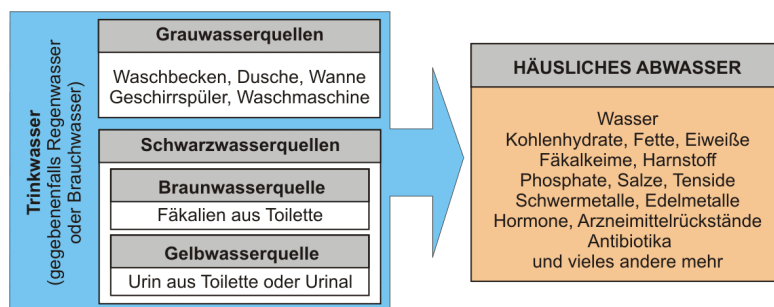


Abbildung 2: Zusammensetzung des häuslichen Abwassers (nach Bahlo et al. 1996, S.9; Otterpohl et al. 1999, S.11)

2.2 Schmutzfrachten und Summenparameter

Unter Zugrundelegung eines spezifischen Wasserverbrauchs von 150 l / (E-d) ergeben sich die durchschnittlichen Schmutz- und Nährstofffrachten der Tabelle 1. Bei dem allgemein geringeren Wasserverbrauch ergibt sich eine wesentlich höhere Konzentration. Wird die Entstehung des häuslichen Abwassers nach Abbildung 2 unterteilt, ergibt sich die Zusammensetzung des Abwassers aufgeschlüsselt nach den Anteilen an Schmutz- und Nährstofffracht für diese einzelnen Abwasser-„Quellen“. Nach Lange und Otterpohl nehmen die Schmutz- und Nährstofffrachten ungefähr die Anteile ein, welche in Tabelle 2 dargestellt sind.

	spezifische Fracht [g / (E-d)]	mittlere Konzentration bei 150 l / (E-d) in [mg / l] im Rohabwasser	mittlere Konzentration bei 150 l / (E-d) in [mg / l] im abgesetzten Abwasser
CSB	120,0	800,0	533,0
BSB ₅	60,0	400,0	267,0
N	11,0	73,0	67,0
P	2,5	17,0	15,0
TS ₀	70,0	467,0	200,0

Tabelle 1: Durchschnittliche Verschmutzung des häuslichen Abwassers (nach ATV-DVWK 2000)

	Schwarzwasser		Grauwasser		Gesamt			
	Urin	Fäkalien	Küche, Bad, etc.					
		%		%		%		
Menge [l / (E-a)]	500		50		30 000		30 550	
Org. Kohlenstoff [kg / (E-a)]	6,00	21,0	17,00	59,5	5,50	19,5	28,50	100,0
Stickstoff [kg / (E-a)]	5,00	86,2	0,50	8,6	0,30	5,2	5,80	100,0
Phosphor [kg / (E-a)]	0,40	61,5	0,20	30,8	0,05	7,7	0,65	100,0
Kalium (K ₂ O) [kg / (E-a)]	1,00	44,0	0,17	7,5	1,10	48,5	2,27	100,0

Tabelle 2: Durchschnittliche Verschmutzung des häuslichen Abwassers - aufgeteilt nach Entstehung im Haushalt (nach Lange et al. 2000, S.44)

Ungefähr zwei Drittel der organischen Substanzen stammen allein aus dem Schwarzwasser (Imhoff 1999, S.111). Bei den Nährstoffen ist eine ähnliche Situation zu finden. 70 % des Stickstoffs sind allein dem Urin zuzuschreiben (Rakelmann 2002, S.7). Aus dem Schwarzwasser sind bis ca. 90 % des Stickstoffs und 80 % des Phosphors zu erwarten (Lange et al. 2000, S.44).

2.3 Nährstoffe im Abwasser

Die mittleren Ablaufwerte für Phosphor liegen bei ca. 20 g / m³, für Stickstoff bei ca. 80 g / m³ und für Kalium bei ca. 60 g / m³ häuslichen Schmutzwassers (Lange et al. 2000, S.43). Die größten Anteile kommen dabei aus den Wasch- und Reinigungsmitteln (UBA 2002, Umweltdaten 2002, S.7). In Großkläranlagen werden die Stickstoff- und Phosphorverbindungen durch hohen technischen Einsatz (Fällung, Nitrifikation, Denitrifikation) weitgehend abgebaut. Der Abbau von Nährstoffen in Kleinkläranlagen ist derzeit nur bedingt möglich. Die wenigsten der angebotenen Kleinkläranlagen sind in der Lage hohe Abbauleistungen bei den Nährstoffen zu erzielen.

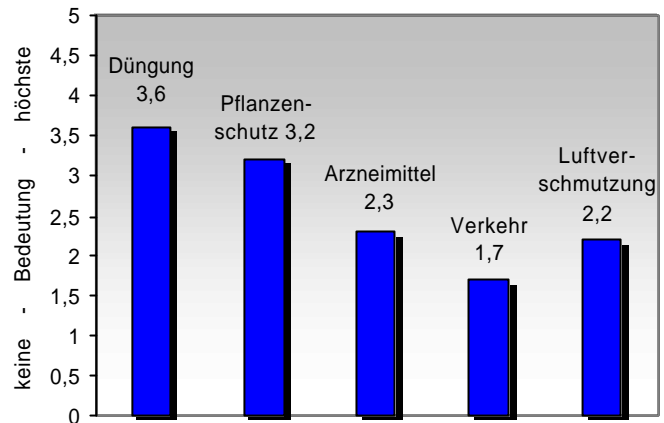


Abbildung 3: Bedeutung unterschiedlicher Schadstoffquellen für die Wasserqualität im Jahr 2010 (Korwisi et al. 1999, S.10)

2.4 Schwer oder nicht abbaubare Inhaltsstoffe

Salze

Die Salze zählen zu den nicht abbaubaren Abwasserinhaltsstoffen. Zu ihnen gehören unter anderem die Chloride, Sulfate und Phosphate. Durch die Nichtabbaubarkeit in den Kläranlagen werden die aquatischen Lebensräume auf lange Zeit belastet. Vor einer Aufsatzung der Gewässer wird schon seit langer Zeit gewarnt. Eine Verringerung der Emissionen ist hauptsächlich durch eine Vermeidung des Eintrags in das Abwasser möglich.

Tenside

In allen Reinigungsmitteln, wie z.B. Waschpulvern, Shampoos und Spülmitteln finden sich heute Tenside als waschaktive Substanzen. Auf Tenside in Reinigungsmitteln kann bisher nicht verzichtet werden. Tenside sind eine große Gruppe chemischer Verbindungen, die in wässrigen Lösungen so genannte Oberflächen- bzw. Grenzflächenaktivität ausüben, so wird zum Beispiel wird die Oberflächenspannung von Wasser stark herabgesetzt. Fette und Öle werden scheinbar im Wasser aufgelöst, tatsächlich werden sie nur sehr fein verteilt. 1999 wurden in Deutschland über 190 000 t Tenside verbraucht. Der Verbrauch ist damit annähernd zehnmal so hoch wie bei den Phosphaten (UBA 2002a). Über die Auswirkung der Tenside auf die Lebensgemeinschaften in Gewässern und Böden ist recht wenig bekannt. Zu den gesicherten Erkenntnissen zählt, dass durch Abbauprozesse der Tenside unter anderem endokrin wirksame Substanzen entstehen können. Eine gesetzliche Anforderung an die Einleitung gereinigten Wassers besteht mit Blick auf die Tenside nicht. In Deutschland existiert nur auf der Produktseite eine Regelung (Bahlo et al. 1996, S.21).

Metalle, Schwermetalle

Im häuslichen Abwasser ist eine große Anzahl an Metallen und Metallverbindungen zu finden. Auch wenn Metalle in Kleinkläranlagen im häuslichen Gebrauch nur in geringsten Mengen anfallen, können sie auf Grund der teilweise sehr toxischen Wirkung und der Tatsache, dass Metalle in Kleinkläranlagen kaum zurückgehalten oder abgebaut werden, nicht vernachlässigt werden. Spätestens mit der Verwertung des Klärschlammes, in dem sich viele Metalle stark anreichern, können sie zu einem Problem werden.

Medikamente, Antibiotika, Verhütungsmittel, Hormone

Untersuchungen zur pharmazeutischen Belastung von Kleinkläranlagen gibt es bisher nicht. Sicher ist aber, dass diese Stoffe in die Kleinkläranlagen eingetragen werden. Sollte kein Abbau dieser Stoffe erfolgen, so ist davon auszugehen, dass sie definitiv in die Gewässer (auch in das Grundwasser) gelangen. Die Untersuchungsergebnisse der Großkläranlagen können hier nicht herangezogen werden, da diese über weitaus umfangreichere Technik (Fällung) und längere Aufenthaltszeiten verfügen.

Endokrin wirksame Substanzen

Als endokrin wirksame Substanzen werden Substanzen bezeichnet, welche direkt oder indirekt auf das Hormonsystem wirken. Sie sind naturfremde Stoffe und können durch den Eintrag aus verschiedenen Produkten und Produktgruppen (z.B. Farben, Lacke, Medikamente) oder durch Abbauprozesse, zum Beispiel in den Kläranlagen, entstehen. Sie werden also nicht direkt in das Abwasser und die Kläranlage eingetragen. Die Vielzahl der unterschiedlichen Substanzen und die große Zahl an Eintragspfaden macht die Quantifizierung der einzelnen Einträge schwierig (Leisewitz 1999, S.1).

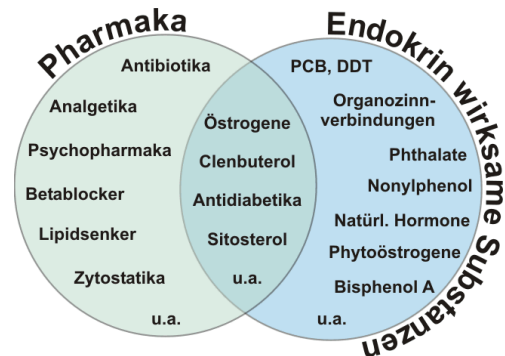


Abbildung 4: Pharmaka und endokrin wirksame Verbindungen (nach Ternes 2000, S.13)

Die Einleitung der endokrin wirksamen Substanzen wird bisher nicht überwacht, könnte aber auf Grund der Auswirkungen bei geringsten Konzentrationen schon bald zu Überwachungsmaßnahmen führen. Die Leistung der verschiedenen Kläranlagensysteme wird derzeit im Forschungsklärwerk Stuttgart geprüft. Hier wird davon ausgegangen, dass zumindest ein Teil der endokrin wirksamen Substanzen durch Membranfiltration oder Aktivkohlefilter abgebaut werden kann (Müller 2003, S.85; Schiewer et al. 2001a, S.1). Auch naturnahe Kläranlagen (Teich- und Pflanzenkläranlagen) könnten nachweislich zur Elimination von endokrinen Substanzen aus dem Abwasser beitragen (Kuschik et al. 2003, S.300-301).

Inwieweit diese Erkenntnisse und Annahmen auf Kleinkläranlagen zutreffen und ob diese Substanzen in Kleinkläranlagen entstehen oder abgebaut werden, ist noch nicht bekannt. Über die Menge der endokrin wirksamen Substanzen, welche in Kleinkläranlagen eingetragen werden, gibt es bisher keine Angaben.

Krankheitserreger, Antibiotikaresistenzen

Bei der Abwasseraufbereitung nach den anerkannten Regeln der Technik sind Kläranlagenabläufe meist noch sehr stark mit Fäkalbakterien und somit potentiell mit Krankheitserregern belastet. Selbst weitergehende Methoden der Abwasserbehandlung bringen nur eine geringfügige Keimreduzierung. Entgegen weit verbreiteter Meinungen sind Krankheitserreger noch über große Entfernungen und Zeiten überlebens- und vermehrungsfähig (Dorau 1999, S.2). Die zunehmende Resistenz vieler Bakterien gegen Antibiotika, ausgelöst durch den Eintrag von Arzneimitteln in das aquatische System und die Übertragbarkeit solche Resistenzen, vergrößert die Gefahr zusätzlich. Die heutige Klärtechnik bietet geradezu ideale Voraussetzungen für die Vermehrung und Übertragung erworbener Eigenschaften (z.B. Resistenzen) von Mikroorganismen (Geller 1999, S.4).

Bis heute werden keine seuchenhygienischen Anforderungen an die Abläufe von Kläranlagen gestellt. Bisher geben nur die EG-Richtlinien über Qualitätsanforderung an Oberflächengewässer für die Trinkwassergewinnung und über die Qualität von Badegewässern Leit- und Grenzwerte, jedoch keine Aussage über die Einleitung.

3 Die Abwasserbehandlung in Kleinkläranlagen

Die Vorgänge in den Kleinkläranlagen, wie sie heute in den meisten Fällen eingesetzt werden, entsprechen weitestgehend den Vorgängen in den konventionellen Kläranlagen. Abbildung 5 gibt einen groben Überblick über den Weg des häuslichen Abwassers von der Entstehung über die Behandlung in den Kleinkläranlagen bis zur endgültigen Verwendung.

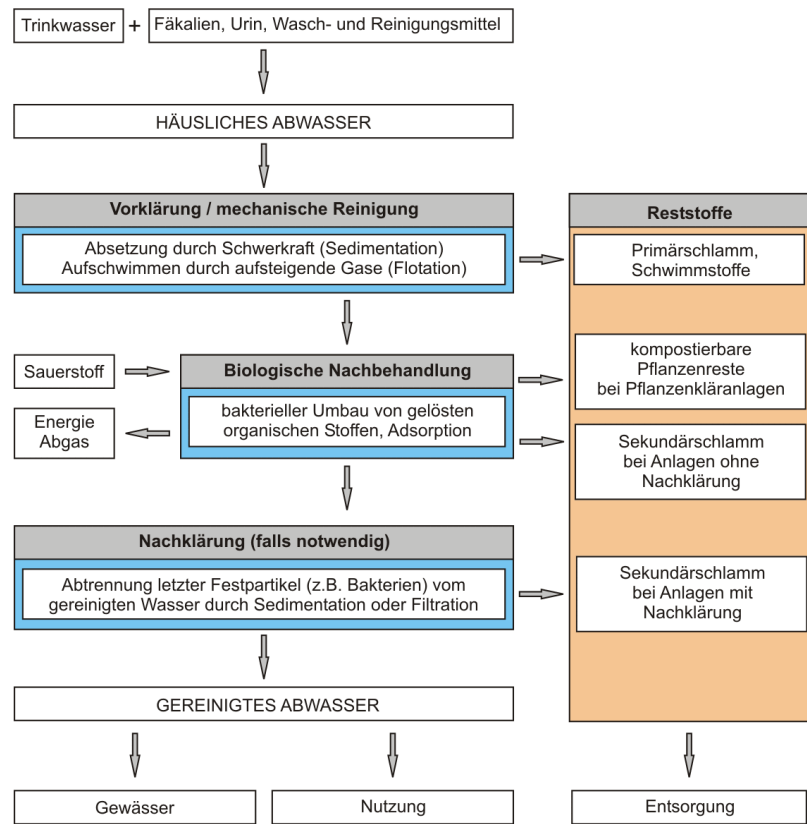


Abbildung 5: Mechanische und biologische Abwasserbehandlung in Kleinkläranlagen

Die Behandlung in modernen Kläranlagen erfolgt mittels chemischer, biologischer und physikalischer Verfahren. Die mechanischen Verfahren werden zur Feststoffabtrennung genutzt. Dieser Vorgang geschieht in Kleinkläranlagen in der Vorklärung, welche meistens als Mehrkammerabsetz- oder Mehrkammerausfallgruben geplant wird. Alternativ werden

Nischen für Roten Regen eingesetzt. In der Vorklärung werden mittels Sedimentation und Flotation die ungelösten Stoffe aus dem Abwasser abgetrennt und es entsteht der so genannte Primärschlamm, welcher in regelmäßigen Abständen aus der Kläranlage entfernt werden muss. Die Aufbreitungsleistung der biologischen Kleinkläranlagen ist sehr stark von der Leistungsfähigkeit der Vorklärung abhängig.

In der biologischen Behandlungsstufe werden die gelösten organischen Substanzen durch eine Vielzahl von Mikroorganismen zu Klärschlamm (Sekundärschlamm), Gasen (Methan, Kohlendioxid) und Energie umgewandelt. Die biologische Behandlung kann durch aerobe (mit Sauerstoff) und durch anaerobe (ohne Luftzufuhr) Vorgänge erfolgen. Die aeroben Verfahren sind die am meisten verwendeten und effektivsten. Voraussetzung ist die ausreichende Versorgung der Organismen mit Sauerstoff. Anaerobe Vorgänge geschehen in den meisten Kleinkläranlagen unregelmäßig und zufällig. Deswegen ist der gezielte Einsatz anaerober Vorgänge, wie sie zum Beispiel zum weitergehenden Stickstoffabbau notwendig wären, schwierig. Die komplexen biologischen Vorgänge in den Kläranlagen können durch Gifte, schwer abbaubare Stoffe oder durch Sauerstoffmangel schwer gestört werden. Allein der regelmäßige Einsatz von antibakteriellen Reinigungsmitteln kann die komplette biologische Aufbereitung zerstören.

Bei einigen Klärverfahren ist nach der biologischen Stufe eine separate Nachklärung notwendig, in welcher der Sekundärschlamm abgetrennt wird. Der Sekundärschlamm besteht aus abgestor-

benen Bakterien und anderen feinsten Festpartikeln, welche durch Sedimentation oder Filtration abgetrennt werden.

Am Ende des Klärprozesses bleiben ein weitestgehend gereinigtes Abwasser, der Klärschlamm und eventuell andere Restprodukte, wie zum Beispiel die Pflanzenreste bei den Pflanzenkläranlagen. Das Wasser kann dem Kreislauf wieder zugeführt werden, indem es in einen Vorfluter oder in das Grundwasser eingeleitet wird. Darüber hinaus kann es im Garten und Haus erneut Verwendung finden. Die anderen Reststoffe müssen einer brauchbaren Entsorgung oder Verarbeitung zugeführt werden.

Chemische Prozesse, wie sie in großen Kläranlagen zu finden sind, werden bei Kleinkläranlagen nicht eingesetzt. In großen Kläranlagen werden unter anderem Fällungs- und Flockungsmittel zur Entfernung von Phosphor und Schwermetallen oder Chlor zur Hygienisierung des gereinigten Abwassers genutzt.

Auf Grund der Prozessabläufe bleibt festzustellen, dass in Kleinkläranlagen allein die biologisch

gelösten Substanzen einem begrenzt kontrollierten Abbau unterliegen. Der Abbau aller anderen gelösten Stoffe und Stoffgruppen, welche im häuslichen Abwasser zu finden sind, geschieht eher zufällig oder gar nicht. Nur in wenigen Ausnahmen ist, zumindest in Grenzen, eine gesicherte Stickstoffelimination möglich. Eine Ausnahme bildet die Membranfiltration, welche durch den effektiven Filtrationsvorgang bevorteilt und in der Lage ist, sehr viele Inhaltsstoffe aus dem Abwasser abzutrennen.

Die wichtigsten Vertreter der Kleinkläranlagen können der Abbildung 6 entnommen werden. Die aufgeführten Anlagen gehören heute zu den gebräuchlichsten und am häufigsten angebotenen Systemen. Darüber hinaus gibt es noch andere Verfahren. Ständige Weiterentwicklung und Neuerungen bringen immer neue Varianten für Kleinkläranlagen hervor.

4 Wie leistungsfähig sind Kleinkläranlagen?

Um einen Überblick über die Leistungsfähigkeit von Kleinkläranlagen und den verschiedenen Klärsystemen zu erhalten, standen neben Literaturangaben vor allem umfangreiche Analysedaten und eigene Probeergebnisse zur Verfügung. Mehr als 3000 Probeanalysen mit unterschiedlichem Analyseumfang von über 1800 verschiedenen Kleinkläranlagen mit biologischer Stufe aus dem gesamten Bun-

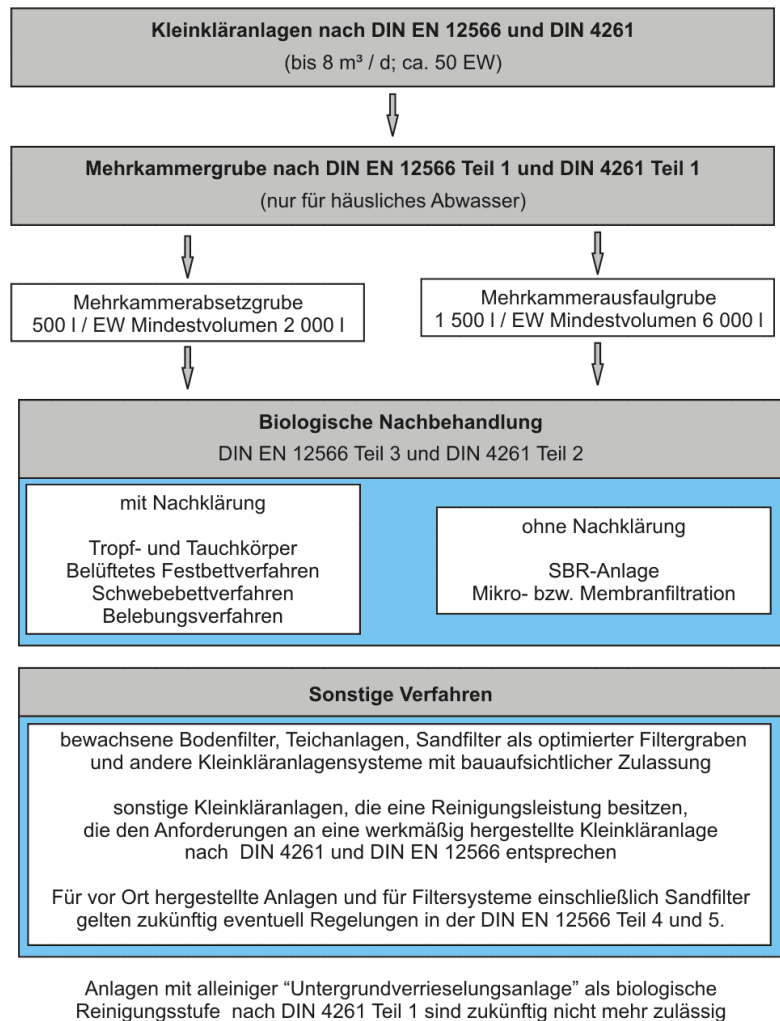


Abbildung 6: Übersicht der Kleinkläranlagen nach DIN EN 12566 / DIN 4261 und der sonstigen zulässigen Verfahren

desgebiet konnten verarbeitet werden. Um ein reelles Bild zeichnen zu können, wurde vor allem auf herstellerunabhängige und praxisgerechte Daten Wert gelegt.

Für den Nachweis der Leistungsfähigkeit werden häufig die Summenparameter CSB und BSB₅ genutzt, welche einen Überblick über die Elimination von gelösten organischen Verbindungen liefern. Eine hundertprozentige Leistung in Bezug auf CSB und BSB₅ kann von vornherein ausgeschlossen werden. In Versuchen wurde festgestellt, dass Abwasser niemals bis zur vollständigen

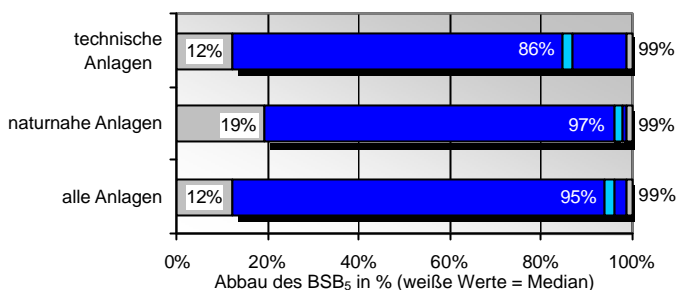


Abbildung 7: Schwankungsbreite und Medianwerte der Abbauleistung von Kleinkläranlagen bezogen auf den BSB₅

Abwesenheit aller organischen Substanzen gereinigt werden können. Bei häuslichem Schmutzwasser ist mit einer CSB-Grenzkonzentration von ca. 30 mg / l zu rechnen. Ein Grund sind unter anderem die „Abfallprodukte“, welche von den Mikroorganismen im Belebtschlamm gebildet werden (Koppe et al. 1993, S.451-453). Untersuchungen haben außerdem gezeigt, dass der Abbau vieler Substanzen nicht oder nur bis zu einem bestimmten Grade möglich ist. Bei einigen Substanzen findet ab einer gewissen „Grenzkonzentration“ kein weiterer Abbau statt (Lange et al. 2000, S.64).

KKA	Kleinkläranlagen
vPKA	vertikal durchströmte Pflanzenkläranlage
hPKA	horizontal durchströmte Pflanzenkläranlage
KT	Kläerteiche
TK	Tropfkörperanlage
STK	Scheibentauchkörperanlage
FBA	Festbettanlage (belüftet)
SBA	Schwebebettanlagen
BA	Belebungsanlage
SBR	SBR-Anlage
BM	Biomembranverfahren

Tabelle 3: Verwendete Abkürzungen für Kleinkläranlagensysteme

Neben der Abbauleistung für organische Inhaltsstoffe wird bei Kleinkläranlagen zunehmend Wert auf eine gute Abbauleistung bei den Nährstoffen gelegt. Stickstoff und Phosphor sind Hauptursache für die Eutrophierung der Gewässer. Bisher gibt es allerdings noch keine

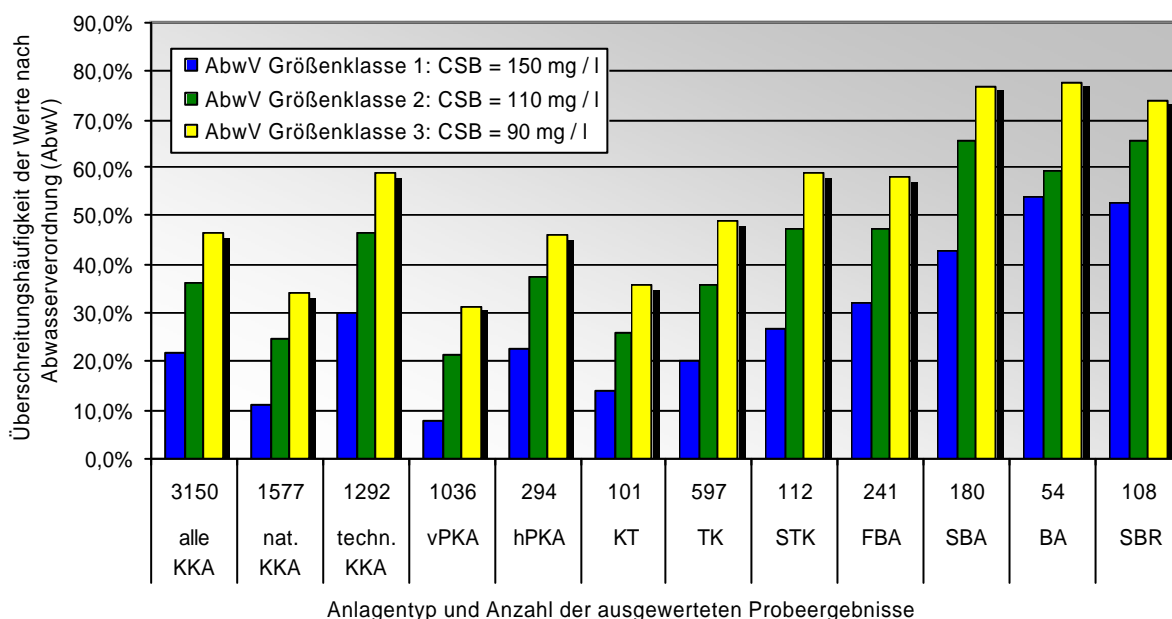


Abbildung 8: Überschreitungshäufigkeit des CSB bei üblichen Kleinkläranlagen, Grenzwerte nach Größenklassen 1 bis 3 nach der Abwasserverordnung (AbwV 2002), Abkürzungen siehe Tabelle 3

festgelegten Überwachungswerte für Nährstoffe und deshalb ist die Datenlage weitaus dünner als bei den Summenparametern CSB und BSB₅.

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass die momentan angebotenen Kleinkläranlagen alle in der Lage sind, die gewünschten Ablaufwerte nach der Abwasserverordnung einzuhalten. Für Anlagen der Größenklasse 1, zu denen die Kleinkläranlagen zählen, wird ein CSB-Grenzwert von 150 mg / l und eine BSB₅-Grenzwert von 40 mg / l festgelegt. Abbildung 8 zeigt, dass weniger als 80 % aller Kleinkläranlagen in der Lage sind, die heutigen Anforderungen zu erfüllen. Würden die Anforderungen auf die Vorgaben für Anlagen der Größenklasse 3 (300 bis 600 kg BSB₅ / d) nach Abwasserverordnung erhöht (CSB = 90 mg / l), könnte gerade die Hälfte der heute eingesetzten Kleinkläranlagen diese erfüllen.

Werden die einzelnen Klärsysteme betrachtet, fällt auf, dass die technischen Verfahren den naturnahen Verfahren unterlegen sind. Eine Ausnahme bildet die Membranfiltration, welche auf Grund ihrer hervorragenden Leistung eine Sonderstellung einnimmt. Zu den Membranfiltrationsanlagen liegen bisher nur sehr wenige Ergebnisse vor. Es ist aber davon auszugehen, dass bei ordnungsgemäßem Betrieb und regelmäßiger Wartung die Leistung herkömmlicher Systeme bei weitem übertroffen wird. Abbildung 9 und Abbildung 10 geben einen Überblick über die in der Praxis erreichten Median- und Mittelwerte für CSB und BSB₅ der verschiedenen Systeme.

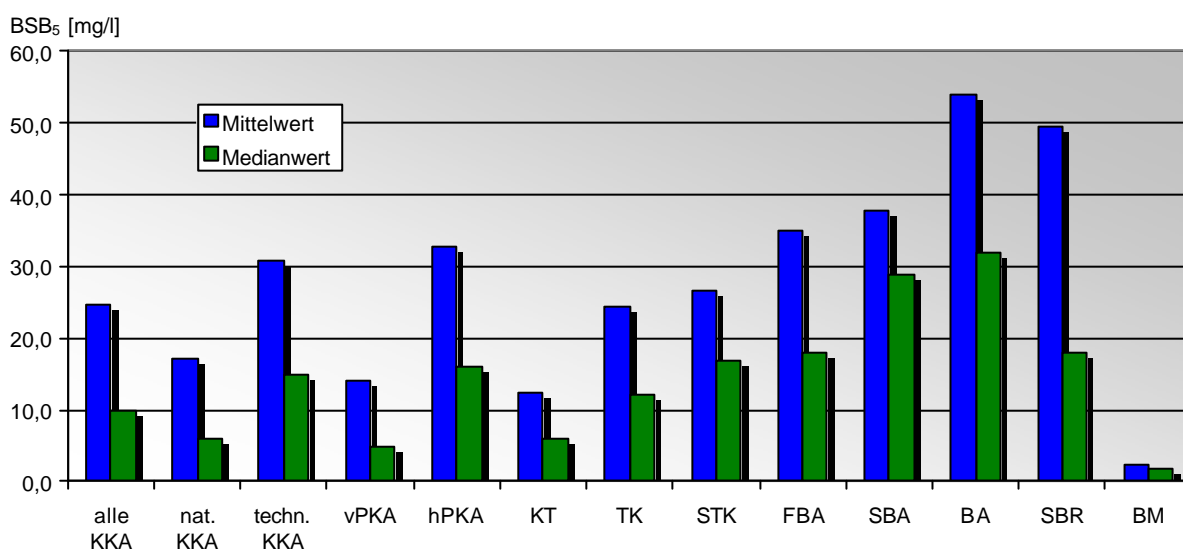


Abbildung 9: Median- und Mittelwerte für BSB₅ der verschiedenen Kleinkläranlagentypen

Nach den vorliegenden Ergebnissen und den Erfahrungen aus Literatur und Praxis, ist der Einsatz von Kleinbelebungsanlagen, SBR-Anlagen, Festbett- und Schwebebettanlagen im Bereich der Kleinkläranlagen nur eingeschränkt empfehlenswert. Allein die Tropf- und Tauchkörperanlagen können aus heutiger Sicht die Anforderungen an technische Kleinkläranlagen erfüllen (Schütte 2000, S.1504; Kunst et al. 2000, S.53; Hoheisel 2000, S.1510).

Die beste und sicherste Leistung liefern die naturnahen Verfahren und hier vor allem die Bodenfilter oder Pflanzenkläranlagen. Das oft von den Herstellern technischer Anlagen angeführte Argument, dass naturnahe Verfahren durch den angeblich höheren Pflegeaufwand wesentlich schlechter für den privaten Haushalt geeignet seien als technische Systeme, kann durch die vorliegenden Ergebnisse nicht bestätigt werden.

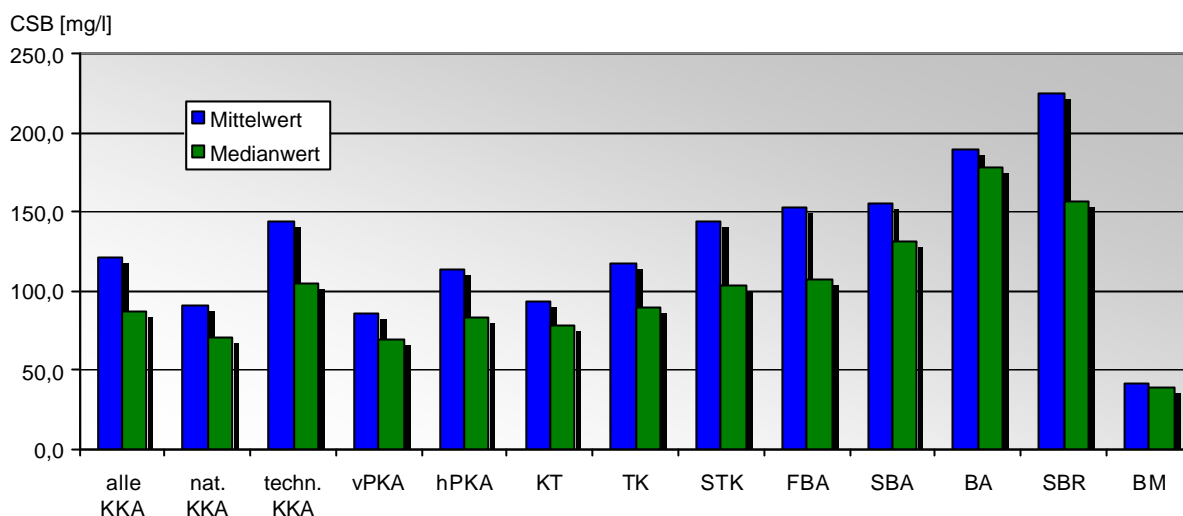


Abbildung 10: Median- und Mittelwerte für CSB der verschiedenen Kleinkläranlantypen

Vertikal durchströmte Pflanzenkläranlantagen zeigen geringere Ablaufwerte als Horizontalfilter, so dass ein tendenziell besserer Wirkungsgrad für Vertikalfilter belegt werden kann (UBA 1999b, S.14). Im Jahresmittel ist für Pflanzenkläranlantagen eine Abbauleistung von ca. 95 bis 98 % für BSB₅ und CSB zu erwarten (Schwarz 1999, S.42). Bei den Teichanlagen ist ein Teil der Abbauleistung eventuell auf die Verdünnung mit Niederschlagswasser zurückzuführen. Teichanlagen sind zudem in den Wintermonaten anfälliger als Pflanzenkläranlantagen (Kunst et al. 2000, S.53).

Nährstoffabbau

Die Stickstoff- und Phosphorabbauleistung wiesen bei allen Kleinkläranlantagen erhebliche Schwankungsbereiche auf. Eindeutige Aussagen sind deswegen kaum möglich. Tendenziell können bei den naturnahen Verfahren für Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor geringere Werte nachgewiesen werden als bei den technischen Kleinkläranlantagen (vergleiche Abbildung 11).

Vor allem die vertikal durchströmten Pflanzenkläranlantagen und die Abwasserteiche weisen eine gute Nitrifikationsleistung auf. Damit sind die geringen Ablaufwerte für Ammonium-Stickstoff (NH₄-N) und die erhöhten Werte für Nitrat-Stickstoff (NO₃-N) erklärbar. Vertikalfilter haben dabei eine höhere Ammonium- und Gesamtstickstoff-Abbauleistung als Horizontalfilter. Dies wird auf die bessere Sauerstoffversorgung der Vertikalfilter zurückgeführt. Für die Denitrifikation eignen sich dagegen Horizontalfilter besser (Felde et al. 1996, S.45; Thaler 2001, S.1370). Für die technischen Anlagen sind systemspezifische Angaben auf Grund der geringen Datenmenge nicht möglich. In einigen Fällen konnte allerdings nachgewiesen werden, dass Nitrifikation und Denitrifikation parallel in einer Anlage möglich sind. Sichere und typenbezogene Empfehlungen kann es bisher aber nicht geben. Die von einigen Herstellern erreichte Zulassung technischer Kleinkläranlantagen für Nitrifikation und Denitrifikation sollte

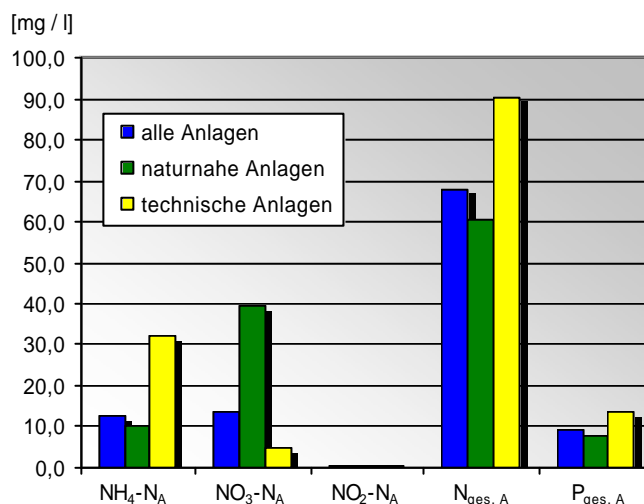


Abbildung 11: Medianwerte der Kleinkläranlantageabläufe für Stickstoffverbindungen, Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor

in der Praxis überprüft werden. Allein der Membranfiltration konnte bisher im Praxisversuch eine gute Nitrifikation und Denitrifikation nachgewiesen werden (Rosenberger et al. 2003, S.48).

Bei allen Anlagen ist der Nitrit-Stickstoff-Gehalt (NO₂-N) im Auslauf sehr gering und teilweise nicht mehr nachweisbar. Ein gesicherter Phosphorabbau findet in keiner Kleinkläranlage statt, auch wenn die Ablaufwerte bei den naturnahen etwas geringer sind als bei den technischen Verfahren. Selbst die Membranfiltration ist hier nicht besser als die herkömmlichen Systeme (Rosenberger et al. 2003, S.48).

Hygienische Parameter

Kläranlagenabläufe sind meist stark mit Fäkalbakterien und daher potentiell mit Krankheitserregern belastet und enden oft direkt in hydraulisch leistungsschwachen und ökologisch belastungsempfindlichen Vorflutern oder werden über die ober- und unterirdische Verrieselung dem Grundwasser zugeführt. Die zu schützenden Ressourcen in Grundwässern, Badegewässern und Trinkwassertalsperren, welche direkt oder indirekt für die Trinkwassergewinnung genutzt werden, können dabei durch das Abwasser verunreinigt werden (Hagendorf et al. 2002, S.13).

	totalcoliforme Bakterien [1 / ml]	fäkalcoliforme Bakterien [1 / ml]
Grauwasser aus Badewanne, Dusche, Handwaschbecken	10 ¹ - 10 ⁵ Median: 10 ⁵	10 ¹ - 10 ⁵ Median: 10 ⁴
Grauwasser aus Badewanne, Dusche, Handwaschbecken und Waschmaschine	10 ² - 10 ⁶	10 ¹ - 10 ⁵
Grauwasser aus Badewanne, Dusche, Handwaschbecken, Waschmaschine und Küche	10 ² - 10 ⁶	10 ² - 10 ⁶
häusliches Abwasser inklusive Fäkalien	10 ⁴ - 10 ⁷	10 ⁴ - 10 ⁷

Tabelle 4: Belastung von unbehandeltem Grauwasser und häuslichem Abwasser mit coliformen Bakterien und Escheria Coli (fäkalcoliforme Bakterien) (Mehlhart et al. 2002, S.5)

Die stetig ansteigende Nutzung des gereinigten Abwassers führt dazu, dass die hygienischen Bedingungen im Umgang mit Abwasser eine immer wichtigere Rolle spielen. Trotzdem werden bis heute keine seuchenhygienischen Anforderungen an die Abläufe von Kläranlagen gestellt. Bisher geben nur die EG-Richtlinien über Qualitätsanforderung an Oberflächengewässer für die Trinkwassergewinnung und über die Qualität von Badegewässern Leit- und Grenzwerte, jedoch keine Aussage über die Einleitung. Nach § 1a Wasserhaushaltsgesetz gilt aber eine allgemeine Sorgfaltspflicht für die Verhütung einer Gewässerverunreinigung und nach dem Infektionsschutzgesetz §41 (IfSG) haben die Abwasserbeseitigungspflichtigen darauf hinzuwirken, „dass Abwasser, ..., so beseitigt wird, dass Gefahren für die menschliche Gesundheit durch Krankheitserreger nicht entstehen“ (IfSG 2000; WHG 2002). Welche Auswirkungen durch den Einsatz von Kleinkläranlagen entstehen, ist nicht hinreichend untersucht. Gründe genug also, sich mit dem Problem der Abwasserhygienisierung zu beschäftigen, selbst wenn dazu anscheinend keine akute Notwendigkeit besteht.

Ort der Probenahme	E.coli-Bakterien KBE/ 100 ml
Ablauf vPKA	> 4 000 ¹
Ablauf vPKA	370
Ablauf vPKA	60
Ablauf vPKA	140
Ablauf vPKA	30
Ablauf SBR	> 30 000 ¹
Ablauf SBR	> 2 000 ¹
Ablauf SBR	> 4 000 ¹
Ablauf SBR	> 20 000 ¹
Ablauf Festbett	> 10 000 ¹
Ablauf Festbett	> 30 000 ¹
Ablauf Festbett	> 30 000 ¹
Ablauf Tropfkörper	> 30 000 ¹

¹ Schätzwert (genaue Zählung nicht möglich)

Tabelle 5: E.coli-Bakterien im Ablauf verschiedener Kleinkläranlagensysteme

Die Gefahren, welche durch Krankheitserreger aus Kläranlagen entstehen, werden landläufig weit unterschätzt. Die Meinung, dass wir in einer hygienisch sauberen Umwelt leben, ist weit verbreitet. Dass aber hauptsächlich der massive und erfolgreiche Einsatz von Antibiotika für die scheinbar hygienischen Zustände verantwortlich ist, wird nicht wahrgenommen. Die Rückkehr von besiegt geglaubten Bakterien (gehäuft antibiotikaresistent) und Krankheiten, ist ein Zeichen dafür, dass die hygienischen Probleme keineswegs gelöst sind. Es wird zunehmend schwieriger bakterielle Infektionen zu bekämpfen. Die Kläranlagen sind ein Teil dieses Problems (Geller 1999a, S.3; Dorau 1999a, S.3). Außereuropäische Besucher und Rückkehrer von Fernreisen tragen zudem immer mehr seltene und in Europa bisher kaum vorkommende Erregerspezies ein (Philipp et al. 2000, S.117).

Der Einsatz von Kleinkläranlagen auf privaten Grundstücken führt dazu, dass der Nutzer, der Wartungsbeauftragte, der Klärschlamm Entsorger und eventuell weitere Personenkreise in direkten Kontakt mit dem Abwasser und der Anlage selbst geraten. Bisher erreichen die meisten der angebotenen Kleinkläranlagensysteme nur ungenügende Abbauleistungen bei pathogenen Keimen und anderen Krankheitserregern. Die Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit zeigen, dass vor allem die technischen Verfahren nicht in der Lage sind, Fäkalbakterien zurückzuhalten. Pflanzenkläranlagen dagegen können einen ausreichenden Abbau von Krankheitserregern gewährleisten, solange die Leistung allgemein gut ist (siehe Tabelle 5). In Tabelle 6 sind die Untersuchungsergebnisse einiger Teiche aufgeführt, welche neben Regenwasser mit gereinigtem Abwasser aus vertikal durchströmten Pflanzenkläranlagen beschickt werden. Anhand der wenigen vorliegenden Daten sind kaum gesicherte Aussagen möglich. Allerdings kann festgestellt werden, dass unabhängig von der Größe keine hygienische Gefährdung von den Teichen ausgeht, solange der Zulauf zum Teich eine geringe bakterielle Belastung aufweist.

Ort der Probenahme	E.coli-Bakterien im Teich KBE / 100 ml	E.coli-Bakterien im zugehörigen KKA-Ablauf KBE / 100 ml
Schönungsteich ca. 150 m ²	0	
Schönungsteich ca. 100 m ²	> 2 000 ¹	> 4 000 ¹
Feuerlöschteich ca. 200 m ²	0	370
Schönungsteich ca. 150 m ²	0	60
Schönungsteich ca. 50 m ²	290	30
Schönungsteich ca. 50 m ²	0	

¹ Schätzwert (genaue Zählung nicht möglich)

Tabelle 6: E.coli-Bakterien in Kleinkläranlagen mit nachgeschalteten Teichen

Zusammenhang zwischen Trübung und den Ablaufwerten

Interessant für eine Anwendung bei der regelmäßigen Kontrolle der Kläranlagen durch den Betreiber ist der Zusammenhang, welcher zwischen der Trübung und den Ablaufwerten für den CSB nachgewiesen werden kann (siehe Abbildung 12). Eine gesicherte Aussage über den Sauerstoffbedarf und über die Verschmutzung des Abwassers kann mittels der Trübung zwar nicht getroffen werden, jedoch könnten tragbare Messgeräte eine schnelle und kostengünstige Analyse ermöglichen. Ab einer Trübung von unter 50 TE (Trübungseinheiten) kann davon ausgegangen werden, dass die heutigen Anforderungen an die Ablaufwerte erfüllt werden.

Der Zusammenhang zwischen Trübung und den Ablaufwerten sollte eventuell weiter untersucht werden. Hier bietet sich ein großes Einsparpotential hinsichtlich des Kontrollaufwandes. Es ist vorstellbar, dass mit tragbaren Trübungsmessgeräten während der regelmäßigen Wartung eine Kontrolle direkt vor Ort stattfindet. Erst bei einer Überschreitung von festgelegten Grenzwerten für die Trübung wird es notwendig, eine Wasserprobe zu entnehmen, um diese auf ihre Inhaltsstoffe zu untersuchen.

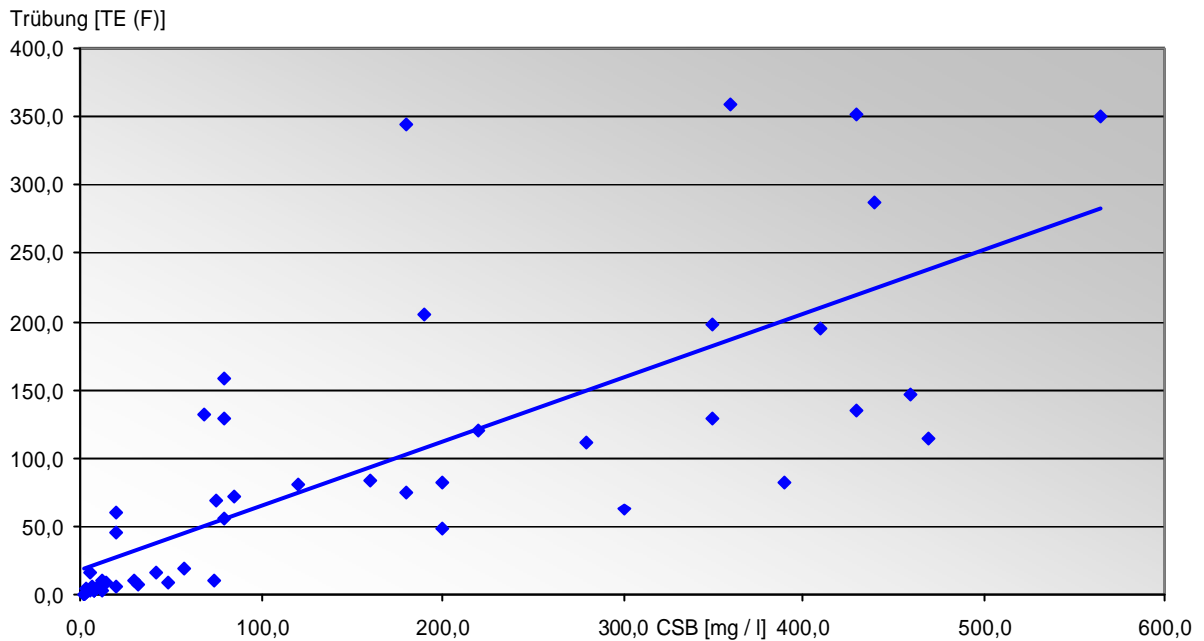


Abbildung 12: Zusammenhang zwischen der Trübung und dem CSB

Zusammenhang zwischen Ausbaugröße und Ablaufwerten

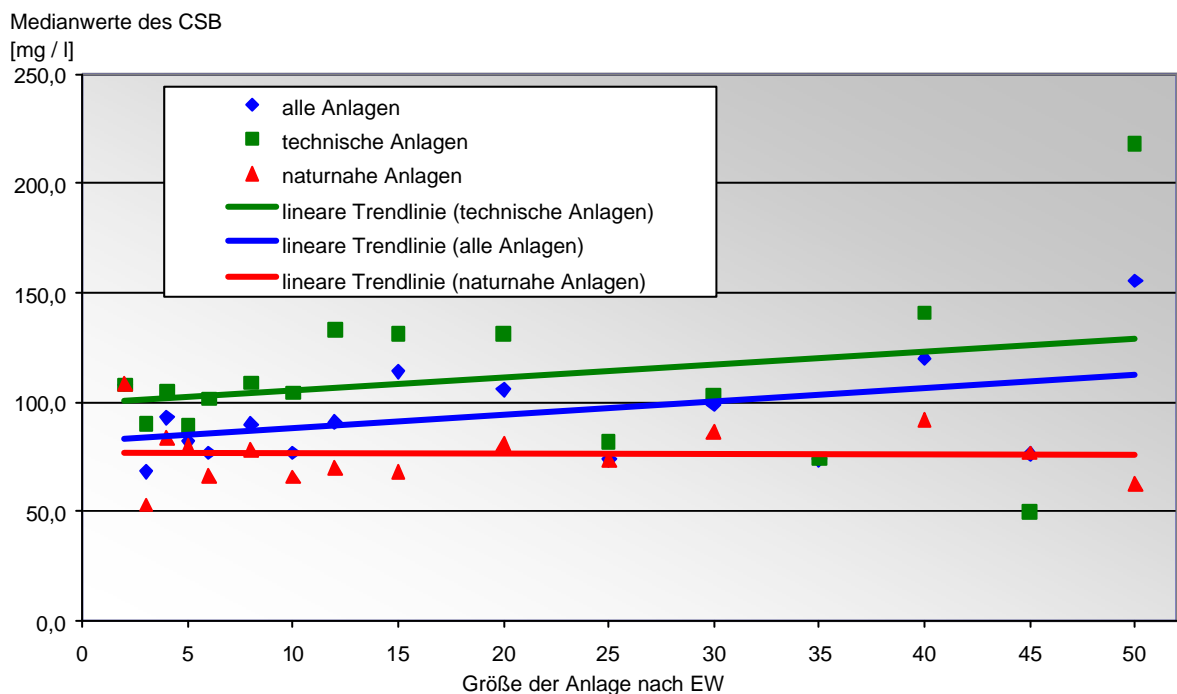


Abbildung 13: Zusammenhang zwischen Größe der Kleinkläranlagen und den Ablaufwerten für CSB

Abbildung 13 zeigt, dass kein nachweisbarer Zusammenhang zwischen der Ausbaugröße der Kleinkläranlagen und den erreichbaren Ergebnissen besteht. Die viel verbreitete Annahme, dass größere Anlagen bessere und stabilere Ablaufwerte liefern, kann mit den vorliegenden Daten für Kleinkläranlagen nicht bestätigt werden.

Zusammenfassung Leistungsfähigkeit

In Bezug auf die Leistungsfähigkeit von Kleinkläranlagen können zusammenfassend folgende Aussagen getroffen werden:

- Kleinkläranlagen sind theoretisch in der Lage, die heute geforderte Leistung zu erbringen,
- im praktischen Einsatz können die Anlagen nur ungenügend die Anforderungen erfüllen,
- bei einer Verschärfung der Einleitgrenzwerte würde ein großer Teil der heute existenten Kleinkläranlagen diese nicht einhalten können,
- naturnahe Verfahren liefern tendenziell bessere und stabilere Ablaufwerte als technische Verfahren,
- einige der eingesetzten Verfahren sind als ungeeignet für den Einsatz in Kleinkläranlagen einzustufen,
- ein gesicherter Nährstoffabbau ist in keinem der bisher eingesetzten Systeme nachweisbar,
- naturnahe Verfahren (hier vor allem Pflanzenkläranlagen) liefern einen hygienisch unbedenklischeren Ablauf als technische Verfahren,
- die Wiederverwendung gereinigten häuslichen Abwassers als Betriebswasser im Haushalt ohne weitergehende Hygienisierung sollte ausgeschlossen werden.

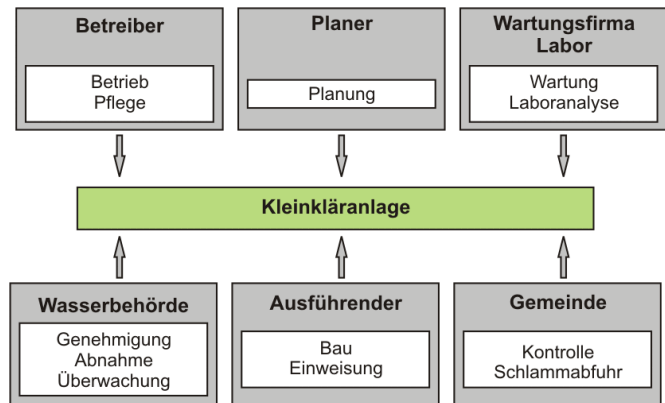


Abbildung 14: Verantwortliche Institutionen für den ordnungsgemäßen Betrieb einer Kleinkläranlage (nach Boller 2002, S.36)

In die aufgeführten Punkte sind die Erfahrungen mit Biomembranverfahren nicht eingeflossen. Diese setzen sich, durch die nachweislich hervorragende Leistung, so weit von den bisherigen Verfahren ab, dass ein direkter Vergleich kaum möglich ist.

Verbesserung der Leistungsfähigkeit

Die Leistungsfähigkeit heute genutzter Kleinkläranlagen könnten im Wesentlichen durch folgende Punkte verbessert werden:

- Größere Sorgfalt (eventuell von unabhängiger Seite) bei Planung, Bau, Wartung, Pflege und Überwachung der Kleinkläranlagen (vergleiche Abbildung 14),
- Homogenisierung der Zulaufwerte, Vermeidung der Einleitung von Schadstoffen und schwer abbaubaren Substanzen,
- sinnvoller Einsatz von wassersparenden Armaturen und Geräten,
- sinnvoller Einsatz von Wasch- und Reinigungsmitteln,
- Ausbau der Teilstromtrennung, um stark belastete Ströme separat zu behandeln,

Verfahren	Wirkung	Umweltverträglichkeit	Aufwand	Gesamtwertung
UV-Bestrahlung	○	○	○	○
Membranfiltration ^{1,2}	+	+	-	+
Ozonung	○	-	○	-
Chlorung	+	-	○	○
Teilstromtrennung ¹	○	+	○	+
naturnahe Verfahren ^{1,2}	○	+	○	+

¹ Verfahren hat neben der Desinfektionswirkung weitere Vorteile
² kein zusätzlicher Aufwand für Desinfektion vorhanden, wenn kompletter Klärprozess aus diesem Verfahren besteht

Tabelle 7: Vergleich verschiedener Hygienisierungsverfahren (nach ATV 1998)

- Kompostierung in Vererdungsanlage,
- Kompostierung mittels Rotteanlagen,
- Solare Klärschlamm-trocknung,
- Nutzung in Biogasanlagen,
- Nutzung neuer Verfahren (z.B. Seaborne - Technologie).

6 Kosten der dezentralen Abwasseraufbereitung

Ein wichtiges, in vielen Fällen sogar das wichtigste Entscheidungskriterium für die Wahl der dezentralen Entsorgung und der Kleinkläranlage sind die Kosten. Zentrale Abwasseranlagen sind gerade in dünn besiedelten Gebieten kaum noch finanzierbar. Grundsätzlich sind die Investitions- und die laufenden Kosten zu betrachten.

Investitions- oder Herstellungskosten

Die Kostenübersicht der Abbildung 16 wurde mittels Datenaufnahme von mehr als 300 verschiedenen Kleinkläranlagen (Preislisten und Angebote der Hersteller) ermittelt und enthält alle notwendigen Kosten, welche für den Bau einer Kleinkläranlage notwendig sind. Ausgenommen sind die Kosten für die Zuleitung und Überleitung, da diese durch unterschiedliche Entfernung stark variieren können. In die Übersicht sind naturnahe und technische Anlagen gleichermaßen eingeflossen. Grundsätzlich kann keine Annahme darüber getroffen werden, ob die naturnahen oder die technischen Anlagen die günstigeren Investitionskosten aufweisen.

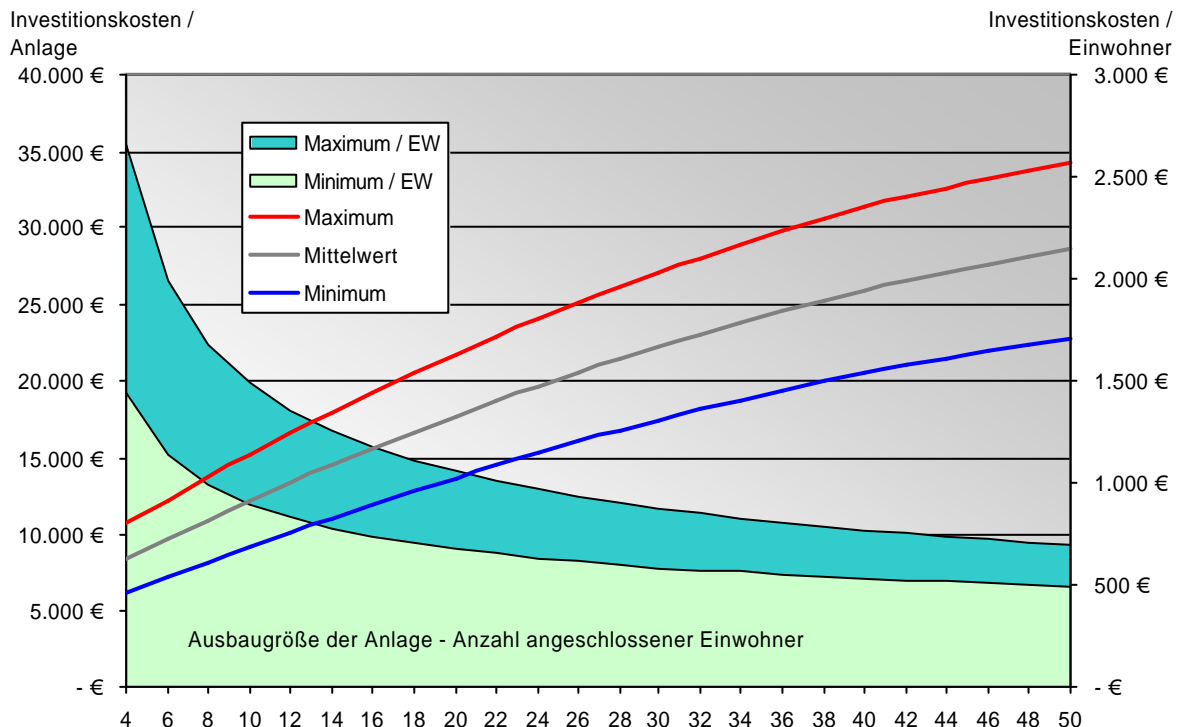


Abbildung 16: Investitionskosten für den kompletten Neubau von Kleinkläranlagen je Anlage oder Einwohner bei unterschiedlichen Ausbaugrößen (Preise inklusive Mehrwertsteuer von 16%)

Abbildung 16 zeigt deutlich, dass die spezifischen Kosten je angeschlossenem Einwohner bei zunehmender Anlagengröße fallen. Für einen Haushalt mit vier Personen ist bei einem Neubau der gesamten Anlage mit Investitionskosten von ca. 5500 bis 11000 Euro zu rechnen. Je angeschlossenem Einwohner ergeben sich Baukosten von ca. 1500 bis 2500 Euro. Bei einer Anlage mit 50 ange-

schlossenen Einwohnern liegen die einwohnerspezifischen Investitionskosten nur noch zwischen 500 und 800 Euro. Bei Nachrüstung einer vorhandenen Mehrkammergrube können bei einem Haushalt mit vier Personen ca. 1 000 bis 2 000 Euro eingespart werden. Die Einsparungen vergrößern sich, wenn mehr Einwohner angeschlossen werden und die vorhandene Mehrkammergrube ausreichend groß ist. Durch Eigenleistungen bei Errichtung der Anlage können weitere Einsparungen erreicht werden.

Nicht nur die niedrigeren einwohnerspezifischen Baukosten machen den Bau von Gruppenanlagen (Zusammenschluss mehrerer Grundstücke) rentabel. Ein geringerer spezifischer Flächenverbrauch, die Möglichkeit kleine Grundstücke problemlos und kostengünstig entsorgen zu können und die Arbeitsteilung bei Planung, Bau und Betrieb müssen berücksichtigt werden (Löffler 2003, S.43). Häufig scheitert der Bau von Gruppenkläranlagen an den persönlichen Differenzen der Einwohner.

Bei Häusern mit drei und weniger Bewohnern ist der Neubau einer Kleinkläranlage aus finanziellen Gründen wenig lohnend, sollte aber individuell geprüft werden. Hier bietet sich der Bau einer herkömmlichen Sammelgrube mit regelmäßiger Abfuhr an. Diese Variante ist durch die „rollende Leitung“ natürlich äußerst unökologisch.

Laufende Kosten oder Betriebskosten

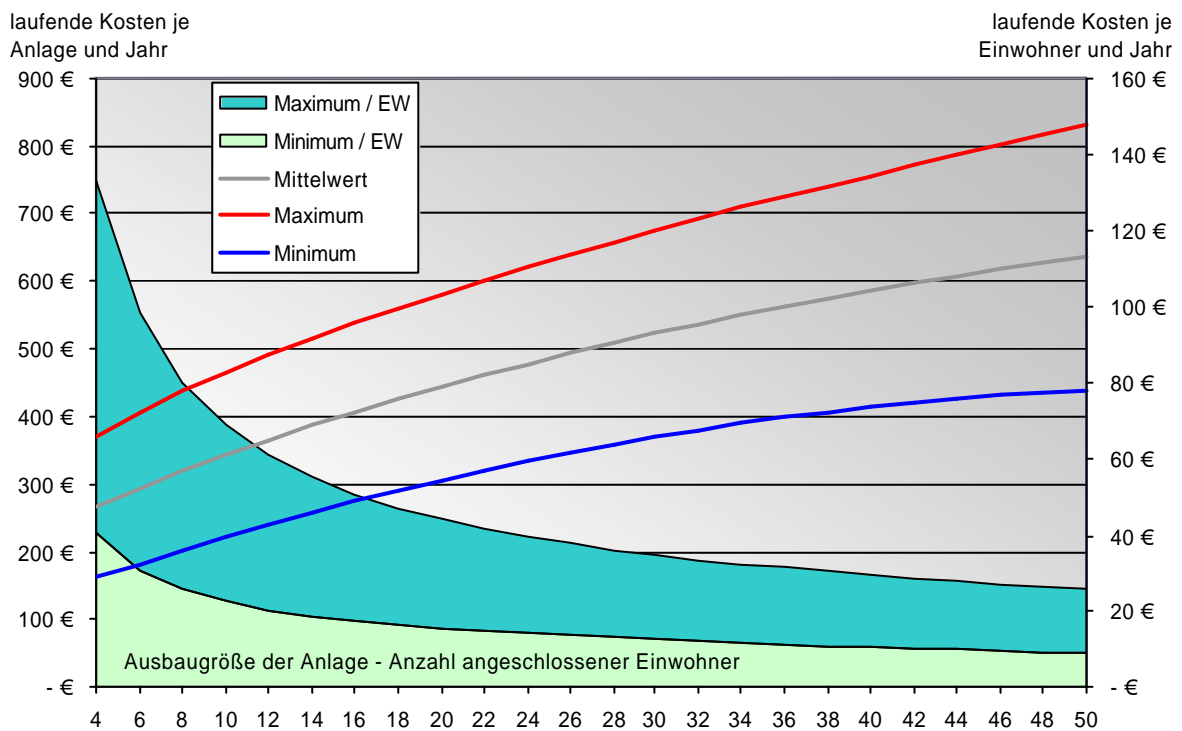


Abbildung 17: Betriebskosten (Strom- und Wartungskosten und Kosten für Fäkalschlammabfuhr) für Kleinkläranlagen je Anlage oder Einwohner pro Jahr (Preise inklusive Mehrwertsteuer von 16%)

Während die Personal-, Kapital- und Abschreibungskosten bei den Kostenvergleichsrechnungen eine wesentliche Rolle spielen, sind diese für den Besitzer einer Kleinkläranlage meist uninteressant. Die wichtigsten regelmäßig anfallenden Kosten sind die Stromkosten, die Wartungskosten und die Kosten für die Fäkalschlammabfuhr. Bei defekten Anlagenteilen können Material- und Instandsetzungskosten hinzukommen. Alle laufenden Kosten sind sehr stark vom Kleinkläranlagentyp abhängig. Selbst für einzelne Verfahren lassen sich keine pauschalen Aussagen zu den Betriebskosten machen.

Grundsätzlich gilt die Annahme, dass bei Zunahme der Anlagengröße, die spezifischen, laufenden Kosten je Einwohner fallen.

Die Stromkosten der Kläranlagen können bei einem durchschnittlichen Haushalt weit über 100 Euro liegen. Bei einigen Verfahren sind die Stromkosten sehr gering oder es entstehen gar keine (z.B. Pflanzenkläranlage mit freiem Zulauf, Klärteiche ohne Belüftung). Als Anhaltspunkt kann bei naturnahen Verfahren mit jährlichen Stromkosten von ca. 2 bis 5 Euro pro Einwohner und bei den technischen Anlagen mit ca. 10 bis 30 Euro pro Einwohner gerechnet werden.

Die Wartungskosten enthalten die Kosten für die regelmäßige Kontrolle der Anlage und die Laborkosten für die Analyse der genommenen Abwasserprobe. Anzahl und Umfang der Kontrollen und Probenahmen richten sich nach der bauaufsichtlichen Zulassung, den Herstellerangaben und nach den Vorgaben der zuständigen Behörden. Kosten von 70 bis 300 Euro je Wartungsgang werden angeboten. Schnell können so immense Summen zusammenkommen. Allgemein ist eine jährliche Überprüfung inklusive Probenahme durch einen Fachbetrieb ausreichend. Durch zunehmenden Preisdruck, auf Grund der immer größer werdenden Zahl an Wartungsfirmen, ist mit einer Angleichung und Korrektur der Kosten zu rechnen. Dabei sollte aber nicht die Qualität der Wartung leiden. Reell können die Wartungskosten für die Kleinkläranlage eines durchschnittlichen Haushalts mit 100 bis 200 Euro jährlich angenommen werden.

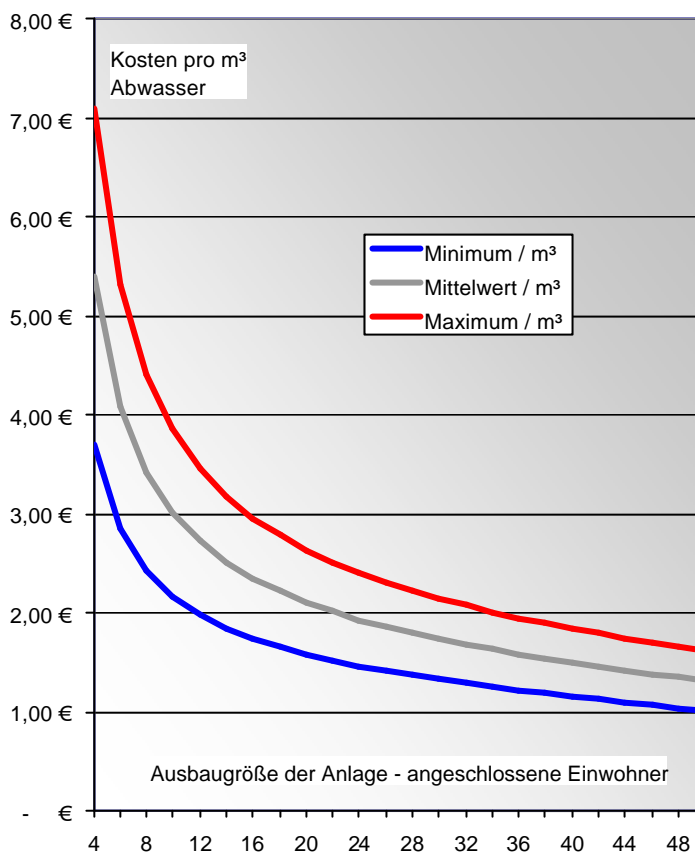


Abbildung 18: Kosten je m³ Abwasser, Investitionskosten mit 30 Jahren Abschreibung und 5 % Zinsen + Betriebskosten bei 100 l / (EW-d)

Durch die zukünftige bedarfsgerechte Abfuhr der Fäkalschlämme fällt eine Abschätzung der Kosten für deren Entsorgung schwer. Es gibt nur wenige Erfahrungswerte und die Abfuhrintervalle sind von vielen Faktoren abhängig. Für die Entsorgung von einem Kubikmeter Schlamm kann mit 10 bis 15 Euro gerechnet werden. Jährlich sind Kosten von ca. 1 bis 3 Euro je Einwohner zu erwarten. Verfügt die Kläranlage über ein Rottesystem oder ähnliches zur Dickstoffabtrennung, entstehen keine Kosten für die Schlammabfuhr.

Die eventuell entstehenden Kosten durch Reparaturmaßnahmen sind schwer kalkulierbar. Allein der Ausfall einer Schmutzwasserpumpe kann Kosten von 200 bis 500 Euro verursachen. Durch Garantieleistungen der Hersteller sind Reparaturmaßnahmen, zumindest für einen gewissen Zeitraum, kostenlos. Voraussetzung ist natürlich, dass die Reparatur nicht auf fehlerhafte Bedienung zurückzuführen ist. Den Umfang der Reparaturkosten bestimmt wesentlich der Kläranlagentyp. Während bei einer technischen Anlage der Tausch einer Pumpe sehr aufwendig werden kann, ist der Tausch einer Unterwasserpumpe im Pumpenschacht einer Pflanzenkläranlage auch ohne Fachmann möglich.

In Abbildung 18 sind die ungefähr zu erwartenden Abwassergebühren je Kubikmeter Abwasser ersichtlich. Ausgehend von einer Abwassermenge von ca. 100 l / (EW-d) und einem Abschreibungszeitraum für die Investitionskosten von 30 Jahren, mit einer Zinsbelastung von 5 %, ergeben sich für einen Einfamilienhaushalt Gebühren von ca. 4 bis 7 Euro pro Kubikmeter. Schon ab 15 und mehr angeschlossenen Einwohnern fallen die Gebühren auf unter 3 Euro je Kubikmeter.

Im Gegensatz dazu, liegen die Gebühren in zentral erschlossenen Bereichen in Brandenburg bei 3 bis weit über 5 Euro pro Kubikmeter (durchschnittlich ca. 3,50 Euro pro m³) zuzüglich einer jährlichen Grundgebühr. Die Anschlussbeiträge sind in diese Gebühren noch nicht einmal eingerechnet. Damit sind die Abwassergebühren in Brandenburg so hoch wie nirgends sonst in Deutschland. Erwähnt werden muss auch, dass die Gebühren der zentralen Abwasserentsorgung in den neuen Bundesländern allein durch staatliche Subventionen auf diesem Niveau gehalten werden. Ohne staatliche Zuschüsse hätten viele Orte nicht zentral angeschlossen werden können. Allein das Land Brandenburg hat in den letzten 13 Jahren mehr als 870 Mio. Euro in die öffentlichen zentralen Kläranlagen und die Kanalisation investiert. Das entspricht ca. 45 % der Gesamtinvestitionskosten für die zentralen Entwässerungssysteme. In die 6 % der Bevölkerung, welche ihr Abwasser dezentral entsorgen, investierte das Land Brandenburg im gleichen Zeitraum nur 16,8 Mio. Euro (MLUR Brandenburg 2003, S.16; PDS-Fraktion Brandenburg 2003). Neben den Investitionszuschüssen werden den hoch verschuldeten Zweckverbänden mittels eines Schuldenfonds noch weitere 20 Mio. Euro jährlich zugeführt (PDS-Fraktion Brandenburg 2003). Interessant ist, dass einige Banken gleichzeitig als Kredit- und Fördermittelgeber und Berater beim Schuldenmanagement auftreten. Als Fördermittelgeber entscheidet die Bank nicht unwesentlich über zentrale oder dezentrale Entsorgung. Ein Interessenkonflikt ist vorprogrammiert.

Es bleibt festzustellen, dass durch die zentralen Anschlüsse viele Millionen Euro Steuergelder in ein wasserwirtschaftliches Konzept gesteckt wurden, welches momentan auf dem Prüfstand steht. Dem Bürger konnte mit dem Einsatz dieser millionenschweren Investitionen nicht allzu viel geholfen werden. Er muss sein Abwasser teuer verkaufen und die Gebühren steigen trotzdem vielerorts auf ein sozial unverträgliches Niveau. Dem Wohle der Allgemeinheit ist aus ökologischer und ökonomischer Sicht nicht gedient.

7 Zusammenfassung

Kleinkläranlagen und dezentrale Abwasserentsorgungssysteme sind mittlerweile als Ersatz für eine zentrale Abwasserentsorgung anerkannt. Die rechtlichen Grundlagen für den Einsatz von Kleinkläranlagen sind ebenfalls geschaffen. Die Möglichkeit dezentraler Entsorgung führte zu einer Vielzahl verschiedener mehr oder weniger brauchbarer Verfahren und Anlagen.

Die Vorteile der dezentralen Abwasserentsorgung liegen auf der Hand (nach Wilderer et al. 2001, S.11; Londong 2000, S.1435):

- getrennte Erfassung von häuslichem Abwasser und Regenwasser,
- Behandlung vor Ort,
- Nutzung von Regenwasser als Brauchwasser,
- geringe Kosten für den Bau der Kanalisation,
- schnelle technische und bauliche Realisierbarkeit der Kleinkläranlagen,
- keine weitere negative Beeinträchtigung des Grundwasserspiegels, da das gereinigte Abwasser direkt versickern kann,
- Nährstoffe können leicht wieder verwendet werden,
- geringe Anfälligkeit bei Katastrophen (Erdbeben, Überschwemmungen),

- hohes Verantwortungsbewusstsein beim Verbraucher, da die Entsorgung sozusagen vor der Tür geschieht.

Leider wird die Wahl der Kleinkläranlage fast ausschließlich von den finanziellen Aspekten abhängig gemacht. Vielfach wird angenommen, dass alle angebotenen Systeme gleich gut geeignet sind, um das häusliche Abwasser zu reinigen. In der Theorie mag diese Annahme zutreffen, die Erfahrungen in der Praxis zeichnen allerdings ein anderes Bild. Tabelle 8 bietet einen abschließenden Vergleich derzeit verfügbarer Kleinkläranlagensysteme.

Anlage	Abbauleistung		Betriebsstabilität	Wartungs- und Kontrollaufwand	Kosten	Platzbedarf
	CSB-Abbau	Nitrifikation				
Abwasserteiche	+	+	hoch	gering	gering	hoch
Belebungsanlagen	-	○	gering	hoch	mittel	gering
SBR-Anlagen	-	○	gering	hoch	gering	gering
Tropfkörperanlagen	+	○	mittel	hoch	mittel	gering
Tauchkörperanlagen	+	○	mittel	hoch	mittel	gering
Festbettanlagen	-	-	gering	hoch	mittel	gering
Pflanzenkläranlage vertikal	+	+	hoch	gering	gering	mittel
Pflanzenkläranlage horizontal	○	○	mittel	gering	gering	mittel
Membranfiltration	+	+	hoch	hoch	hoch	gering

Tabelle 8: Gegenüberstellung der Kleinkläranlagentypen (nach Kunst et al. 2000, S.49)

Auf der Grundlage heutiger Anforderungen können vor allem die vertikal durchströmten Pflanzenkläranlagen, Abwasserteiche, Tropf- und Tauchkörper empfohlen werden. Anlagen mit Biomembranverfahren könnten zukünftig an Bedeutung gewinnen.

Alle Anlagen haben gemein, dass der Bemessung und Bauausführung erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte und eine regelmäßige Kontrolle und Wartung unbedingt erforderlich ist. Darüber hinaus muss eine behördliche Kontrolle sichergestellt werden. Es ist nicht ausreichend nur Grenzwerte festzulegen. Allein eine lückenlose Kontrolle durch die zuständigen Behörden kann dazu führen, dass die Anlagen auf lange Zeit den Anforderungen genügen.

Bei einer zu erwartenden Verschärfung der Grenzwerte für das Einleiten des gereinigten Abwassers in Gewässer kann davon ausgegangen werden, dass nur wenige Anlagen in der Lage sein werden, diese Anforderung zu erfüllen. Hinzu kommt die vermehrte Aufmerksamkeit, welche den hygienischen Aspekten und verschiedenen Stoffen, wie den endokrin wirksamen Substanzen, Pharmaka und den Hormonen, entgegengebracht wird. Aus diesen und weiteren Gründen ist es nötig, über neue Entwicklungen und Verbesserungen der Klärleistung nachzudenken. Selbst die Leistung bestehender Anlagen kann, durch teilweise einfache Mittel, stark verbessert werden. Zum Beispiel sollte einfach darauf geachtet werden, welche Stoffe der Kläranlage zufließen. Ein verstärktes Bewusstsein hinsichtlich der biologischen Aufbereitung und eventuell gesetzliche Regelungen können bereits auf der Eintragsseite zu einer starken Verringerung der Abwasserbelastung und vor allem der Schadstoffe führen.

Vererdungsanlagen, Biogasanlagen, Trenntoiletten, Vakuumsysteme, Membranverfahren und weitere Entwicklungen ermöglichen mittlerweile, dass Rohstoffkreisläufe vollständig geschlossen werden können. Vor allem die Ressource Trinkwasser könnte durch ausgedehnte Nutzung von Brauchwasser geschont werden. Nebenbei können durch die neuen Technologien die hygienischen und weitere Bedenken auf ein Minimum reduziert werden. Kleinkläranlagen können ein wesentlicher Bestandteil einer neuen Abwasserwirtschaft mittels dezentraler Kreislaufsysteme werden. Neben der Entsorgung des gereinigten Wassers können selbst für den Klärschlamm zukunftsfähige Entsorgungswege außerhalb der Verbrennungsanlagen erschlossen werden.

Es bleibt festzustellen, dass die Technik für eine wirklich nachhaltige Abwasserwirtschaft bereits vorhanden ist. Mehr Aufklärung in allen Ebenen, von der Politik bis zum Eigenheimbesitzer, sollte dazu führen, dass sich die neuen Entwicklungen durchsetzen und auf breite Akzeptanz stoßen. Der Weg des Abwassers muss wieder zurück in das Bewusstsein gebracht werden. Die Vorteile und die Risiken der jetzigen und zukünftigen Abwassersysteme müssen offen diskutiert werden. Dabei sollten die finanziellen Aspekte wieder in den Hintergrund rücken.

Der Wille, jedes häusliche Abwasser einer biologischen Behandlungsstufe zuzuführen, könnte sich als gut gemeinte aber übereilte Forderung herausstellen. Dieses Bedürfnis beruht allein auf der Grundlage, die Gewässerverschmutzung zu reduzieren. Hygienische Aspekte und andere noch wenig untersuchte und kaum abschätzbare Gefährdungspotentiale wurden dagegen ignoriert. Die Fehler welche über Jahrzehnte in den zentralen Strukturen gemacht wurden, sind auf die dezentralen Systeme übertragen worden. Diese Fehler sind schwer zu korrigieren. Übereiltes Handeln und geringe Aufklärung werden dazu führen, dass viele Kleinkläranlagen in wenigen Jahren ausgebaut, umgebaut oder gar neu gebaut werden müssen, um die jetzigen Grenzwerte sicher einzuhalten oder um neuen Anforderungen gerecht zu werden. Sollte es dazu kommen, müssten vor allem die ökonomischen Gründe, welche zu einer dezentralen Entsorgung führten, überdacht werden.

Literatur

- AbwV 2002:* Abwasserverordnung, Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (AbwV), vom 21.03.1997 mit Änderung vom 15.10.2002, Bundesgesetzblatt I, 1997, S.566.
- ATV 1998:* Abwassertechnische Vereinigung e.V. (Hrsg.): Merkblatt ATV-M 262 - Desinfektion von biologisch gereinigtem Abwasser, Hennef, 1998.
- ATV-DVWK 2000:* Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.): Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 131 - Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen ab 5000 Einwohnerwerten, Hennef, 2000.
- Bahlo et al. 1996:* Bahlo, Klaus; Wach, Gerd: Naturnahe Abwasserreinigung - Planung und Bau von Pflanzenkläranlagen, Staufen bei Freiburg, 1996.
- Boller 2002:* Boller, Reinhard: Der sichere Betrieb von Kleinkläranlagen, in: wwt - Wasserwirtschaft Wassertechnik, 2/2002, S.35-36.
- Dorau 1999:* Dorau, Wolfgang: Brief des Umweltbundesamtes (Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene) an das Dezernat für Stadtentwicklung z.Hd. Frau Stadträtin Monika Wiebusch, Betreff: Ausbau der Kläranlage Kassel, URL: http://www.dezentrales-abwasser.de/Faelle/Uba_ks.doc, 12.04.2001.
- Felde et al. 1996:* Felde, Katrin von; Hansen K.; Kunst S.: Bestandsaufnahme, Reinigungsleistung und Einsatzmöglichkeiten von Pflanzenkläranlagen in Niedersachsen, in: Kommunale Umwelt-Aktion U.A.N. (Hrsg.): Pflanzenkläranlagen, Hannover, 1996. S.39-45.
- Finke 2001:* Finke, Gerrit; ATV-DVWK Landesverband Nord (Hrsg.): Kleinkläranlagen - Technik, Recht, Planung, Ausführung, Wartung, Hildesheim, 2001.
- Geller 1999:* Geller, Gunter: Zum Schwerpunkt „Aktuelle Hygienediskussion“, in: Wasser & Boden, 10 / 1999, S.4-5.
- Hagendorf et al. 2002:* Hagendorf, Ulrich u.a.; Umweltbundesamt (Hrsg.): Mikrobiologische Untersuchungen zur seuchenhygienischen Bewertung naturnaher Abwasserbehandlungsanlagen, Berlin, 2002.
- Hoheisel 2000:* Hoheisel, Klaus: Erfahrungen einer Behörde bei der Überwachung von Kleinkläranlagen mit biologischer Stufe, in: KA - Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, 10 / 2000, S.1506-1513.
- IfSG 2000:* Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten bei Menschen (IfSG), vom 20.07.2000.
- Imhoff 1999:* Imhoff, Karl; Imhoff Klaus R.: Taschenbuch der Stadtentwässerung, 29. Auflage, München, Wien, 1999.
- Koppe et al. 1993:* Koppe, P.; Stozek, A.: Kommunales Abwasser - Seine Inhaltsstoffe nach Herkunft, Zusammensetzung und Reaktionen im Reinigungsprozess einschließlich Klärschlämme, 3. Auflage, Essen, 1993.
- Korwisi et al. 1999:* Korwisi, Michael; Bullermann, Martin; Gierth, Uwe; Moch, Claudia; Marzinik, Rüdiger; Höpf, Michael; Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit (Hrsg.): Wassertechnologie im Jahr 2010 - Kurzfassung der Delphi-Studie „Wassertechnologie im Jahr 2010“, Wiesbaden, 1999.
- Kunst et al. 2000:* Kunst, Sabine; Kayser, Katrin: Reinigungsleistung und Optimierung von Kleinkläranlagen - Grundsatzreferat I: Leistungsfähigkeit von Kleinkläranlagen, in: Kommunale Umwelt-Aktion U.A.N. (Hrsg.): Konzepte zur Abwasserbehandlung im ländlichen Raum Band I, Hannover, 2000, S.45-53.
- Kuschek et al. 2003:* Kuschek, Peter; Braun, Pamela; Möder, Monika; Wießner, Arndt; Müller, Jens; Kästner, Matthias; Müller, Roland A.: Elimination von Nonylphenol und Bisphenol A in Teich- und Pflanzenkläranlagen, in: GWF Wasser - Abwasser, 4 / 2003, S.297-301.

- Lange et al. 2000:* Lange, Jörg; Otterpohl, Ralf: Abwasser - Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft - Ökologie Aktuell, 2000.
- Lecher et al. 2001:* Lecher, Kurt; Lühr, Hans-Peter; Zanke, Ulrich (Hrsg.): Taschenbuch der Wasserwirtschaft. 8. Auflage, Berlin, 2001.
- Leisewitz 1999:* Leisewitz, André: Stoffflussanalyse endokriner wirksamer Substanzen - Produktion, Verwendung, Umwelteinträge, in: Abwassertechnische Vereinigung (Hrsg.), Endokrine Stoffe. ATV-Schriftenreihe Bd. 15, Hennef, 1999, S.22-37.
- Löffler 2003:* Löffler, Helmut: Kläranlagen-Größe und spezifische Investitionskosten, in: wwt - Wasserwirtschaft Wassertechnik, 3-4 / 2003, S.42-43.
- Londong 2000:* Londong, Jörg: Strategien der Siedlungsentwässerung, in: KA - Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, 10 / 2000, S.1434-1435.
- Mehlhart et al. 2002:* Mehlhart, Georg; Klaus, Uwe: Vergleich verschiedener Systeme zur Nutzung von Grauwasser und Regenwasser – bauliche und betriebliche Aspekte, Praxiserfahrungen, Einsatzgebiete und Wirtschaftlichkeit, in: Technische Akademie Hannover e.V. (Hrsg.), Seminarband: Praxiserfahrungen mit Techniken für „abwasserfreie Häuser“ – Beispiele, Einsatzbereiche, rechtliche und wirtschaftliche Aspekte, Hannover, 2002.
- MLUR Brandenburg 2003:* Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (Hrsg.): Kommunale Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg - Lagebericht 2003, Potsdam, 2003.
- Müller 2003:* Müller, Bernd: High-Tech hinterm Klo, in: Bild der Wissenschaft, 4 / 2003, S.79-85.
- Otterpohl et al. 1999:* Otterpohl, Ralf; Oldenburg, Martin; Zimmermann, Jens: Integrierte Konzepte für die Abwasserentsorgung ländlicher Siedlungen, in: Wasser & Boden, 11 / 1999, S.10-13
- PDS-Fraktion Brandenburg 2003:* PDS-Fraktion im Land Brandenburg: Themen - Abwasser, URL: http://www.brandenburg.de/pds_fraktion/themen/abwasser/index.htm, 2003.
- Philipp et al. 2000:* Philipp, Werner; Schwarz, Michael: Hygieneaspekte beim Betrieb von Pflanzenkläranlagen, in: Kommunale Umwelt-Aktion U.A.N. (Hrsg.): Konzepte zur Abwasserbehandlung im ländlichen Raum Band I, Hannover, 2000, S.113-118.
- Rakelmann 2002:* Rakelmann, Ulf Volker: Alternative Sanitärkonzepte in Ballungsräumen, 12. Europäisches Wasser-, Abwasser und Abfall-Symposium, Hamburger Stadtentwässerung, Hamburg, 2002.
- Rosenberger et al. 2003:* Rosenberger, Sandra; Kraume, Matthias; Belz Carsten: Dezentrale Abwasserreinigung in Hauskläranlagen mit dem Membrantrennverfahren, in: KA - Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, 1 / 2003, S.45-51.
- Schiewer et al. 2001a:* Schiewer, Silke; Meuser, Karl; Wintgens, Thomas: Verfahrenstechnische Aspekte des Verhaltens von endokrinen Substanzen in Kläranlagen, in: Wasser & Boden, 1+2 / 2001, S.10-15.
- Schmager et al. 2000:* Schmager, Carsten; Heine, Arnd: Leistungsfähigkeit von Pflanzenkläranlagen - eine statistische Analyse, in: GWF Wasser - Abwasser, 5 / 2000, S.315-326.
- Schütte 2000:* Schütte, Heino: Betriebserfahrungen mit Kleinkläranlagen, in: KA - Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, 10 / 2000, S.1499-1505.
- Schwarz 1999:* Schwarz, Andreas: Kontrollierte Kompostierung und Sickerwasserbehandlung - geschlossene Kreisläufe in Landwirtschaft und Entsorgung, in: Wasser & Boden, 11 / 1999, S.39-43.
- Thaler 2001:* Thaler, Sabine: Pflanzenkläranlagen - Bemessungsansätze auf dem Prüfstand, in: KA - Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, 10 / 2001, S.1368-1371.
- Ternes 2000:* Ternes, Thomas: Arzneimittelrückstände in deutschen Abwässern und Gewässern, in: WasserAbwasserPraxis WAP, 1 / 2000, S.12-18.
- UBA 2002:* Umweltbundesamt (Hrsg.): Umweltdaten Deutschland 2002, Berlin, Wiesbaden, 2002.
- UBA 2002a:* Umweltbundesamt (Hrsg.): Wasch- und Reinigungsmittel - Trends auf dem Wasch- und Reinigungsmittelmarkt, URL: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/wasch/trends.htm>, 2002.
- UBA 1999b:* Umweltbundesamt (Hrsg.): Verbleib von Abwasserinhaltsstoffen bei bewachsenen Bodenfiltern (Pflanzenkläranlagen) im Langzeitbetrieb, Berlin, 1999.
- WHG 2002:* Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (WHG), vom 27.07.1957 mit Änderung vom 19.08.2002, Bundesgesetzblatt I, 2002, S.3245.
- Wilderer et al. 2001:* Wilderer, Peter; Paris, Stefanie: Integrierte Ver- und Entsorgungssysteme für urbane Gebiete - Abschlussbericht, Technische Universität München, Garching, 2001.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Manfred Koch, Fachhochschule Lausitz, Lippecker Straße, 03048 Cottbus

Dipl.-Ing. (FH) René Schlesinger, Perleberger Str. 4, 10559 Berlin