

Norddeutsche Naturschutzakademie

# **NNA** **Berichte**

5. Jahrgang / Heft 3/1992



## **Naturorientierte Abwasserbehandlung**

Heft 3  
5. Jahrgang, 1992

## Naturorientierte Abwasserbehandlung

Beiträge zu den NNA-Seminaren  
Bau und Funktion von Pflanzenkläranlagen  
am 2. Juli 1991 und  
Dezentrale Abwasserentsorgung  
im ländlichen Raum  
am 9./10. März 1992 auf Hof Möhr

---

NNA-Berichte - 5/Heft 3/1992

---

Herausgeber:  
Norddeutsche Naturschutzakademie  
Hof Möhr  
3043 Schneverdingen  
Tel. 05199/318 und 319

NNA Ber.	5. Jg. Heft 3	66 S.	Schneverdingen 1992	ISSN: 0935-1450
<b>Naturorientierte Abwasserbehandlung</b>				

**Herausgeber und Bezug:**

Norddeutsche Naturschutzakademie, Hof Möhr, D-3043 Schneverdingen  
Telefon: 05199/318 und 319, Telefax: 05199/432

1. Auflage (1992)

Der Bericht wurde mit finanzieller Unterstützung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und das Niedersächsische Umweltministerium erstellt.

Für die einzelnen Beiträge zeichnen die jeweiligen Autorinnen und Autoren verantwortlich.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.

Schriftleitung: Dr. Renate Strohschneider, NNA

Titelfoto: Pflanzenkläranlage auf Hof Möhr (Foto: C. Kottrup)

# Inhalt

Seite

<b>Bau und Funktion von Pflanzenkläranlagen</b>	4
<b>H. Löffler:</b> Das Pflanzenbeet-Klärverfahren Phytofilt - theoretische Grundlagen und praktische Anwendung	5
<b>H. Schütte:</b> Naturnahe Abwasserreinigung mit vertikal durchströmten Bodenfiltern	11
<b>G. Engelhardt:</b> Der Weg zu einem problemlosen Zulassungsverfahren einer Pflanzenkläranlage	15
<b>E. Müller:</b> Kompostierung von Dickstoffen aus kleinen und großen Abwasserbehandlungsanlagen	19
<b>C. Kotttrup:</b> Die Pflanzenkläranlage der Norddeutschen Naturschutzakademie auf Hof Möhr - Betrieb und Untersuchungsergebnisse	25
<b>Dezentrale Abwasserentsorgung im ländlichen Raum</b>	
<b>D. Kollatsch:</b> Naturnahe Kläranlagen bis 1000 Einwohner	35
<b>D. Kollatsch:</b> Neue Regelungen für Kleinkläranlagen	39
<b>G. Fehr und H. Schütte:</b> Entscheidungsgrundlage für eine dezentrale Abwasserentsorgung	41
<b>U. Jensen:</b> Erfahrungen beim Einsatz und langjährigem Gebrauch von Komposttoiletten	47
<b>K. Eisenreich:</b> Anlagen naturnaher Abwasserreinigung als Lebensraum für Pflanzen und Tiere	51
<b>U. Sämman:</b> Ökologische Regenwasserbewirtschaftung als kommunalpolitisches Ziel	57
<b>G. Brühmann:</b> Mögliche Quantifikation Auswirkungen zentraler und dezentraler Abwasserentsorgung auf Grundwasserneubildung	61
<b>J. Holst:</b> Aus den Augen aus dem Sinn - Abwasserpolitik im ländlichen Raum aus Sicht eines Umweltverbandes	63
<b>U. Pauly:</b> Klärschlammvererdung in schilfbepflanzten Schlamm-trockenbeeten	65

## Einführung

Der gegenwärtige Stand der Abwasser-Entsorgung auf dem Lande ist in weiten Bereichen noch verbesserungswürdig. Ungenügend geklärtes Abwasser aus Hauskläranlagen trägt zur Belastung von Grund- und Oberflächengewässern bei. Auf der anderen Seite hat der Ausbau der zentralen Entsorgung teilweise schon ökonomisch vernünftige Grenzen überschritten, wie Anschlußgebühren bis über DM 50000 für Einzelanwesen und explodierende Abwassergebühren deutlich zeigen.

Ganz zu schweigen von ökologischen Aspekten und Auswirkungen; zum Beispiel wird das fortschreitende Absinken der Grundwasserstände mit allen seinen negativen Folgen für den Naturhaushalt durch weitere Kanalisationen forciert. Denn ein rasches Ableiten von Wasser aus der Landschaft zerstört die natürlichen kleinen Wasserkreisläufe.

Vor diesem Hintergrund veranstaltete die Norddeutsche Naturschutzakademie zwei Seminare, zu denen Vertreter aus Gemeinden, Landkreisen und Naturschutzverbänden, sowie Planer und Betreiber von Kleinkläranlagen geladen wurden. Ziel der Veranstaltungen war es, den gegenwärtigen Stand der Technik zu klären, die Genehmigungslage zu erörtern sowie auch Kommunen auf diese aus Sicht des Naturschutzes wünschenswerten Verfahren hinzuweisen.

Konkreter Anlaß war die Tatsache, daß auf Hof Möhr seit September 1990 eine Pflanzenkläranlage steht. Im Rahmen einer wissenschaftlichen Begleitung dieser Anlage entstand das Konzept für die Seminarveranstaltungen. Bau und Funktionsweise der Anlage am Ort wurden ausführlich diskutiert, erste Untersuchungsergebnisse konnten vorgestellt werden.

Neben ökologischen Aspekten unterschiedlicher Klärsysteme wurden auf den Seminaren besonders Verfahrensvarianten naturnaher Abwasserreinigung diskutiert, soweit sie den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Die derzeitige Bemessungsgröße ist mit einem maximalen Zufluß von 8 m<sup>3</sup> pro Tag begrenzt, was 50 Einwohnerwerten entspricht. Aber auch größere Anlagen - etwa für Streusiedlungsbereiche oder abgelegene Ortsteile - sind technisch ohne weiteres realisierbar und haben sich zu genehmigungsfähigen Systemen entwickelt. Vorschriften und gesetzliche Grundlagen dazu wurden für das Land Niedersachsen in neu aufgelegten, 1992 erschienenen Informationsbroschüren des Umweltministeriums veröffentlicht.

Einen Schritt weiter gehen bei der hofeigenen Abwasserbehandlung möchte die Naturschutzakademie mit einem Kompostierungsverfahren für die Feststoffe aus der Mehrkammergrube: Das jährliche Abfahren

der Dickstoffe aus der Faulgrube kann entfallen und durch Zugabe von kohlenstoffreichen Abfällen (Holzhäcksel, Stroh u.ä.) soll ein hochwertiger, hygienisch einwandfreier Kompost erzeugt werden.

Vieles spricht dafür, die letzten Lücken in der ländlichen Abwasserbeseitigung mit dezentralen Konzepten zu schließen. Voraussetzung dafür sind moderne Kleinkläranlagen - einerlei ob technische oder naturnahe Verfahren -, die mit kommunalen Anlagen vergleichbare Reinigungsergebnisse erzielen. Um das langfristig sicherzustellen, wurde in Niedersachsen mit einem neuen Erlaß der Wartungsvertrag für Betreiber von Hauskläranlagen zur Pflicht erhoben. Wartungsarme Systeme wie Pflanzenkläranlagen, Abwasserteiche oder Sandfiltergräben müssen durch einen Fachbetrieb einmal im Jahr, technisch aufwendige Verfahren wie Tropfkörper oder Belebungsanlagen mehrmals jährlich überprüft, gereinigt und ggf. in Stand gesetzt werden. Diese Entwicklung macht deutlich, daß kleine Klärsysteme nicht mehr nur als Notbehelf anzusehen sind. Sie können als ökologisch wichtige und ökonomisch vernünftige Bausteine unsere zukünftige Abwasserentsorgung mittragen und verbessern.

C. Kottrup

# Das Pflanzenbeet-Klärverfahren Phytofilt - theoretische Grundlagen - praktische Anwendung

von H. Löffler

## 1. Vorbemerkung zur Abwasserentsorgung kleiner Gemeinden und Einzelanwesen

Kleine Gemeinden und Siedlungen bieten noch eine letzte Chance den Umgang mit der Natur so zu gestalten, daß der Mensch mit ihr und nicht gegen sie lebt. Im Gegensatz zum Stadtmodell der Ver- und Entsorgung mit zentralen Behandlungsanlagen und durch Rohrleitungen vernetzten Verbundstrukturen können auf dem Lande selektive Erfassung und dezentrale Behandlung helfen, die Aufwendungen an Baukosten für Rohrleitungen sowie an Energie, Einsatzstoffen und lebendiger Arbeit zu minimieren, eine landwirtschaftliche Schlammverwertung durch Trennung von gewerblichen Abwässern zu ermöglichen und vor allem eine Rückführung des gereinigten Abwassers in den Naturstoffhaushalt der Gemeinden zu sichern.

Im Gegensatz zu den mehr oder weniger oberflächenversiegelten Städten mit ihren Kanalisationen können intakte Ökosysteme auf dem Lande im Regelfall nur durch Erhaltung der vielen kleinen Feuchtbiootope wie Gräben, Bäche, Teiche, Sölle, Feuchtwiesen etc. bewahrt werden. Diese zehren in Trockenwetterperioden fast ausschließlich vom Trockenwetterabfluß aus dem Gebrauch des Wassers. Nicht die Verdrängung, sondern die Renaturierung dieser als wichtigste ökologische Verbundstrukturen zwischen noch voll intakten Ökosystemen fungierenden Wasserwege ist damit geboten.

### Dezentrale Ortsteil- oder Ortskläranlage

Je kleiner die Orte sind und je ländlicher ihr Zuschnitt, desto zweckmäßiger ist die Rückführung des Niederschlagswassers von sauberen Flächen (Dächer, Gehwege) in Gräben und Gewässer bzw. über Versickerung in den Untergrund. Vorklärung und willkommene Retention wird über Versickerungsmulden und Rigolen erreicht. Das häusliche Abwasser und analog verschmutzte Flächenbereiche landwirtschaftlicher Betriebe sind in dezentralen Orts- oder Ortsteilkläranlagen dann effizient zu behandeln, wenn diese gesichert die Mindestanforderungen (für Orte  $\leq 1000$  Einwohner: Biochemischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen (BSB<sub>5</sub>)  $< 40$  mg/l, Chemischer Sauerstoffbedarf zur Oxi-

dation der organischen Schmutzstoffe (CSB)  $< 150$  mg/l) einzuhalten gestatten und keinen nennenswerten Bedienungs- und Wartungsaufwand erfordern. Vielfach vorhanden aber unzureichend in der Klärwirkung sind sogenannte Mehrkammerausfallgruben; den Anforderungen entsprechend Oxidationsteiche und in noch viel zu wenig Fällen Pflanzenkläranlagen. Die Mehrzahl der angebotenen Kleinbelebungsanlagen hat sich mit abnehmender Größenordnung weniger bewährt. Eine einwandfreie klärtechnische Betreuung ist weder in den alten noch in den neuen Bundesländern bisher durchsetzbar gewesen. Höhere Anforderungen an die Reinigungsleistung werden bezüglich Nitrifizierung der Stickstoffverbindungen, Reduzierung der Phosphate und der Keimzahlen mit Blick auf Naturschutz oder Naherholung zunehmend von den örtlichen Behörden gestellt.

### Dezentrale Einzelkläranlagen

Für Einzelanwesen oder kleinste Ortsbereiche (bis ca. 50 Einwohner) wurden sehr zahlreich die sog. Mehrkammerfallgruben, die vorwiegend der Entschlammung des Abwassers dienen, aber auch abflußlose Gruben gebaut. Abwasser- oder Fäkalabfuhr stellen hierbei das Problem dar. Vielfach helfen sich die privaten Rechtsträger durch Versickerung des „Klarwassers“ in den Untergrund und wehren sich organisiert gegen wesentlich kostenaufwendigere zentrale Entsorgung bei gleichzeitig höheren punktuellen Umweltbelastungen.

Entsprechende Projekte zum Wasserrecycling im häuslichen Bereich (Toilettenspülwasser, Untergrundbewässerung von Gärten) wurden mit Erfolg realisiert. Hier ist im besonderen Maße eine einfache aber sicher wirkende biologische Nachreinigung, wie es z.B. durch Pflanzenkläranlagen möglich wird, notwendig.

## 2. Theoretische Grundlagen für ein naturnahes und leistungsstarkes Klärverfahren

### 2.1 Grundsätzliche Überlegungen

Kleine Anlagen sind durch qualitative und quantitative Stoßbelastungen gekennzeichnet. Naturnahe, also biologischen Ab-

bau nutzende Verfahren, sind somit auf gut adaptierte (alte) und sessile (nicht ausspülbare) Biomasse angewiesen. Durchlässige Sande und Kiese mit ihrer gegenüber technischen Füllkörpern unvergleichlich hohen spezifischen Oberfläche stellen als Festbettfilter einen idealen Bioreaktor dar, wenn es gelingt, Verstopfungen zu vermeiden und die gewünschten Milieubedingungen einzuhalten. Betreibt man einen Filter von oben nach unten, dann können mengenmäßige Stoßbelastungen konstruktiv durch einen Aufstauraum kompensiert werden; zusätzlich ist es möglich, Kurzschlußströmungen durch intermittierend rückgestauten Auslauf zu vermeiden.

### 2.2 Aufrechterhaltung der Sickerwilligkeit des Bodens

Durch mechanische Verstopfung im Zulaufbereich oder unkontrolliertes Schlammwachstum im Porenraum des Filters kann die Sickerwilligkeit gefährdet werden.

*Mechanische Verstopfung:* Trotz der Vorreinigung in einer Mehrkammerfallgrube enthält das Abwasser noch abfiltrierbare Stoffe („nicht absetzbare Schwebstoffe“  $\sim 75$  mg/l), die zunächst in das Porensystem eines Filters einwandern (Invasion), diesen dann weitgehend blockieren und als Schlammkuchen aufsitzen (Kolmation).

Zunächst interessiert die *Gesetzmäßigkeit der Invasion*, denn die Tiefenverschmutzungen müssen unbedingt vermieden werden. Setzt man für einen Modellansatz idealkonstante Bedingungen voraus, d.h. unverschmutzter, homogener Filterkörper mit nicht limitierendem Rückhaltepotential und konstante Rohabwasserkonzentration (CO), dann wirken auf alle abfiltrierbaren Teilchen gleichartige Bedingungen für ihre Eliminierung aus dem Abwasser. Die einzige Variable ist die mit eben diesem Eliminierungsprozeß abnehmende Konzentration des Abwassers (C) auf dem Sickerweg (L).

Das heißt, die Konzentrationsabnahme (dC) auf einem Abschnitt des Sickerweges (dL) ist der dort herrschenden Konzentration proportional.

$$(1) \frac{dC}{dL} = -k \cdot C \quad k = \text{Reaktionskonstante}$$

Diese Differentialgleichung (Abklingfunktion) ist typisch für zahllose Naturvorgänge,

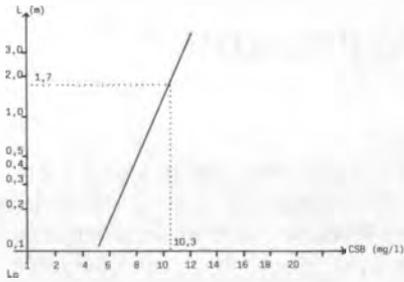


Abb. 1: CSB-Elimination über den Fließweg

ihre Integration liefert die Gleichung:

$$(2) C = C_0 \cdot e^{-k \cdot L}$$

Nur um einen Proportionalitätsfaktor verschieden muß sich nun diese Stoffreduzierung in der Verteilung der am Filterkorn angelagerten Stoffe (abschlämbare Stoffe) widerspiegeln. Es gilt:

$$(3) C_a = C_{a0} \cdot e^{-k_a \cdot L}$$

Index  $a \hat{=}$  abschlämbaren Stoffen.

$k_a$  ist vor allem abhängig von der Größe der Schmutzpartikel und dem Porendurchmesser bzw. ersatzweise dem Korndurchmesser.

Wenn man als Verschmutzungstiefe die Tiefe bezeichnet, in der  $C_a$  die Nullverschmutzung des natürlichen Filterkörpers unterschreitet, dann ergibt sich gemäß Abbildung 1 für einen gut durchlässigen Boden ( $k_f \sim 5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ ) eine Verschmutzungstiefe von ca. 5 cm. Dieser Wert wird bei geringerem  $k_f$ -Wert unterschritten.

Die „Konservierung“ der Invasionsverschmutzung erfolgt durch die dann einsetzende Kolmation. Dieser auch als „Kuchenfiltration“ bezeichnete Vorgang führt zu einer weiteren Durchlässigkeitsminderung; maßgebend ist jetzt der Partikeldurchmesser der den Kuchen bildenden abfiltrierbaren Stoffe des Abwassers.

Die vorstehende Abhandlung zeigt, daß die Tiefenverschmutzung bei entsprechender Filterkornwahl beherrschbar ist; reine Sandfilter müßten bis zu dieser Tiefe regelmäßig regeneriert werden.

Bepflanzt man den Filterkörper mit wurzelaktiven Gräsern oder Röhrichtbeständen, die über die Tiefe der Invasion hinaus zu einer Mineralisation der eingetragenen organischen Substanzen und zu einer mechanischen Auflockerung des Bodensubstrats führen (langsam Anheben des Ausgangsniveaus ähnl.  $\rightarrow$  Hochmoor), dann bleibt die Sickerwilligkeit praktisch unbegrenzt erhalten.

So haben vom Verfasser langjährig betreute Pflanzenbecken zur Grundwasseran-

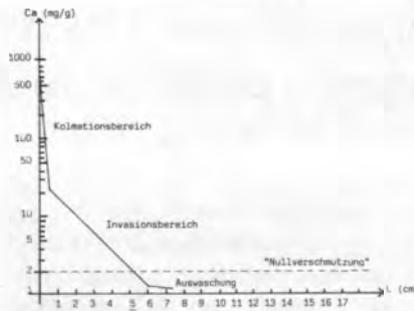


Abb. 2: Verschmutzungstiefe bei gut durchlässigem Sand (ohne Pflanzenbestand)

reicherung - bei i.M. 0,5 - 1 m/d Sickergeschwindigkeit und i.M.  $\approx$  20 mg/l abfiltrierbare Stoffe - keine Leistungseinbußen erkennen lassen. Auf die Verhältnisse der Pflanzenkläranlagen bezogen (0,05 - 0,1 m/d) wären hiernach 200 mg/l abfiltrierbare Stoffe zulässig; praktisch liegen aber im Ablauf der Mehrkammerfaulgruben nur etwa 75 mg/l vor, d.h. eine Verringerung der spezifischen Sickerfläche je EGW ist noch möglich.

#### Schlammwachstum im Porenraum des Filters

Dieser Art „Filterverstopfung“ könnte man durch zeitweise Unterbrechung der Beschickung begegnen (Autolyse der Bakterienzellen); dennoch sollte man eine solche Maßnahme nicht vorprogrammieren.

Pflanzenbestandene Abwasserfilter mit ca. 5 m<sup>2</sup>/EGW werden an verschiedenen Stellen (u.a. Mannersdorf bei Wien) seit ca. 10 Jahren störungsfrei betrieben, auch wesentlich höhere Leistungen ( $\leq$  2 m<sup>2</sup>/EGW-Versuchsanlage Neustrelitz) sind bekannt. Die vom Autor in Neustrelitz kontrollierte Versuchsanlage zeigte innerhalb von 2 Jahren keine  $k_f$ -Wert-Änderungen im tieferen Filterbereich etwa als Folge des Biomassewachstums.

Auch hier ist ein Analogieschluß zu seit Jahrzehnten betriebenen Grundwasseranreicherungsanlagen zulässig. Im Bodenfilter verläuft der Abbau der organischen Substanz, gemessen am CSB, - sofern aerobe Milieubedingungen vorliegen - nach einer logarithmischen Funktion

$$(4) C = C_0 - k \cdot \ln \frac{L}{L_0}$$

△ CSB

$C \hat{=}$  CSB/mg/l/ nach der Fließstrecke  $L/m$ ;  
 $C_0 \hat{=}$  Anfangs-CSB bei der fiktiven Fließlänge  $L_0$ ;  
 $k$  - Proportionalitätsfaktor.

Am Beispiel der Abbildung 2, die in die Verhältnisse an einem seit 80 Jahren betrie-

benen Infiltrationsbecken darstellt, wird gezeigt, daß bei einer Infiltrationsgeschwindigkeit von 3,5 m/d auf einen Anfangsfließweg von 1,7 m ca. 10,3 mg/l an CSB eliminiert werden. Diese Fracht entspricht bei nur 0,1 m/d Sickerleistung (2 m<sup>2</sup>/EGW) der Pflanzenbecken einer CSB-Elimination von:

$$\frac{10,3 \text{ mg/l} \cdot 3,5 \text{ m/d}}{0,1 \text{ m/d}} = 360,5 \text{ mg/l.}$$

Tatsächlich wird aber nur die Differenz von 300 mg/l CSB im Rohwasser und 30 mg/l CSB im Reinwasser, also 270 mg/l eliminiert. In Analogie zur Infiltration ist also keine Verstopfung durch Biomasse zu erwarten.

Diese Vergleiche erscheinen notwendig, weil Pflanzenkläranlagen noch nicht so lange beobachtet werden konnten wie Infiltrationsanlagen von Fließgewässern und damit dem Sicherheitsbedürfnis der Anwender Rechnung getragen wird.

### 3. Praktische Anwendung

Vorgestellt wird hier ein vertikal durchströmter und von der Oberfläche beschickter mehrschichtiger Bodenfilter, der mit Schilf bewachsen ist und somit eine Pflanzen-Festbettfilteranlage darstellt. Unterschieden werden die Typen „Phytofilt-MS“ und „Phytofilt-2S“.

**Begriffserklärung:** Es handelt sich bei „Phytofilt-MS“ um eine mit *Helophyten*, vorzugsweise *Phragmites australis*, besetzte, vertikal durchströmte, mehrschichtige Festbettfilteranlage mit selbständigem Intervallbetrieb, die der weitgehenden biologischen Reinigung mechanisch vorgeklärten häuslichen Abwassers von kleinen Gemeinden und Einzelobjekten dient.

Diese Anlage wurde im Auftrag und gemeinsam mit der Neubrandenburg-Wasser AG entwickelt.

Als Einfachvariante wird noch „Phytofilt-2S“, eine Pflanzensickerbeckenanlage, die nur aus den zwei Schichten Wurzelraum und Bodenfilter besteht, und mit der eine teilbiologische Reinigung erreichbar ist, vorgestellt.

**Anlagenbeschreibung - Wirkungsweise:** Der prinzipielle Aufbau von „Phytofilt-MS“ ist aus Abbildung 3 (nächste Seite) ersichtlich. Die 3 Bauteile: Zulaufschacht bzw. Kleinkläranlage mit Zulaufheber, der mit Sumpfpflanzen besetzte Festbettfilter und letztlich der Revisionsschacht mit Auslaufheber arbeiten mit höhengestaffelter Anordnung ohne Fremdenergie (pumpenloser Betrieb) vollkommen selbsttätig.

„Phytofilt-MS“ benötigt in diesem Fall ein Gefälle zwischen Oberwasserspiegel des Zu-

laufs und Auslaufniveau in den Vorflutgraben von etwa 1,8 - 2 m (Tiefbecken); bei „Phytofilt-2S“, hier handelt es sich um eine nur zweischichtige Festbettfilteranlage, reduziert sich das Gefälle auf 0,7 - 1,2 m (Flachbecken).

**Vorklärung:** Zur Vermeidung von Schlammablagerungen und etwaigen Geruchsbeeinträchtigungen ist das Rohabwasser von den absetzbaren Stoffen zu befreien. Eine Absetzzeit von 2 Stunden reicht hierfür prinzipiell aus.

Die weitverbreitet vorhandenen Kleinkläranlagen (Mehrkammerfaul- oder Mehrkammerausfaulgruben) erfüllen diesen Zweck genauso gut wie evtl. vorhandene Emischerbrunnen. Die einzige Entsorgungsaufgabe ist die Entschlammung der Vorklärung. Auch hier sind gesonderte Pflanzenbeete verschiedentlich mit Erfolg zur Unterstützung der Mineralisierung und Entwässerung eingesetzt worden.

**Beschickungssystem:** Mit dem Ziel, eine selbsttätige, stoßweise Wasseraufgabe über schnell leerlaufende Verteilerleitungen (Gefälle in Richtung Pflanzenanlage) zu erreichen, wurden Glockenheber mit Hilfshebern entwickelt.

Die Impulsaufgabe sichert in Verbindung mit den Verteilerleitungen (ein Aufgabepunkt je 20 m<sup>2</sup>) eine gute Flächeninanspruchnahme bei geringen Wärmeverlusten (keine Vereisung im Winter!). Die Hilfsheber drücken

die erforderliche Mindestwassermenge zum Anspringen der Glockenheber auf < 0,1 l/s herab; die somit minimierte Vorlaufwassermenge wird über eine gesonderte Gefälleleitung frostfrei dem Bodenfilter zugeführt.

Der intermittierende Betrieb hat sich im Sommer und Winter gegenüber kontinuierlich betriebenen Vergleichsbecken durch: Gute Sauerstoffanreicherung, bessere flächendeckende Wasserversorgung der Pflanzen (Wuchsleistung), bessere Mineralisation der Kolmationsschichten und vor allem durch störungsfreien Winterbetrieb als eindeutig überlegen erwiesen.

**Pflanzen-Festbettfilter:** Auf der Grundlage vergleichender Langzeitversuche von 10 bis 100 mm/d Abwasser wurde die benötigte Filterfläche bei Dauerbetrieb mit  $\geq 4 \text{ m}^2$  je Einwohner und  $\leq 10 \text{ gr. BSB}_5/\text{m}^2 \cdot \text{d}$  spezifischer Flächenbelastung und bei Saisonbetrieb mit der doppelten Belastung ermittelt. Bei diesen Leistungsangaben sind noch mehr als 100% Reserven enthalten. Der gesamte Filterraum ist durch undurchlässige Schichten (kf-Wert  $> 10^{-8} \text{ m/s}$ ) bzw. im Regelfall durch Wasserbaufolie (1,5 - 2 mm Stärke) gegen den natürlichen Boden abgedichtet. Bei nicht standfestem Boden kommt ein trapezförmiger Beckenquerschnitt einfacher Erdbauweise entgegen.

**Pflanzendeckschicht (Wurzelraum):** Die Pflanzendeckschicht besteht aus Wurzelraum und Bodensubstrat von transplantiertem

Schilf aus Natur-Standorten. Die Schichtstärke beträgt ca. 30 cm. Eine Bruchauflage der Halme, die nicht geschnitten werden müssen, bedeckt mehr oder weniger dicht die Oberfläche und wirkt als Aufwuchsfläche, Sedimentträger, Wärmedämmung und Emissionsschutz. Aktive Bestände verfügen über ca. 100 - 150 Halme je m<sup>2</sup>, ihre Höhe erreicht 2 - 3,5 m.

Die Einwallungshöhe der Filterfläche sollte mit Rücksicht auf geringe Aufstauererscheinungen z.B. bei Regen  $\geq 0,5 \text{ m}$  betragen. Kurze Belüftungsfiterrohre durchstoßen den Wurzelraum als Vollrohr und enden im Bereich der nachfolgenden Filterschicht. Als ganz entscheidender Vorzug der Transplantation von Pflanzenballen (Ballenpflanzung) aus intakten Röhrichtbeständen ist, im Gegensatz zur Pflanzung von Einzelpflanzen (Halmpflanzung), der flächenhaften Ausbringung von Rhizommaterial (Rhizompflanzung), oder der Stecklingsvermehrung (Stecklingspflanzung), die Inbetriebnahme nach 1 - 2 Monaten zu sehen; alle anderen Verfahren lassen volle Belastungen erst nach 3 - 4 Jahren zu oder erfordern erhöhte Wartung. Für die Ballenpflanzung bietet sich März/April an; die neuen Sprosse sind noch niedrig, der Transport wird dadurch erleichtert. Bei längerer Betriebsunterbrechung in der Aufwuchsphase sind die Pflanzen zu bewässern oder im Rückstau (ca. 20 cm unter Oberkante Wurzelraum) zu belassen.

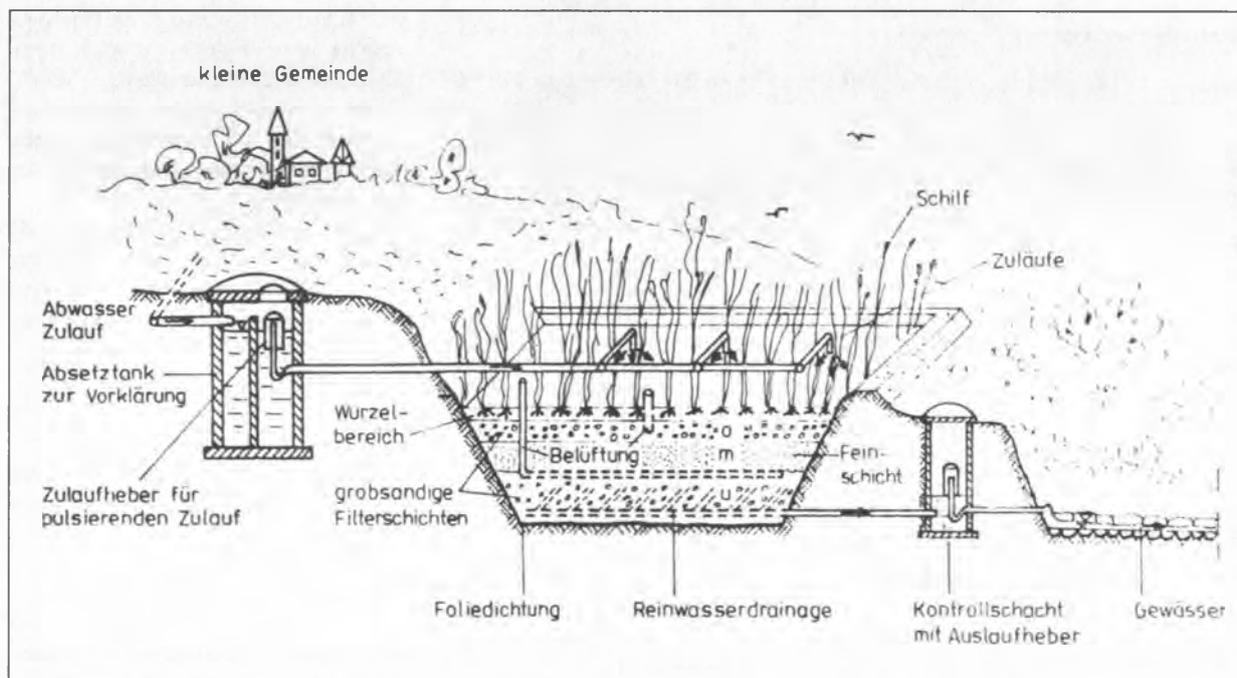


Abbildung 3: Die biologisch reinigende Pflanzenkläranlage „Phytofilt-MS“

**Oberer Filterschicht:** Dem Wurzelraum schließt sich nach unten eine Filterschicht von 0,4 mm Stärke mit einem Durchlässigkeitsbeiwert im Bereich von  $5 \cdot 10^{-2}$  -  $5 \cdot 10^{-3}$  m/s an. Mit dieser Schicht endet bei „Phytofilt-2S“ der Filterraum; über Drainage wird das Wasser kontinuierlich abgeführt, Verbesserungen bezüglich der Nitrifizierung lassen sich durch Auslaufheber, wie sie für die favorisierte Mehrschichtvariante (MS) weiter unten beschrieben werden, erreichen.

Trotz der hohen Sauerstoffzehrung des Abwassers im oberen Bereich führen der Sauerstoffeintrag durch das Luftleitgewebe (Aerenchym) der Röhrichtarten, die Belüftungsfilterschicht, sowie durch den intermittierenden Betrieb zu einer guten Sauerstoffversorgung und weitgehend oxischem Milieu.

Bei „Phytofilt-MS“ folgen noch eine *Mittlere* Filterschicht und eine *Untere* Filterschicht.

**Mittlere Filterschicht:** Mit 0,7 m Stärke und einem kf-Wert von  $1 \cdot 10^{-4}$  -  $1 \cdot 10^{-5}$  m/s führt diese Schicht zur Unterbrechung evtl. bevorzugter Sickerwege. Die in dieser Zone angestrebte mangelhafte Belüftung führt zu anoxischen, eine Denitrifikation begünstigenden Bedingungen mit Redoxpotentialen unter 320 mV.

Der höhere Feinkornanteil beinhaltet in tonhaltigen Fraktionen oder eisenschüssigen Sanden und Lehmen Phosphatfixierungspotentiale.

Dieser Tatbestand hält entsprechend dem tatsächlich vorhandenen Phosphorbindungspotential, das es vor Aufbau einer An-

lage zu bestimmen oder auch künstlich zu erhöhen gilt, nur eine begrenzte Zeit an. Die mineralogische Zusammensetzung dieser Schicht ist bei gezielter P-Elimination objektkonkret unter Berücksichtigung anstehender Böden zu bestimmen; gegebenenfalls sind Mischböden aufzubauen.

**Untere Filterschicht:** Filterstärke und Durchlässigkeit entsprechen der *Oberen* Filterschicht. Der Durchlässigkeitsprung zu dieser Schicht wird für eine selbsttätige Belüftung der *Unteren* Filterschicht ausgenutzt indem der leistungsstarke Auslaufheber, nach erfolgtem Rückstau des sich sammelnden Abwassers bis zur Höhe der Belüftungsdrainage (entspricht Anspringpunkt des Hebers), rasch die untere Filterschicht absaugt.

Aus der *Mittleren* Filterschicht kann das Wasser nicht in gleicher Geschwindigkeit nachfließen; das somit entstehende Unterdruckpotential führt zur Belüftung der *Unteren* Filterschicht über Belüftungsdrainage und Belüftungsrohr.

Die hierdurch entstehenden oxidischen Bedingungen führen zu guter Restmineralisation, Nitrifikation noch vorhandener N-Komponenten und weiterer Schönung des Wassers unter Einbeziehung der Keimzahlreduktion. Anteil hieran hat auch die extreme Erhöhung der Aufenthaltszeit in dieser Schicht durch Unterbrechung des ungebremsten Sickerkervorganges.

**Erreichte Ergebnisse:** Die mittleren Ergebnisse praktischer Untersuchungen sind in Tabelle 1 zusammengefaßt für Phytofilt-MS (MS Mehrschichtfilter) dargestellt. Die Ergebnisse für geringere Ansprüche erfüllt Phytofilt-2S (flacher Zweischichtfilter).

Die vorgestellten Leistungen werden angenähert auch im Winterbetrieb erbracht; Saisonanlagen benötigen bei weichem Anfahrbetrieb keine Einarbeitungszeit.

Erreicht wurde in der Gesamtwirkung eine so weitgehende Abwasserreinigung, daß die derzeit progressivsten Einleitungsgrenzwerte deutlich mit den Zielen unterboten werden können:

1. Minderung der Abwasserabgabe
2. Investition für die Zukunft, d.h. Vermeidung kurzfristiger Erweiterungsinvestitionen bei Verschärfung der Mindestanforderungen (Nitrifikation, extreme Keimzahlabnahme).

Besondere Leistungsstärken sind weitestgehender Abbau der sauerstoffzehrenden, organischen Substanzen des Abwassers (BSB<sub>5</sub>), extrem hohe Keimzahlverminderung und die Abgabe eines klaren, praktisch ge-

Tabelle 1: Leistungsdaten aus praktischen Untersuchungen für Phytofilt-MS (Klammerwerte: Phytofilt-2S)

Parameter	Abwasserzulauf aus mechanischer Vorklä rung	Ablauf nach Phytofilt-MS	Abbau in %
Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen			
BSB <sub>5</sub> (mg/l)	200	10 (40)	95 (80)
Chemischer Sauerstoffbedarf			
CSB <sub>Cr</sub> (mg/l)	300	30 (75)	90 (75)
Stickstoffverbindungen			
N <sub>ges</sub> (mg/l)	40	ca. 20 (32)	ca. 50 <sup>1)</sup> (20)
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	35	0 - 1 (10,5)	97 (70)
Phosphorverbindungen			
PO <sub>4</sub> -P (mg/l)	8,2	0,2 (1,3)	98 <sup>2)</sup> (84) <sup>3)</sup>
Keimzahlen (Zahl/ml)			
Koliforme Keime	2 999 000	0,5 (8 900)	100 (99,7)
Psychrophile Kol.	9 500 000	560 (172 000)	99,994 (98)
Fäkal-Koliformen	840 000	0,4 (2 570)	100 (99,7)
Enterokokken	320 000	0,0 (53)	100 (99,9)
Trübung	stark getrübt undurchsichtig	klar (undurchsichtig)	
Färbung	stark grau-gelb	farblos (mittelgrau-gelblich)	
Geruch	sehr stark fäkal bis faulig	geruchlos, ztw. schwach dumpfig (schwach bis stark fremdartig, undefiniert)	

<sup>1)</sup> schwankend

<sup>2)</sup> fallende Tendenz

<sup>3)</sup> steigende Tendenz

ruchslosen Wassers. Zusätzlich wird eine deutliche Nährstoffeliminierung (P/N) erreicht; für Phosphor ist diese bei geeigneter Filtermaterialauswahl über Jahrzehnte vorbestimmbar; entscheidend ist weiterhin eine fast vollständige Nitrifikation.

Mit den neu entwickelten Pflanzensickerbecken werden Möglichkeiten für gute landschaftsgebundene Einordnung, nahezu wartungsfreien und völlig geräuschlosen Betrieb, ohne Hilfsenergie benötigende Ausrüstung, geboten; der Einsatz ist folglich auch in Erholungsgebieten zu empfehlen.

Geruchsentwicklungen wurden nicht beobachtet. In begründeten Sonderfällen kann bei vorliegender behördlicher Zustimmung auch von der technischen Möglichkeit der über den Revisionsschacht gütekontrollierten Untergrundversickerung Gebrauch gemacht werden.

Die Sickerleitungen sind in derartigen Fällen im Zusammenhang mit dem Baugrubenaushub der Pflanzenkläranlage zu verlegen.

*Anwendung, Ausblick:* Es hat sich gezeigt, daß sich der zunächst etwas kompliziert wirkende Schichtenaufbau und der Ein-

bau der Belüftungsdrainagen ohne größere Schwierigkeiten bewerkstelligen läßt. Es befinden sich zur Zeit mehrere Anlagen in der Vorbereitung und Projektierung. Die Anlage in Rade (300 E) wurde im September 1990 fertiggestellt (Abbildung 4). Hier werden 3 Filtereinheiten durch Wasserbaufolien, die beim Bau senkrecht mit der Filterschüttung hochgezogen werden, getrennt (Abbildung 5, nächste Seite). Das wirkt flächensparend.

Die Anwendungsgrenzen werden im Wirtschaftlichkeitsvergleich zu anderen Anlagen, sicher in Zukunft auch zunehmend unter Einbeziehung der hier besonders markanten Reinigungsleistung, abgesteckt werden müssen. Generell dürfte sich der Einsatz im Bereich von 10 bis 400 E empfehlen. In besonderen Fällen können z.B. auch 1000 E wirtschaftlich entsorgt werden.

Die Reinwasserqualität entspricht der eines Oberflächenwassers mittlerer Güte, eine Verrohrung des Ablaufs etwa bis hin zu einem Vorfluter kann somit hinfällig sein. Die nachstehenden standortunabhängig kalkulierten Investitionskostenabschätzungen (4 m<sup>2</sup>/EGW) schließen die Mehrkammerfaul-

grube mit ein und betragen incl. 14% MwSt. in DM/E für

Einwohner	25	100	400
Phytofilt MS	1 500,-	1 100,-	1 050,-
Phytofilt-2S	1 350,-	950,-	850,-

An Hauptleistungen entfallen etwa 20% auf Erdarbeiten, 15% auf die Foliendichtung, 15% auf Verteilerleitungen (bei V2A-Stahl-Verwendung). Bei 2 m<sup>2</sup>/E reduzieren sich die Kosten um ca. 40%.

Bei der Flachbeckenvariante (Phytofilt-2S) reduziert sich der Anteil für Erdarbeiten auf etwa 10% des Gesamtwertes. Auf Betriebskosten entfallen ca. 10 - 50 DM/E · a, eine Schlammbehandlung aus der Vorklä- rung ist hierin nicht enthalten.

Neueste Untersuchungen zum Anfahrbetrieb bei Saisonanlagen erlauben z.B. jetzt die Aussage über einen Verzicht auf jährliche Neueinrichtung einmal eingefahrener Anlagen!

Ein ATV-Merkblatt für Pflanzenkläranlagen wurde bereits im Entwurf gemeinsam mit anderen Entwicklern erarbeitet.



Abbildung 4: Phytofilt in Rade für 300 EWG

*Hinweise zur Realisierung:* Der aus der Mehrkammerfaulgrube anfallende Schlamm kann kompostiert oder nach dem Verfahren von Hofmann GBR Tübingen im gesonderten Schilfbeet mit 0,5 m<sup>2</sup>/EWG vererdet werden. Bei Errichtung einer neuen Anlage sollte zunächst nur 50% der Versickerungsfläche mit Schilf besetzt werden. Hierdurch wird eine bessere Durchfeuchtung in der Anfangsphase erreicht. Besonders wichtig ist das bei Rhizomstecklingsvermehrung. Andernfalls ist eine zeitweise Befeuchtung in Trockenzeiten notwendig.

Die Rechte zur Nutzung des Verfahrens können über Abschluß eines Lizenzvertrages erworben werden (ca. 5% des jeweiligen Anlagenwertes), dieser schließt die Übergabe ausführlicher Verfahrensdokumentation und die Beratung für das projektierende Ingenieurbüro ein. Die Projektierung von Anlagen wird selbstverständlich auch durch die Entwickler übernommen; das gilt auch für die Vermittlung geeigneter Baubetriebe - sofern das gewünscht wird.

**Anschrift des Verfassers:**

Prof. Dr. H. Löffler  
Technische Universität Dresden  
Mommssenstraße 13  
O - 8027 Dresden



Abbildung 5: Bau von 3 Beckeneinheiten in Rade

# Naturnahe Abwasserreinigung mit vertikal durchströmten Bodenfiltern

von Heino Schütte

## I Einsatzbereiche

Am Beispiel Niedersachsens sei kurz erläutert, welche Einsatzbereiche prinzipiell für Pflanzenkläranlagen oder andere naturnahe Verfahren in der Ausbaugröße 51 - 1000 EW bestehen. Zu nennen wären hier beispielsweise:

1. Einsatz als nachgeschaltete biologische Reinigungsstufe hinter Mehrkammerabsetz- oder -ausfällgruben bei Kleinkläranlagen
2. Sanierung überlasteter, veralteter technischer Anlagen wie Tropfkörper, Kompaktbelebung bis ca. 1000 EW.
3. Sanierung überlasteter Teichanlagen.
4. Anlage zur Entsorgung von mehreren Einzelgehöften oder Siedlungen als Alternative zu Kleinkläranlagen.

Dabei ist keine Beschränkung auf häusliches Abwasser gegeben. Vielmehr können auch gewerbliche oder industrielle Abwässer, die biologisch abbaubar sind, behandelt werden.

Die o.g. Anwendungsfälle ergeben sich z.B. aus folgenden Gründen:

1. Ein Großteil der o.g. Anlagen arbeitet mangelhaft, d.h. sie weisen eine schlechte Reinigungsleistung auf, wie Abb. 1 zeigt. Eine Sanierung gerade der technischen Anlagen bedeutet meist kompletter Neubau oder Anschluß an eine größere Kläranlage, d.h. eine oft sehr teure Lösung müßte gewählt werden. Diesem Vorgehen steht die prekäre Finanzsituation der Gemeinden sowie die im Gemeindegebiet ohnehin notwendigen Kosten für die Sanierung der größeren Kläranlagen (weitergehende Abwasserreinigung) entgegen.
2. Da insbesondere die technischen Kläranlagen die gleichen spezifischen Probleme wie Großanlagen vergleichbaren Typs aufweisen, ist bei kleineren Anlagen eine ebenso intensive Wartung zur Einhaltung der Reinigungsleistung erforderlich. Diese ist allerdings kostenintensiv und zwang in den vergangenen Jahren viele

kleine Gemeinden dazu, ihre Kläranlagen zu schließen und das Abwasser zu einer Großanlage abzuleiten.

3. Der Zustand der Kleinkläranlagen in Niedersachsen ist desolat. Von den insgesamt 275000 Kleinkläranlagen für 1,1 - 1,4 Mio Einwohner verfügen nur etwa 10% über eine den heutigen Anforderungen (Vorklärung und biologische Nachbehandlung) entsprechende Ausstattung.
4. Die frühere Tendenz, auch Streusiedlungen möglichst an große kommunale Kläranlagen der Größenordnung > 5000 EW anzuschließen, hat sich im Nachhinein als nicht immer sinnvoll erwiesen. So treten häufig Behandlungsprobleme, z.B. Blähschlamm durch angefaultes Abwasser infolge langer Abwasserleitungen, oder enorme Unterhaltungskosten durch die Kontrolle/Instandhaltung der Rohrleitungen und Pumpstationen auf. Insofern ist vielfach eine Abkehr vom o.g. Prinzip der Abwasserentsorgung zu verzeichnen. Insbesondere sollten diese Erfahrungen

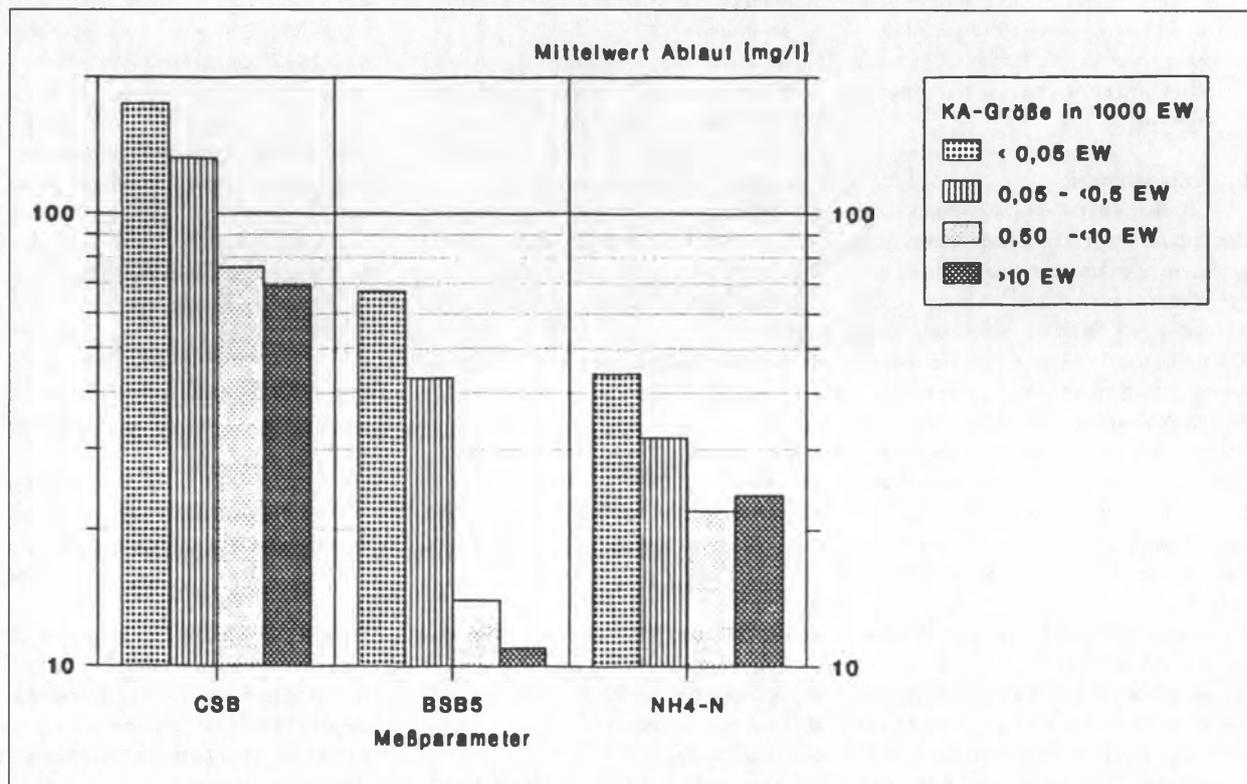


Abb. 1: Mittelwerte ausgewählter Parameter im Ablauf niedersächsischer Kläranlagen (Datenbasis: NLWA Hildesheim 1987)

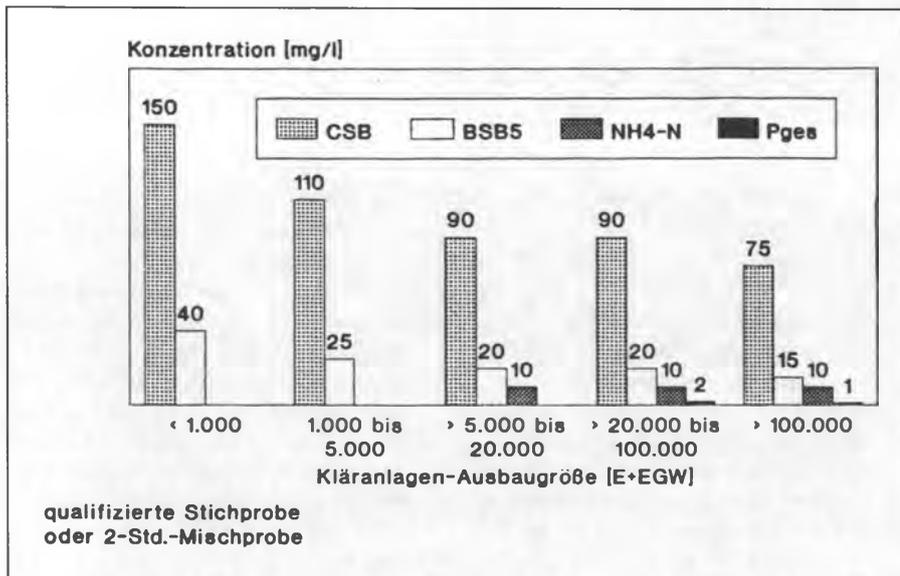


Abb. 2: Mindestanforderungen für das Einleiten von Abwasser an kommunale Kläranlagen in der BRD (Anhang 1 der Rahmen-Abwasser VwV 9.89)

gen bei der Planung der Abwasserbehandlung in den neuen Bundesländern berücksichtigt werden.

5. Gerade kleine Siedlungseinheiten weisen weitaus ausgeprägtere Belastungsspitzen auf, als sie in Ballungsgebieten zu finden sind. Um eine konstante Reinigungsleistung sicherzustellen, müssen demnach Kläranlagensysteme zur Anwendung kommen, die ein hohes hydraulisches und stoffliches Puffervermögen aufweisen.

**II Anforderungen**

In Anbetracht der Gewässersituation und der notwendigen Schutzmaßnahmen ist es erforderlich, an eine Kleinanlage von 4 - 1000 EW höhere Anforderungen als bisher zu stellen und deren Technik zu verbessern. Diese Kläranlagen müssen nach dem derzeitigen Kenntnisstand in der Leistung und Konstanz ihrer Reinigung erheblich verbessert werden, um notwendige Anforderungen einhalten zu können. Erst dann können diese eher dezentralen Lösungen als gleichwertig zu großen Kläranlagen angesehen werden. Als Anforderungen an diese Kläranlagen sind zu nennen:

1. Sie müssen im Bau einfach und im Betrieb robust sein.
2. Sie müssen mit schwankenden hydraulischen Belastungen (Mischwasser, Fremdwasser) und mit Schmutzstößen (z.B. unerlaubte Gülleeinleitungen) fertig werden.

3. Sie müssen einfach zu steuern und zu warten sein.
4. Wegen der häufig sehr kleinen und wenig leistungsfähigen Vorfluter müssen hohe Reinigungsleistungen erzielt werden können.
5. Klärschlammbehandlung und -verwertung bzw. -entsorgung müssen sichergestellt sein.
6. Sie sollten möglichst kostengünstig sein.
7. Sie müssen flexibel sein bezüglich sich verändernder Belastungen und anpassungsfähig an neue, erhöhte Anforderungen.
8. Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von 50 - 1000 E + EW sollten daher derzeit schon die Mindestanforderungen für Kläranlagen < 5000 EW erfüllen (Abb. 2).

**III System „Bewachsener Bodenfilter“**

*Systemkomponenten*

Eine Kläranlage mit vertikal durchflossenem, intermittierend beschickten und bepflanzten Bodenfilter besteht aus den Komponenten:

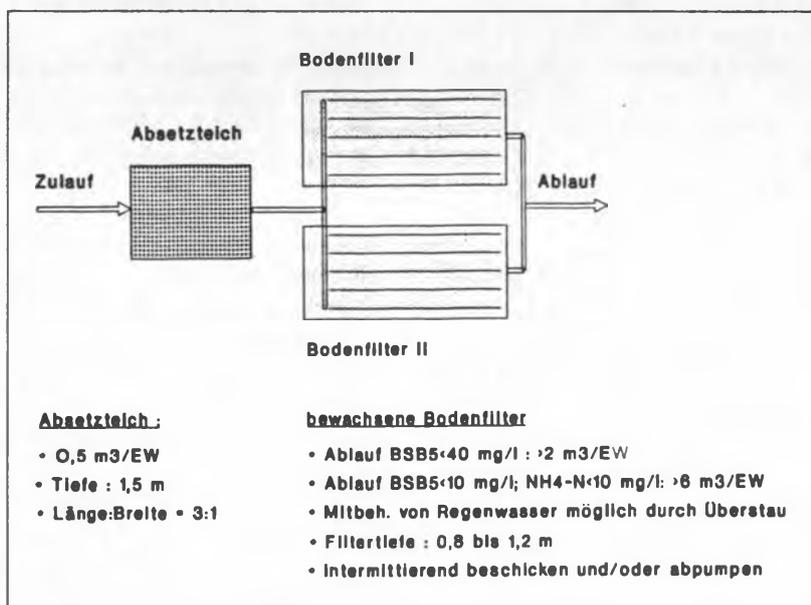
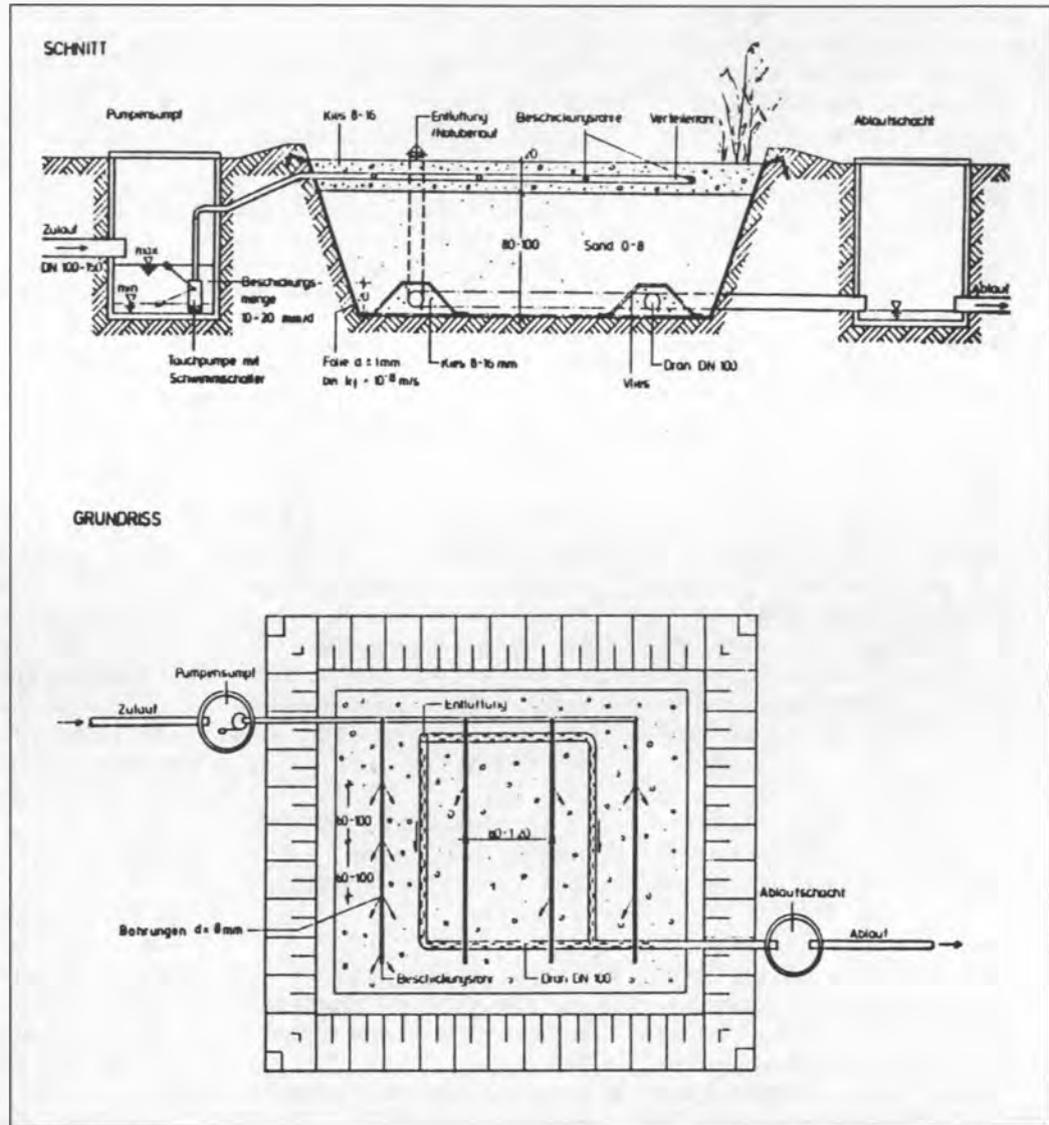
- Vorklärung (Mehrkammergrube; Absetzteich)
- Pumpensumpf
- Beschickungspumpe mit Steuerung
- Beschickungsrohrsystem
- Bodenkörper mit Schilfpflanzen
- Drainagerohrsystem
- Ablaufbauwerk

Der prinzipielle Aufbau ist in Abb. 3 dargestellt.

Je nach Anwendungsfall kommen bei Kläranlagen > 50 EW noch die üblichen Anlagenbestandteile wie Rechen, Sandfang, Schlammbehandlung, Betriebsgebäude etc. hinzu. Die Bodenfilteranlage ist auf mindestens 2 Beete aufzuteilen (siehe Abb. 4).

*Verfahrensmerkmale:* Nicht nur die intermittierend beschickten, bewachsenen Bodenfilter erfüllen die o.g. Anforderungen. Sie weisen aber gegenüber anderen Verfahren wesentliche Vorteile auf:

1. Der hinsichtlich der Korngröße abgestufte Aufbau des Bodenkörpers sowie die Verwendung nichtbindigen Materials garantieren, daß das Abwasser den Boden durchströmen kann. Die vertikale Durchströmung schafft ein hohes hydraulisches Gefälle. Die Beschickung über die Oberfläche mindert darüberhinaus die Verstopfungsgefahr durch die Bereitstellung einer wesentlich größeren Durchströmungsfläche als bei horizontalem Durchfluß.
2. Die feinsten eingesetzten Bodenmaterialien weisen eine Durchlässigkeit  $k_f > 5 \cdot 10^{-4}$  m/s auf. Im späteren Anlagenbetrieb verringert sich diese auf  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s. Bei vertikalem Durchfluß sind somit je m<sup>2</sup> Beetoberfläche fast 1000 l/d an Durchsatz möglich. Der Trockenwetterzufluß liegt demgegenüber bei < 50 l/m<sup>2</sup> · d.
3. Der Bodenkörper ist nicht dauerhaft wassergesättigt. Entweder ist nur ein Grundstau (h = 20 cm) bei rein intermittierender Beschickung oder ein nur zeitweiser Volleinstau bei intermittierendem Abpumpen gegeben. Beide Betriebsweisen ermöglichen einen ständigen Transfer von Luftsauerstoff in die Bodenporen. Bei einem Porenvolumen von i.M. 20% stehen somit 60 g Sauerstoff pro m<sup>3</sup> Bodenkörper zur Verfügung. Dem steht, je nach spezifischem Bodenvolumen, ein Bedarf von 6 - 15 g Sauerstoff für die BSB<sub>5</sub>-Elimination und von 9 - 20 g für die Nitrifikation gegenüber. Es wird also eine Bedarfsdeckung erzielt.
4. Der zeitweise Einstau des Bodenkörpers ermöglicht sauerstoffarme bis -freie Zonen für das vorher nitrifizierte Abwasser. Somit wird der Nitratstickstoff zumindest teilweise denitrifiziert.
5. Durch Verwendung (kalk- oder) eisenhaltigen Bodens (Wasserwerkskies, beige-mengte Eisenspäne) in der oberen Bodenschicht läßt sich berechenbar für einen bestimmten Zeitraum Phosphor aus dem Abwasser entfernen.
6. Die am Bodenmaterial fixierte aktive Bio-



◇ Abbildung 3:  
Beispiel eines vertikal durchflossenen Bodenfilters (Kleinkläranlage)

◇ Abbildung 4:  
Fließschema einer Bodenfilterkläranlage mit Absetzteich (für Kläranlagen > 50 EW mit bewachsenem Bodenfilter)

masse kann nicht ausgespült werden. Darüberhinaus wirken im feinkörnigen Boden (nichtbindig) noch erhebliche Adsorptionskräfte. Dadurch weisen die Bodenfilter hinsichtlich stofflicher Belastungsstöße ein großes Puffervermögen auf. Ein Bodenfilter braucht daher nicht für kurzzeitige Spitzenbelastungen ausgelegt zu werden. Eine Bemessung nach dem Wochenmittel ist bei kommunalen Anlagen ausreichend.

7. Bei Porenvolumina von 20% und durchschnittlichen spezifischen Bodenvolumina von 3 - 6 m<sup>3</sup>/EW steht ein Speicherraum von 600 - 1200 l/EW zur Verfügung. Hierdurch lassen sich hydraulische Stoßbelastungen sehr gut abpuffern. Bei Einsatz hinter Mischwasserkanalisationen steht durch die Umwallung von 50 cm ein zusätzlicher Speicherraum von 2 - 3 m<sup>3</sup>/Einwohner zur Verfügung. Es sind also höhere Beanspruchungen als üblicherweise 2 Q<sub>S</sub> und Q<sub>F</sub> möglich. Der Abschlag belasteten Mischwassers in die Gewässer kann erheblich reduziert werden.
8. Der Winterbetrieb bei langanhaltenden Frostperioden stellt nach bisherigen Erkenntnissen kein Problem dar. Die isolierende Wirkung des Schilfbestandes und die Energieabgabe (Wärme) der Mikroorganismen verhindern den Frosteintritt in den Bodenkörper. Die geringere Abwasser- und Bodentemperatur bedingt allerdings eine reduzierte biologische Aktivität. Es sind, in Abhängigkeit von den Temperaturverhältnissen, Leistungseinbußen in der Größenordnung von 10 - 20% bei der BSB<sub>5</sub>-Elimination und der Nitrifikation möglich.
9. Der spezifische Flächenbedarf von 4 - 8 m<sup>2</sup>/EW Nutzfläche ist wesentlich geringer als bei Teichanlagen (15 - 20 m<sup>2</sup>/EW), die Grundstückskosten demzufolge auch. Gegenüber technischen Lösungen fallen in den meisten Fällen höhere Baukosten aufgrund des größeren Flächenbedarfs und des geringen Anteils an standardisiertem, vorgefertigtem Material an. Bei einer korrekten wirtschaftlichen Analyse sind jedoch die betriebswirtschaftlichen Kosten in den meisten

PKA	Bemessung	einhaltbare Ablaufkonzentrationen (Stichprobe; 90%-Wert)			
		CSB mg/l	BSB <sub>5</sub> mg/l	NH <sub>4</sub> -N mgN/l	Ges. N mgN/l
Typ A	3 m <sup>3</sup> /EW B <sub>R,BSB5</sub> ≤ 12 g/m <sup>3</sup> · d	100	20	40	—
Typ B	6 m <sup>3</sup> /EW B <sub>R,BSB5</sub> ≤ 6 g/m <sup>3</sup> · d	50	5	5	10

Fällen niedriger, da lange Lebensdauern und vor allem geringe Kontroll- und Instandhaltungskosten zu veranschlagen sind.

10. Da nur Schlamm aus der Vorklärung anfällt, der zudem bei Verwendung von Absetzteichen stark mineralisiert ist, sind die Klärschlammentsorgungskosten geringer als bei technischen Anlagen.
11. Die Bodenfilter weisen eine kurze Einarbeitungszeit von 1 - 2 Wochen zur Erreichung der geplanten Ablaufgehalte (insbesondere CSB / BSB<sub>5</sub>) auf.

*Reinigungsleistung:* In Abhängigkeit vom Einsatzbereich lassen sich unseren Erfahrungen nach 2 Typen der bewachsenen Bodenfilter unterscheiden:

**Typ A**

- *Einsatzbereich:* Reinigung häuslicher Abwasser aus Mehrkammergruben (Kleinkläranlage) mit dem Ziel der biologischen Reinigung
- *Bemessung:* ca. 3 m<sup>3</sup> durchströmtes Bodenvolumen pro EW.  
B<sub>R,BSB5</sub> ≤ 12 g/(m<sup>3</sup> · d),  
Fließweg ≥ 1 m,  
Körnung des Bodens d<sub>60</sub> = 1 mm;  
d<sub>10</sub> ≥ 0,1 mm,  
hydraulische Belastung q<sub>A</sub> = 50 mm/d
- *Konstruktion:* vertikaler Durchfluß, intermittierende Beschickung, Bepflanzung mit Schilf, nichtbindiger Boden.

**Typ B**

- *Einsatzbereich:* Reinigung häuslicher Abwasser aus Mehrkammergruben (Kleinkläranlage) und Absetzbecken (Kleine Kläranlage) mit dem Ziel der biologischen Vollreinigung und des Stickstoffabbaus

- *Bemessung:* ca. 6 m<sup>3</sup> durchströmtes Bodenvolumen pro EW.  
B<sub>R,BSB5</sub> ≤ 6 g/(m<sup>3</sup> · d),  
Fließweg > 4 m,  
Körnung des Bodens abgestuft,  
hydraulische Belastung q<sub>A</sub> ≤ 20 mm/d.
- *Konstruktion:* vertikaler und horizontaler Durchfluß, intermittierende Beschickung / Entleerung, Bepflanzung mit Schilf, nichtbindiger, abgestufter Boden.

Werden diese Bemessungsvorgaben eingehalten, lassen sich die obenstehend tabellierten Ablaufkonzentrationen erreichen.

**IV Literatur**

- ATV: Behandlung von häuslichem Abwasser in Pflanzenbeeten. Hinweisblatt H 262 der ATV, St. Augustin 1989.
- Fehr, G.: Studie zur Optimierung abwassertechnischer Planungen im ländlichen Raum. Im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums, 1990.
- Fehr, G.; Schütte, H.: Leistungsfähigkeit intermittierend beschickter, bepflanzter Bodenfilter. gwf Wasser · Abwasser 132, Nr. 4, 1991.
- Schütte, H.: Untersuchung von Kleinkläranlagen im ländlichen Raum Niedersachsens. Im Auftrag des Niedersächsischen Landesamtes für Wasser und Abfall, 1991.

**Anschrift des Verfassers**  
Ingenieurgesellschaft agwa  
Heino Schütte  
Vahrenwalder Straße 7  
3000 Hannover 1

# Der Weg zu einem problemlosen Zulassungsverfahren einer Pflanzenkläranlage - Die Nachbehandlung nach DIN 4261 und Kommunale Anlagen -

von Gert Engelhardt

## Vorbemerkung

Die Definition „Pflanzenkläranlagen“ ist ein *nicht richtiger* Ausdruck; besser: „bewachsene Bodenfilter“ oder „Wurzelraum-Anlage“, denn die Pflanze selbst nimmt die Reinigung nicht vor, sie schafft nur *eine* der Voraussetzungen.

Bei dieser Art Anlagen handelt es sich um eine flächenhafte Abwasserbehandlung, bei der Pflanzen und Boden als Systemparameter zusammenwirken und durch diese Wechselbeziehung eine optimale Reinigungsleistung erzielen sollen.

## Zum Thema

Ursprünglich sollte der Vortrag laut Veranstalter „Der Weg zu einem problemlosen Genehmigungsverfahren einer Pflanzenkläranlage“ heißen. Warum die Bezeichnung geändert wurde, möchte ich kurz erläutern. Hierzu bedarf es jedoch einiger *wasserrechtlicher* Ausführungen:

Wenn Abwasser anfällt, soll es möglichst weitgehend gereinigt und anschließend in den Wasserkreislauf zurückgeführt werden, d.h., in ein Gewässer (Oberflächengewässer oder Grundwasser) eingeleitet werden.

Damit nicht jeder macht was er will, sondern das, was er soll, baut der Gesetzgeber „Hürden“ in Form von Paragraphen auf. So z.B. die §§ 3 und 4 NWG, in denen festgelegt ist, daß *Einleiten eine Gewässerbenutzung ist* und daß diese Benutzung einer *behördlichen Erlaubnis* bedarf. Dieses gilt grundsätzlich, unabhängig von Art und Ausmaß der Abwasser-einleitung (also Menge und Belastung).

Eine weitere Regelung findet sich in § 154 (1) Satz 1 NWG, der besagt: „Der Bau und die wesentliche Änderung von ARA's bedürfen der *Genehmigung* der Wasserbehörde“. Dieser Vorbehalt gilt jedoch *nicht* für Anlagen zum Behandeln von häuslichem Abwasser  $\leq 8 \text{ m}^3$  pro Tag (§ 154 (1) Nr. 1). Daraus folgt, daß für alle Anlagen  $< 8 \text{ m}^3$  pro Tag sowohl eine Erlaubnis als auch eine Genehmigung zu beantragen ist; bei Anlagen  $\leq 8 \text{ m}^3$  pro Tag bedarf es nur der Erlaubnis.

*Kleiner Exkurs* zum Unterschied von Erlaubnis / Genehmigung: Es handelt sich um zwei grundsätzlich *unterschiedliche Rechtsqualitäten*.

■ Die Erlaubnis gewährt lediglich die *widerrechtliche Befugnis* (§ 10 NWG), etwas grundsätzlich Verbotenes (nämlich die Gewässerbenutzung) zu tun.

■ Auf die Erteilung einer Erlaubnis gibt es *keinen Rechtsanspruch*.

■ Eine Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser *darf nur* erteilt werden, wenn *bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind* (§ 12 NWG) - (z.B. a.a.R.d.T.).

■ Eine Erlaubnis *ist zu versagen* (muß versagt werden), soweit eine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit *zu erwarten ist*.

■ Die Genehmigung *darf nur versagt* werden oder mit Bedingungen versehen werden, wenn bestimmte, abschließend aufgezählte Kriterien erfüllt sind, d.h., eine Genehmigung ist zu erteilen, es besteht ein Rechtsanspruch, sie kann eingeklagt werden.

Soviel vielleicht zur juristischen Verbalakrobatik in Bezug auf Erlaubnis/Genehmigung. Darum der Einfachheit halber *Zulassungsverfahren*. Für die Praxis ergeben sich, wie schon gesagt, zwei grundsätzliche Fallunterscheidungen:

1. Anlagen  $> 8 \text{ m}^3$  Abwasser pro Tag  
 ◊ Erlaubnis und Genehmigung
2. Anlagen  $\leq 8 \text{ m}^3$  Abwasser Pro Tag  
 ◊ „nur“ Erlaubnis erforderlich!

In beiden Fällen sind die Anlagen jedoch „nach den hierfür jeweils in Betracht kommenden Regeln der Technik zu erstellen und zu betreiben“ (§ 153 (1) NWG).

Die Erlaubnis darf nur erteilt werden, wenn bei Einleitung in ein *Oberflächengewässer* das Wohl der Allgemeinheit *nicht gefährdet wird*, bei Einleitung in das *Grundwasser* eine *Verunreinigung des Grundwassers nicht zu befürchten ist*.

Die Genehmigung muß insbesondere gewährleisten, daß eine Abwasserbehandlungsanlage die Anforderungen der Erlaubnis (z.B. „Grenzwerte“) auch *einhalten kann*.

Die unbestimmten Rechtsbegriffe „Wohl der Allgemeinheit“ und „die jeweils in Betracht kommenden Regeln der Technik“ sind die Schlüssel für eine problemlose Zulassung (Genehmigung und/oder Erlaubnis) einer Abwasserbehandlungsanlage.

Zunächst zum „Wohl der Allgemeinheit“. Eine *nicht abschließende* Aufzählung, was

das Wohl der Allgemeinheit erfordert, enthält § 2(2) NWG; u.a. erfordert das Wohl der Allgemeinheit, daß „die Gewässer vor Verunreinigung geschützt werden“. U.A. auch aufgrund dieser Vorgabe hat Niedersachsen in seinem Landesraumordnungsprogramm das landespolitische Ziel festgelegt, daß *alle* Gewässer die Gewässergüteklasse II behalten bzw. erreichen sollen. Hieran sind alle Nieders. Wasserbehörden gebunden. Das heißt, eine Abwassereinleitung, welche zu einer wesentlichen Verschlechterung der Gewässergüte der Gewässer führt, ist grundsätzlich *nicht zulässig!* Das Ganze nennt man auch *Immissionsprinzip*.

Konkrete „*Mindestanforderungen* an die Einleitung von Abwasser“ sind in den Anhängen der Rahmen-Abwasserverwaltungsvorschrift aufgeführt (z.B. Anhang 1 für Kommunales Abwasser in 5 Größenklassen, allerdings nur für Anlagen  $> 8 \text{ m}^3/\text{Tag}$ ).  $8 \text{ m}^3/d \approx 50 \text{ EGW}$ . Die feste Grenzwertvorgabe entspricht dem *Emissionsprinzip!*

Nun zu den „jeweils in Betracht kommenden Regeln der Technik“. Für kommunales / häusliches Abwasser sind dieses die sog. „allgemein anerkannten Regeln der Technik“, im Gegensatz zu den „Regeln nach dem Stand der Technik“, welche hierfür *noch nicht* festgelegt wurden. Unter den a.a.R.d.T. sind von den Wasserbehörden *insbesondere* alle Normen, Richtlinien, Hinweise etc. zu berücksichtigen, welche durch den Erlaß des Ministeriums *eingeführt* worden sind (siehe Abb. 1, nächste Seite).

Betrachten wir zunächst die Anlagen  $\leq 8 \text{ m}^3$  pro Tag. Hier scheint das Problem seit Mitte 1988 durch den Erlaß des MU speziell zum Thema „Pflanzenanlagen“ gelöst zu sein (Erlaß MU v. 14.6.88, siehe Abb. 2, nächste Seite).

Im Landkreis Rotenburg hat es bei der Zulassung von Anlagen dieser Größenordnung bisher, auch lange vor dem Erlaß, keine Probleme gegeben, wenn ein ausreichend leistungsfähiger Vorfluter (Gewässer) vorhanden ist. Ausreichend leistungsfähig heißt *zumindest ständige Wasserführung* sowie *kein stehendes Gewässer*.

Bei den Anlagen  $> 8 \text{ m}^3$  pro Tag ( $\approx 50 \text{ EGW}$ ) gestaltet sich die Angelegenheit schon

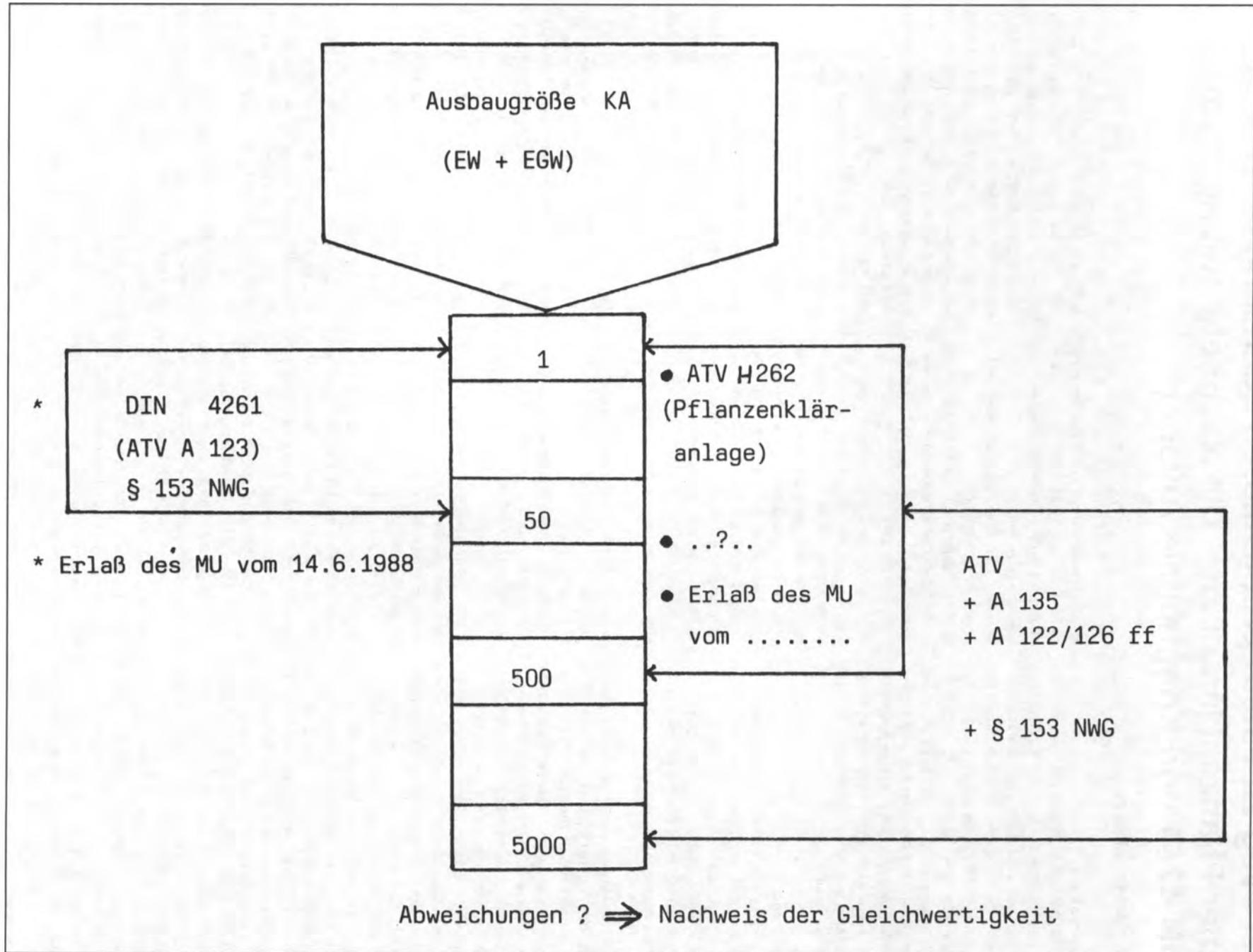
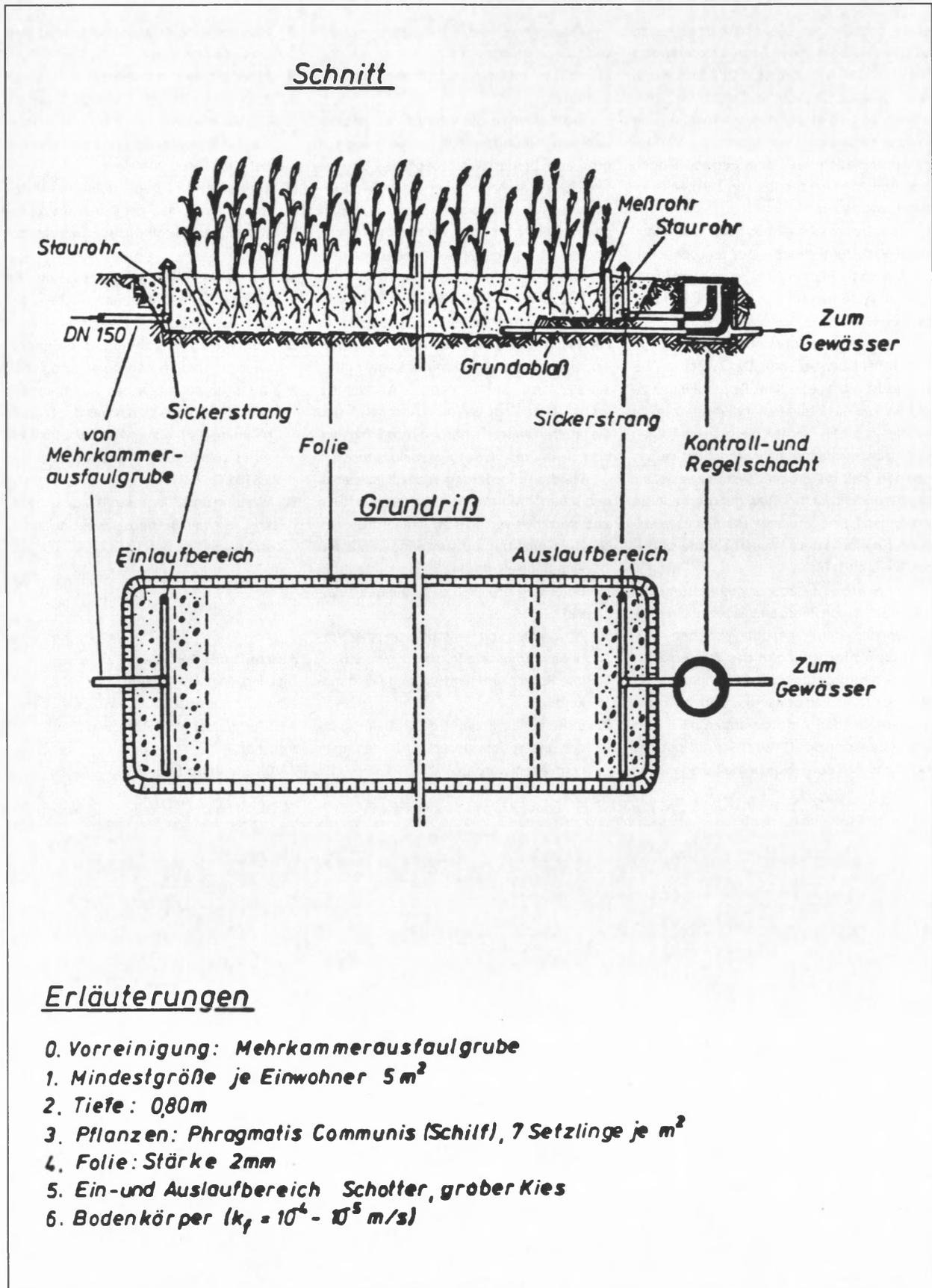


Abbildung 1: Normen und Richtlinien (nach allgemein anerkannten Regeln der Technik)



### Erläuterungen

0. Vorreinigung: Mehrkammerausfallgrube
1. Mindestgröße je Einwohner  $5 \text{ m}^2$
2. Tiefe:  $0,80 \text{ m}$
3. Pflanzen: *Phragmites Communis* (Schilf), 7 Setzlinge je  $\text{m}^2$
4. Folie: Stärke  $2 \text{ mm}$
5. Ein- und Auslaufbereich Schotter, grober Kies
6. Bodenkörper ( $k_f = 10^4 - 10^5 \text{ m/s}$ )

Abbildung 2:  
Schema einer Pflanzenkläranlage als biologische Nachreinigung bei Kleinkläranlagen (Niedersächsisches Umweltministerium)

etwas schwieriger. Zunächst gibt es hierzu z.Zt. *keine* eingeführten Regeln, Normen etc.; lediglich das ATV-Papier H 262 (aus 8/89) will... Zitat: „...Einblicke in das schwer überschaubare Gebiet der Abwasserbehandlung in Pflanzenanlagen vermitteln, die Verfahrensgrundlagen nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand beschreiben und *Hinweise* für die Praxis geben.“

Darüber hinaus gibt es noch eine relativ neue Veröffentlichung eines „Europäischen Leitfadens für Planung und Betrieb von Pflanzenbeetsystemen zur Abwasserbehandlung“ (in Korrespondenz Abwasser 5/91).

Zitat aus dem Vorwort des Leitfadens (in wörtlicher Übersetzung): „Der Zweck des Berichtes ist *nicht* unbedingt Empfehlungen zu geben, wie das beste Behandlungssystem zu planen ist; dafür reichen die gegenwärtigen Kenntnisse nicht aus. Vielmehr soll verhindert werden, daß die Erbauer Systeme erstellen, die *besonders dürftige* Reinigungsergebnisse erbringen.“ Eine konkrete Handlungsanweisung für eine untere Wasserbehörde ist dieses Werk auch nicht.

Ohne klare Aussagen zur Bemessung und zum Betrieb von Pflanzenanlagen und die Beantwortung der Frage, ob mit solchen Anlagen die Anforderungen des Wasserrechts (Mindestanforderungen nach Anhang 1 der Abwasserwaltungsvorschrift bzw. die weitergehenden Anforderungen nach dem Immissionsprinzip (Gewässergüte) mit der notwendigen Betriebssicherheit eingehalten

werden können, wird es nur schwer möglich sein, diese Anlagen als Anlagen nach den a.a.R.d.T. einzustufen und genehmigt zu bekommen.

Trotz allem ist das Interesse an naturnahen Behandlungsverfahren nach wie vor groß, auch bei den Wasserbehörden. Um weitergehende Aussagen über die Anwendbarkeit von Pflanzenanlagen  $> 8 \text{ m}^3/\text{d} \approx 50 \text{ EGW}$  zu erhalten, wird noch weltweit geforscht, entwickelt und geplant. Um aber vor dem Abschluß dieser Untersuchungen den Bau solcher Anlagen auch allgemein in Niedersachsen zu ermöglichen, müßten konkrete landeseinheitliche Anforderungen für die Erlaubnis- und Genehmigungsanträge, mittels eines Erlasses - ähnlich dem für Anlagen  $\leq 8 \text{ m}^3/\text{d}$  - festgelegt werden. Ansonsten sind die unteren Wasserbehörden *rechtlich gehindert, diese Art Anlagen allgemein zuzulassen*.

Welche Anforderungen an Pflanzenanlagen  $> 8 \text{ m}^3/\text{Tag}$  *möglicherweise* zu erfüllen sind, wird hier versucht zusammenzustellen:

- Die Genehmigungsunterlagen müssen eine Beurteilung der Reinigungsleistung unter den örtlichen Bedingungen zulassen
- Abscheiden von Feststoffen in einer Vorbehandlungsanlage, sowie eine schadlose Rohschlamm-Entsorgung / -Behandlung
- Sicherstellung, daß Geruchsbelästigungen und optisch störende Ablagerungen vermieden werden

- Gleichmäßige Abwasserverteilung über ein Einlaufbauwerk
- Pflanzenbeete müssen aus nicht bindigem, grobkörnigem Substrat bestehen. Das Abwasser muß den Bodenkörper durchdringen können und darf nicht an der Oberfläche abfließen
- Technisch dicht gegenüber dem Untergrund; heißt, daß bei Durchlässigkeiten  $10^{-7} \text{ KF}$  zusätzliche Dichtung vorzusehen ist
- Nutzbare Größe ist mindestens  $5 \text{ m}^2/\text{EW}$  bei einer Tiefe  $\geq 60 \text{ cm}$ , entsprechend also  $3 \text{ m}^3$  Sickerkörper je EW
- Definiertes Ablaufwerk, das Mengemessung und Probenahme ermöglicht
- Vorsorge bei möglichen Funktionsmängeln der Anlage durch geeignete Maßnahmen, bis hin zum Parallelbetrieb mit einer „klassischen Anlage“ nach den a.a.R.d.T.
- Wartung und Pflege der Anlage sind konkret in einer Betriebsanweisung aufzustellen und zu beachten.

#### **Anschrift des Verfassers:**

Dipl.-Ing. Gert Engelhardt  
c/o Landkreis Rotenburg / Wümme  
Amt für Wasser- und Abfallwirtschaft  
Amtshof  
2720 Rotenburg (Wümme)

# Kompostierung von Dickstoffen aus kleinen und großen Abwasserbehandlungsanlagen

von Ewald Müller

*Der bei der Klärung von Abwasser in herkömmlichen Anlagen anfallende Schlamm gehört zu den unangenehmsten Substratgemischen! Herkömmliche Kläranlagen bedeuten soviel wie, daß sie den „allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen“ und folglich von der Allgemeinheit beherrscht werden.*

In Klärwerken dieser Art werden Dickstoffe häufig mit einem Grobrechen vorsortiert, die große Masse in Fäkal-/Klärschlamm umgewandelt, weitgehend durch Abwasser ausgelaut und danach faul der Schlamm aus, bevor er zur Deponierung kommt. Mit anderen Worten, die bisherige Schlammbehandlung führt dazu, daß u.a. die in den Dickstoffen vorhandenen Nitrat-/Phosphatverbindungen mit einem hohen Aufwand an Technik und Energie in das Abwasser verlagert und damit zusätzliche Probleme geschaffen werden.

Dem gegenüber gibt es Mehrfachverfahren und Anlagen zur Behandlung von Dickstoffen und Abwasser, die dem bedeutend höherwertigerem „Stand der Technik entsprechen“ und erheblich mehr leisten können - Wasserhaushaltsgesetz § 7a -. Nach dem Motto „so dezentral wie möglich, so zentral wie nötig“ können enorme Kosten bei Kanalisationen, örtlichen Rohrnetzen, Behandlung von Oberflächenwasser, Abwasser, Umwandlung sowie Hygienisierung von Fäkal-/Klärschlamm mit Verwertungen im Agrarbereich eingespart und die üblichen bzw. üblen Klärgerüche vermieden werden.

## Agrarbereich und Abwasser

Bei der Behandlung von Pflanzenresten in Verbindung mit Fäkalien bzw. Exkrementen im Agrarbereich, verfügen deren Berufsangehörige häufig über sehr gute Kenntnisse und praktische Erfahrungen. Zu nennen sind insbesondere Viehhaltungen mit Einstreu, Gartenbau mit Kleintierzucht, Fischwirtschaft mit gewässerreinigenden Vegetationen, Forstwirtschaft mit natürlichen Bodenstreu-/Humusschichten z.B. in gesunden Mischwaldbeständen, einschließlich artenreicher Tierwelt, Bakterien, Pilzen, Würmern, Käfern und weiteren Nützlingen des Waldes.

Werden die im Agrarbereich vorhandenen Kenntnisse und Fertigkeiten über Umwandlungen von tierischen sowie pflanzli-

chen Abfällen mit den natürlichen Möglichkeiten einer verbesserten Abwasserreinigung in ländlichen Gebieten verbunden, lassen sich erhebliche Vorteile erzielen. Gerade die dezentrale Besiedlung auf dem Lande, mit Einzelgehöften, verzweigten Ortslagen, Dörfern und Gemeinden sprechen für eine angepaßte dezentrale Abwasserbehandlung. Gleiches dürfte für lockere Stadtrand-siedlungen zutreffen.

*Hier soll ein Mehrfachverfahren erläutert werden, mit dem Dickstoffe bzw. Fäkal-/Klärschlamm aus dem Abwasser so früh wie möglich entnommen, entwässert, kompostiert und sich nutzbringend verwerten lassen.*

Dazu wurden auswechsel- und kompostierbare Filtermischungen aus geeigneten Holzhackschnitzeln, Rasen/Heckenschnitt, Pflanzenresten, Bakterien, Pilzen usw. in Klein- und Großversuchen langfristig erprobt. Dabei dienen u.a. die vorteilhaften Wirkungen von natürlichen Bodenstreu-/Humusschichten im Agrarbereich als vielfältige Vorgaben. Aus der Praxis geht folgendes hervor: Die zur Mischung von Naturfiltern benötigten Pflanzenreste usw. gehören zur Gruppe der ständig nachwachsenden Rohstoffe und fallen, vorwiegend in Form von Abfällen, ganzjährig an. Langlebige Naturfilter können als Schüttgut zur Abwasserbehandlung für mehrere Verwendungszwecke gemischt und vorteilhaft verwertet werden.

Verwendungsmöglichkeiten für Naturfilter zur verbesserten Abwasserbehandlung z.B. als:

1. Sickerstrecken zum Trennen von Dickstoffen aus Abwasser,
2. Filterschichten zum Entwässern von Fäkal-/Klärschlamm,
3. atmungsaktive Luftfilter gegen Klärgeruch,
4. auswechsel- und kompostierbares Filtergemisch,
5. vorteilhafte Beimischungen zum Kompostieren von Klärabfällen.

### ■ Zu 1:

Das ankommende und aufgestaute Abwasser gelangt durch Sickerstrecken langsam in die nächsten Staustufen mit weiten Sickerstrecken. Somit können Dick-, Schwimm- und Schwebstoffe zum Absetzen zurückgehalten und schon nach wenigen Stunden abgepumpt werden.

### ■ Zu 2:

Die zurückgehaltenen Absetzstoffe können täglich mehrmals intervallgesteuert in einen Entwässerungsbehälter gepumpt werden. Dieser Behälter hat im Fußboden ein Ablaufgerinne, das mit einer angemessenen Filterschicht abgedeckt ist. Gegen Filterverstopfungen treibt die Schlammpumpe zugleich ein hydraulisches Rührwerk an. Die Filterschicht ermöglicht ein Abfließen von Sickerwasser in den Kreislauf und hält den entwässerten Schlamm zurück.

### ■ Zu 3, 4 und 5:

Naturfilter aus schüttfähigen Mischungen können u.a. übel riechende Abluft stark verbessern bzw. verhindern, sind auswechselbar und beeinflussen die Kompostierung z.B. von Klärabfällen äußerst positiv. Zum Abdecken von Entwässerungsbehältern für Fäkal-/Klärschlamm werden Natur-, Bio- bzw. Immissionsschutzfilter einfach auf Tragrosten geschüttet und wirken dann wie atmungsaktive Filterdeckel.

Entwässerungsbehälter dieser Verfahrensart lassen aus Fäkal-/Klärschlamm ca. 90% gefiltertes Abwasser z.B. in den Klärkreislauf zurücksickern. Die verbleibenden Dickstoffe bilden mit dem Natursubstrat, den Sickerstrecken und Biofiltern ein kompostierfähiges Schüttgut.

Der daraus entstehende und hygienisierte Kompost bietet sehr gute dezentrale Verwertungsmöglichkeiten u.a. im Agrarbereich.

Die Firma Markgraf Umwelttechnik MUTEK in Mackendorf (3181 Bährdorf, Tel. 05368/242) beschäftigt sich seit Jahren u.a. mit Mehrfachverfahren und Anlagen zur Abwasserbehandlung, zum Entwässern und Kompostieren von Fäkal-/Klärschlamm sowie Verwertung im Agrarbereich. Dabei handelt es sich um zusammenhängend patentrechtliche Neuentwicklungen. Abb. 1 (nächste Seite) zeigt eine Teilansicht von einer Anlage zum Entwässern von Fäkal-/Klärschlamm. Danach können Dickstoffe mit den darin enthaltenen Nitrat-/Phosphatverbindungen kompostiert werden, bevor sie sich vollständig im Abwasser gelöst haben. Es ist ein vorschaltbares System für kleinere und/oder größere Abwasserbehandlungsanlagen u.a. mit Hygienisierung und Verwertung von Klärabfällen z.B. im Agrarbereich.

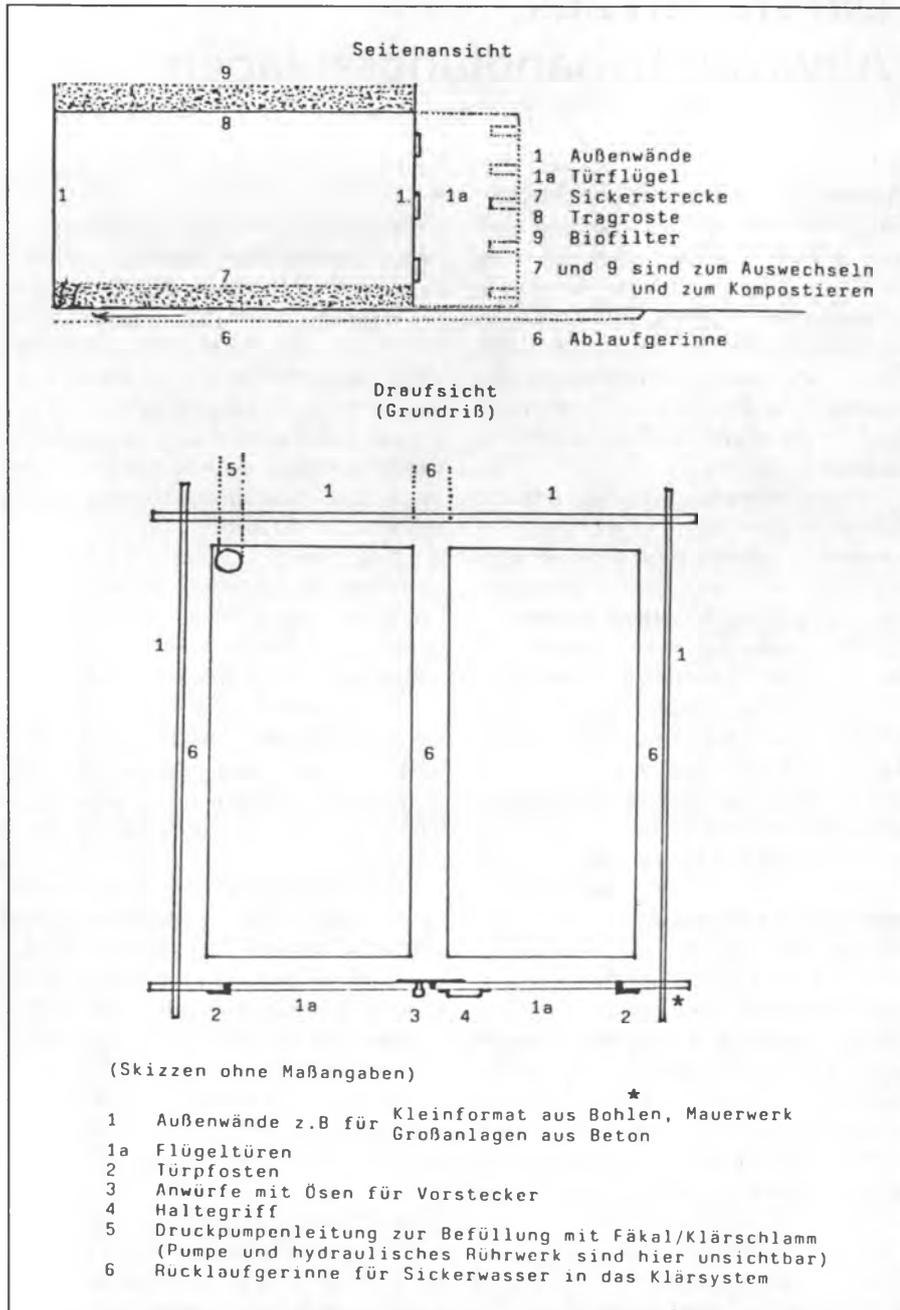


Abb. 1: Das MUTEK-Verfahren zur Stickstoff-Kompostierung

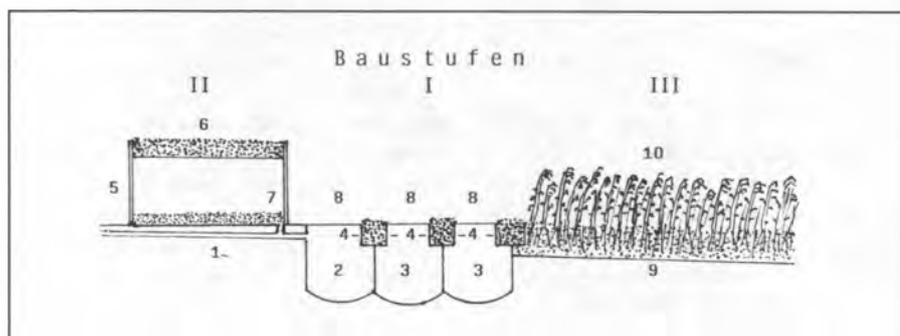


Abb. 2: MUTEK-Mehrfachverfahren zur Behandlung von Rohschlamm und Abwasser in Anlagen der neueren Generation

Die im Abwasser vorhandenen Fest- und Dickstoffe werden aus einer Absetzeinrichtung intervallgesteuert in den Entwässerungsbehälter gepumpt. Die dafür erforderliche Rohrleitung ist zugleich als hydraulisches Rührwerk gestaltet und wird von der Schlammpumpe in Betrieb gesetzt. Damit wird ein verstopfungsfreier Dauerbetrieb gesichert und die Sickerstrecke bleibt erhalten. Gegen störende Abluft wird der Behälter mit einer Biofilterschicht abgedeckt. Sickerstrecken und Biofilterschichten bestehen aus Holzhackschnitzeln, Hecken-/Rasenschnitt usw. in unterschiedlichen Mischungen, sind auswechselbar und können mit Klärabfällen sehr gut kompostiert bzw. verwertet werden.

Mit diesem System werden Fäkal/Klärschlämme zu ca. 90% entwässert und zu Schüttgut umgewandelt. - Geruchsneutral durch Biofilter - .

Das MUTEK-Mehrfachverfahren zur Behandlung von Rohschlamm und Abwasser in Anlagen der neueren Generation (Abb. 2). „Rohschlamm“ nach der Klärschlammverordnung in der Fassung wie sie vom Bundesumweltministerium im Sommer 1991 offen erläutert wurde. Das Abwasser wird ebenfalls nach dem „Stand der Technik“ behandelt.

Baustufe I:

1. Leitung für Abwasser
2. Rückhaltebecken für Absetz- und Schwimmstoffe
3. aktive Reservebecken für Absetz- und Schwimmstoffe
4. Filterkörbe mit Natursubstrat als Über-, Ein- und Abläufe

Baustufe II:

5. Behälter zum Entwässern von Rohschlamm aus Abwasser
6. Biofilter aus Natursubstrat für geruchsneutrale Abluft
7. Natursubstratschicht als Sickerstrecke mit Ablauf
8. Lagerplatz für auswechsel- und kompostierbare Natursubstrate als Filterschichten mit Sickerstrecken aus 4, 6 und 7

Baustufe III

9. feuchter Bodenfilter für standortgerechten Bewuchs
10. geeignete Vegetation z.B. aus Schilf/Binsenarten mit langer Lebensdauer auf Feuchtbiotop zur Reinigung von Abwasser ohne oder mit unbedeutenden Schlammanteilen.



**Abb. 3: Ein Klärwerk für 3000 Einwohnerggleichwerten EGW mit Hochbehältern und Trockenbeeten zur Klärschlammbehandlung.**

◊ **Die helle Anlage (Bildmitte rechts) ist zum Entwässern, Kompostieren und Eliminieren und ersetzt im Betrieb den Faul-turm im Hintergrund**

◊ **Vorn zu sehen: Trockenbeete für Faulschlamm**

Schlamm-pumpe, Druckleitung einschließlich hydraulisches Rührwerk zu den Baustufen I - II und der Kompostierplatz sind auf dieser Skizze unkenntlich.

Bei vorhandenen Kläranlagen können die Baustufen I.2 und II vorgeschaltet werden. Noch einwandfreie Kleinkläranlagen nach DIN 4261 können mit der Baustufe II vorgerüstet werden.

In jedem Fall wird der ankommende und abgefilterte Rohschlamm so oft wie möglich d.h. täglich oder mehrmals wöchentlich in die Baustufe II gepumpt und entwässert. Die Filterkörbe 4 können sich nach mehr als einem Jahr zusetzen. Der Inhalt wird dann zum Kompostieren ausgeschüttet und durch neues Substrat 8 ersetzt.

Abb. 3 zeigt ein Klärwerk für 3000 Einwohnerggleichwerten EGW mit Hochbehältern und Trockenbeeten zur Klärschlammbehandlung. Bau-, Betriebs- und Reparaturkosten sind entsprechend hoch und der Ruf nach Alternativen wird immer lauter.

Die Anlage in der Mitte gehört zum MUTEK-System und ist ein Teil von neuentwickelten Mehrfachverfahren u.a. zur Behandlung von Abwasser und Schlamm mit Kompostierung, vorrangig in ländlichen Gebieten. Bei Inbetriebnahme dieser Anlage blieben die auf dem Bild sichtbaren Hochbehälter und Trockenbeete abgeschaltet. Dem gesamten Schlamm wurden 89,54% Sickerwasser aus der Baustufe II entzogen und dem Klärkreislauf wieder zugeführt. Mit den Filter- und Sickerschichten aus Natursubstrat

werden die verbleibenden Dickstoffe entnommen und als Schüttgut zum natürlichen Entkeimen und Kompostieren gelagert. Zugleich wird die Baustufe II - hier mit den Maßen einer Fertigarage - wieder neu befüllt. Um einen Wechselbetrieb zu ermöglichen, können zwei Entwässerungsbehälter aufgestellt werden.

Mit dieser Baustufe wird nachgewiesen, daß u.a. feinverteilter Schlamm mit Natursubstrat aus Abwasser herausgefiltert, entwässert, danach hygienisiert und kompostiert werden kann. - Ein äußerst kostengünstiges und naturfreundliches Verfahren - .

In Rohschlamm, Exkrementen usw. können u.a. Krankheitskeime in unterschiedlichen Mengen vorhanden sein. Zur Hygienisierung von Abfällen einschließlich Filtermischungen gibt es nach wie vor bewährte Naturmethoden, um nur einige aufzuzählen.

1. Bei der Mist/Humusbereitung steuern z.B. Pilze, Bakterien und weitere Kleinlebewesen den Rotteprozeß. Dabei entwickeln sich Temperaturen im aeroben Bereich von mehr als 50° C. Durch mehrmaliges Umsetzen werden diese Hitze- grade in allen Bereichen erzielt und ermöglichen eine natürliche Desinfektion u.a. von Kompost. System: „dampfende Mist-Komposthaufen“
2. Gleiche Ergebnisse werden erreicht, wenn das zu kompostierende Schüttgut zwei Jahre oder länger lagert und dabei

mehrmals umgesetzt wird, ohne auf hohe Temperaturen zu achten.

3. Wird Fäkal/Klärschlamm mit Branntkalk CaO (DIN 1060) vermischt, entstehen ebenfalls hohe entseuchende Temperaturen. Gleichzeitig tritt eine pH-Wert-Erhö- hung ein und durch den Kalk werden der Trockenrückstandsgehalt des Schlammes sowie seine Scherfestigkeit erhöht. Werden mit der Entwässerungs- anlage mit dem Schlamm Sickerwasser entzogen, verringert sich der Bedarf an Branntkalk. Laut Angaben vom Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V. konnten ab einem pH-Wert von 9,7 im entwässerten Klärschlamm weder Coli- bakterien noch Salmonellen nachgewie- sen werden.

Mit einer Eliminierung dieser Erreger- gruppe kann die Infektkette Abwasser - Klärschlamm - Boden - Pflanze - Tier - Mensch entscheidend unterbrochen werden.

Folglich könnten so behandelte Klärab- fälle als seuchenhygienisch unbedenkliche Schlammprodukte eingeordnet werden. Dar- aus entstandener Kompost kann z.B. als Nat- urdünger oder für biologische Bodenver- besserungen in der Feldwirtschaft, dem Gar- tenbau usw. nutzbringende Verwendung finden.

*Fäkalien* aus ländlichen Orten oder Klärschlamm von Städten und Industrien sind grundverschiedene bzw. beachtenswerte Begriffe.

Abb. 4: Natursubstrat in verschiedenen Formen und Zusammensetzungen, jeweils für bestimmte Zwecke, z.B. als Sickerstrecken, Bio-Filterstschichten, Rottezusätze beim Kompostieren und vieles mehr. Der Anteil an Kohlenstoff C ist entsprechend hoch.



Abb. 5: Immissionsschutzfilter gegen Abluft usw. in kompostierbaren Formen zum Auswechseln.



◇ **Abb. 6: Entwässerter Schlamm mit Sickerschicht als Schüttgut zum Kompostieren und Hygienisieren.**



◇ **Abb. 7: Nach dem Umsetzen entstehen hygienisierende Temperaturen. Bestimmte Mengen an C-Trägern sorgen für eine lange Lebensdauer von Pilzen, Bakterien und Kleinlebewesen als kostenlose Helfer in der Natur.**

Kompostierungen von auswechselbaren Biofiltern aus Pflanzenresten bzw. Natursubstrat, vermischt mit entwässertem Rohschlamm bieten sich geradezu an und erleichtern Verwertungen u.a. im Agrarbereich. Holzartige Pflanzenabfälle haben hohe Anteile an Kohlenstoff C. Zur Verrottung sind bestimmte Mengen und Zugaben an Stickstoff N nützlich, wie sie u.a. in Fäkal/Klärschlamm vorhanden sind. Das C/N-Verhältnis soll ca. 20:1, dh. 20 Teile C zu 1 Teil N betragen. Genau so wichtig sind Luft, bzw. Sauerstoff und Wasser. Bei Sauerstoffmangel geht die Rotte in unerwünschte anaerobe Fäulnis über. Folglich sind mehrmalige Umsetzungen des Schüttgutes wichtig. Der Feuchtigkeitsgehalt des Rottegutes sollte bei ca. 60% liegen. Ist das Schüttgut zu trocken, kommt es bei den kostenlosen Helfern, den Mikroorganismen zu Schwierigkeiten. Gleiches passiert bei Nässe.

Das beim Kompostieren und durch Niederschläge sich bildende Sickerwasser kann z.B. in den Klärkreislauf zurückgeleitet werden. Bei starken Regen/Schneefällen kann eine Abdeckung z.B. aus einem beweglichen Planentunnel nützlich sein, der auch vor starken Sonnenstrahlen schützt.

Transportable Überdachungen erleichtern das maschinelle Umsetzen beim Kompostieren. Ein dichter bzw. abgedichteter Untergrund wird bei Rottebeginn Vorteile bringen (§ 34, Abs. 2, Satz 1 Wasserhaushaltsgesetz). In der Endphase könnte das Rottegut direkt auf dem Erdboden lagern. Artenreiche Kleinlebewesen, Würmer, Käfer, Krabbeltiere usw. können dann ungehindert in den Kompost eindringen und als kostenlose Helfer die Humusbildung vervollständigen. Dazu ist es wichtig, auf dem Lagerplatz immer einen Vorrat aus durchsetztem Rottematerial bzw. Kompost als Impfmenge liegen zu lassen. So-

mit kann eine gleichmäßige Humusqualität gesichert werden.

Zudem könnte eine Ausbildung im Agrarbereich bzw. Gartenbau, Landwirtschaft und Forsten nützlich sein. In diesen Berufen gehören u.a. das Kompostieren und Verwerten von Humus zur Ausbildung und wird dort wieder zunehmend praktiziert. Wobei Bodengesundungen, Pflanzenschutz und Mineralisierungen z.B. von Stickstoff und Phosphor - um nur einige Schlagworte zu nennen - im Vordergrund stehen.

**Anschrift des Verfassers:**

Ewald Müller  
Forstwirtschaftsmeister und Landwirt  
Papenrode  
Kesselende 3  
3181 Gr. Twülpstedt 4

# Die Pflanzenkläranlage der Norddeutschen Naturschutzakademie auf Hof Möhr - Betrieb und Untersuchungsergebnisse

von Christoph Kottrup

Die Situation der Abwasserentsorgung an der Norddeutschen Naturschutzakademie ist typisch für Einzel- und Streusiedlungen in weitläufigen ländlichen Regionen. Im Landkreis Soltau-Fallingb. und in anderen Kreisen mit vergleichbaren Siedlungsstrukturen ist in vielen Fällen Anschluß an eine zentrale kommunale Entsorgung nicht vorhanden.

Der Gedanke zum Bau einer Pflanzenkläranlage auf Hof Möhr entstand, als Anfang 1989 die bestehende Dreikammer-Ausfallgrube (20 m<sup>3</sup>) mit anschließender Bodenverrieselung gesetzlichen Forderungen entsprechend erweitert werden sollte (1,5 m<sup>3</sup>/E bei Bemessung für 23 Einwohnerwerte  $\approx$  35 m<sup>3</sup>). Zum Ausbau und zur Verbesserung der hofeigenen Abwasserreinigung kam für die Naturschutzakademie nur ein effizientes, möglichst naturorientiertes Verfahren in Frage. Die wissenschaftliche Begleitforschung zum Projekt wird durch den Verein der Förderer und Freunde der Norddeutschen Naturschutzakademie unterstützt.

## 1. Konzeption und Funktionsweise des Abwasser-Klärverfahrens an der Norddeutschen Naturschutzakademie

Die Installation der Pflanzenkläranlage wurde unter folgenden Gesichtspunkten vorgenommen:

- Beibehaltung der bestehenden Dreikammergrube, die nach den Baugrundsätzen des NIEDERSÄCHSISCHEN UMWELTMINI-

STERS (1989) mit 20 m<sup>3</sup> bei 23 Einwohnerwerten (EGW) nicht mehr als Ausfallgrube (1,5 m<sup>3</sup>/EGW) sondern als Absetzgrube (mind. 0,3 m<sup>3</sup>/EGW) eingeordnet werden muß.

- Statt der erfolgten unmittelbaren Bodenverrieselung erfolgt eine biologische Nachbehandlung in einer Pflanzenkläranlage, bestehend aus zwei mit Schilf bewachsenen Bodenfiltern und einem sich daran anschließenden Schönungsteich. Die direkte Versickerung von Abwasser aus der Faulgrube kann damit aufhören.

Pflanzenkläranlagen sind im Hinweisblatt H 262 der ATV (ABWASSERTECHNISCHE VEREINIGUNG, 1989) folgendermaßen definiert: „Bei Pflanzenbeeten im Sinne dieses Hinweisblattes wird Abwasser einem mit ausgewählten Sumpfpflanzen (Helophyten) bewachsenen Bodenkörper zugeführt; dieser soll zum Zwecke der Behandlung des Abwassers vertikal oder horizontal durch- oder überströmt werden.“

PÖPEL (1990) unterscheidet drei Hauptvarianten von naturnahen Klärverfahren:

1. Bodensysteme  
Anlagen, bei denen dem bewachsenen Bodenkörper die entscheidende Bedeutung für die Abwasserbehandlung zukommt.
2. Hydrobotanische Systeme  
Pflanzen in grobkörnigem Material mit darauf angesiedelten Bakterien bewirken die Reinigung des Abwassers.

## 3. Aquakultursysteme

Anlagen ohne eigentlichen Bodenkörper; die Reinigungswirkung erfolgt durch Mikroorganismen an Pflanzen, im Wasser und Schlamm.

Der Hauptbestandteil der Pflanzenkläranlage auf Hof Möhr mit den zwei schilfbewachsenen Bodenfiltern fällt unter die Kategorie der hydrobotanischen Systeme. Der zusätzlich als Sicherheitspuffer gegen eventuelle Nährstoffstöße und als Feuchtlebensraum angelegte Schönungsteich stellt ein Beispiel für Aquakulturverfahren dar.

Die Filterbeete = Bodenfilter (Abb. 2, nächste Seite) werden mit vorgeklärtem Abwasser mittels Pumpen oberflächennah beaufschlagt. Die Durchströmung des sandig-kiesigen Bodenkörpers erfolgt in der Hauptsache vertikal, was zu einer guten Ausnutzung des Beetvolumens führt. Die intermittierende Beschickung in einem schnell drainierenden Filterkörper ermöglicht wechselndes Milieu für die Mikroorganismen, so daß aerobe und anaerobe Abbauprozesse möglich sind. In beide Bodenfilter sind die gleichen Substratkombinationen eingebaut: Sand und Filterkies (Filterkies = Sand plus Wasserwerkies), deren Kornverteilungskurven in Abbildung 3 (nächste Seite) wiedergegeben sind. Die d<sub>10</sub>-Werte liegen über der Vorgabe des Hinweisblattes H 262, das beim Einsatz sandig-kiesiger Böden die „wirksame Korngröße“ d<sub>10</sub>  $\geq$  0,2 mm für eine ausreichende Wasserleitfähigkeit vorschreibt.

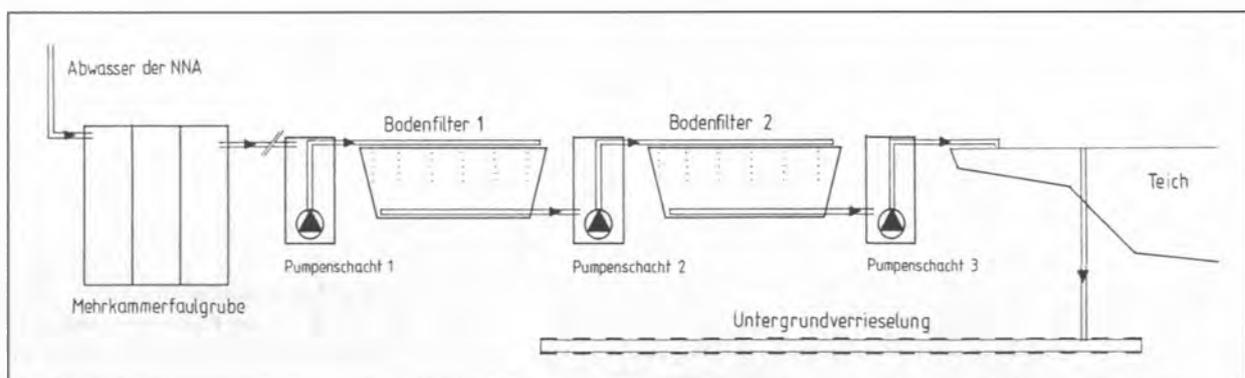


Abb. 1: Fließschema der Abwasserreinigung von Hof Möhr bei Reihenschaltung der zwei Bodenfilter

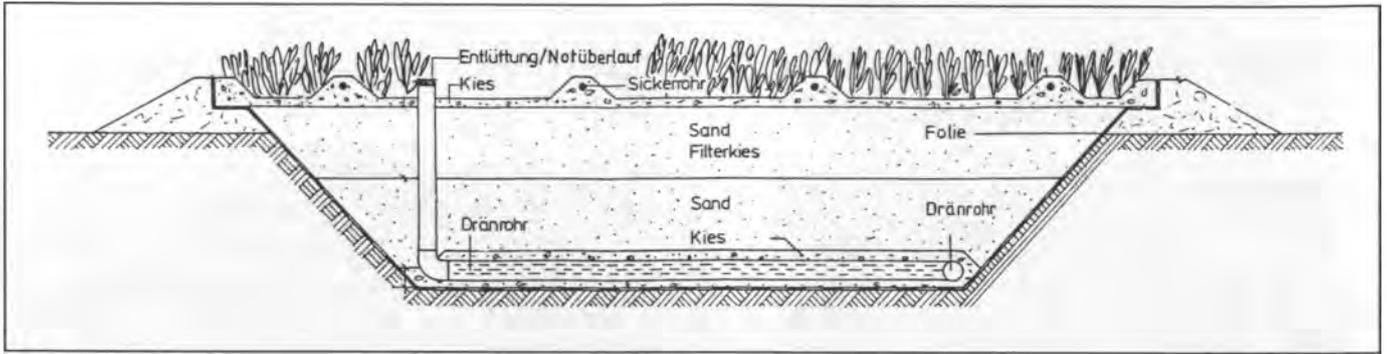


Abb. 2: Querschnittszeichnung zum Aufbau der Filterbeete

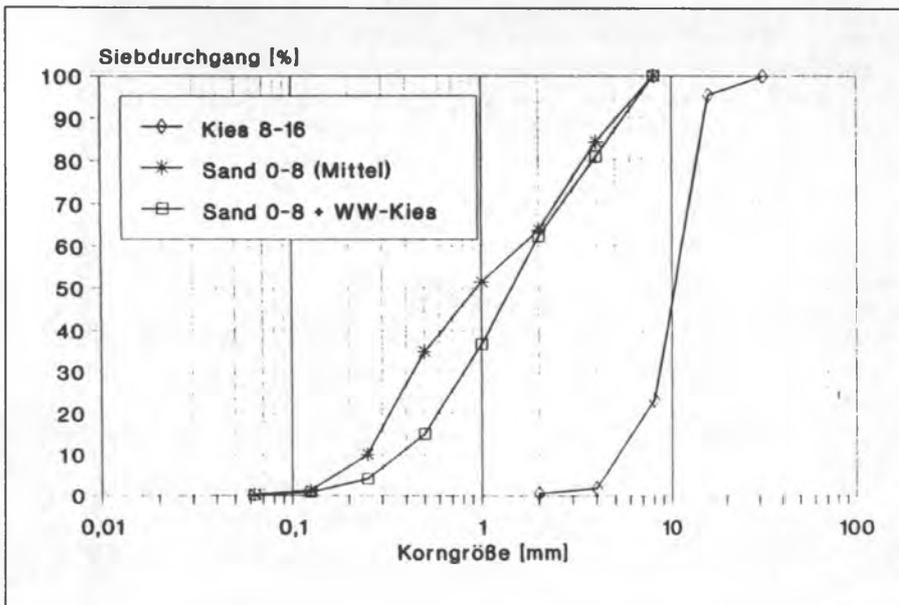


Abb. 3: Kornverteilungskurve der Filtersubstrate (Siebanalyse Ingenieur-gemeinschaft agwa)

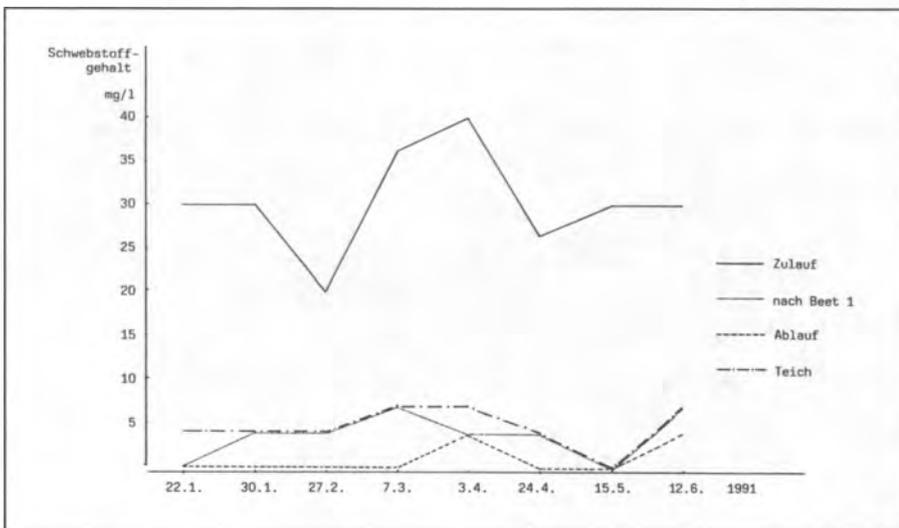


Abb. 4: Schwebstoffgehalte von Abwasser aus vier Probenahmestellen der Pflanzenkläranlage zur Bestimmung der unterschiedlichen Trübung (Angabe in mg Silikat/l)

Als Bepflanzung der Beete wurde Schilfröhricht (*Phragmites communis*) ausgewählt. Schilf ist ein Tiefwurzeler mit gut ausgeprägtem Luftleitgewebe und kommt auch natürlich in „Monokultur“ vor. Durch sein ausgeprägtes Rhizomwachstum soll die Durchlässigkeit der Beete langfristig aufrecht erhalten werden. Außerdem wird durch das Schilf der Eintrag von Luftsauerstoff in die Bodenfilter verbessert. Eine Stimulation der biologischen Aktivität, der Schutz des Bodenkörpers vor Frost und die Reduzierung schwer abbaubarer Substanzen werden von verschiedenen Autoren als weitere Vorteile einer Röhrichtbepflanzung gewertet (KOCSIS 1990, COOPER & FINDLATER 1990 u.a.).

## 2. Untersuchungen zur Überprüfung der Reinigungsleistung

Die Beschickung der Bodenfilter erfolgt mit vorgegebenen Abwassermengen von 200 l pro Pumpenhub. Durch wechselnden Abwasseranfall kommt es daher zu kürzeren oder längeren Zwischenzeiten, nicht aber zu Mengenschwankungen im Filterkörper selbst wie bei kontinuierlich beschickten Pflanzenbeeten. Die Reinigungsleistung hängt damit neben hydraulischen und biologischen Faktoren im Filterbeet von Temperatur und Jahreszeit ab. Aus diesem Grunde erfolgen die Untersuchungen des Abwassers der Pflanzenkläranlage über den Jahreszeitraum verteilt.

Im mindestens 14-tägigen Abstand werden regelmäßig an vier Entnahmestellen (in Pumpensumpf 1, 2, 3 und im Teichablauf) Temperatur, pH und Trübung des Abwassers gemessen und registriert. Gleichzeitig werden Färbung und Geruch der Wasserproben sensorisch eingestuft, die Menge eventuell vorhandener absetzbarer Stoffe bestimmt (nach Imhoff) sowie Wetterdaten festgehalten. Bei Auffälligkeiten oder Besonderheiten werden Schnelltests (Visocolor für Ammonium, Nitrit, Nitrat und Phosphat) und die Überprüfung der Fäulnisfähigkeit mit Methylblau vorgenommen.

Die Messung der Trübung wird visuell und zusätzlich mit einem tragbaren Photometer (Envirotech Delta 50) durchgeführt. Dabei wird die Abnahme der Lichtintensität im Bereich von 450 nm beim Durchgang durch die Probe gemessen. Die Angabe der Trübung erfolgt in Äquivalent Silikat-Schwebstoffgehalt (Abb. 4).

Die exakte chemische Analyse der Abwasserproben wird nach den Deutschen Einheitsverfahren und DIN-Vorschriften im Wasserlabor des Landkreises Soltau-Fallingb. durchgeführt. Monatlich werden dazu Stich-

proben aus Pumpenschacht 1 (Zulauf) und 3 (Ablauf) zur genauen Überprüfung des Wirkungsgrades der Bodenfilter analysiert. Zur Untersuchung der Funktionsstabilität bei besonderen Bedingungen (sehr hoher Abwasseranfall, extreme Temperaturen o.ä.), werden zusätzlich Stichproben aus Pumpenschacht 2 und aus dem Überlauf des Schönungsteichs mit einbezogen. Es werden fol-

gende Parameter untersucht: BSB<sub>5</sub>, CSB, Gesamt-Phosphor, Ammonium-Stickstoff, Nitrit-Stickstoff, Nitrat-Stickstoff.

In Tab. 1a und Abb. 5 bis 9 sind zur Beurteilung der Reinigungsleistung im bisherigen Untersuchungszeitraum wichtige Abwasserparameter der Proben aus Zulauf und Ablauf gegenübergestellt.

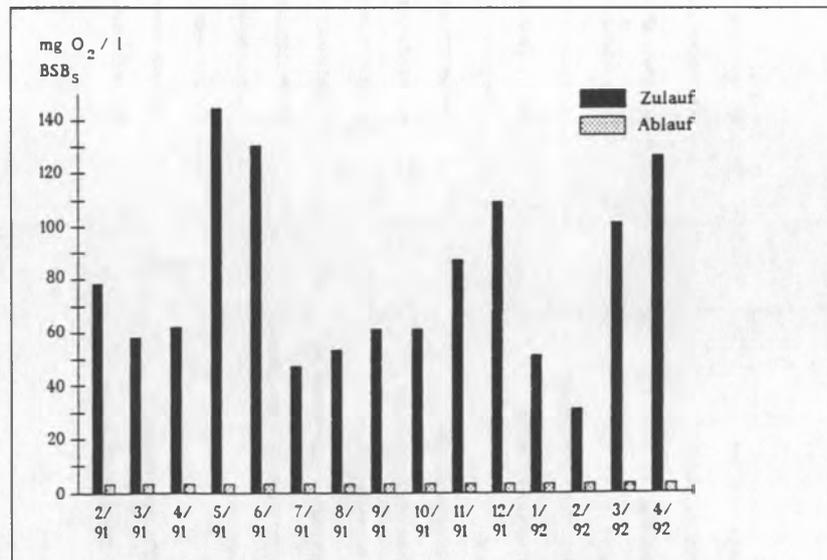


Abb. 5: Biochemischer Sauerstoffbedarf in fünf Tagen (BSB<sub>5</sub>) als Maß für den Gehalt an biologisch abbaubarer, organischer Belastung in Zulauf und Ablauf der Filterbeete.

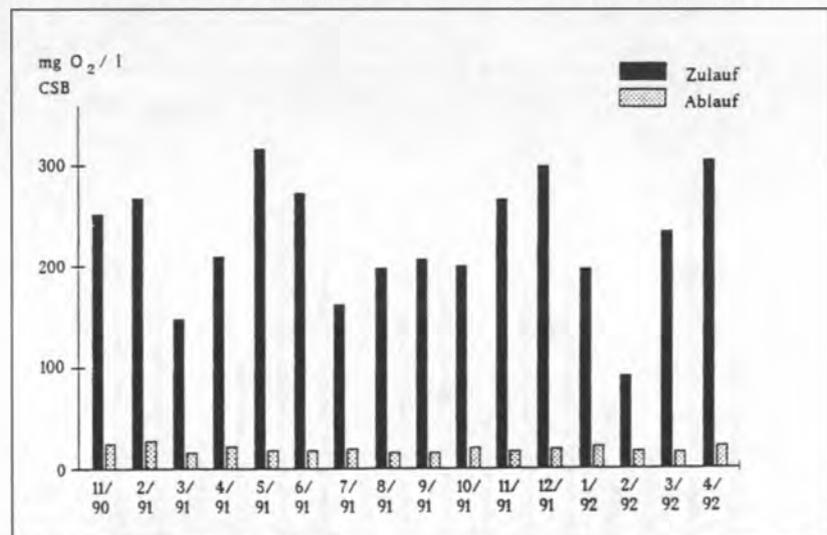


Abb. 6: Die Angabe des Chemischen Sauerstoffbedarfs (CSB) als Maß für organische Belastung des Zulaufs und des Ablaufs schließt neben den biologisch abbaubaren auch viele schwer oxidierbare Substanzen ein.

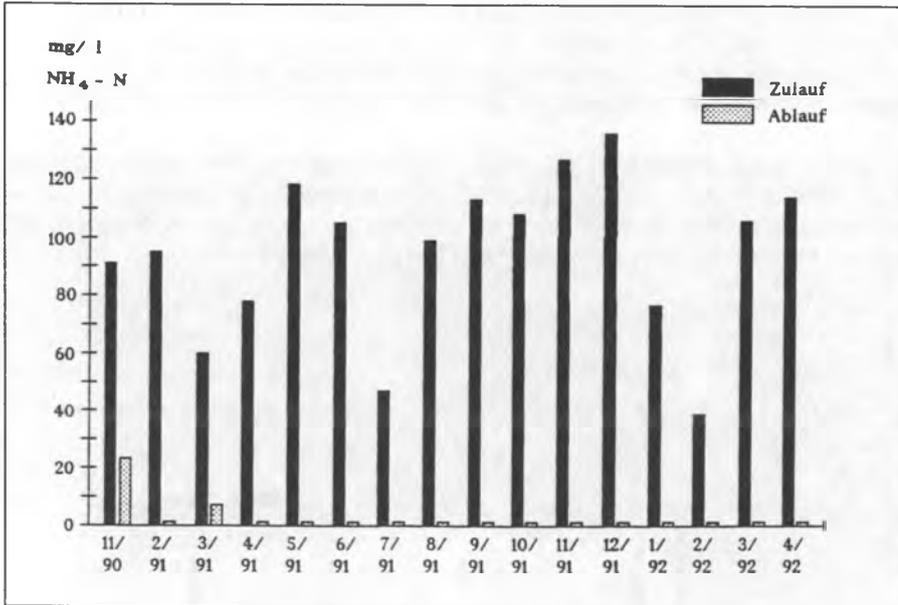


Abb. 7: Ammonium-Stickstoffgehalte als Maß für die „Fäkalbelastung“ in Zulauf und Ablauf der Filterbeete

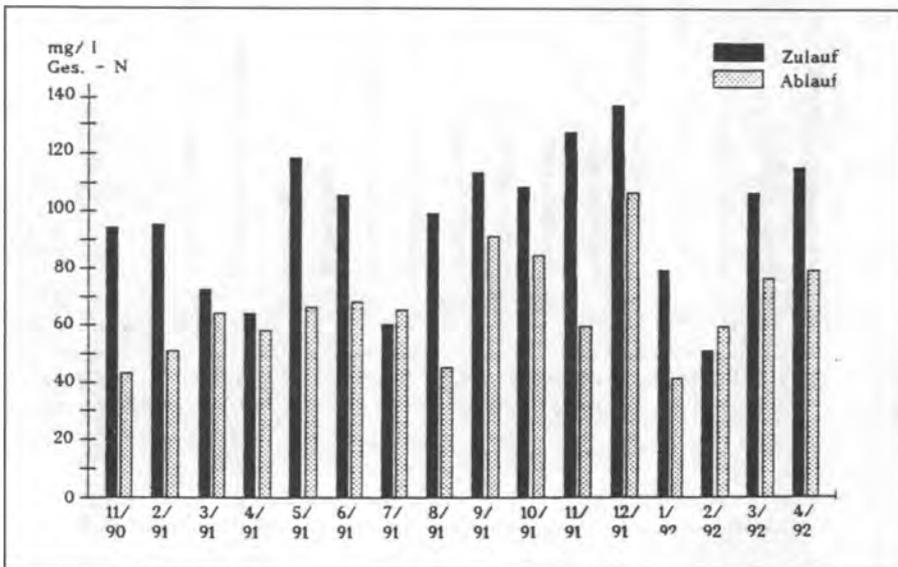


Abb. 8: Gesamt-Stickstoffgehalte - anorganisch - der Abwasserproben aus Zulauf und Ablauf, ermittelt aus der Summe von Ammonium-, Nitrit- und Nitrat-Stickstoff

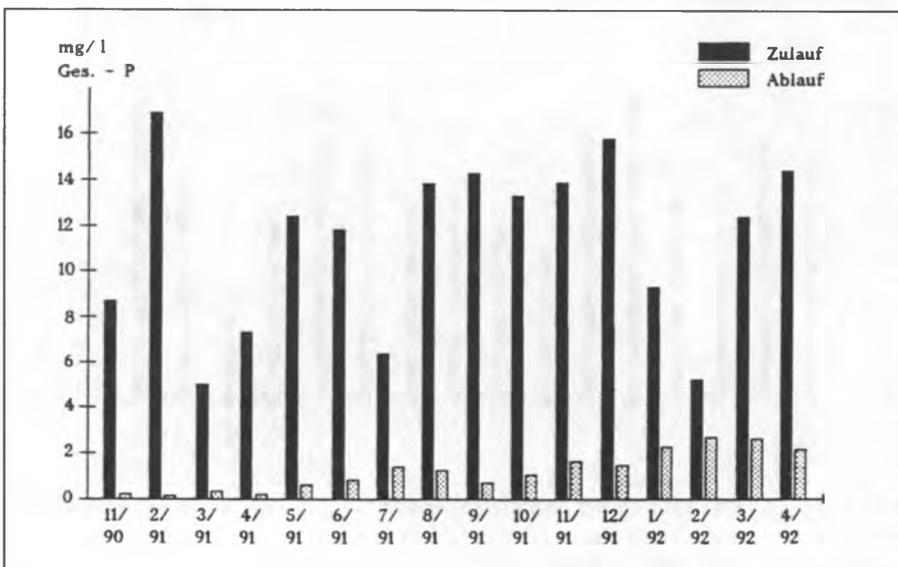


Abb. 9: Gehalte an Gesamt-Phosphor der Abwasserproben aus Zulauf und Ablauf der Filterbeete der Pflanzenkläranlage auf Hof Möhr

## 2.1 Diskussion der Ergebnisse

Bevor das in der Mehrkammergrube vorgeklärte Abwasser den Bodenfilter der Pflanzenkläranlage durchläuft, wird es in Pumpenschacht 1 gesammelt. Dort ist der Meßpunkt der Zulaufkonzentrationen (Abb. 4 bis 9), die für den BSB<sub>5</sub> zwischen 50 und 150 mg/l liegen (Abb. 5), für den CSB zwischen 150 und 400 mg/l (Abb. 6).

Die Werte deuten hier auf gut vorgeklärtes bzw. auch auf verdünntes Fäkal-/Grauabwasser hin, wie es etwa bei der Mitbehandlung von Regenwasser in der Kleinkläranlage anfällt. Eine Mischwasserbehandlung ist für die Norddeutsche Naturschutzakademie nicht vorgesehen; es wurde aber nach Starkregenfällen im März 1992 deutlich, daß durch fehlerhafte Rohrverlegung Undichtigkeiten in der Zuleitung von der Mehrkammergrube zum Pumpenschacht 1 bestanden. Für die relativ „dünnen“ Zulaufkonzentrationen hatte somit zeitweilig in das Rohrsystem eindringendes Regen-/Bodenwasser gesorgt.

Nach Durchgang durch die beiden Filterbeete der Pflanzenkläranlage schwanken die ermittelten Ablaufwerte im Bereich < 3 bis 5 (BSB<sub>5</sub>) und < 15 bis 17 mg/l (CSB). Damit zeigen die chemischen Analysen einen bis jetzt einwandfreien Abbau der in die Pflanzenkläranlage eingeleiteten Schmutzwasserbelastung. Die ermittelte Reinigungsleistung wurde auch in den Frostphasen 2/91 und 1/92 ohne Einbußen eingehalten.

Die Ablaufwerte unterschreiten weit die derzeitigen Mindestanforderungen für kleine Kläranlagen von BSB<sub>5</sub> < 40 mg/l und CSB < 150 mg/l (SCHÜTTE 1991).

Ebenfalls zufriedenstellende Reinigungsergebnisse ergab die sensorische und visuelle Beurteilung der Abwasserproben nach Durchgang durch die Pflanzenkläranlage. Das fäkalisch riechende Abwasser wurde nach der Passage durch die beiden Filterbeete entweder als schwach erdig riechend, meist aber als geruchslos eingestuft. Es war bei allen Proben des geklärten Abwassers keine Färbung festzustellen, manchmal ließ sich ein schwach gelblicher „Stich“ erahnen.

Ebenso waren diese Stichproben, sei es visuell oder mit dem Photometer, kaum von destilliertem Wasser zu unterscheiden (vgl. Abb. 4, Ablauf).

Die Ablaufkonzentrationen der Ammonium-Stickstoffgehalte (Abb. 7) schwanken in dem weiten Bereich zwischen der Nachweisgrenze < 0,04 und dem Maximalwert von 22,7 mg/l. Diese hohe Belastung wurde am 6. 11. 1990 etwa zwei Monate nach Inbetriebnahme der Anlage gemessen. Im weiteren Betriebsverlauf wurde ein ausreichender Abbau von Ammonium (Nitrifizierung) schon im ersten Filterbeet erreicht.

Die Werte für den Parameter Gesamt-Phosphor bewegen sich im Zulauf zwischen 5 und 15 mg/l, der höchste gemessene Ablaufwert lag bei 2,70. Die Eliminationsrate liegt in

diesem Fall bei 48%; die nachfolgenden Überprüfungen ergaben dann wieder Reinigungsleistungen von über 80%. Die anfangs sehr hohe Eliminationskapazität für Gesamt-Phosphor scheint sich über den Untersuchungszeitraum langsam zu verringern. Weitere Abwasseranalysen werden zeigen, ob sich der Trend fortsetzt oder sich die Phosphat-Festlegung auf die nun erreichten Werte einpendelt.

Die Gegenüberstellung der Gesamt-Stickstoffgehalte (anorganisch) von Zulauf und Ablauf in Abb. 8 fällt aus der Reihe der sonst sehr hohen Eliminationsraten der anderen überprüften Parameter heraus. Hohe Abbauleistungen liegen um 50%, einige deutlich darunter und bei Säule 7/91 liegt die Ablaufkonzentration sogar über der des Zulaufs.

Dieses könnte durch die gleichzeitige Stichprobennahme bedingt sein, wobei der Ablaufwert nicht exakt das Abwasser des Zulaufs nach Reinigung wiedergibt, sondern durch einen vorhergehenden höheren Schmutzstoß beeinflusst ist. Weiterhin ist Gesamt-N nicht analytisch bestimmt, sondern als Summe der drei quantitativ nachgewiesenen Stickstoffreaktionen Ammonium, Nitrit und Nitrat ermittelt. Stickstoffverbindungen organischer Art gehen damit in die Gegenüberstellung nicht ein, bzw. erst, wenn sie mineralisiert sind. Der Vergleich der exakten Meßergebnisse von 7/91 verdeutlicht dieses.

Tab. 1a: Exakte Meßwerte der Abwasseruntersuchungen zur Beurteilung der Reinigungsleistung der Pflanzenbeetstufen (vgl. Abb. 4 bis 9)

	BSB <sub>5</sub> (mg/l)		CSB (mg/l)		NH <sub>4</sub> -N (mg/l)		Ges.-N (mg/l)		Ges.-P (mg/l)	
	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf
6. 11. 1990			251	24	90,9	22,7	94,0	42,7	8,7	0,2
12. 2. 1991	78	< 3	267	27	95,0	0,2	95,1	53,3	16,9	0,14
7. 3. 1991	58	< 3	147	< 15	60,0	6,7	72,5	64,0	4,97	0,34
3. 4. 1991	62	< 3	209	22	78,0	0,35	63,9	58,5	7,29	0,23
15. 5. 1991	144	< 3	316	18	118,0	< 0,05	118,3	66,5	12,4	0,60
12. 6. 1991	130	< 3	272	18	105,0	0,05	105,0	68,0	11,8	0,84
3. 7. 1991	47	< 3	162	19	47,0	< 0,04	59,5	65,7	6,40	1,42
28. 8. 1991	53	< 3	198	< 15	98,6	0,57	98,9	45,7	13,8	1,23
25. 9. 1991	61	< 3	207	15	113,0	0,41	113,3	91,4	14,3	0,75
16. 10. 1991	61	< 3	200	20	107,5	< 0,04	107,8	84,0	13,3	1,06
27. 11. 1991	87	< 3	265	17	126,9	< 0,04	127,2	58,6	13,9	1,64
17. 12. 1991	109	< 3	299	19	136,0	0,10	136,4	106,8	15,8	1,48
22. 1. 1992	51	3	197	21	76,9	0,06	78,5	40,8	9,32	2,27
12. 2. 1992	31	3	91	17	38,6	0,2	51,3	59,6	5,24	2,70
11. 3. 1992	101	< 3	234	< 15	105,4	0,14	105,6	76,4	12,4	2,62
28. 4. 1992	126	< 3	305	21	114,2	0,06	114,6	79,6	14,4	2,14

Die Bilanzierung der N-Konzentrationen in Tab. 1 b legt auch die Frage nahe, ob in den Bodenfiltern 1 und 2 noch Reste organischer Stickstoffverbindungen aus der Mehrkammerfaulgrube vorliegen, die dort erst ammonifiziert und nitrifiziert werden. Bei Trockenheit findet durch Verdunstung zusätzlich eine Aufkonzentrierung der Nährsalze im Abwasser mit fortlaufender Passage durch die einzelnen Anlagenteile statt. Die exakte Quantifizierung der Evapotranspiration (Gesamtverdunstung von Boden und Pflanze) kann für den hier betrachteten Zeitpunkt im Juli nicht angegeben werden, weil bis dahin aufgrund technischer Probleme die genauen Abwasser-Durchflußmengen nicht meßbar waren. Messungen nach Behebung dieses Mangels aus dem August zeigen: Bei dem durchschnittlichen Abwasseranfall von 1,5 m<sup>3</sup>/d geben die beiden Filterbeete zusammen bis max. 0,8 m<sup>3</sup>/d Wasser durch Evapotranspiration ab. Dieses bedeutet eine Konzentration der löslichen Abwasserinhaltsstoffe auf über das Doppelte; andererseits können Niederschläge den gegenteiligen Effekt der Verdünnung bewirken.

Aus den Klimadaten des 2. und 3. Juli (sonnig, leichter Wind, max. 28° C, rel. LF 40%) kann daher auf eine nicht unbeträchtliche Verdunstungsrate geschlossen werden. Deswegen ist anzunehmen, daß die Reduzierung des Gesamt-N die rechnerischen 12% konzentrationsbezogene Elimination tatsächlich weit übersteigt. Einige Autoren empfehlen frachtbezogene Angabe der Eliminationsraten (GELLER u.a. 1991).

**3. Vegetationsentwicklung**

Die zwei Bodenfilter der Pflanzenkläranlage wurden im August 1990 fertiggestellt und mit Setzlingen von Schilfrohr (*Phragmites australis*) aus Töpfen bepflanzt. Nach Inbetriebnahme der Kläranlage wurden im September verschiedene Helophyten (Sumpfpflanzen) und Hydrophyten (Wasserpflanzen) in den Schönungsteich eingebracht.

Die Bepflanzung des Teichs war als Initialbegrünung ausgelegt, um bei einer zu erwartenden starken Algenausbreitung eine schnelle Vegetationsentwicklung für das folgende Jahr zu sichern.

Gepflanzt wurden am 13. 9. 1990 die folgenden Arten (in Stückzahlen):

**Sumpfbereich** (Zone des Wasserzulaufs aus Bodenfilter 2, Kurzzeitig überflutet bis trocken, je nach Beschickungsmenge und Abwasseranfall)

- 15 *Caltha palustris* (Sumpfdotterblume)
- 15 *Calla palustris* (Sumpfkalla)
- 8 *Lychnis flos-cuculi* (Kuckuckslichtnelke)
- 15 *Myosotis palustris* (Sumpfergüßweine)
- 15 *Mentha aquatica* (Bach-Wasserminze)
- 8 *Filipendula ulmaria* (Mädesüß)
- 6 *Iris pseudacorus* (Wasserschwertlilie)

**Schönungsteich** ohne Sumpfbereich (Uferzone, flacherer und tieferer Gewässerrand)

- 35 *Caltha palustris* (Sumpfdotterblume)
- 10 *Calla palustris* (Sumpfkalla)
- 4 *Lychnis flos-cuculi* (Kuckuckslichtnelke)
- 20 *Myosotis palustris* (Sumpfergüßweine)
- 10 *Mentha aquatica* (Bach-Wasserminze)
- 12 *Filipendula ulmaria* (Mädesüß)
- 4 *Iris pseudacorus* (Wasserschwertlilie)
- 10 *Hippuris vulgaris* (Tannenwedel)
- 35 *Ranunculus lingua* (Zungen-Hahnenfuß)
- 15 *Butomus umbellatus* (Schwanenblume)
- 20 *Scirpus sylvaticus* (Waldsimse)
- 15 *Sagittaria sagittifolia* (Pfeilkraut)
- 12 *Scirpus lacustris* (Teichbinse)
- 10 *Typha latifolia* (Breitblättriger Rohrkolben)
- 10 *Typha angustifolia* (Schmalblättriger Rohrkolben)
- 2 *Nymphaea alba* (Seerose)
- 2 *Nuphar lutea* (Teichrose)
- 10 *Ranunculus aquatilis* (Wasser-Hahnenfuß)
- 2 *Nymphaoides peltata* (Seekanne)

**Freies Wasser** (Schwimmpflanzen)

- 10 *Hydrocharis morsus ranae* (Froschbiß)
- 10 *Stratiodes aloides* (Krebschere)
- 10 *Ceratophyllum demersum* (Hornblatt)

Im darauffolgenden Frühjahr 1991 wurde einmal ein Teil des Algenbewuchses von der Wasseroberfläche des Teichs abgefischt, weil sich flächendeckend ein Teppich von *Chloridium subtile* (Zarte Schnur-Grünanlage) ausgebreitet hatte. Danach wurde ein solcher Eingriff nicht mehr nötig, weil sich wechselnde Zyklen von Algenwuchs und Massenvermehrung von algenfressendem Zooplankton abzeichneten.

Ebenso wurden im Mai 1991 sich auf den Bodenfiltern ausbreitende Kräuter und Gräser entfernt, um die starke Konkurrenz auf die noch recht schwachen Schilfpflanzen auszuschalten. Bei der Krautentfernung mußten in der Hauptsache folgende Arten herausgenommen werden: *Urtica dioica* (Gr. Brennesel), *Senecio viscosus* (Klebriges Kreuzkraut), *Stellaria media* (Vogelmiere), *Taraxacum officinale* (Löwenzahn), *Sisymbrium altissimum* (Ungarische Rauke), *Plantago lanceolata* (Spitzwegerich), *Cirsium arvense* (Acker-Kratzdistel), *Ranunculus repens* (Kriechender Hahnenfuß), *Poa trivialis* (Gemeines Rispengras), *Agropyron repens* (Gemeine Quecke), *Holcus mollis* und *Holcus lanatus* (weiches und wolliges Honiggras).

Ab Jahresmitte zeigte der Schilfbestand der beiden Bodenfilter ein wüchsigeres Fortkommen und ausgeglicheneres Erscheinungsbild.

Eine Aufnahme des Vegetationszustandes des Schönungsteiches am 10. Juli 1991 ergab bei der getrennten Betrachtung von Sumpfteil (Wasserzulaufbereich) und übriger Teichfläche nachfolgend beschriebene Artenzusammensetzung. Die angepflanzten Arten sind hier nicht berücksichtigt, sondern entsprechend der vorangestellten Aufzählung vorhanden.

Den Hauptaspekt des Sumpfbereiches des Schönungsteiches bilden die im Vorjahr gepflanzten Arten (siehe Tab. 2) sowie das Wollige Honiggras (*Holcus lanatus*) und das Fioringras (*Agrostis gigantea*). Der übrige Gewässerrand und die ufernahen Wasserzonen des Teiches sind ebenfalls durch ein sehr starkes, fast mastiges Wachstum gekennzeichnet. Dort herrscht der Aspekt des Wolligen Honiggrases und der der eingebrachten Pflanzen vor.

Die Vegetationsaufnahmen der auf den Bodenfiltern und im Teich siedelnden Pflanzenarten werden vorgenommen, um in Er-

Tab. 1 b: An vier Probenahmeorten am 3. 7. 1991 gemessene Konzentrationen der anorganischen Stickstoffreaktionen (mg/l)

	„Zulauf“		„Abfluss“	
	Pumpenschacht 1	Pumpenschacht 2	Pumpenschacht 3	Teichüberlauf
Ammonium-N.	47,0	1,2	< 0,04	0,07
+ Nitrit-N	6,6	0,27	0,01	0,74
+ Nitrat-N	5,9	62,5	65,7	49,8
= Gesamt-N (anorgan.)	59,5	64,0	65,7	50,6

gänzung zu anderen Untersuchungen die Anlage ökologisch zu charakterisieren.

Die Entwicklung der Artenzusammensetzung ermöglicht längerfristig genaue Aussagen zu den Standortverhältnissen, deren Veränderungen und ihres Wertes als Lebensraum für eine reichhaltige Fauna.

Weitergehende pflanzensoziologische Methoden als eine Arteninventarisierung bieten sich für die Auswertung der Vegetationsaufnahmen in diesem Jahr noch nicht an. Die Eingriffe in den Schilfbeständen zur Krautregulierung sowie die deutliche Prägung des Teiches durch eingebrachte Pflanzen lassen Bestimmungen der Deckungsanteile, Einordnung in Pflanzengesellschaften o.ä. in der laufenden Vegetationsperiode nicht sinnvoll erscheinen.

#### 4. Faunistische Untersuchungen

Durch Kescherfänge und Schlammsiebungen wird die Makrofauna des Schönungsteiches der Pflanzenkläranlage qualitativ erfaßt. Die Ergebnisse aus zwei Untersuchungszeiträumen im April und Juni 1991 sind in Tab. 3 aufgeführt.

Die Zahl der bis jetzt nachgewiesenen Gattungen und Arten ist noch relativ niedrig, allerdings sind teilweise sehr hohe Individuenzahlen festzustellen. Es wurden Tierklassen und -ordnungen aufgenommen, die für spätere Vergleichsaufnahmen oder auch für quantitative Methoden sinnvoll erscheinen, um den Teich als Lebensraum weiter ökologisch beschreiben zu können.

Als einzige Amphibienart konnte im ersten Jahr nach Erstellung der Anlage der Teichmolch (*Triturus vulgaris*) mit Larven und adulten Tieren nachgewiesen werden.

Libellen-Larven wurden bei den Aufnahmen zur Teichfauna bis jetzt nicht gefunden, es konnte aber Revierverhalten bzw. Eiablage folgender Species beobachtet werden: Gemeine Binsenjungfer (*Lestes sponsa*), Becher-Azurjungfer (*Enallagma cyathigerum*), Blaugrüne Mosaikjungfer (*Aeschna cyanea*), Schwarze Heidelibelle (*Sympetrum danae*), Blutrote Heidelibelle (*Sympetrum sanguineum*).

In die weitere ökologische Betrachtung der Pflanzenkläranlage soll auch die Nutzung der Schilfbeete und des Teiches durch Tiere als Brut- und Lebensraum einfließen. Hier wären zu nennen zahlreiche Spinnen-, Schmetterlings-, Fliegen-, Wespen- und Hummelarten; auch badende, jagende oder trinkende Säugetiere und Vögel. Es konnten bei warmem Wetter folgende Vögel beobachtet werden:

Tab. 2: Spontan siedelnde Pflanzenarten am Gewässerrand des Schönungsteiches 1991 (Erklärungen: SB = Sumpfbereich, TR = übrige Teichrandzonen)

SB	TR	Name der Art	Deutscher Name
x	x	<i>Holcus lanatus</i>	Wolliges Honiggras
x	x	<i>Holcus mollis</i>	Weiches Honiggras
x	x	<i>Agrostis gigantea</i>	Fioringras
x		<i>Festuca rubra</i>	Rotschwingel
x		<i>Bromus mollis</i>	Weiche Trespe
x	x	<i>Agrostis tenuis</i>	Rotes Straußgras
x		<i>Anthoxantum oderatum</i>	Ruchgras
x	x	<i>Cerastium holosteoides</i>	Gemeines Hornkraut
x		<i>Lolium perenne</i>	Englisches Raygras
x	x	<i>Poa trivialis</i>	Gemeines Rispengras
x	x	<i>Agropyron repens</i>	Gemeine Quecke
x	x	<i>Alopecurus geniculatus</i>	Knick-Fuchsschwanz
	x	<i>Glyceria fluitans</i>	Flutender Schwaden
x	x	<i>Plantago lanceolata</i>	Spitzwegerich
x	x	<i>Matricaria chamomilla</i>	Echte Kamille
x		<i>Epilobium parviflorum</i>	Armbütiges Weidenröschen
x		<i>Juncus bufonius</i>	Krötenbinse
x	x	<i>Gnaphalium uliginosum</i>	Sumpf-Ruhrkraut
x	x	<i>Spergularia rubra</i>	Roter Spärkling
x		<i>Alisma plantago-aquatica</i>	Gemeiner Froschlöffel
x		<i>Tanacetum vulgare</i>	Rainfarn
x		<i>Matricaria matricarioides</i>	Strahlenlose Kamille
x	x	<i>Ranunculus repens</i>	Kriechender Hahnenfuß
x	x	<i>Trifolium dubium</i>	Zwerg-Klee
x	x	<i>Trifolium repens</i>	Weißklee
x	x	<i>Rumex obtusifolius</i>	Stumpfblättriger Ampfer
x	x	<i>Achillea millefolium</i>	Schafgarbe
	x	<i>Lotus corniculatus</i>	Gemeiner Hornklee
	x	<i>Vicia sativa</i>	Futterwicke
	x	<i>Cirsium arvense</i>	Acker-Kratzdistel
	x	<i>Mimulus guttatus</i>	Gelbe Gauklerblume



Abb. 10: Einer der zahlreichen „Besucher“ der Pflanzenkläranlage: Rapsweising (*Pieris napi*) auf Sumpf-Vergißmeinnicht

Tab. 3: Wasserorganismen im Schönungsteich der Pflanzenkläranlage bei qualitativen Erfassungen im April und Juni 1991 (cf = unsicher)

		Imago	Larve
Gastropoda (Schnecken)	<u>Lymnaeidae (Schlammschnecken)</u>		
	<i>Lymnaea stagnalis</i> (Spitzschlammschn.)	X	
	<i>Radix peregra</i>	X	
	<u>Physidae (Lungenschnecken)</u>		
	<i>Physella acuta</i>	cf	
	<u>Planorbidae (Tellerschnecken)</u>		
	<i>Planorbarius corneus</i> (Posthornschn.)	X	
Copepoda (Ruderfußkrebse)	<i>Cyclops spec.</i> (Hüpfertier)	X	X
Cladocera (Wasserflöhe)	<i>Daphnia spec.</i>	X	X
Heteroptera (Wanzen)	<u>Notonectidae (Rückenschwimmer)</u>		X
	<i>Notonecta spec.</i>	X	
	<u>Corixidae (Ruderwanzen)</u>		X
	<i>Sigara spec.</i>	X	
	<i>Hesperocorixa sahlbergi</i>	X	
	<u>Gerridae (Wasserläufer)</u>		
	<i>Gerris spec.</i>	X	
	Diptera (Zweiflügler)	<u>Chironomidae (Zuckmücken)</u>	
Unterfamilie Chironominae			
<i>Chironomus thummi</i>			X
Unterfamilie Tanypodinae			X
Unterfamilie Orthocladiinae			X
<u>Culicidae (Stechmücken)</u>			
<i>Anopheles spec.</i>			X
<u>Chaoboridae (Büschelmücken)</u>			
<i>Chaoborus spec.</i>			X
<u>Baetidae (Eintagsfliegen)</u>			X
Coleoptera (Käfer)	<u>Dytiscidae (Schwimmkäfer)</u>		
	Unterfamilie Hydroporinae		X
	<i>Scarodytes halensis</i>	X	
	<i>Hydroporus spec.</i>	X	
	Unterfamilie Colymbetinae		
	<i>Agabus spec.</i>	X	X
	<i>Ilybius spec.</i>		X
	<u>Gyrinidae (Täumelkäfer)</u>		
	<i>Gyrinus substriatus</i>	X	
	<u>Hydraenidae (Langtaster-Wasserkäfer)</u>		
<i>Helophorus spec.</i> (Furchenwasserkäfer)	X		

Star, Kohlmeise, Schwanzmeise, Kernbeißer, Fitis/Zilpzalp, Misteldrossel, Singdrossel, Rauchschnalbe, Mehlschnalbe, Bachstelze, Ringeltaube und Krickente, bis hin zu einem Graureiher, der durch die Wasserfläche ange-lockt, schließlich doch wieder schnell weiter-zog.

### 5. Mikrobiologische Untersuchungen

Zur Beurteilung hygienischer Aspekte der Kläranlage dient die Ermittlung der An-zahl koloniebildender Einheiten abwasserre-levanter Keime. An zwei Tagen wurden je-weils doppelte Stichproben vom Rohabwas-ser (vor Mehrkammerfaulgrube), vom vorge-klärten Abwasser (nach Mehrkammerfaul-grube ≙ Pumpenschacht 1) und vom Teich-wasser entnommen.

Beim ersten Entnahmetag (26. Juni 1991) wurde eine Beprobung bei Normalbe-trieb der Akademie mit 20 bis 30 anwesen-ten Personen am Tag durchgeführt.

Eine zweite Serie von Doppelproben (3. Juli 1991) wurde während eines Zeitrau-mes mit hohem Besucheraufkommen (Nor-malbetrieb plus ca. 50 Personen am Tag) ent-nommen. Gleichzeitig wurde am 4. Juli 1991 speziell nur das „Herzstück“ der Pflanzenklär-anlage (Bodenfilter 1 und 2) auf seine Lei-stung zur Keimelimination überprüft; Dop-pelproben von vorgeklärtem Abwasser (Pumpenschacht 1) und vom Ablauf aus Bo-denfilter 2 (Pumpenschacht 3) wurden dazu untersucht.

Die Ergebnisse sind in den Tabellen 4 bis 6 dargestellt. Mit fortlaufendem Durchgang des Abwassers durch die Kläranlage ergeben sich durchschnittliche Keimabbauraten von etwa einer Zehnerpotenz pro Stufe. Größ-tenteils können die Indikatorkeime nach Durchlauf durch die Pflanzenkläranlage nicht mehr nachgewiesen werden.

Die im Abwasser gefundenen Salmonel-len stammen vermutlich aus dem Labor der Akademie, wo Wildtiere, darunter auch See-vögel, seziiert und untersucht werden. Sie wurden nicht quantitativ bestimmt, konnten jedoch nur im Rohabwasser, am 4. Juli 1991 auch im vorgeklärten Abwasser, nicht mehr aber nach Durchfluß durch die Pflanzenklär-anlage oder gar im Teichwasser nachgewie-sen werden.

Weil eine deutliche Reduzierung der Ge-samtkeimzahl und Anzahl der Fäkalstrepto-kokken, *Escherichia coli* und Enterobacteria-ceen verzeichnet werden kann, ist das ge-samte Klärverfahren aufgrund der bisherigen Ergebnisse vom hygienischen Standpunkt aus positiv zu bewerten.

## 6. Ausblick

Die bisherigen Untersuchungsergebnisse zeigen ein gutes Funktionieren der intermittierend beschickten Bodenfilter, was von anderen Autoren bestätigt wird, auch die Konkurrenzfähigkeit zu technischen Verfahren der biologischen Nachreinigung (FEHR 1990, BÖRNER u. PÖPEL 1990).

Es sei nochmals angemerkt, daß die in den Bodenfiltern zugeführten Abwässer teilweise durch eindringendes Fremd-/Regenwasser verdünnt waren (siehe 2.1). Dieser durch unsachgemäße Rohrverlegung herbeigeführte Mangel wurde im März 1992 entdeckt und behoben. Weitere chemische Untersuchungen zeigen, daß die guten Abbauleistungen ebenso bei höher konzentrierten Schutzfrachten erreicht werden.

Von Interesse für den vorgestellten Anlagentyp ist weiterhin, ob eine Optimierung der Elimination von Gesamt-Stickstoff durch ein Anheben des freien Wasserstandes im 2. Filterbeet erreicht werden kann (Erhöhung der Denitrifikationsrate).

Festgestellt wird auch, daß der nachgeschaltete Schönungsteich eine deutliche Reduzierung der Nitratbelastung des Ablaufwassers bewirkt, sei es durch Denitrifikation oder durch Einbau in organische Substanz. Für die exakte Angabe einer Stickstoff-Elimination ist eine Bestimmung der organischen N-Anteile sowie eine genaue Frachtermittlung nötig. Die Unterschiede des Wasserhaushalts in den Filtern im Sommer und Winter wirken sich stark auf die Nährstoffkonzentrationen aus. Weitergehende Untersuchungen sollten die Langzeitstabilität der Bodenhydraulik sowie die ökologische Bedeutung der bewachsenen Bodenfilter und des Schönungsteichs als Lebensraum für Pflanzen und Tiere und als landschaftsbereicherndes Element miteinschließen.

## 7. Zusammenfassung

Die Pflanzenkläranlage der Norddeutschen Naturschutzakademie auf Hof Möhr wurde im Anschluß an die bislang allein betriebene Mehrkammerfaulgrube von 20 m<sup>3</sup> als biologische Nachreinigung errichtet, um für die hofeigene Abwasserbehandlung die vorgeschriebenen Ablaufkonzentrationen einhalten zu können. Sie besteht aus zwei intermittierend beschickten, vertikal durchströmten Bodenfiltern mit Schilfbewuchs und einem nachgeschalteten Schönungsteich. Anschließend wird das gereinigte Abwasser nach wie vor im Untergrund verrieselt. Die gesamte Anlage ist für 23 EGW (Einwohnergleichwerte) ausgelegt.

Tab. 4: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Abwasserproben vom 26. 6. 1991

PROBE	GKZ [KBE/ml]	EBA [KBE/ml]	E. COLI [KBE/ml]	F. SC. [KBE/ml]	SALMONELLA qualitativ
ROHABWASSER					
1.	$2,4 \times 10^5$	$6,6 \times 10^4$	$1,7 \times 10^4$	$1,4 \times 10^4$	+
2.	$3,2 \times 10^5$	$5,7 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$1,1 \times 10^4$	-
VORGEKLÄRTES ABWASSER					
1.	$3,4 \times 10^4$	$1,8 \times 10^3$	$6,7 \times 10^2$	$4,5 \times 10^2$	-
(Pumpen- schacht1)					
2.	$2,2 \times 10^4$	$1,2 \times 10^3$	$7,9 \times 10^2$	$2,8 \times 10^2$	-
TEICHWASSER					
1.	$1,1 \times 10^3$	< 100	< 10	0	-
2.	$3,0 \times 10^3$	$2,5 \times 10^2$	< 10	5	-

EBA: Enterobacteriaceen  
E. COLI: Escherichia coli  
F. SC.: Fäkalstreptokokken  
GKZ: Gesamtkeimzahl  
KBE: koloniebildende Einheit

Tab. 5: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Abwasserproben vom 3. 7. 1991

PROBE	GKZ [KBE/ml]	EBA [KBE/ml]	E. COLI [KBE/ml]	F. SC. [KBE/ml]	SALMONELLA qualitativ
ROHABWASSER					
1.	$3,2 \times 10^5$	$7,0 \times 10^4$	$7,2 \times 10^4$	$2,5 \times 10^4$	+
2.	$3,9 \times 10^5$	$5,9 \times 10^4$	$8,3 \times 10^4$	$2,8 \times 10^4$	+
VORGEKLÄRTES ABWASSER					
1.	$5,3 \times 10^4$	$8,3 \times 10^3$	$6,2 \times 10^3$	$3,5 \times 10^3$	-
(Pumpen- schacht2)					
2.	$6,4 \times 10^4$	$8,5 \times 10^3$	$6,7 \times 10^3$	$3,0 \times 10^3$	-
TEICHWASSER					
1.	$1,8 \times 10^3$	0	0	0	-
2.	$4,0 \times 10^3$	0	0	1	-

EBA: Enterobacteriaceen  
E. COLI: Escherichia coli  
F. SC.: Fäkalstreptokokken  
GKZ: Gesamtkeimzahl  
KBE: koloniebildende Einheit

Tab. 6: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Abwasserproben vom 4. 7. 1991

PROBE	GKZ [KBE/ml]	EBA [KBE/ml]	E. COLI [KBE/ml]	F. SC. [KBE/ml]	SALMONELLA qualitativ
VORGEKLÄRTES ABWASSER					
1.	$4,7 \times 10^4$	$3,5 \times 10^3$	$3,8 \times 10^3$	$8,9 \times 10^3$	+
(Pumpen- schacht1)					
2.	$1,1 \times 10^5$	$1,3 \times 10^4$	$2,4 \times 10^4$	$5,6 \times 10^3$	-
ABLAUF BODEN- FILTER					
2					
1.	$1,4 \times 10^2$	5	0	0	-
(Pumpen- schacht3)					
2.	$4,0 \times 10^1$	0	0	0	-

EBA: Enterobacteriaceen  
E. COLI: Escherichia coli  
F. SC.: Fäkalstreptokokken  
GKZ: Gesamtkeimzahl  
KBE: koloniebildende Einheit

Durch den Verein der Förderer und Freunde der Norddeutschen Naturschutzakademie wird die wissenschaftliche Begleitung des Projekts ermöglicht.

Bei der Mehrzahl der untersuchten Abwasserstichproben liegen die Ablaufkonzentrationen der Mehrkammerfaulgrube von BSB<sub>5</sub> und CSB über den gesetzlich geforderten Werten für Kleine Kläranlagen, obwohl hier unbeabsichtigter Regenwasserzulauf schon teilweise zu Verdünnungseffekten geführt hatte. Nach weiterer Passage des Abwassers durch die beiden Schilf-Bodenfilter liegen alle gemessenen Ablaufkonzentrationen unterhalb von 20% dieser zulässigen Höchstwerte. Die zur Zeit für große Kläranlagen gültigen, strengeren Mindestanforderungen werden ebenfalls eingehalten.

Die bisherigen wasseranalytischen Ergebnisse legen den Schluß nahe, daß gut funktionierende biologische Nachreinigungsverfahren einen vorgeschriebenen Ausbau von Mehrkammerfaulgruben problemlos ersetzen können. Die wissenschaftliche Begleitforschung an der Pflanzenkläranlage auf Hof Möhr wendet neben technischen und funktionalen Untersuchungen auch floristische und faunistische Erfassungsmethoden an. Die

Ökologische Bedeutung naturnaher Klärverfahren wird zukünftig von steigendem Interesse sein.

Erste biologische und chemische Untersuchungsergebnisse liegen in diesem Zwischenbericht vor.

#### 8. Danksagung

Mein Dank gilt dem Verein der Förderer und Freunde der Norddeutschen Naturschutzakademie für die gewährten Forschungsmittel, den Mitarbeitern des Wasserlabors des Landkreises Soltau-Fallingb. und nicht zuletzt Dr. Vauk und Herrn Otto für ihr Betreiben, das die Einrichtung der Pflanzenkläranlage auf Hof Möhr möglich machte.

#### 9. Literatur

- Abwassertechnische Vereinigung, 1989: Behandlung von häuslichem Abwasser in Pflanzenbeeten. ATV-Regelwerk, Hinweisblatt H 262.*
- Börner, T. und H.J. Pöpel, 1990: Haben sich Pflanzenkläranlagen bewährt? ATV-Fortbildungskurs F/5, Fulda.*
- Cooper, P.F. und B.C. Findlater, 1990: Constructed wetlands in water pollution control. Pergamon Press, Oxford.*

*Fehr, G. und H. Schütte, 1990: Leistungsfähigkeit intermittierend beschickter, bepflanzt Bodenfilter. Schriftenreihe WAR 48, TU Darmstadt.*

*Geller, G. u.a., 1991: Bewachsene Bodenfilter zur Reinigung von Wässern - ein von Abwasser beeinflusstes System aus Boden und Pflanzen. Wasser und Boden 8/91*

*Kocsis, C. 1990: Wasser nutzen, verbrauchen oder verschwenden? 2. Aufl. Alternative Konzepte, C.F. Müller Verlag, Karlsruhe.*

*Niedersächsischer Umweltminister 1989: Abwasserbehandlung in Hauskläranlagen. Info-Broschüre, 24 S., Hannover.*

*Pöpel, H.J. 1990: Übersicht über Verfahrensvarianten von Pflanzenkläranlagen. Schriftenreihe WAR 48, TU Darmstadt.*

*Schütte, H. 1992: Naturnahe Abwasserreinigung mit vertikal durchströmten Bodenfiltern. NNA-Berichte, Beitrag in dieser Ausgabe, Norddeutsche Naturschutzakademie Schneeverdingen.*

#### Anschrift des Verfassers:

C. Kottrup  
Vorwerk 1c  
3043 Schneeverdingen

# „Naturnahe“ Kläranlagen bis 1000 EW

von Dietz Kollatsch

Grundsätzlich sind die beiden Reinigungswege „Reinigung im Wasser“ und „Reinigung im Festbett“ zu unterscheiden (Abbildung 1).

Ich werde mich im folgenden auf die Reinigung im Festbett = Boden konzentrieren. Im Bestreben, so naturnahe wie möglich zu verfahren, wurden die Pflanzenbeatanlagen entwickelt.

Bereits das Wort Pflanzenbeet beschreibt, daß es nicht nur eingerichtet sondern auch ständig gepflegt sein will. Damit dieses Pflanzenbeet auch Tag für Tag (= 365 Tage im Jahr und dies mindestens 10 Jahre lang) seine Funktion erfüllt, müssen einige Regeln strikt beachtet werden.

Diese Regeln der Technik (je naturnäher die Anlagen, desto mehr ähneln die Regeln den Naturgesetzen) müssen sowohl zum Schutz der Natur und Umwelt als auch zum Wohle und Schutz des Bürgers formuliert und fixiert werden.

Die ATV (Abwassertechnische Vereinigung) mit ihren weit mehr als 10000 Fachmitgliedern hat bereits eine Vielzahl von „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ für die verschiedensten Abwasserreinigungsverfahren aufgestellt. Bei Pflanzenbeatanlagen waren bisher die Aussagen und insbesondere

praktischen Erfahrungen noch so vielfältig zwischen Erfolg und Reifall, daß es nicht zur Fixierung „allgemein anerkannter Regeln der Technik“ kommen konnte.

Es gelang bisher nur, die Erfahrungen zusammenzutragen und zum ATV-Hinweisblatt H 262 zu formulieren (Abbildung 2).

Die obersten Wasser- bzw. Umweltschutzbehörden der Bundesländer Bayern und Niedersachsen sind 1991 einen Schritt weitergegangen.

So hat das Niedersächsische Umweltministerium in einem Runderlaß vom 8. Oktober 1991 - 205311217 - „Hinweise zum Einsatz von Pflanzenbeeten für die Reinigung häuslichen Abwassers in kommunalen Kläranlagen“ die Technischen Regeln genannt, unter deren Beachtung Niedersachsen Pflanzenbeatanlagen zur Abwasserreinigung gemäß Größensklasse 1 des Anhangs 1 der Rahmen-AbwasserVwV gestattet. Diese Kopie dieses Runderlasses ist als Anlage 1 beigefügt. Für Klein-

kläranlagen bis  $8 \text{ m}^3/\text{d}$  Abwasseranfall ist die Pflanzenbeatanlage bekanntlich bereits seit 14. Juni 1988 (Erlaß des Umweltministeriums) statthaft.

Folgende Punkte im Bau und Betrieb von Pflanzenbeatanlagen verdienen besondere Beachtung.

## 1. Wassermengendurchsatz

Jedes Pflanzenbeet kann je Flächen- oder Volumeneinheit nur eine bestimmte Wassermenge aufnehmen und durchsetzen. Ist diese Menge zu groß, „verschlickt“ das Beet und ein zunehmender Teil des Wassers läuft oberirdisch ab (Abbildung 3).

## 2. Abwasserreinigung = Bakterienwachstum

Die gelösten Abwasserstoffe sind Nahrung für Bakterien. Die Bakterien besiedeln um so mehr und dichter die Steine und Kiese des Pflanzenbeetes, je besser sie ernährt werden. Sie verengen dabei die Zwischenräume

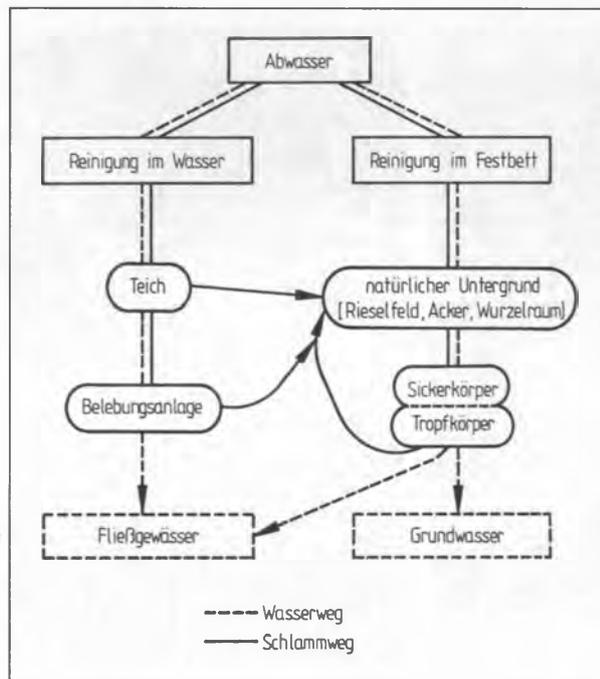


Abb. 1: Biologische Abwasserreinigungspfade

DK 628 35-582		Regelwerk Abwasser — Abfall	August 1988
ATV	Behandlung von häuslichem Abwasser in Pflanzenbeeten		Hinweis H 262
<b>Inhalt</b>			
<b>Vorwort</b>			
1	Definition	7	Funktionsverhalten
2	Entwickelte Verfahrensvarianten	7.1	Einfahrphase
2.1	Stellung im System	7.2	Winterbetrieb
2.2	Vorbereitung	7.3	Langzeitverhalten
2.3	Bodenkörper	7.4	Betriebsicherheit
2.4	Bepflanzung	8	Kosten
2.5	Durchströmung	8.1	Erfassungsumfang
2.6	Beschickung	8.2	Baukosten
2.7	Einfahrbetrieb	8.3	Betriebskosten
3	Wirkungsmechanismen	9	Anwendungsmöglichkeiten und -grenzen
3.1	Abbau von Kohlenstoffverbindungen	9.1	Allgemein anerkannte Regel der Technik
3.2	Umbau der Stickstoffverbindungen	9.2	Einsatz in der Grundstücksentwässerung
3.3	Fastlegung von Phosphor	9.3	Einsatz in der Ortsentwässerung
3.4	Verminderung von Bakterien und Viren	9.4	Einsatz in Hochlagen
3.5	Sauerstoffversorgung	9.5	Einsatz bei Gewerbe und Industrie
3.6	Boden	10	Ausblick
3.7	Bodenhydraulik		
3.8	Pflanzen		
3.9	Wasserbilanz		
4	Behandlungsvorgaben		
4.1	Kleinkläranlagen		
4.2	Kleine Kläranlagen		
4.3	Zur Verfahrenswahl		
5	Bemessung und Konstruktion		
5.1	Lage		
5.2	Vorbereitung		
5.3	Beerdichtung		
5.4	Beetbau		
5.5	Beetgefülle		
5.6	Beetfläche		
5.7	Pflanzenart und -dichte, Pflanzzeit		
5.8	Zulauf-, Ablaufkonstruktion		
6	Betrieb		
6.1	Grundsätze		
6.2	Betriebsweise		
6.3	Pflanzenpflege		
6.4	Sonstige betriebliche Maßnahmen		
<b>Vorwort</b>			
Der zu Anfang der 80er Jahre vorhandene Kenntnisstand über Pflanzenbeete wurde vom ATV-Fachausschuß 2.10 im Arbeitsbericht „Abwasserbehandlung in Anlagen mit Summpflanzen“ zusammengefaßt (veröffentlicht in Korrespondenz Abwasser, Heft 3/1982, S. 181-183).			
Zwischenzeitlich wurden neue Erkenntnisse gewonnen. Einige Pilot- und Versuchsanlagen wurden nach den Vorstellungen der Verfahrensentwickler gebaut und im Betrieb intensiv untersucht. Vereinzelt wurden auch von Kommunen und Gewerbebetrieben Pflanzenbeete zur Abwasserbehandlung errichtet und im Betrieb beobachtet. Schließlich ist eine größere Anzahl kleinerer Pflanzenanlagen auf privaten Grundstücken zur Behandlung des Abwassers von jeweils wenigen Einwohnern entstanden. Die gesammelten Betriebserfahrungen und Reinigungsleistungen sind vielfältig und widersprüchlich.			
Ein Regelwerk der ATV in Zusammenarbeit mit dem VKS			
Vertrieb: Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA) Postfach 1180, Markt 71, D-5205 St. Augustin 1			

Abb. 2: ATV-Hinweisblatt H 262



**Abb. 3: Überstautes Pflanzenbeet**



**Abb. 4: Steinschüttung mit Abwasserdurchfluß**



**Abb. 5: Steinschüttung ein Jahr später**

im Beet und hindern das Wasser am Fließen. Die Abbildung 4 zeigt eine Steinschüttung mit Abwasserdurchfluß. Die Abbildung 5 stellt die gleiche Steinschüttung ein Jahr später dar.

### 3. Gefälle in Pflanzenbeeten

Je besser das Gefälle ist, desto besser kann mit Wasserdruck den Bakterienverstop-

fungen entgegengewirkt werden. Die Abbildung 6 zeigt eine derartige Gefällestrecke.

### 4. Entschlammtes Rohabwasser

Das Abwasser muß vor Aufgabe auf das Pflanzenbeet gut entschlammt sein. Das Pflanzenbeet ist keine Fäkalschlammdeponie! Einfache Siebkörbe sind ungeeignete Maßnahmen, Rechengut und Haushalts-

schlamm zurückzuhalten (Abbildung 7) und Primitivlösungen dokumentieren keine Naturnähe (Abbildung 8). Die Pflanzenbeete sind ungeeignet, sowohl Grob- als auch Feinschlämme aufzunehmen und aufzuarbeiten. Da hilft auch keine Schlammzerkleinerungspumpe, wie sie wiederholt von Pflanzenbeetherstellern angeboten wird. Grundsätzlich hat das Abwasser vor dem Aufbringen auf



**Abb. 8: Primitivsieb**



**Abb. 9: verschlammte Regenrinnen  
Abwasserverteilung**



**Abb. 10: Schlammablagerungen**

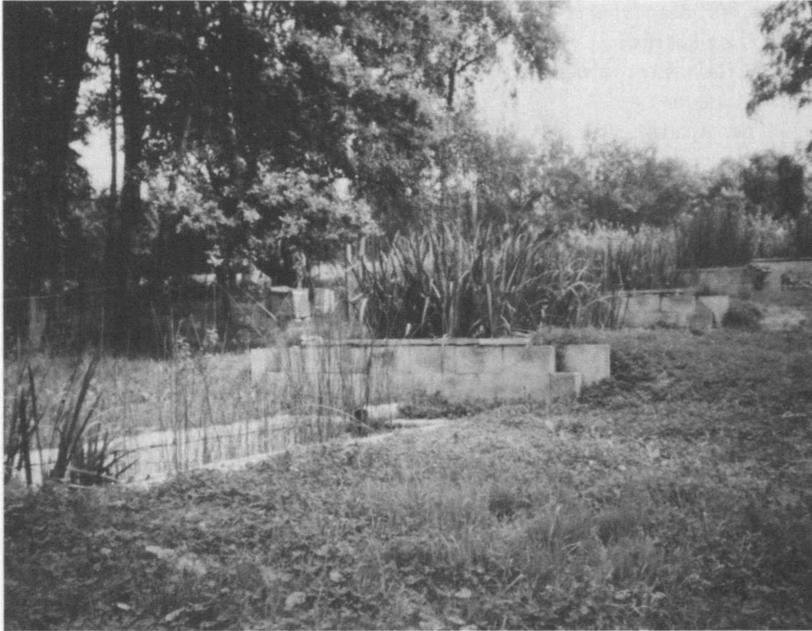


Abb. 6: Pflanzenbeetanlage mit gutem Gefälle



Abb. 7: Unhygienischer Siebkorb

das Pflanzenbeet voll entschlammte zu sein. Verschlämungen verunzieren nicht nur die Beete (Abbildung 9), sie schaffen unhygienische Verhältnisse (Abbildung 10). Schlammablagerungen im Pflanzenbeet führen zu Vererdungen und ändern damit den Biotop „Schilfbeet“. Brennnesseln und andere einjährige Pflanzen verdrängen den ursprünglichen Bewuchs (Abbildung 11).

#### 7. Bedienungseinrichtungen

Die Bedienungseinrichtungen haben den Ansprüchen von Hygiene und Arbeitsschutz zu entsprechen. Naturnähe hat nicht mit Primitivität zu tun. Handsteckschieber auf Pflanzenbeetanlagen, die vielleicht sogar ohne Handwaschvorrichtung erstellt wurden, spotten jeder Hygienevorschrift (Abbildung 12).

#### 8. Brutplatz für Insekten?

Manches ist noch nicht hinreichend bekannt und muß noch eingehender beobachtet werden. Hierzu gehört beispielsweise das gelegentliche Massenaufreten von Insekten (Abbildung 13).



Abb. 11: Biotopumwandlung in Schilfanlagen durch Schlammablagerungen und Nährstoffangebot



Abb. 12: Handsteckschieber



Abb. 13: Insektenbefall

**9. Schlußbemerkung**

Es ist bedauerlich, daß immer noch Primitivlösungen dem Ruf naturnaher Abwasserbehandlung schaden. Denn es steht wohl außer Frage, daß in einem Flächenstaat wie Niedersachsen Pflanzenbeete zur Abwasserreinigung ihren Platz haben, vielleicht sogar mehr als andere Reinigungssysteme.

**Anschrift des Verfassers:**

Dr. Dietz Kollatsch  
Niedersächsisches Landesamt  
für Wasser und Abfall  
An der Scharlake 39  
3200 Hildesheim

**L. Umweltministerium**

**Hinweise zum Einsatz von Pflanzenbeeten für die biologische Reinigung häuslichen Abwassers in kommunalen Kläranlagen**

RdErl. d. MU v. 8. 10. 1991 — 205-31 12 17 —

— GültL 23/90 —

Zunehmende Kenntnisse und Erfahrungen von verschiedenen in Betrieb befindlichen Kläranlagen mit Pflanzenbeetstufen (überwiegend Pilotanlagen) lassen erwarten, daß solche Anlagen unter bestimmten Voraussetzungen bei Planung, Bau und Betrieb die Mindestanforderungen der Größenklasse 1 nach Anhang 1 der Rahmen-AbwasserVwV vom 8. 9. 1989 (GMBL. S. 518) einhalten können. Einschränkungen sind nach wie vor geboten, da noch nicht alle Bemessungs- und Konstruktionsfragen schlüssig gelöst sind und das Langzeitverhalten von Pflanzenbeeten nur mit einigen Vorbehalten beurteilt werden kann.

Sind Unternehmensträger bereit, die Risiken des Verfahrens zu tragen, habe ich keine Bedenken, eine Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser entsprechend § 12 NWG sowie eine Genehmigung nach § 154 NWG zu erteilen, wenn das Hinweisblatt H 262 „Behandlung von häuslichem Abwasser in Pflanzenbeeten“ der Abwassertechnischen Vereinigung (ATV) unter Beachtung der in der Anlage aufgeführten Hinweise eingehalten wird.

An die Dienststellen der Wasser- und Abfallwirtschaftsverwaltung, Landkreise und Gemeinden.

— Nds. MBl. Nr. 37/1991 S. 1369

**Anlage**

**Hinweise zum Einsatz von Pflanzenbeeten für die biologische Reinigung häuslichen Abwassers in kommunalen Kläranlagen**

**1. Geltungsbereich**

Abwasser aus Kläranlagen der Größenklasse 1 entsprechend Anhang 1 der Rahmen-AbwasserVwV.

**2. Grundsätze**

2.1 Die biologische Abwasserreinigung erfolgt — im Unterschied zu Abwasserteichanlagen — überwiegend im bewachsenen Beetkörper oder beim Überstau auch in der Kontaktzone zwischen Wasser und Beetkörper. Pflanzenbeete sollen deshalb vertikal- oder horizontal durchströmt werden.

2.2 Zur ausreichenden Sauerstoffversorgung darf die Oberfläche des Pflanzenbeetes nur selten oder intermittierend überstaut werden.

2.3 Den Pflanzenbeeten darf nur grobstofffreies und entschlammtes Abwasser zugeführt werden.

Nds. MBl. Nr. 37/1991

**3. Bemessung und Konstruktion**

3.1 Pflanzenbeeten darf Mischwasser nicht stoßweise zugeführt werden. Es ist sicherzustellen, daß nicht mehr als  $2 \times Q_t$  aufgebracht werden und ein Aufstauraum von mindestens 20 cm über der Beetoberfläche nutzbar gemacht werden kann.

3.2 Pflanzenbeeten sind geeignete Einrichtungen zum Rückhalt von Grobstoffen und Schlamm vorzuschalten, z. B.:

- Emscherbrunnen und vergleichbare Becken bei ausschließlichem Schmutzwasserzufluß (Trennsystem) oder bei einem auf  $2 \times Q_t$  gleichmäßigten Mischwasserzufluß.
- Absetzteiche.

3.3 Eine künstliche Dichtung der Pflanzenbeete wird bei einem  $k_f$ -Wert (Durchlässigkeitswert)  $\geq 10^{-7}$  m/s des anstehenden Bodens erforderlich.

3.4 Die spezifische Mindestfläche (Nutzfläche) von Pflanzenbeeten für die biologische Behandlung von grobstofffreiem und entschlammtem häuslichem Abwasser in üblicher Schmutzkonzentration und Zusammensetzung beträgt  $5 \text{ m}^2/\text{EW}$  bei mindestens 0,6 m nutzbarer Beettiefe. Ferner ist die maximale hydraulische Beschickung von  $\leq 40 \text{ mm/d}$  ( $= 40 \text{ l/m}^2 \times \text{d}$ ) bei Trockenwetterzufluß nachzuweisen.

3.5 Werden Pflanzenbeete mit der spezifischen Mindestfläche bemessen, hat der verwendete Boden bzw. das verwendete Substrat einen  $k_f$ -Wert von mindestens  $10^{-8}$  m/s aufzuweisen. Bei Vergrößerung der spezifischen Beetfläche um 50 v. H. ist ein  $k_f$ -Wert von  $10^{-8}$  m/s möglich. Der  $k_f$ -Wert des Beetes ist nachzuweisen gemäß Nr. 3.1.1.3 der Anlage 2 zum RdErl. vom 24. 6. 1988 (Nds. MBl. S. 632 — GültL 30/36).

3.6 Bei längsdurchströmten Beeten ist die Beetoberfläche in der Regel mit Gegengefälle zur Fließrichtung auszubilden.

Bei horizontaler Beetoberfläche ist ein 20 cm hoher Wall vor dem Sickergraben anzulegen, der der Sammlung des behandelten Abwassers dient.

Der Freibord über der Oberfläche eines Pflanzenbeetes soll 30 cm nicht unterschreiten.

3.7 Im Rahmen der Planung von Pflanzenbeeten sind sämtliche Betriebsvorgaben, -hinweise und -festlegungen gemäß Abschnitt 6 des ATV-Hinweisblattes H 262 zu erfüllen. Eine Betriebs- und Pflegeanleitung für die Gesamtanlage, sonstige Hinweise und Erläuterungen sowie eine Funktionsgarantie sind den Antragsunterlagen beizufügen.

**4. Betriebliche Vorschriften**

Die Pflanzenbeete zur Abwasserreinigung erfüllen ihren Zweck nur, wenn sie sach- und fachgemäß betrieben werden. Betriebsplan und Betriebsanleitung sind unter Berücksichtigung der allgemein geltenden Vorschriften (Sicherheit, Unfallverhütung usw.) zu beachten. Es ist ein Betriebstagebuch zu führen. Betrieb und Unterhaltung sind so einzurichten, daß

- alle Anlagenteile, die der regelmäßigen Wartung bedürfen, jederzeit sicher zugänglich sind,
- Belästigungen und Gefährdungen für die Umwelt nicht zu besorgen sind und
- die Anlage im bestimmungsgemäßen Zustand sowie in bestimmungsgemäßer Funktion nicht beeinträchtigt wird.

Im Rahmen der Eigenkontrolle ist die Funktion der abwassertechnischen Einrichtungen grundsätzlich täglich zu überprüfen. Verbindungs- und Ablaufeinrichtungen sind mindestens wöchentlich zu kontrollieren und zu warten.

Die ordnungsgemäße Entsorgung des Sieb- und Rechengutes des ausgefallenen Schlammes sowie der abgeernteten Pflanzenreste ist sicherzustellen und nachzuweisen.

**Anlage 1**

# Neue Regelungen für Kleinkläranlagen

von Dietz Kollatsch

Niedersachsen ist von der Fläche her das zweitgrößte Bundesland Deutschlands und hat insgesamt 7,4 Millionen Einwohner. Von ihnen sind 6,7 Millionen an Sammelkanalisationen und damit an zentrale biologische Kläranlagen angeschlossen. 950 000 Menschen entsorgen sich noch mit rund 275 000 in der Regel private dezentrale Kleinkläranlagen.

Von diesen 950 000 Bürgern gelten schätzungsweise 650 000 als nicht an Sammelkanalisationen anschließbar, und weitere 150 000 bis 200 000 müssen sich voraussichtlich noch einige Jahrzehnte bis zu einem Anschluß gedulden.

So werden etwa 230 000 bis 250 000 Grundstückskläranlagen weiterhin bestehen bleiben. Sie sollen und können allerdings nicht länger als Übergangsprovisorien geduldet werden, sondern sind, soweit dies noch nicht geschehen, soweit nachzurüsten, daß eine ordnungsgemäße Abwasserentsorgung und -behandlung gewährleistet ist.

Im folgenden will ich erläutern, was in Niedersachsen als ordnungsgemäße Abwasserentsorgung und -behandlung angesehen wird, und wie die Regelungen erfolgen werden.

Die grundlegende technische Regel für Kleinkläranlagen bis  $8 \text{ m}^3/\text{d}$  Abwasserdurchsatz ist die DIN 4261. Sie wird von einem DIN-Fachausschuß, in dem unter anderem Mitarbeiter der obersten Bau- und Fachbehörden angemessen vertreten sind, aufgestellt und fortgeschrieben (Abb. 1).

Diese technische Regel umfaßt auch Behelfsanlagen. Aus diesem Grund hat das Nds. Umweltministerium die Einführung der technischen Regeln mit dem Erlaß vom 14. 6. 1988 nicht nur bekräftigt, sondern auch Einschränkungen und Ausweitungen genannt wie:

- Behelfsanlagen der DIN 4261, wie beispielsweise der Abwassersickerschacht, (zur Einleitung von Abwasser in den Untergrund), werden in Niedersachsen nicht mehr anerkannt.
- Abwasserteiche und Pflanzenbeete sind - unter Beachtung bestimmter Bau- und Betriebsbedingungen - als biologische Stufen eines Kleinkläranlagensystems zugelassen.

Der Zeitraum der Duldung von Provisorien ist abhängig von einem absehbaren Anschluß an die öffentliche Kanalisation. Dabei

war im Erlaß des Nds. Umweltministeriums vom 3. 5. 1988 das Jahr 1995 als Stichjahr vorgegeben. Grundstückseigentümer, die bis zu diesem Zeitpunkt nicht mit einem Anschluß an eine Sammelkanalisation rechnen können, haben ihre Kleinkläranlagensysteme den Regeln der Technik entsprechend nachzurüsten (Abb. 2).

Ein regelrechtes Kleinkläranlagensystem besteht aus zwei Stufen:

## 1. Mehrkammerausfällgrube:

Grundsätzlich ist die erste Stufe auf 1500 l Inhalt je Einwohner zu bemessen. Erst bei größeren Anlagen dieses Geltungsbereiches

(vielleicht ab ca. 30 EW) kann mit Einverständnis der Behörden von dieser Regelung abgewichen werden.

Bestimmend für diese Regelung ist u.a. die gesetzlich vorgeschriebene Pflicht der Fäkalschlammmentleerung durch die Kommunen. Bei einem durchschnittlichen Anfall von gut 400 l Schlamm je Einwohner und Jahr kann zu einem mehrjährigen Entleerungsrhythmus übergegangen werden, der

- den Bürger wenig belästigt,
- kostensparend ist und nicht zuletzt
- die Wirkungsweise der Abwasseranlage so wenig wie möglich stört.

Größe in EW	Anhang 1 / Rahmen Abwasser VwV	Fachausschuß	Spezifikation (Anzahl in Nds.)
≤ 50	- (bis $8 \text{ m}^3/\text{d}$ )	DIN - Ausschuß AAV4 „Kleinkläranlagen“	private KA (> 250.000)
≤ 1000	Größenklasse 1	ATV - Fachausschuß 2.10 „Kleine Kläranlagen“	ohne Denitrifikation (~ 1000)
≤ 5000	Größenklasse 2		
≤ 20.000	Größenklasse 3	ATV - Fachausschüsse 2.5 „Absatzverfahren“	mit Denitrifikation und P - Elim. (< 100)
≤ 100.000	Größenklasse 4	2.6 „Aerobe biologische Abwasserreinigungsverfahren“	
> 100.000	Größenklasse 5	2.8 „Verf. weitergehende Abwasserreinigung“	

Abb. 1: Regeln der Technik, Fachausschüsse für Kläranlagen

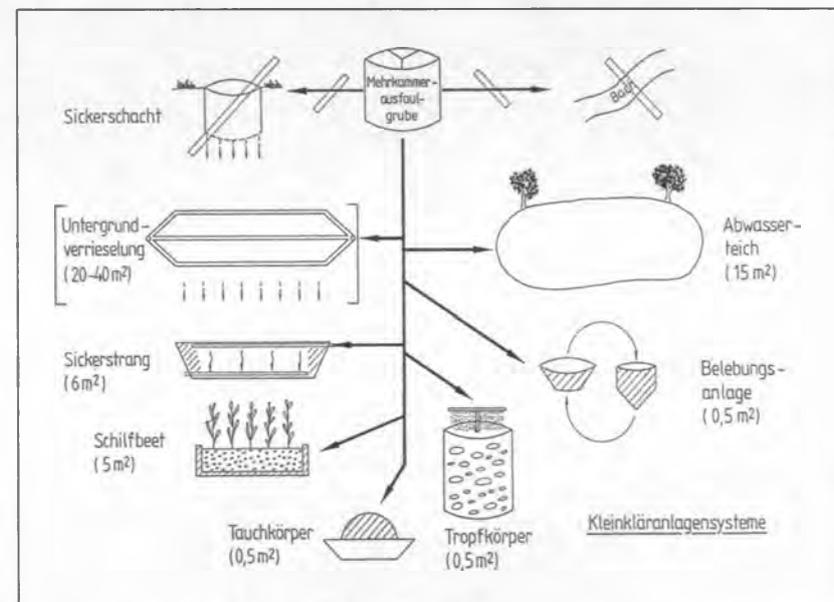


Abb. 2: Kleinkläranlagensysteme in Niedersachsen

2. Biologische Stufe:

Die Anlagen nach DIN 4261, Teil 2 besitzen ein Prüfzeichen, sind also bauartgeprüft. Was heißt das? Diese Anlagen haben in einer in der Regel einjährigen Prüfung den Nachweis gebracht, daß sie für den technischen Einsatz geeignet sind und eine Reinigungsleistung gemäß Anhang 1 der Rahmen-AbwasserVwV erbringen können.

Eine generelle Nachprüfung der Leistungsfähigkeit erfolgt alle 5 Jahre und bewirkt die Verlängerung des Prüfzeichens (Abb. 3).

Es ist üblich, daß bauartzugelassene Systeme, seien es Zahnarztstühle, Chemisch-Reinigungsmaschinen oder eben Kleinkläranlagen nicht der regelmäßigen Einzelfallüberprüfung unterzogen werden. Hier genügt in

der Regel die Überprüfung der Ordnungsmäßigkeit von Bau und Betrieb.

Um diese Ordnungsmäßigkeit sicherzustellen, wird von jedem Grundstückseigentümer bzw. Betreiber eines privaten Kleinkläranlagensystems der Abschluß eines Wartungsvertrages mit einem Fachbetrieb gefordert. Ein niedersächsischer Musterentwurf für einen Wartungsvertrag ist in Vorbereitung. Danach hat je nach Kleinkläranlagensystem und Größe der Anlage mehrmals jährlich mindestens jedoch einmal jährlich eine technische und funktionelle Überprüfung der Anlage zu erfolgen. Störungen, Mängel und Defekte, die bei der Eigenkontrolle oder einer der Überprüfungen durch den Fachbetrieb festgestellt werden, sind umgehend zu beseitigen bzw. zu beheben.

Für Abwasserteiche und Pflanzenbeete gibt es im Geltungsbereich bis 8 m<sup>3</sup>/d keine Prüfzeichen analog der DIN 4261. Hier hat Niedersachsen bis auf weiteres

- für unbelüftete Abwasserteiche das ATV- Regelwerk Arbeitsblatt A 201 herangezogen und
- für Pflanzenbeete das ATV-Regelwerk Hinweisblatt H 262 in Verbindung mit einem Erlaß vom 8. 10. 1991 für verbindlich erklärt.

Typ	Mehrkammergrube	Filtergraben	Belebungsanlage		Tauchkörper	Tropfkörper		** Teich	Pflanzenbeete			Syst. Misch
			Wohnen	Lokal		Wohnen	Lokal		System Kückhuth	Seidel Rausch	verschied. Systeme	
Zahl der Anlagen*	91	44	93	73	8	68	18	29	15	23	69	29
davon:												
Große unbekannt	66	2	1	4	1	6	-	8	-	-	14	14
bis 4 EM	11	14	1	-	2	-	-	2	3	2	10	5
5- 8 EM	6	24	7	-	2	19	-	7	9	8	22	5
9-20 EM	2	4	22	8	-	27	-	3	2	10	15	2
21-50 EM	6	-	45	40	2	12	17	6	1	3	6	1
51-80 EM	-	-	17	21	1	4	1	3	-	-	2	2
mittlere Anlagengröße in EM	12	6	34	44	21	20	42	26	8	12	13	16
tatsächliche Belastung in EM	11	5	30	33	5	23	37	21	5	12	11	7
Restverschmutzung:												
CSB, mg/l	409	181	144	115	89	126	142	81	107	106	109	125
BSB <sub>5</sub> , mg/l	202	112	41	35	22	28	48	19	47	32	36	34
NH <sub>4</sub> -N, mg/l	69	37	35	27	20	28	27	14	20	30	32	35
NO <sub>3</sub> -N, mg/l	1	8	13	16	21	10	21	2	0	5	4	2
PO <sub>4</sub> -P, mg/l	10	6	12	11	8	11	8	5	1	11	7	4
abs. St., mg/l	0,7	0,3	2,1	4,8	0,1	1,2	0,1	0,3	0	0,2	0,2	0

\* Insgesamt 469 Kleinkläranlagensysteme  
 \*\* bei Teichanlagen Abwasser evtl. mit Regenwasser vermischt

Abb. 3: Abbauleistung von Kleinkläranlagen in Niedersachsen

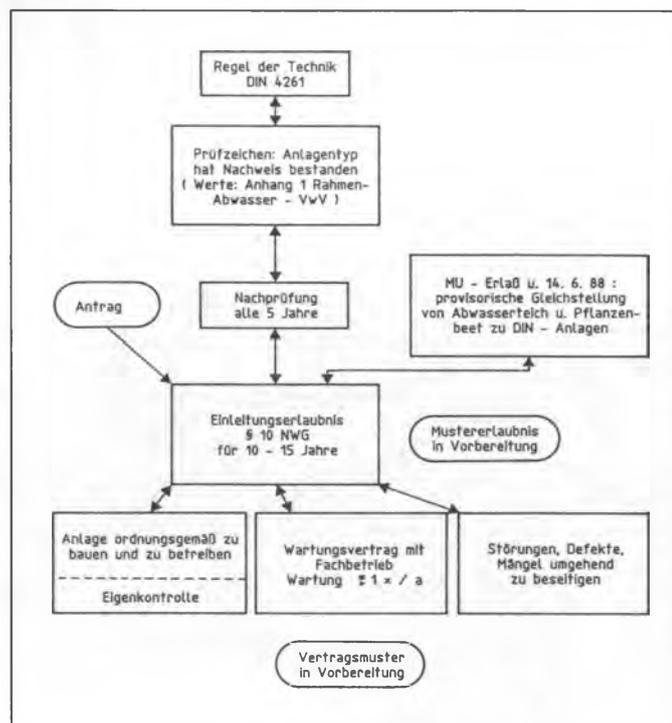


Abb. 4: Die Einleitungserlaubnis für Kleinkläranlagen

Eine Lücke klafft noch bei den Maßgaben der Eigenüberwachung sowie der vertraglichen Wartungsaufgabe durch Fachbetriebe bei den Abwasserteichen und Pflanzenbeeten. Es wird angestrebt, diese Lücke so gut wie möglich und auch so schnell wie möglich zu schließen.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß eine Viertelmillion Kleinkläranlagen in den nächsten Jahren von dem Geruch des Provisoriums befreit werden sollen. Die Voraussetzungen hierfür werden, soweit noch nicht vorhanden, derzeit von einer ad hoc-Arbeitsgruppe am Umweltministerium, bestehend aus Landkreistag, Städtetag, Städte- und Gemeindebund, Bezirksregierung Weser-Ems, Staatliches Amt für Wasser und Abfall Brake und Niedersächsisches Landesamt für Wasser und Abfall erarbeitet.

**Anschrift des Verfassers:**

Dr. Dietz Kollatsch  
 Niedersächsisches Landesamt  
 für Wasser und Abfall  
 An der Scharlake 39  
 3200 Hildesheim

# Entscheidungsgrundlage für eine dezentrale Abwasserentsorgung

von Günther Fehr und Heino Schütte

## 1. Einführung

Eine geordnete Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum dient der hygienischen Versorgung, der Verbesserung der Wohnverhältnisse sowie der Verbesserung der Gewässerqualität. An eine Abwasserreinigung im ländlichen Raum werden daher zunehmend gleichwertige Anforderungen gestellt wie in dichter besiedelten Gebieten. Die Lösungskonzepte, die für städtische Gebiete entwickelt wurden, sind jedoch nicht problemlos auf den ländlichen Raum übertragbar, vielmehr sind dessen Besonderheiten bei Planung, Bau und Betrieb der Abwasseranlagen zu berücksichtigen. Auch muß angesichts steigender Entsorgungskosten die Frage nach einem effektiven Geldmitteleinsatz gestellt werden.

„Zentrale oder dezentrale Abwasserbeseitigung?“ ist die häufig formulierte Fragestellung, die in den für die Abwasserbeseitigung zuständigen Kommunalparlamenten meist sehr kontrovers diskutiert wird. Die Begriffe „zentral“ und „dezentral“ werden von den Diskussionsteilnehmern mit einem völlig unterschiedlichen gedanklichen Hintergrund verwendet. Eine allgemein akzeptierte Definition dieser Begriffe fehlt bislang. Die technisch orientierte Definition „dezentral = Kleinkläranlage (KKA) = Ausnahmelösung“ vernachlässigt nicht nur die Intentionen der Kleinkläranlagen-Befürworter (Selbstbestimmung, Identifikation, Engagement), sie entspricht auch nicht der Realität, denn ein nicht zu vernachlässigender Teil der Abwasserbehandlung in Streusiedlungen wird auch in Zukunft in Kleinkläranlagen oder Ortskläranlagen stattfinden müssen. Auf der anderen Seite werden von den Befürwortern der Kleinkläranlagen und Ortsteilkläranlagen Argumente angeführt, die einer technisch-wissenschaftlichen Bewertung kaum mehr zugänglich sind und damit eine sachliche Abwägung auf kommunalpolitischer Ebene erschweren.

In der bisherigen technischen Fachliteratur herrscht weitgehend Einigkeit darüber, daß die dezentrale Abwasserreinigung als eine Behelfslösung anzusehen ist. Als Regel-lösung ist die zentrale Abwasserbeseitigung bestehend aus Ortskanalisation und Zentralkläranlage gefordert. Das Bestreben der für die Abwasserbeseitigung zuständigen Kör-

perschaften (in der Regel die Kommune) war bislang folglich darauf ausgerichtet, bis auf einige wenige „Restanschlüsse“ eine zentrale Abwasserbeseitigung zu finanzieren. Dieser werden unter anderem folgende Vorteile zugesprochen:

1. Die zentrale Abwasserbeseitigung ist aus ökologischer Sicht vorzuziehen, weil mit größeren Kläranlagen bessere Reinigungsleistungen erzielt werden und diese Lösung somit für den Gewässerschutz vorteilhafter ist.
2. Die zentrale Abwasserbeseitigung ist wirtschaftlicher als die dezentrale.
3. Der Bau von Ortskanalisationen und zentralen Kläranlagen ist betriebssicherer und organisatorisch einfacher als eine dezentrale Abwasserbeseitigung.

In den meisten Bundesländern ist jedoch eine Verzögerung in der Umsetzung der in den 70er und frühen 80er Jahren beschlossenen Bauprogramme nicht zuletzt wegen immenser Kostensteigerungen eingetreten. Viele Kommunen überarbeiten daher derzeit ihre Abwasserbeseitigungskonzepte.

In diesem Beitrag soll kurz die Situation der Abwasserentsorgung umrissen, ein sinnvolles Vorgehen zur Planung skizziert und an einigen Beispielen dargestellt werden. Die hier auszugsweise vorgestellten Untersuchungen beziehen sich auf das Land Niedersachsen und wurden von der niedersächsischen Landesregierung unterstützt (FEHR et al. 1990, SCHÜTTE 1991). Die Ergebnisse sind jedoch auf andere Bundesländer (mit gewissen Einschränkungen auch auf die neuen Bundesländer) übertragbar.

## 2. Stand der Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum

*Entwicklung des Anschlußgrades der Einwohner an die öffentliche Abwasserbeseitigung*

Durch eine intensive Bautätigkeit ist der Anschlußgrad der Einwohner an die öffentliche Abwasserbeseitigung in den untersuchten Landkreisen Niedersachsens von 59% im Jahre 1980 auf 76% im Jahre 1988 gesteigert worden (gesamter Landesdurchschnitt 86%). Hierdurch wurden 166 000 EW neu an die öffentliche Abwasserbeseitigung angeschlossen.

Das restliche Abwasser wird in ca. 275 000 privaten Kleinkläranlagen behandelt. Die in Niedersachsen anfallenden Abwasserfrachten teilen sich folgendermaßen auf:

Klein-Kläranlagen	< 50 EW	ca. 1,4 Mio EW
Kommunale Kläranlagen	< 10.000 EW	ca. 1,9 Mio EW
Kommunale Kläranlagen	> 10.000 EW	ca. 11,7 Mio EW
Summe aller Kläranlagen (Stand 1988)		ca. 15,0 Mio EW

*Reinigungsleistung der Abwasserentsorgung im ländlichen Raum*

Die Reinigungsleistung der über 1000 kommunalen Kläranlagen in Niedersachsen konnte von 89,4% (1980) auf 97% (1987) bezogen auf den BSB<sub>5</sub> erheblich verbessert werden. Die untersuchten Kläranlagen verfügen über eine hohe Leistungsfähigkeit, jedoch zeigt ein Vergleich mit ausgewählten, modernen Anlagen, daß sich bei allen Kläranlagentypen weitere Verbesserungen erzielen lassen. (vgl. Tab. 1, nächste Seite).

Für Anschlußgrößen bis 1000 EW erreichen vor allem unbelüftete Teichanlagen und Pflanzenkläranlagen (Typ „bepflanzter Bodenfilter“) Ablaufkonzentrationen, die selbst die Mindestanforderungen für Großkläranlagen unterschreiten. In der Kläranlagengrößeklasse bis 500 EW Anschlußgröße werden überdurchschnittlich schlechte Betriebsergebnisse erzielt. Dies ist auf nicht ausreichend gewartete Kompaktanlagen (Systemanlagen) zurückzuführen. In diesem Größenklassenbereich ist eine Kläranlagensanierung erforderlich.

Für den Bereich der Kleinkläranlagen sind vertiefende Auswertungen vorgenommen worden (FEHR et al. 1990; SCHÜTTE 1991), die zu folgenden Ergebnissen geführt haben:

- Ca. 90% der Kleinkläranlagen bestehen aus Mehrkammergruben mit nachgeschalteten Untergrundverrieselungen oder Sandfiltergräben. Diese weisen ein unbefriedigendes Leistungsbild auf. Über 50% dieser Anlagen entsprechen nicht den Regeln der Technik und sind als Sanierungsbedürftig anzusehen.

- Als einzuhaltender Reinigungsstandard wird für sämtliche biologische Nachreinigungsstufen eine Mindestanforderung von CSB < 150 mg/l und BSB<sub>5</sub> < 40 mg/l für die Einleitung in ein Gewässer angestrebt. Technisierte Kleinkläranlagen erreichen diese Werte nur zu 67% (Belebungsanlagen) bzw. 80% (Tropfkörperanlagen). Hierfür ist vor allem eine ungenügende Wartung seitens der Betreiber verantwortlich.
- Eine weitergehende Abwasserreinigung (Stickstoff- und Phosphorelimination ist bei Kleinkläranlagen zuverlässig nur mit bepflanzten Bodenfiltern und Teichanlagen zu erzielen. Diese Anlagen sind nur in geringem Maße technisiert und daher weniger störanfällig.

**3. Vorgehen zur Optimierung der Abwasserentsorgung**

Um zu einer optimierten Abwasserentsorgung für einen Gemeindeteil o.ä. zu gelangen, ist es nicht angebracht, eine Standardplanung „aus der Schublade zu ziehen“. Vielmehr sind schon auf der Vorplanungsebene verschiedene Möglichkeiten zu untersuchen und zu diskutieren.

Die Vorplanung sollte dabei drei Bestandteile aufweisen:

**A: einzusetzende Technologie**

Wesentliche Aspekte sind neben der Reinigungsleistung auch die Prozeßstabilität, die Betriebssicherheit (Kanalisation und Kläranlage) und die Bau- und Betriebskosten. Einsetzbare Technologien sind:

**Entwässerungsverfahren**

- Freigefällekanal
- Druckentwässerung
- Unterdruckentwässerung
- Sonderverfahren

**Ortskläranlagen**

- mechanisch-biologische KA (Belebungs-, Tropfkörper)
- Oxidations- und Belebungsgraben
- belüfteter Abwasserteich
- natürlich belüfteter Abwasserteich
- Pflanzenkläranlage

**Kleinkläranlagen**

- Belebungs-/Tropfkörperanlage
- Pflanzenkläranlage
- Sandfiltergraben
- Teichkläranlage
- Untergrundverrieselung
- sonstige (Tauchkörper, Filterschacht etc.)

**B: Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen**

Um die Wirtschaftlichkeit der Varianten beurteilen zu können, sind im ersten Schritt sämtliche Baukosten (auch Grundstücksentwässerung, eventuelle Kläranlagenerweiterung) und Betriebskosten mit möglichst regionsspezifischen Preisen zu ermitteln.

Um zu aussagefähigen und später verwendbaren Ergebnissen (Gebührenberechnung) zu kommen, ist ein Verfahren der dynamischen Wirtschaftlichkeitsberechnung zu verwenden (FEHR 1992). Durch Kostenempfindlichkeitsanalysen, z.B. unter Variation von Nutzungsdauern, Zinssätzen, Planungszeiträumen etc., lassen sich Schwachstellen der Varianten hinsichtlich der Bau- und Betriebskosten ermitteln.

**C: Umweltauswirkungen**

Im Rahmen der Ermittlung der Umweltauswirkungen verschiedener Abwasserentsorgungsvarianten ist eine Vielzahl von Aspekten zu beachten. Je nach regionalen Anforderungen oder Bedingungen sind hier die Schwerpunkte zu setzen. Zu untersuchen sind z.B. die Auswirkungen von Kanalisations- und Anlagenbau, Lärm-, Geruchs- und Wasseremissionen und Störfällen auf das Gewässer, auf spezielle aquatische und terrestrische Biotope, auf den Erholungswert der Landschaft etc.

Es ist nicht sinnvoll, die Ergebnisse bei der oben skizzierten Bewertung möglicher Entsorgungsvarianten zahlenmäßig darzustellen, also quasi zu benoten. Vor- und Nachteile der Varianten sollten vielmehr in leicht verständlicher Form dargestellt werden, um sie in den entscheidenden Gremien und der betroffenen Öffentlichkeit diskutieren zu können.

nen. Durch dieses Vorgehen ist zumindest die Möglichkeit gegeben, hinsichtlich der Abwasserentsorgung zu einer mehrheitlich getragenen Konsensentscheidung zu gelangen.

**4. Gewässerbelastungen aus Kleinkläranlagen**

In der nachfolgend beschriebenen Berechnung soll eine Einschätzung und Beurteilung der aus Kleinkläranlagen und kommunalen Kläranlagen emittierten Frachten gegeben werden. Die Frachtenbetrachtung ermöglicht letztlich erst die Beurteilung der einzelnen Kläranlagen-Größenklassen hinsichtlich ihrer Relevanz für eine Gewässerbelastung. Mit der hier wiedergegebenen niedersachsenweiten Auswertung lassen sich zwar keine regionalen Belastungsschwerpunkte festlegen, allerdings können hierdurch zunächst einmal generelle Zielvorstellungen abgeleitet werden. In Abb. 1 sind die durchschnittlich emittierten Frachten für 1987 dargestellt. Für Kleinkläranlagen (KKA) ist ein Schwankungsbereich angegeben, der auf den Ablaufwerten von Filtergräben und Verrieselungen etc. (Fall A: minimale Emission) bzw. von Ausfallgruben (Fall B: maximale Emission) basiert. Die tatsächlich in die Gewässer emittierten Frachten werden also in ihrer Größenordnung zwischen oberem und unterem Wert liegen.

Die Berechnung zeigt, daß den Kleinkläranlagen mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte, da immerhin bis zu 54% der in die Gewässer eingeleiteten Gesamtfracht des BSB<sub>5</sub> aus Anlagen dieses Größenklassenbereichs stammen können. Verbesserungsmaßnahmen bei diesen Anlagen erscheinen vorrangig, um eine Reduzierung der organi-

**Tab. 1: Leistungsvergleich der Kläranlagen im ländlichen Raum (Vergleich von Mindestanforderungen mit Ablaufwerten optimierter Anlagen)**

Kommunale Kläranlagen	Größenklasse EW	Überwachungswerte			Betriebsmittelwerte		
		CSB mg/l	BSB <sub>5</sub> mg/l	NH <sub>4</sub> -N mg/l	CSB mg/l	BSB <sub>5</sub> mg/l	NH <sub>4</sub> -N mg/l
Belebungsanlage*	< 20000	90	20	10	55	10	5
Belüfteter Teich**	< 5000	110	25	-	57	3	34
Unbelüfteter Teich	< 1000	150	40	-	34	3	4
Pflanzenkläranlage	< 1000	150	40	-	27	4	9
<b>Kleinkläranlagen***</b>							
Belebungs-/Tropfkörper	< 50	150	40	-	110	20	30
Pflanzenkläranlage	< 50	150	40	-	45	7	18
Filtergraben	< 50	150	40	-	44	4	30
Teichanlage	< 50	150	40	-	70	15	12

\* ATV-Leistungstabelle

\*\* mit Simultanfällung

\*\*\* nach SCHÜTTE 1991

schen, sauerstoffzehrenden Emissionen herbeizuführen. Welche Maßnahmen dabei den größten Effekt erzielen, soll im folgenden dargestellt werden. Dabei werden die Auswirkungen eines erhöhten Anschlußgrades der Bevölkerung und gleichzeitiger Sanierung aller Kleinkläranlagen mit dem Beibehalt des derzeitigen Anschlußgrades und Sanierung aller Kleinkläranlagen verglichen. Folgende Szenarien sind berechnet worden:

**Variante I:**

- a) Nitrifikation für Kläranlagen ab 1000 EW mit  $\text{NH}_4\text{-N} < 10 \text{ mg/l}$  im Ablauf,
- b) Phosphatelimination bei Kläranlagen ab 10000 EW mit  $\text{PO}_4\text{-P} \leq 2 \text{ mg P/l}$  bei Kläranlagen ab 10000 EW und  $\text{PO}_4\text{-P} \leq 1 \text{ mg P/l}$  bei Kläranlagen ab 100000 EW,
- c) Erhöhung des Anschlußgrades von 86% auf 92%, d.h. zusätzlicher Anschluß von 700000 EW,
- d) Sanierung der restlichen Kleinkläranlagen (ca. 700000 EW) durch Instandsetzung und Nachrüstung mit biologischer Nachbehandlung.

**Variante II:**

- a) wie Variante I,
- b) wie Variante I,
- c) kein zusätzlicher Anschluß,
- d) wie Variante I, aber Sanierung der Kleinkläranlagen für 1400000 EW.

In Abb. 2 sind die beiden Varianten dem IST-Zustand gegenübergestellt, wobei für den IST-Zustand die Maximalfracht aus den Kleinkläranlagen angenommen wurde. In Variante I sind 700000 EW an die Kläranlagen < 10000 EW zusätzlich angeschlossen (Gesamtsumme 2600000 EW). Als durchschnittlich erreichbare Ablaufkonzentrationen der Kleinkläranlagen werden angenommen:

- CSB  $\leq 150 \text{ mg/l}$ ,
- BSB<sub>5</sub>  $\leq 40 \text{ mg/l}$ ,
- $\text{NH}_4\text{-N} \leq 45 \text{ mg/l}$ ,
- $\text{PO}_4\text{-P} \leq 15 \text{ mg/l}$ .

Gut gewartete und arbeitende Kleinkläranlagen erreichen wesentlich bessere Ablaufwerte. Die obigen Annahmen stellen also die untere Leistungsgrenze für Kleinkläranlagen mit biologischer Nachbehandlung dar.

Es wird deutlich, daß der Verzicht auf die Erhöhung des Anschlußgrades möglich ist, ohne der Umwelt wesentlich mehr Belastungen zuzuführen (Var. I/II). Beide Sanierungsvarianten sind hinsichtlich der Umweltauswirkungen (Emissionsbetrachtung) ungefähr gleichwertig.

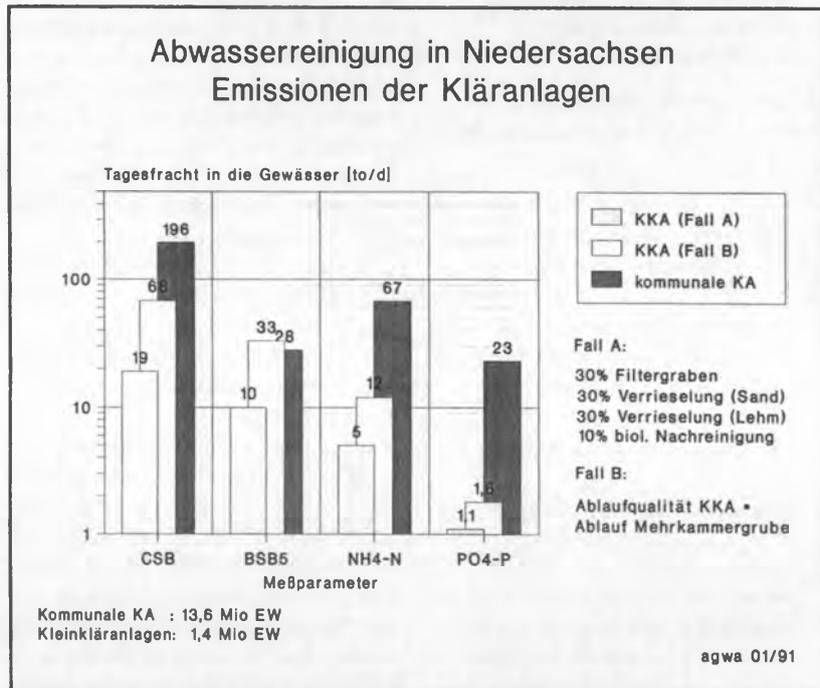


Abb. 1: In die Gewässer eingeleitete Tagesfrachten aus niedersächsischen Kläranlagen (IST-Zustand 1987)

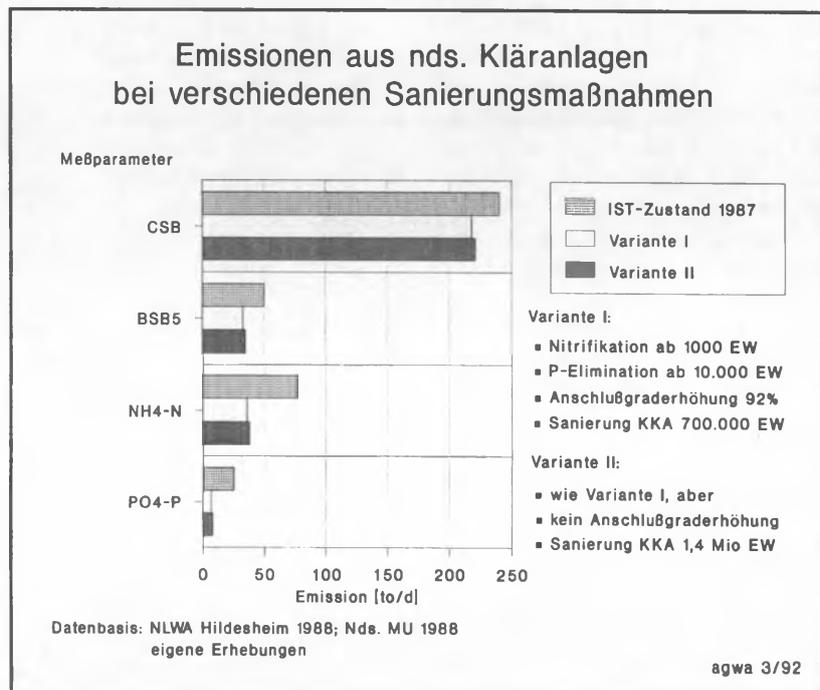


Abb. 2: Vergleich der in die Gewässer eingeleiteten Tagesfrachten aus niedersächsischen Kläranlagen bei unterschiedlichen Sanierungsmaßnahmen

**5. Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Abwasserentsorgung im ländlichen Raum**

**5.1 Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zum Anschluß von Streusiedlungen**

Aus der Vielzahl der denkbaren Kombinationen, wie sie im ländlichen Raum in der Abwasserbeseitigung anzutreffen sind, können drei wesentliche Konfigurationen genannt werden:

1. Es besteht eine größere Kläranlage (> 10000 Einwohner) und eine Vielzahl von Streusiedlungen (Kleinkläranlagen). Es ist zu entscheiden, ob die Streusiedlungen kanalisiert und angeschlossen werden.
2. Es bestehen mehrere kleine Kläranlagen (mehrere 1000 Einwohner Anschlußgröße). Es ist zu entscheiden, ob diese kleineren Kläranlagen zu einer größeren Kläranlage zusammengefaßt werden.
3. Es besteht eine größere Kläranlage (> 10000 Einwohner), mehrere kleinere Kläranlagen und eine Vielzahl Kleinkläranlagen. Es ist zu entscheiden, welche kleine Kläranlage und Kleinkläranlage aufgelöst und mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand an die größere Kläranlage angeschlossen werden kann.

Diesen drei Fällen gemeinsam ist, daß jeweils Kosten für eine eigenständige Kläranlage (Neubau oder Erweiterung) zu vergleichen sind mit den Kosten für Pumpwerk und Druckleitungen. Der Bau von Ortskanalisationen, der in der Praxis die größten Kosten verursacht, soll im folgenden Beispiel unberücksichtigt bleiben, da er in diesen Alternativen in gleicher Höhe anzusetzen ist und somit keine Kostenvorteilhaftigkeit für die eine oder die andere Variante erbringen kann. Das gewählte Berechnungsbeispiel kann folgendermaßen skizziert werden:

Es wird davon ausgegangen, daß im Kernbereich eines Gemeindegebietes eine Kläranlage für 10000 EW vorhanden ist. Diese Kläranlage entspricht modernen Anforderungen, d.h. eine Nitrifikation und eine betrieblich erforderliche Denitrifikation sowie eine Phosphatelimination werden betrie-

ben. Für den Anschluß eines kleineren Ortsteils ist noch eine Kapazitätsreserve vorhanden, so daß keine Erweiterung dieser Zentralkläranlage erforderlich ist. In diesem Fall betragen die Mitbehandlungskosten der angeschlossenen Einwohner an diese zentrale Kläranlage etwa 35,- DM/EW\*a. Angeschlossen werden soll eine Gemeinde mit a) 500 bis b) 2000 Einwohnern.

Im Fall a) besteht bei der dezentralen Klärtechnik eine Wahlmöglichkeit zwischen unbelüftetem Teich, belüftetem Teich, Oxydationsgraben und Pflanzenkläranlage. Im Fall b) wäre ein Oxydationsgraben eine realistische Alternative.

Untersucht werden soll, ob aus wirtschaftlicher Sicht ein Anschluß des kleineren Gemeindeteils an die Zentralkläranlage sinnvoll ist. Hierzu werden die Entfernungen der beiden Ortsteile zwischen 500 und 8000 m variiert. Die erforderlichen Kläranlagen wurden überschlägig bemessen und deren Bau- und Betriebskosten ermittelt. Für die unterschiedlichen Leitungslängen der Verbindungsleitung und das dazugehörige Druckpumpwerk ergeben sich unterschiedliche Leitungsdurchmesser und Pumpwerksgrößen. Für die untersuchten Entfernungen erfolgte eine überschlägliche Bemessung anhand der ATV-Richtlinien.

Mit Hilfe einer EDV-gestützten Wirtschaftlichkeitsrechnung wurden folgende Einflußgrößen untersucht:

- Abhängigkeit der Annuitäten von Zinssatz und Entfernung,
- Abhängigkeit der Annuitäten von Anschlußgrößen und Entfernung,
- Abhängigkeit der Annuitäten von den Mitbehandlungskosten,
- Abhängigkeit der Annuitäten vom Abschreibungssatz,
- Abhängigkeit der Annuitäten vom Kläranlagentyp.

Die Zinssätze wurden zwischen 3 und 8,5% variiert. Als sinnvolle Planungszeiträume bieten sich 30 Jahre und 50 Jahre an. Die Abschreibungsdauer für die Druckleitung wurde zu 40 Jahren bis 60 Jahren angesetzt. Die Untersuchungen sind in FEHR 1992 ausführlich dargestellt.

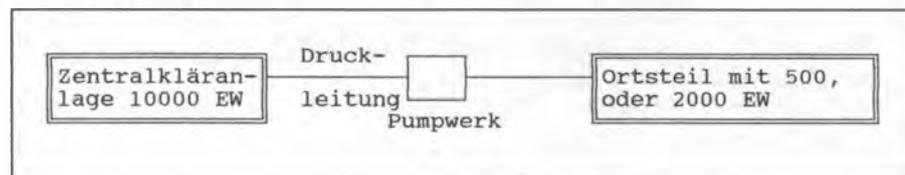


Abb. 3: Untersuchtetes Planungsbeispiel

Wie in Abb. 4 zu erkennen ist, muß zwischen kleineren und größeren Anschlußgrößen unterschieden werden, da bei kleineren Anschlußgrößen sehr wirtschaftliche Klärverfahren wie unbelüftete Teichanlagen oder Pflanzenkläranlagen eingesetzt werden können. In diesem Fall ist eine Anschlußentfernung von 1 500 bis 2 500 m wirtschaftlich vertretbar. Belüftete Teiche sind hiernach eher als unwirtschaftliche Verfahren anzusehen, zumal auch deren Reinigungsleistung wenig zufriedenstellend ist. Bei größeren Anschlußgrößen kommen in der Regel auch höher technisierte Verfahren zur Anwendung, die durch höhere Betriebskosten auch zu höheren Jahreskosten führen. In diesem Fall können auch Anschlußentfernungen zwischen 3.500 bis 8.000 m wirtschaftlich sein.

Aus den Berechnungen kann abgeleitet werden, daß (in Verbindung mit Tab. 1) unbelüftete Abwasserteiche und Pflanzenkläranlagen als leistungsfähige und wirtschaftliche Klärverfahren angesehen werden können.

**5.2 Wirtschaftlichkeit von Kleinkläranlagen**

Wie schon in Abschnitt 2 und 4 dargelegt, werden Kleinkläranlagen auch in Zukunft einen wesentlichen Beitrag zur Abwasserreinigung leisten müssen. Daher sind Technologie und Kosten aufgeschlüsselt nach Kleinkläranlagentypen mittels einer Umfrage (ergänzt

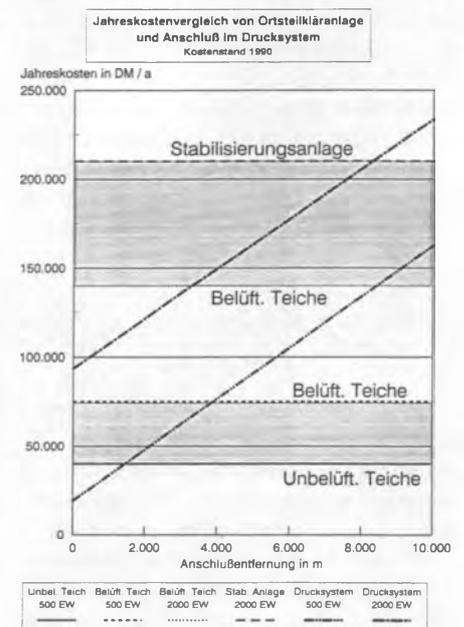


Abb. 4: Jahreskostenvergleich von verschiedenen Ortsteilkläranlagen mit einem Anschluß über Druckleitung an eine zentrale Kläranlage (Kostenstand 1990)

durch eine Literatursauswertung) recherchiert worden. Bei den Investitionskosten sind jeweils Neubaukosten für Komplettsysteme incl. Vorbehandlung erfaßt worden. Diese sind unter der Annahme kalkuliert worden, daß der gesamte Bau von einem Bauunternehmen durchgeführt wird. Die Herstellkosten für eine Hauskläranlage für 4 EW liegen demnach bei 1 800 bis 2 800 DM/EW und reduzieren sich auf 800 bis 2 300 DM/EW, wenn eine geeignete Vorklärung bereits vorhanden ist.

Bei den Betriebskosten wurden ebenfalls die anzusetzenden laufenden Kosten recherchiert und sinnvoll ergäntzt.

Die Betriebskosten enthalten unter anderem Kosten für

- Fäkalschlammabfuhr und -behandlung
- Energie
- Wartung über Wartungsverträge
- Überwachung
- Eigenkontrolle

Auf der Grundlage der ermittelten Bau- und Betriebskosten sind Jahreskosten für Kleinkläranlagen kalkuliert worden, die in Abb. 5 dargestellt sind. Es sind relativ kurze Abschreibungszeiträume angesetzt worden, und zwar: siehe nächste Spalte.

**Tab. 2:**  
**Nutzungsdauer für Kleinkläranlagen**

	Nutzungsdauern und Anteil BT und MT in %			
	BT in a		MT in a	
		%		%
VK + PKA	20	85	7,5	15
VK + SF	10	100	-	0
VK + BB	15	75	7,5	25
VK + TK	15	85	7,5	15
VK	15	100	-	0

Belebungs- und Tropfkörperanlagen müssen als kostenintensiver angesehen werden, als weniger technisierte Verfahren. Die Ursache liegt in der erforderlichen, häufigen Wartung und Eigenkontrolle. Die weniger technisierten Verfahren weisen nur geringe Betriebskostenunterschiede auf (300 bis 400 DM/E · a). Bei einer gering technisierten Hauskläranlage für 4 EW ergeben sich Jahreskosten von 2 200 bis 2 900 DM/a und Anschluß (das entspricht ca. 12,50 bis 16,50 DM/m<sup>3</sup>). Je größer die Anlagen werden, umso geringer werden die spezifischen Kosten, insbesondere die Betriebskosten.

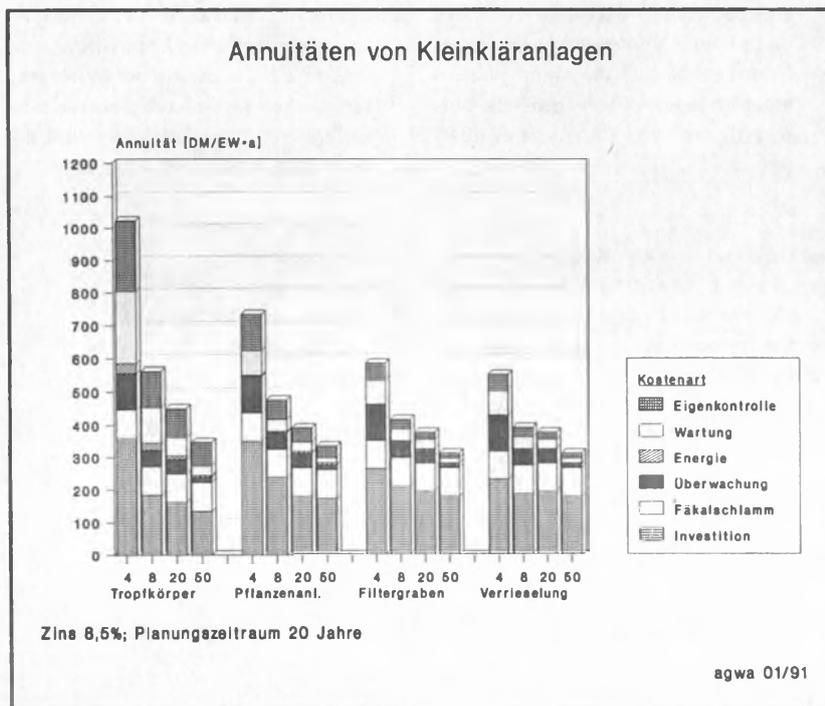
Parallel wurden Annuitäten für einen Kanalanschluß im Freigefälle berechnet. Für einen 4-Personen-Haushalt errechnen sich bei 5 000 bis 8 000 DM/EW die Annuitäten zu 2 400,- DM/a und Anschluß. Hierzu sind noch Mitbehandlungskosten in einer Zentralklä-

anlage hinzu zu addieren (ca. 35 DM/EW\*a), so daß der Betrieb einer Kleinkläranlage als Pflanzenkläranlage oder Sandfilteranlage im Vergleich zu einem Anschluß (bei den oben genannten Anschlußkosten) etwa gleich teuer anzusetzen ist.

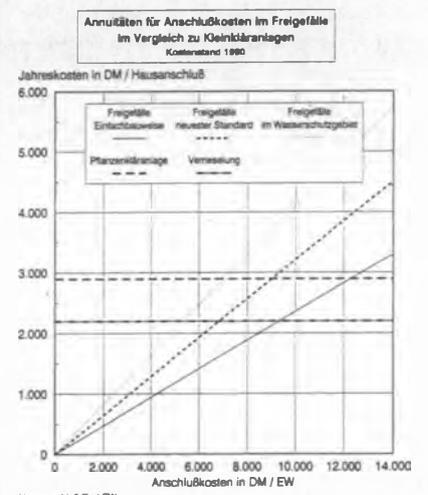
**6. Zusammenfassung der Ergebnisse**

Am Beispiel des Landes Niedersachsen wurde dargelegt, daß auch in Zukunft ein nicht vernachlässigbarer Anteil der Bevölkerung über Kleinkläranlagen und kleinere Kläranlagen zu entsorgen sein wird, und insofern ein Anschlußgrad von 100% nicht zu erzielen ist. Anhand einer statistischen Auswertung von über 1 000 Kläranlagen und den gängigsten Kanalisationsverfahren werden Leistungsfähigkeit und Leistungsparameter sowie Optimierungsansätze der Abwasseranlagen im Streusiedlungsbereich ermittelt. Es zeigte sich, daß sich bei allen Verfahren Verbesserungen erzielen lassen, die noch nicht Eingang in die allgemein anerkannten Regeln der Technik gefunden haben. Als wesentliche Ergebnisse der Arbeit sind festzuhalten:

1. Zur Zeit existiert keine allgemein anerkannte Definition der Begriffe „zentrale“ und „dezentrale“ Abwasserbeseitigung. Die Vielfalt der Kriterien, die zu einer Entscheidung „zentral oder dezentral“ füh-



**Abb. 5:** Jahreskosten für Kleinkläranlagen



**Abb. 6:** Jahreskosten für den Bau und Betrieb einer Ortskanalisation im Vergleich zu Kleinkläranlagen (Kostenstand 1990).

ren können, verhindern eine einfache und allgemeinverständliche Begriffsdefinition. Aus wirtschaftlicher Sicht ist der Bau einer Ortskanalisation als entscheidender Schritt zu sehen. Daher bietet es sich an, lediglich den Betrieb von Kleinkläranlagen als dezentrale Abwasserreinigung zu bezeichnen.

2. Moderne Kleinkläranlagen und kleine Kläranlagen (bis 1000 EW) verfügen über eine hohe Abbauleistung. Die These, daß größere Kläranlagen bessere Reinigungsleistungen aufweisen, ist in dieser pauschalen Form zumindest für optimierte Neuanlagen unzutreffend. Eine Entscheidung für einen Anschluß sollte daher stets mit ökologischen (z.B. unzureichende Vorflut) oder wirtschaftlichen Argumenten begründet werden.
3. Eine hohe Betriebssicherheit ist bei kleinen Kläranlagen nur durch eine intensive Wartung und Pflege zu erzielen. Die hiermit verbundenen Betriebskosten sind erheblich und bestimmen die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen entscheidend. Die These, daß eine zentrale Abwasserreinigung wirtschaftlicher sei als eine dezentrale, ist in dieser pauschalen Form allerdings unzutreffend. Eine sachgerechte Entscheidung kann nur im Einzelfall erfolgen. Bei Baukosten für Freigefällesysteme von 6000 bis 8000 DM/EW ergeben sich vergleichbare Jahreskosten wie für Kleinkläranlagen.
4. Bei einer Investitionsentscheidung im Rahmen eines Abwasserbeseitigungskonzeptes im ländlichen Raum auf der Basis einer Gebührenkalkulation ergeben sich für die Kommunen erhebliche Ermessensspielräume (vgl. auch GELLERT 1991; RUDOLPH und GELLERT 1989; RUDOLPH 1990). Auch hieraus folgt, daß sachge-

rechte Investitionsentscheidungen nur Einzelfallentscheidungen sein können, die die spezifischen Verhältnisse in einer Kommune berücksichtigen.

5. Bei einer technischen Planung für Kanalisations- und Kläranlagensysteme ergeben sich im Einzelfall eine Fülle von Optimierungsmöglichkeiten, die zu deutlichen Kostensenkungen führen können (vgl. FEHR 1992). Für den ländlichen Raum ist deshalb von „Standardlösungen“ abzuraten.
6. Wartung und Überwachung der Kleinkläranlagen sollten zusammengelegt werden. Wie die Datenauswertung allerdings gezeigt hat, ist durch eine weitere analytische Überwachung kein Erkenntnisgewinn mehr zu erzielen. Daher könnte bei sichergestellter Wartung auf eine behördliche Überwachung größtenteils verzichtet werden.
7. Da eine zuverlässige Wartung der Kleinkläranlagen von den Wasserbehörden nicht sichergestellt werden kann, sollten die Kommunen mit dieser Aufgabe betraut werden. Diese könnten sich dann zur Erfüllung ihrer Pflichten gegebenenfalls auch privater Überwachungsfirmen bedienen (Schorneinfegermodell; ein entsprechender Modellversuch ist in Niedersachsen in Vorbereitung). Ein solches Modell würde auch die Wartungskosten erheblich reduzieren und damit die Wirtschaftlichkeit von Kläranlagen verbessern.

Abschließend sei nochmals darauf hingewiesen, daß mit optimierten Kleinkläranlagen (und kleinen Kläranlagen) vergleichbare Reinigungsleistungen wie bei größeren Anlagen erreicht werden können.

#### Literatur

- Fehr et. al. (1990):* Studie zur Optimierung abwassertechnischer Planungen im ländlichen Raum; Gutachten im Auftrag des niedersächsischen Umweltministeriums, unveröffentlicht; 1990.
- Fehr; Schütte (1991):* „Leistungsfähigkeit intermittierend beschickter, bepflanzter Bodenfilter“. in: Das Gas- und Wasserfach - Wasser - Abwasser H.4 Bd. 132 (1991) S. 207 - 213.
- Fehr (1992):* Entwicklung eines Bewertungsverfahrens zur Frage der zentralen oder dezentralen Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum. in: Reihe Wasser und Umwelt, Universität Witten/Herdecke, Bd. 5 (1992).
- Gellert (1991):* Kostensenkungspotentiale in der kommunalen Abwasserbeseitigung unter besonderer Berücksichtigung der Organisationsform, in: Reihe Wasser und Umwelt, Universität Witten/Herdecke, Bd. 4 (1991).
- Rudolph und Gellert (1989):* „Zum Ermessenspielraum bei der Berechnung kommunaler Abwassergebühren“. in: Korrespondenz Abwasser H.2, (1989) S. 157 - 165.
- Rudolph (1990):* „Abwasserableitung im ländlichen Raum - Ergebnisbericht“. Hrsg.: Der Minister für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (1990).
- Schütte (1991):* „Untersuchung von Kleinkläranlagen im ländlichen Raum Niedersachsens mit der Zielsetzung der verfahrenstechnischen Optimierung bei Neubau und Sanierung“. Im Auftrag des Nds. Landesamtes f. Wasser und Abfall (1991).

#### Anschrift der Verfasser:

Dr.-Ing. Günter Fehr  
Dipl.-Ing. Heino Schütte  
Ingenieurgemeinschaft agwa  
Vahrenwalderstraße 7  
3000 Hannover 1

# Erfahrungen beim Einsatz und langjährigen Gebrauch von Komposttoiletten

von Uwe Jensen

Sehr geehrte Tagungsteilnehmer  
Ich möchte versuchen, unsere Erfahrungen mit Kompostierungstoiletten von der Planung über die Genehmigung, einer Beschreibung des Behälters, den Einbau, die Funktionsweise, Nachteile / Vorteile und einen Ausblick auf weiteren Einsatz der Anlagen zu beschreiben.

## 1. Planung

Der Bau der „Ökologischen Siedlung Allerhöhe“ wurde von der Hamburger Architektenkammer angeregt und von der FHH/Baubehörde als zunächst zweistufiges Obergutachterverfahren für ein Pilotprojekt geplant. Beteiligt waren fünf Architektengruppen, die verschiedene ökologische Aspekte in ihre Planungen aufgenommen hatten. Auf insistieren der in den Verfahrensstufen beteiligten Nutzer, wurde der Einsatz von Komposttoiletten und der Bau einer Pflanzenkläranlage für die gesamte Siedlung zwingend vorgeschrieben.

## 2. Genehmigung

Obwohl die Baubehörde Hamburg dieses Pilotprojekt besonders unterstützte, hatten die Genehmigungsbehörden gewisse Schwierigkeiten mit der Zulassung der Komposttoiletten und der Pflanzenkläranlage. So sagte ein Vertreter der Gesundheitsbehörde Pest, Cholera, Geruchsbelästigungen und den Untergang der zivilisierten Gesellschaft voraus. Erst ein Gutachten des Hygieneinstituts auf der Grundlage von Proben aus schwedischen Komposttoiletten, bescheinigte, daß der Kompost bessere Qualität hat als Hamburger Gartenerde und frei von Erregern sowie gesundheitsgefährdenden Bakterien ist. Die Bauprüfabteilung genehmigte schließlich den Einbau widerruflich für den Fall der Gefährdung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung, sowie mit Befreiungen nach § 55 Abs. 7 für den Abort ohne Wasserspülung, sowie der Ausnahme vom gleichen § für die Beseitigung der Abgänge ohne Systemkübel unter dem Vorbehalt des Widerspruchs.

## 3. Kompostbehälter (Abb. 1)

Die Anlage besteht aus einem zweischaligen, glasfaserverstärkten und gedämmten Behälter, der dem Vorbild des Clivus Multrum aus Schweden nachempfunden ist, in seinem

Aufbau aber wesentlich verbessert und stabilisiert wurde und durch den Einbau von seitlichen Flüssigkeitsabscheidern wesentlich leichter zu warten ist. An dem Behälter können bis zu vier Anschlüsse aus verschiedenen Geschossen angeschlossen werden. Je nach Anzahl der Zusatzeinschübe kann die Anlage bis zu sechs Personen entsorgen. Die Vier-Personen-Anlage faßt etwa drei cbm (siehe nachstehende Detailbeschreibung und technische Daten in Anlage 1).

## 4. Einbau

Der Einbau des Behälters ist bei Beachtung der Transportmaße, von 2 bis 3 Personen relativ leicht zu bewältigen. Das Zusammenbauen des Kompostbehälters sollte vor dem Aufstellen an seinem endgültigen Standort durchgeführt werden, wobei die Befestigungsschrauben gleichmäßig angezogen werden müssen um eine gute Dichtigkeit zu gewährleisten. Bei der Planung und beim Bau des Hauses müssen die Lage der Fallrohre (immer senkrecht) und des Abluftrohrs (möglichst senkrecht) immer wieder überprüft werden.

## 5. Funktionsweise

Nach dem Anlegen des Starterbettes sollte die Beschickung behutsam und gleichmäßig (auch Garten- und Küchenabfälle) erfolgen, wobei zunächst auf das Einbringen von Obstabfällen verzichtet werden sollte, um Obstfliegen zu vermeiden. (Dieses ist nach Entwicklung der Biologie nicht mehr notwendig.) Auf ein offenes Zwischenlagern von Küchenabfällen muß grundsätzlich verzichtet werden, um Stubenfliegen nicht die Möglichkeit der Eiablage zu geben. Jetzt kann die Komposttoilette wie ein normaler Komposthaufen funktionieren, eine geregelte Luftzufuhr und Ableitung sowie die Umgebungstemperatur von etwa 18° C ist für die Funktionsweise günstig.

## 6. Wartung/Betrieb

Die Entnahme des ersten reifen Kompostes erfolgt nach etwa zwei Jahren (pro Person etwa zwei 10-Liter-Eimer) und dann jeweils pro Jahr und Person 10 Liter. Die Menge des anfallenden Substrates entspricht ungefähr 10% der eingegebenen Menge. Die Reduzierung ergibt sich auf Grund des Verrot-

tungsprozesses, sie ist auch bei Komposthaufen im Freien zu beobachten und kann durch die Zugabe von Traubentrester, zeitweilige Abdeckung durch Sägespäne oder frischen Rasenschnitt unterstützt werden, wobei im Kompostkern Temperaturen von bis zu 80° C erreicht werden.

Etwa vierteljährlich sollte der Stand des Sickerwassers überprüft werden und ggf. abgepumpt als Flüssigdünger bzw. zur Befuchtung des Kompostes benutzt werden. Die gelegentliche Zugabe von Steinmehl kann sinnvoll sein.

## 7. Erfahrungen / Probleme / Vorteile

Nach jetzt fünfjähriger Erfahrung mit der Komposttoilette sind die Anlagen von den Bewohnern und zahlreichen Besuchern aus dem In- und Ausland durchaus positiv angenommen worden. Anfängliche Fliegenbelästigungen in zwei Haushalten sind durch Überprüfung und Änderung der Beschickung beseitigt worden. Die Reduzierung des Hausmülls durch intensive Mülltrennung macht sich deutlich bemerkbar, so kommen die Bewohner im Durchschnitt mit einem 55 Liter fassenden Müllbehälter aus (halbe Tonne). Besonders deutlich ist die Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs und die damit verbundene Verringerung des häuslichen Abwassers zu bemerken (in Kombination mit einer Pflanzenkläranlage werden kostspielige Investitionen für lange Transportwege und Großkläranlagen eingespart). So liegt der tägliche pro-Kopf-Verbrauch des Trinkwassers in der Öko-Siedlung bei ca. 65 Liter gegenüber einem Normalhaushalt von etwa 150 - 170 Liter. Der Kreislauf der organischen Abfälle ist eigenverantwortlich im überschaubaren Rahmen wieder hergestellt.

## 8. Ausblicke

Der Einsatz von Komposttoiletten im größeren Umfang, insbesondere bei Einzelhäusern, kann die sich abzeichnende Verknappung und deutlich werdende Qualitätsverschlechterung des Trinkwassers zumindest auf Jahre hinauszögern. Auch die kostspielige, aufwendige und energieintensive Abwasserreinigung und die auftretende Klärschlammproblematik (mit teilweise umweltgefährdender Beseitigung) könnte zumindest eingeschränkt werden.

9. Literatur

Fogel, M.: Analysis of Stack Gases from Two Clivus Multrum Composting Chambers; Untersuchung im Auftrag von Clivus Multrum, USA, 1997

Nichols, H.W.: Analysis of Bacterial Populations in the Final Product of the Clivus Multrum; Untersuchung des Center for the Biology of Natural Systems, Washington University, St. Louis, Missouri, 1976

Fogel, M.: Chemical Analysis of Clivus Multrum Compost, Untersuchung im Auftrag von Clivus Multrum, USA 1977  
o.V. Bacterial Studies of Clivus Multrum End-products; Untersuchung im Auftrag von Clivus Multrum, USA 1977.

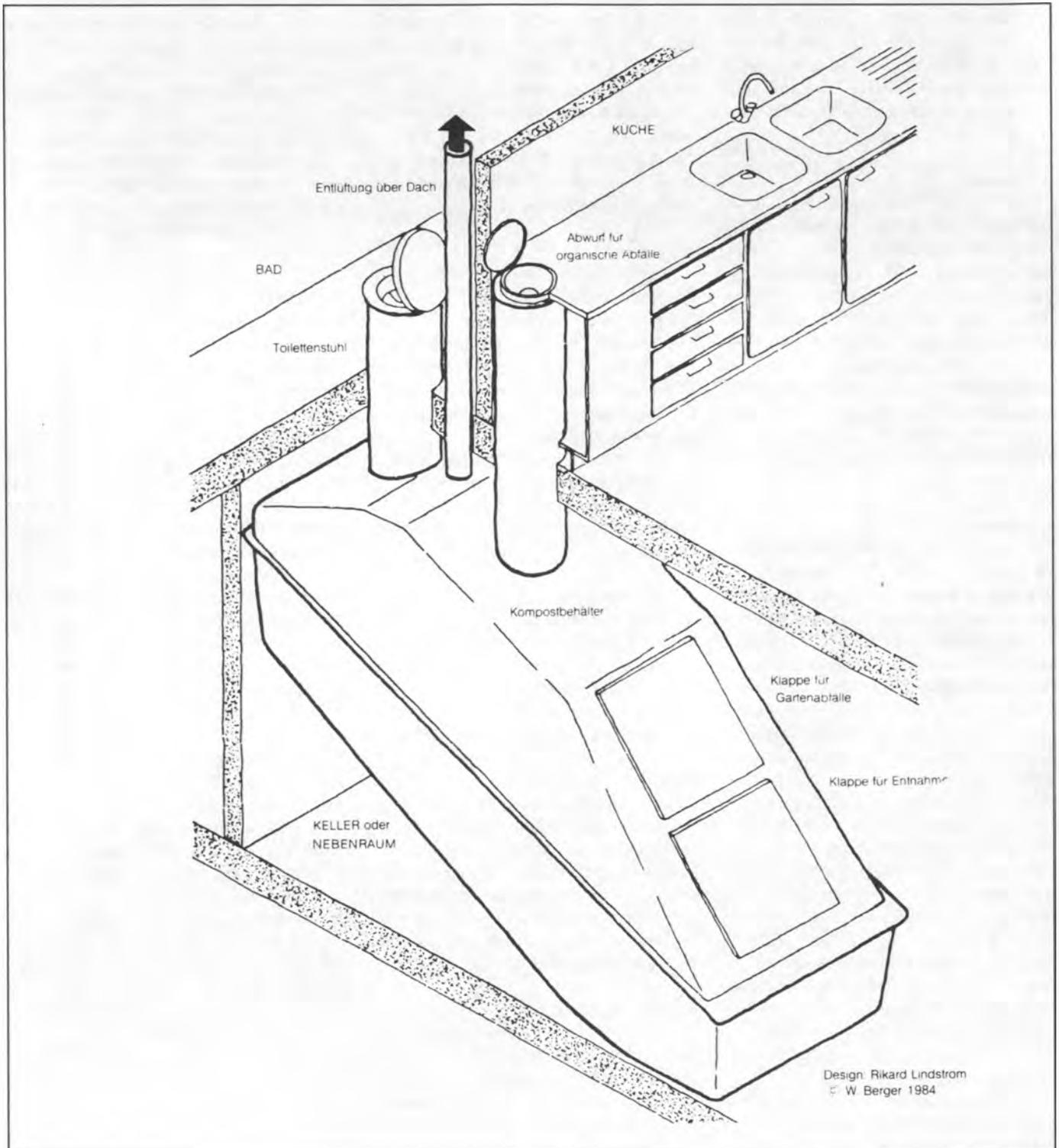


Abb. 1: Kompostbehälter, Einbau und Anschluß

**Anlage 1 (von Wolfgang Berger)**

Beschreibung einer Kompostanlage zur aeroben biologischen Umwandlung von organischen Haushaltsabfällen aus Toilette, Küche und Garten zu gartenreifem Kompost.

**1. Funktion**

Die beschriebene Kompostanlage ermöglicht die getrennte Sammlung und Verwertung von organischen Haushalts- und Toilettenabfällen (Abbildung).

**2. Einsatzbereich**

Die Kompostanlage wurde von dem Schweden Rikard Lindström entwickelt. Sie wird in Schweden seit 1964, in den USA seit 1976 serienmäßig hergestellt und ist in ca. 5000 Haushalten in Gebrauch.

Die Einrichtung dieser Kompostanlage ist geeignet für Siedlungen, Einzelhäuser, Heime und Ferienhäuser, für die keine Besielung möglich bzw. vorgesehen ist.

Vor einer Installation muß von der zuständigen Behörde eine Befreiung von etwaigen bestehenden abwasserrechtlichen Vorschriften beantragt werden. Vor allem in Gebieten, in denen mittel- und langfristig keine Besielung vorgesehen ist, dürfte die Genehmigung auf keine großen Schwierigkeiten stoßen, vorausgesetzt, daß für die Reinigung bzw. Entsorgung des Grauwassers gesorgt ist.

**3. Recycling**

*Geeignete Stoffe für die Kompostierung sind:*

- Fäkalien, Urin, Toilettenpapier, Binden, Tampons, Windeln ohne Kunststoff, Einstreu von Kleintieren, Haare.
- Essensreste, zerkleinerte Gemüse- und Obstreste, Filtersatz, Eierschalen.
- Kehricht, Staubsaugerinhalte, Papierschnitzel, Sägespäne, abgekühlte Holzasche.
- zerkleinerte Baum- und Strauchabfälle, Rasenschnitt, Laub, Pflanzenreste.

*Für die Kompostierung ungeeignet sind:*

- Glas, Keramik, Kunststoffe.

*Auf keinen Fall dürfen folgende Stoffe eingegeben werden:*

- Illustriertenpapier, Zigarettenreste, Haushaltschemikalien, Arzneimittel, Desinfektionsmittel, Schädlingsbekämpfungsmittel.

Folgende Produkte entstehen:

1. Wasserdampf und Kohlendioxid. Diese werden über ein Entlüftungssystem an die Atmosphäre abgegeben. Eine Geruchsbelästigung ist nur bei Nichteinhaltung der Gebrauchsvorschriften möglich und kurzfristig vom Nutzer regulierbar (Lit. (1)).
2. Kompost (ca. 20 Liter pro Person und Jahr) mit in der Regel guten organisch gebundenen Düngewerten. Das ausgereifte Material kann als Bodenverbesserungsmittel eingesetzt werden. Es sollte aber in hygienischer Hinsicht als zusätzliche Sicherheit nicht für die Düngung von Gemüse und anderen Nutzpflanzen verwendet werden.

**4. Verfahrensablauf**

Die Kompostierung ist ein seit Jahrhunderten bekanntes und inzwischen wissenschaftlich gesichertes Verfahren, um organische Abfallstoffe auf natürliche Weise durch die Tätigkeit luftatmender (aerober) Bakterien und Pilze in ein fruchtbares, hygienisch einwandfreies Bodenverbesserungsmittel umzuwandeln. Der Abbauprozess wird wesentlich durch das Vorhandensein von ausreichend Luft, Wärme, Feuchtigkeit und biologisch aktiver Erde bestimmt. Die Abtötung von Keimen und Viren erfolgt durch das Zusammenwirken verschiedener biologischer und chemischer Prozesse (Erwärmung, Antibiose, Nahrungskonkurrenz) während eines mindestens 2 Jahre andauernden Zersetzungs- und Reifeprozesses.

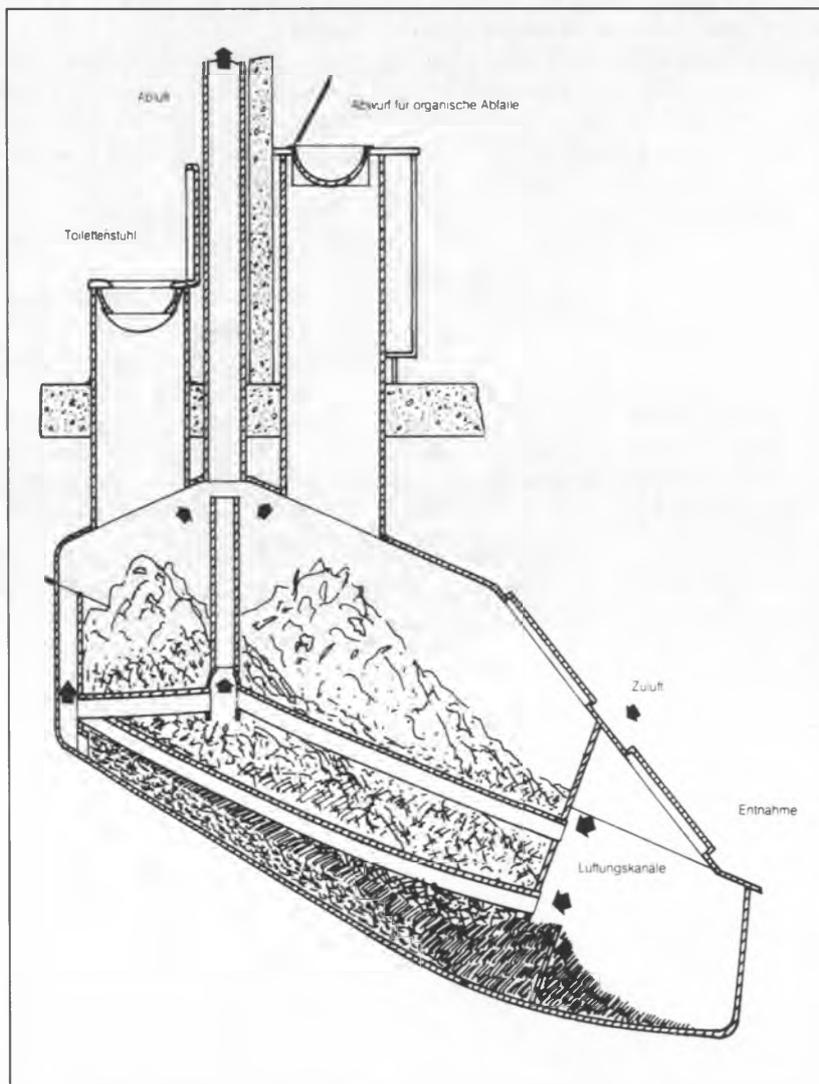


Abbildung: Kompostanlage für Haushalts- und Toilettenabfälle

Die Kompostanlage ist so konstruiert, daß dieser Prozeß, wie über 20jährige Erfahrungen mit diesem System zeigen, „hausintern“ nachvollziehbar ist. Kernstück der Anlage ist ein dichter Kompostbehälter aus glasfaserverstärktem Polyester mit ca. 3 m<sup>3</sup> Mindestinhalt. Mit ihm ist ein Toilettenstuhl, ein Entlüftungsröhr und ein Abwurf für Küchenabfälle verbunden. Vor der ersten Benutzung wird auf den geneigten Behälterboden ein Substrat aus Torf, Laub- und Humus eingebracht, das als Filter- und Speicherschicht für flüssige Bestandteile sowie als biologischer Aktivator dient. Mit fortschreitender Zersetzung gelangt das sich anhäufende Kompostmaterial, durch das Gefälle bedingt, mit eigener Schwerkraft in einen unteren Sammelraum, um dort einen natürlichen Hygienisierungs- und Reifeprozess bis zur Entnahme zu vollziehen. Dies ermöglicht einen kontinuierlichen Zersetzungsablauf, sodaß nach ca. 2 Jahren eine erste Entnahme des Kompostes erfolgen kann, ohne die Zersetzung nicht ausreichend abgebauter Stoffe zu unterbrechen. Während des Abbauvorganges findet durch Verdunstungs- und Verdauungsprozesse eine Volumenreduzierung bis ca. 1/10 der Ausgangsmasse statt. Ein spezielles Lüftungssystem, durch einen Ventilator verstärkt, sorgt für ausreichende Sauerstoffversorgung in der Kompostmasse und die Ableitung der flüchtigen Stoffe.

**5. Installationshinweise**

a) Der Toilettsitz ist mit einem selbstschließenden Sichtschutz versehen, der sich durch Belastung der Sitzbrille öffnet. Er ist als Aufsatz auch für Toilettenpedestele lieferbar.

- b) Der Abwurf für Küchenabfälle kann in die Küchenarbeitsplatte integriert werden oder separat im Toilettenraum bzw. im Nebenraum angeordnet sein.
- c) Der Behälter ist unterhalb des Toilettenstuhls und des Abwurfs anzuordnen. Für den Einbau in nicht unterkellerte Räume bietet sich bei Neubauten eine „split-level“-Lösung mit versetzten Geschoßdecken an. Der Behälter kann bei Konstruktion einer Wanne teilweise in den Boden versenkt werden.
- d) Eine Unterkonstruktion muß für ein Gefälle von 30° sorgen und die Behälterunterseite vollflächig für eine Tragfähigkeit von 1800 kg (bei einer 4-Personen-Anlage) unterstützen.
- e) Für den Transport der Behälterteile ist eine lichte Türweite von mindestens 80 cm erforderlich.
- f) Ausreichend Fläche für Wartung und Entnahme am unteren Sammelraum ist vorzusehen.
- g) Teile der Anlage, die sich außerhalb einer ganzjährig erforderlichen Umgebungstemperatur von mindestens 18° C befinden, müssen ausreichend isoliert werden. Dem Kompostbehälter muß in diesem Fall Abluft aus beheizten Räumen, Gewächshaus, Wärmespeicher u.ä. zugeführt werden.
- h) Die Entlüftung erfolgt durch einen Ventilator mit einem mindestens 1 m über Dach ragenden Dunstabzug. 2 Rohrknicke von max. 45° sind möglich.
- i) Behälter- und Toilettenraum dürfen keine mit dem Abluftsystem konkurrierende Entlüftung haben. Der Toilettenraum ist auch während der Benutzung geruchsfrei.

**6. Behältergrößen**

Personen- <sup>1)</sup> kapazität	Länge <sup>2)</sup> cm	Breite cm	Höhe <sup>2)</sup> cm
3	265	115	180
4	265	115	210
5 - 6	265	115	240

- 1) Anzahl bei ganzjähriger durchschnittlicher Benutzung
- 2) Maße im installierten Zustand

Die Kapazität bezieht sich auf Durchschnittswerte und steht in Abhängigkeit von Wärme-, Feuchtigkeits- und Luftzufuhr. Bei häufigen Überbelastungen oder bei geplantem Familienzuwachs sollte vorsorglich ein größerer Behälter gewählt werden.

**Anschrift der Verfasser:**

Uwe Jensen  
Fanny-Lewald-Ring 68  
2050 Hamburg 80

Dipl.-Ing. Wolfgang Berger  
Juliusstraße 16  
2000 Hamburg 50

# Anlagen naturnaher Abwasserreinigung als Lebensraum für Pflanzen und Tiere

von Klaus Eisenreich

## 1. Allgemeines

Durch die großflächige Beseitigung von naturnahen Strukturelementen wie Hecken, Naßwiesen, Obstgärten, Trockenrasen, die Überbauung von Flächen mit Straßen und Gebäuden, den Einsatz von Pestiziden, Düngern und schweren landwirtschaftlichen Maschinen kommt es überall zu großen Verlusten an geeigneten Lebensräumen für Pflanzen und Tiere. Aus diesem Grund kann auch ein kleines Zusatzangebot an Lebensraum lokale Bedeutung erreichen.

Es stellt sich somit die Frage, ob und inwieweit die zur dezentralen Abwasserreinigung immer häufiger angewandten *Anlagen naturnaher Abwasserreinigung*, hier kurz *Pflanzenkläranlagen* genannt, als Lebensraum für unsere heimische Flora und Fauna geeignet sind.

## 2. Vergleich Großanlage/Kleinanlage

Um die Bedeutung von Pflanzenkläranlagen allgemein als Lebensraum beurteilen zu können, ist eine Trennung von Groß- und Kleinanlagen notwendig, da diese erhebliche Unterschiede in der Lebensraumqualität für einzelne Tiergruppen aufweisen (siehe Abb. 1, 2 und 3).

Als Kleinanlagen werden hier Anlagen mit einer Fläche von meist sehr viel weniger als einem Hektar, als Großanlagen solche mit sehr viel mehr als einem Hektar bezeichnet. Eine scharfe Trennung ist nicht möglich, es soll nur die grobe Dimension gezeigt werden.

### 2.1 Großanlagen

Großanlagen, wie sie z.B. bei Zuckerfabriken (Kläranlage Escher Bürge), oder bei größeren Städten (Rieselfelder Münster) Anwendung finden, bestehen im Allgemeinen aus einem zeitlich veränderlichen, bunten Mosaik einzelner Teillebensräume und Strukturen (verschlammte Becken, wassergefüllte Becken, verschiedenen tiefe Becken, pflanzenreiche/-arme Becken, Dämme, Wege, Gebüsch und Bäume), was sich aus dem zeitlich unterschiedlichen Nutzungsbedarf der Betreiber ergibt.

So sind die Rieselfelder Münster durchaus mit einer kleinen Seenplatte und all ihrer Strukturen vergleichbar, was durch ihre Einstufung als Europareservat unterstrichen wird. Hier ist ein vielfältiges Angebot an Nah-

runge und Fortpflanzungsbereichen, vor allem für Wat- und Wasservogel gegeben. Das avifaunistische Arteninventar ist somit dementsprechender Seengebiete ähnlich, das Nahrungsangebot wegen der stark eutrophen Verhältnisse (Zuwachsrate von 5 kg pflanzlicher Trockensubstanz pro Jahr und m<sup>2</sup>) zum Teil noch besser.

Großanlagen haben eine hohe bis sehr hohe Bedeutung als eigenständiger, regionaler und überregionaler Lebensraum (siehe Abb. 3), vor allem für Wasser- und Watvögel. Im Rahmen dieser Ausführungen soll jedoch keine detaillierte faunistische Beschreibung gegeben werden.

### 2.2 Kleinanlagen

Durch ihre geringe Flächenausdehnung kommt der Kleinanlage hauptsächlich lokale Bedeutung zu (siehe Abb. 3), etwa zur Strukturbereicherung und als Nahrungsbiotop für Insekten und Kleinvögel.

## 3. Flora

Nimmt man pflanzliche Mikroorganismen (z.B. pflanzliche Einzeller, Algen, „Niedere Pilze“) aus, so ist die Bedeutung von Pflanzenkläranlagen als Lebensraum für die heimische Flora als gering bis sehr gering zu bezeichnen.

Selbst in ausgedehnten Großanlagen findet man nur eine geringe floristische Vielfalt, was einerseits auf die einschränkende Wirkung von Röhrichten auf Pflanzen an sich (Verdrängung), andererseits auf die extrem eutrophen Verhältnisse zurückzuführen ist. Die Wasservegetation beschränkt sich hier meist auf die eingebrachten Arten wie Gemeines Schilf (*Phragmites australis*), Breitblättriger Rohrkolben (*Typha latifolia*) und Kanadischer Wilder Reis (*Zizania latifolia*). Auf Schlammflächen stellen sich oft nitrophile Pflanzengesellschaften wie Gänsefuß (*Chenopodium*), Melde (*Atriplex*) und Knöterich (*Polygonum*) und Zweizahngesellschaften ein. Die übrige Vegetation beschränkt sich hauptsächlich auf die Randstrukturen wie Uferdämme und Wege. Hier sind ebenfalls nitrophile Arten wie Große Brennessel (*Urtica dioica*), Krauser Ampfer (*Rumex crispus*) und Zweizahn (*Bidens*) zu finden, daneben auch Pflanzen der Ruderalgesellschaften wie Schafgarbe

(*Achillea*), Weidenröschen (*Epilobium*), Hufblatt (*Tussilago farfara*), Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*) und Hungerblümchen (*Erophila*). Stellenweise kommt Gehölzanflug wie Salweide (*Salix caprea*), Zitterpappel (*Populus tremula*) und Bruchweide (*Salix fragilis*) auf, welcher ein Zusatzangebot an Strukturen und Lebensraum bedeutet.

In Kleinanlagen beschränkt sich das Arteninventar auf wenige, meist nitrophile höhere Pflanzen wie Weidenröschen (*Epilobium*), Hufblatt (*Tussilago farfara*), Große Brennessel (*Urtica dioica*) und Ampfer (*Rumex*). Gehölzanflug wird im Allgemeinen wegen der auftretenden Probleme (Wurzeln, Beschattung) entfernt.

## 4. Fauna

Ist die Pflanzenvielfalt in Pflanzenkläranlagen als gering zu bezeichnen, so ist dies bei der Fauna nur eingeschränkt der Fall. Wie Abb. 2 zeigt, sind hier doch vielfältige (potentielle) Nutzungsformen durch verschiedene Tiergruppen gegeben. Genauere Untersuchungen über Nutzungsformen und über das Arteninventar von Pflanzenkläranlagen sind nicht vorhanden, sodaß die Abb. 1, 2 und 3 nur eine grobe Übersicht geben.

### 4.1 Nutzungsformen

Pflanzenkläranlagen können von Tieren auf verschiedenste Art und Weise genutzt werden. Allem voran steht die *Nahrung*, die eine Pflanzenkläranlage durch ihre hochproduktiven Verhältnisse im Überfluß bieten kann. Dabei ist die Nahrung auf verschiedenste Art nutzbar, so z.B. durch herbivore (pflanzenfressende), phytosaprophage (strefressende), carnivore (fleischfressende) und nekrophage (aasfressende) Tierarten oder -gruppen.

Die Nutzung als *Brutplatz* ist vor allem für die Vogelwelt in Großanlagen durch die vielseitigen Nistmöglichkeiten von sehr hoher, in Kleinanlagen nur von untergeordneter Bedeutung. Insekten nutzen die eingebrachten Pflanzen (vor allem Schilf) als Brutstätte, so z.B. Bienen, die sich in die Gallen von *Lipara lucens*, MEIG (Schilfzigarren), einer Fliegenart einnisten, nachdem die Gallen z.B. von Meisen geöffnet wurden.

Zur *Überwinterung* für Wasser- und Watvögel dienen nur die Großanlagen, solange

eisfreie Wasserflächen zur Nahrungsaufnahme vorhanden sind. Sie stellen dann einen wichtigen Lebensraum für Zugvögel dar. Insekten, Schnecken und Spinnen können vor allem die Streu (z.B. Laufkäfer, Kurzflügler, Zweiflüglerlarven) und die Pflanzenstengel (z.B. Kleinschmetterlingslarven) zur Überwinterung nutzen.

Über die Nutzung der Strukturen als Utensilien für verschiedenste Verhaltensweisen fehlen genaue Untersuchungen, jedoch ist eine solche durchaus anzunehmen. So sind folgende Formen der Strukturnutzung möglich:

- Singwarte/Aussichtswarte für Vögel
- Deckung (Vögel, Säugetiere)
- Landmarke (Orientierung von Vögeln und Insekten an optisch auffälligen Strukturen, „Rendezvousplätze“ für Insekten).

Aus den oben genannten Nutzungsmöglichkeiten ergibt sich für Pflanzenkläranlagen eine Bedeutung als *Trittsteinbiotop*, was sich eindrucksvoll an mehreren Tausend rasten-

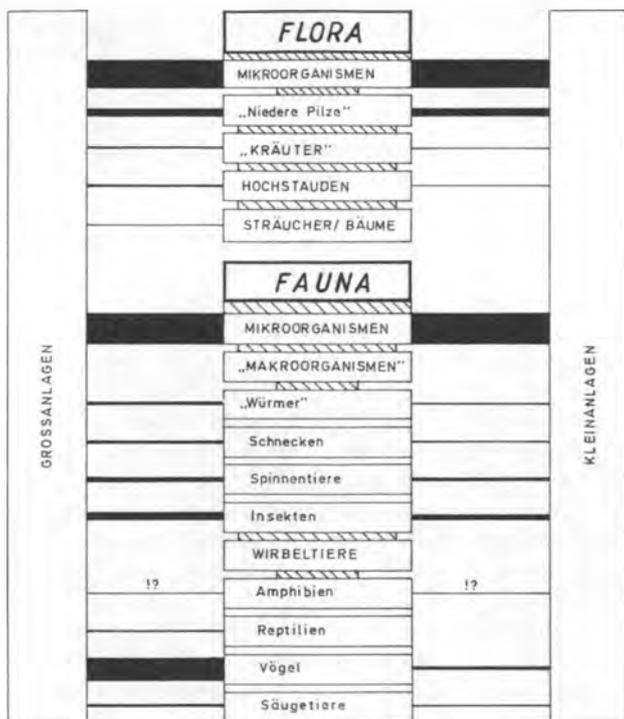
den Bekassinen (*Gallinago gallinago*) an einem Tag in den Münsterer Rieselfeldern zeigt. Bei Kleinanlagen ist diese Funktion relativ unbedeutend. Genutzt werden sie von der Rohammer (*Emberiza schoeniclus*) und evtl. als Trittstein bei der Ausbreitung von Insekten, Spinnen und Schnecken.

#### 4.2 Tiergruppen

Aufgrund der vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten (Einnischungen) für Tiere in Pflanzenkläranlagen (siehe Abschnitt 4.1) haben hier Arten aus den verschiedensten Tiergruppen ein Auskommen. Die in Abb. 1 gezeigte Übersicht ist jedoch nicht vollständig, son-

dern zeigt die typischen Gruppen. Das Hauptgewicht liegt dabei bei den Mikro- und „Makro“-Organismen (herbivore und phytosaprophage Primärkonsumenten wie Mikroorganismen, „Würmer“, Schnecken und Insekten; carnivore und nekrophage Sekundärkonsumenten wie Mikroorganismen, Schnecken, Spinnen und Insekten). Die Vertreter der Sekundärkonsumenten bei den Wirbeltieren sind dabei vor allem bei den Vögeln zu finden.

Inwieweit das Nahrungspotential von Wirbeltieren abgeschöpft wird, ist nicht bekannt. Vor allem bei Kleinanlagen dürfte jedoch die Umgebung eine große Rolle spielen.



!?: Schaden („Laichfälle“, Hautschäden) vermutlich größer als Nutzen (Nahrung)

Abb 1: Relative Bedeutung (Strichbreite) von Pflanzenkläranlagen als Lebensraum für Fauna und Flora

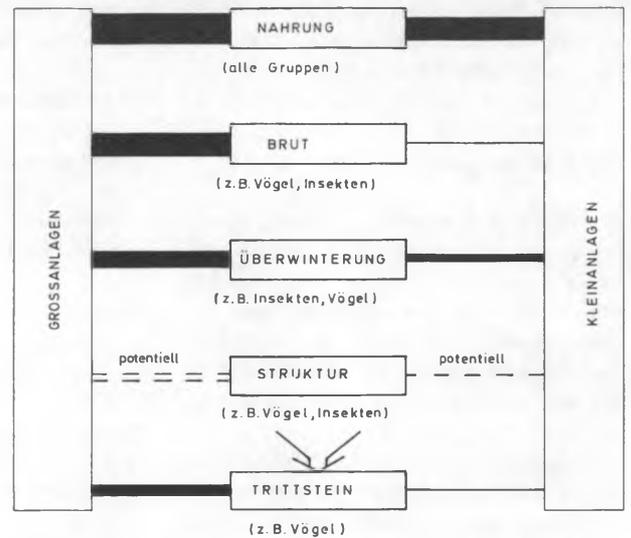


Abb. 2: Nutzungsformen und Relativer Nutzungsgrad (Strichbreite) von Pflanzenkläranlagen durch Tiere

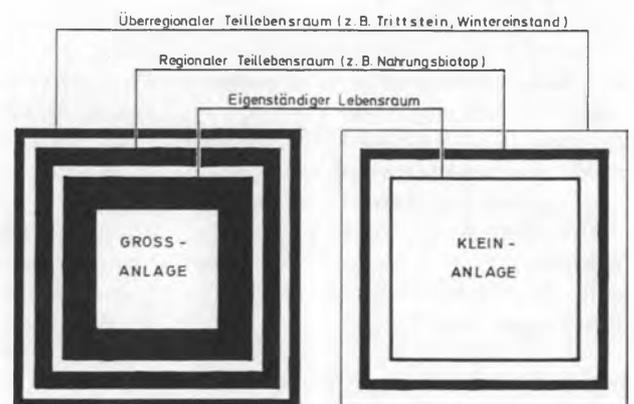


Abb. 3: Raumbezogene Relative Bedeutung (Strichbreite der Umgrenzung) von Pflanzenkläranlagen für die Tierwelt

So ist z.B. eine gute Ausnutzung durch Vögel bei einer Kleinanlage in einer Umgebung mit guten Nistmöglichkeiten wahrscheinlich.

#### 4.2.1 Zoo-Mikroorganismen

Unter diesem Begriff wurden hier Kleinorganismen der Tierwelt wie z.B. Wimpertiere (*Ciliata*), Flagellaten, Rädertiere (*Rotatoria*) und Krebse (*Crustacea*) zusammengefaßt. Die Arten rekrutieren sich dabei hauptsächlich aus Gruppen, die stark eutrophe Verhältnisse bevorzugen, bzw. tolerieren und mit den extremen Sauerstoffschwankungen (am Tage sehr hohe Sauerstoffkonzentration durch rege Assimilation der Algen, nachts starke Sauerstoffzehrung durch sauerstoffverbrauchende Abbauvorgänge/Atmung) auskommen. In diesem Rahmen kann auf diese Gruppe nicht weiter eingegangen werden.

#### 4.2.2 „Zoo-Makroorganismen“

##### 4.2.2.1 „Würmer“

Hier ist vor allem der typische Faulschlammbewohner *Tubifex tubifex*, O.F. MÜLL. aus der Ordnung der Wenigborster (*Oligochaeta*) zu nennen, der sich oft in riesigen Mengen im Schlamm befindet und eine wichtige Nahrungsquelle für Limikolen darstellt. Daneben sind Fadenwürmer (*Nematoden*) zu finden, die sowohl im Wasser als auch im Erdreich (Filtermaterial) vorkommen und in letzterem auch mit den anaeroben Verhältnissen (stark reduzierte Böden) auskommen müssen.

##### 4.2.2.2 Schnecken

Neben der für Feuchtfächen typischen Gemeinen Bernsteinschnecke (*Succinea putris*, L.) die unter Umständen an eingebrachten Pflanzen (Kalmus, Schwertlilie) als Schädling auftreten kann, nutzen auch mehrere Arten, die aus der Umgebung durch das gute Nahrungsangebot angelockt werden, wie z.B. die Rote Wegschnecke (*Arion rufus*, L.), die Pflanzenkläranlagen.

##### 4.2.2.3 Spinnentiere

Hierunter fallen einerseits die in jedem Boden vorkommenden Milben (*Acari*), die in einer großen Vielfalt mit unterschiedlichsten Ernährungsweisen auftreten, andererseits die ausschließlich als Räuber auftretenden Webspinnen (*Araneae*), die das Angebot an Insekten effektiv ausnutzen können. Hier sind hauptsächlich die frei jagenden Arten aus der Familie der Wolfsspinnen (*Lycosidae*), wie z.B. *Pardosa amentata*, CLERCK vertreten. Daneben treten auch teilweise-netzbau-

ende Arten aus der Familie der Streckerspinnen (*Tetragnathidae*), wie z.B. *Tetragnatha extensa*, L. auf, die in ihrer typischen langgestreckten Stellung auf Schilfblättern leicht zu erkennen sind. Unter Umständen stellt sich auch die seltenere Listspinne (*Dolomedes fimbriatus*, CLERCK) aus der Familie der Raubspinnen (*Pisauridae*) ein.

#### 4.2.2.4 Insekten

Eine relativ große Arten- und Nutzungsvielfalt in Schilfröhrichtarten zeigt sich bei der Klasse der Insekten (*Hexapoda*). Die Tab. 1 - 3 sollen dies verdeutlichen. Dabei treten eigene Insektenzönosen (-gemeinschaften) des Schilfes auf, in denen vielfältige Wechselbeziehungen bestehen (siehe Tab. 5).

Tab. 1: Übersicht der auf einigen Röhrichtarten vorgefundenen Schmetterlinge (Literaturzusammenstellung).

Art	Iris pseudacorus	Phragmites australis	Typha spec.	Glyceria aquatica	Scirpus lacustris	Sparganium spec.
Archanara algae	o	o	o	o	o	o
Archanara cannae			o			
Archanara dissoluta		o				
Archanara neurica		o				
Archanara gemini puncta		#				
Archanara neurica		o				
Archanara sparganii	o	o	o			o
Arenostola brevelinia		o	o		o	
Arenostola phragmitidis		o				
Arsionche albovenose	o	o	o	o		
Brachmia inornatella		o				
Calamotropha paludella			o			
Calocampa vetusta	o					
Celaena haworthii					o	
Chilo phragmitellus		o				
Chrysoesthia drurella		o				
Coenonympha oedipus	o					
Cosmopteryx liengiella		o				
Cosmopteryx coryphaea		o				
Cosmopteryx druryella		o				
Cosmopteryx phragmitidis		o				
Cosmopteryx scribaeiella		o				
Cosmotriche potatoria		o				
Elachista cerusella		o				
Elachista poae				o		
Gortyna leucostigma	o			o		
Hydroecia micacea	o	o		o		
Laelia coenosa		o		o	o	o
Leucania impura		o				
Limnaecia phragmitella			o			
Meliana flammea		o				
Nonagra maritima		o				
Orthotaelia sparganella	o	o	o	o	o	o
Parastichtis hepatica		o				
Parastichtis ophiogramma	o	o		o		
Parastichtis unanimitis		o				
Pelosa obtusa		o	o			
Phragmataecia castaneae		o				
Phragmitiphila nexa				o		
Phragmitiphila typhae			#		o	
Phytometra festucae	o	o	o			o
Rhiparioides metelkana	o					
Rhizodra lutosa		#				
Schoenobius gigantellus		o				
Schoenobius forficellus				o		
Sideridis obsoleta		o				
Sideridis pudorina		o				
Sideridis scirpi					o	
Sideridis straminea		o		o		
Simyra venosa		o				
Spilosoma urticae	o					

o = einzelnes Vorkommen; # = Masseninsekt

Strukturnutzungen und typische Beispiele zeigt Tab. 4.

Durch das gute Nahrungsangebot kann es bei einigen herbivoren und pflanzensaugenden Insekten zu einem Massenbefall und dadurch zu einer Schädigung der eingebrachten Pflanzen kommen. Dies führt jedoch aufgrund effektiver Abwehr- und Ausgleichsmechanismen der verwendeten Pflanzen (giftige oder schlechtschmeckende Stoffe bei Kalmus und Schwertlilie, hoher Kieselsäureanteil in den Zellwänden bei Schilf;

Ersatzaustrieb über die Rhizome bei Rohrkolben und Schilf) im Allgemeinen nicht zu einer Schädigung des Gesamtbestandes. Nur bei Rohrkolben können auch stärkere Schäden durch die Raupe der Gemeinen Schilfweule (*Phragmitiphila typhae*, HBN.= *Nonagria typhae*, THNBG.), einem Nachtschmetterling, auftreten. Als typische Vertreter der Ordnung Pflanzensauger (*Homoptera*) sind die Blattläuse (*Aphidina*), wie z.B. *Hyalopterus pruni*, GEOFFR., die in der ungeflügelten Form an Schilf als Sekundärwirt saugt und die Zika-

den (*Cicadina*) zu nennen. Als natürliche Gegenspieler der Blattläuse stellen sich Larven und Imagines der Marienkäfer, wie z.B. der eurytope Siebenpunkt (*Coccinella septempunctata*, L.) ein, bei den Schwebfliegen (*Syrphidae*) dezimieren die Larven die Blattlauskolonien. Das freie Wasser wird oft in riesigen Mengen von Stechmückenlarven (*Culicidae*) bevölkert, der Schlamm von Zuckmückenlarven (*Chironomidae*). Die schlammbewohnenden Larven der Käfergattung *Donacia* (*Chrysomelidae*) bohren die Röhrrichtstengel für ihre Sauerstoffversorgung an. Inwieweit die Übertragung der Insektenzönosen natürlicher Schilfgebiete auf künstliche Biotope (Pflanzenkläranlagen) möglich ist, ist nicht genau bekannt, vermutlich dürfte aber in größeren Bereichen eine Übereinstimmung gegeben sein.

4.2.3 Wirbeltiere

Wirbeltiere sind in Pflanzenkläranlagen nur gering vertreten, eine Ausnahme bilden die Vögel in Großanlagen.

4.2.3.1 Amphibien

Pflanzenkläranlagen haben auf diese Gruppe ebenso wie natürliche Feuchtbiotope eine hohe Anziehungskraft. Nach relativ kurzer Zeit, beim Grasfrosch je nach Bestand im Umfeld möglicherweise schon im ersten Jahr, werden die freien Wasserflächen zum Ablachen genutzt. Der abgesetzte Laich kann sich vor allem wegen des großen Sauerstoffdefizites bei Nacht meist nicht entwickeln und stirbt ab (Schimmelbildung). Daher stellen Pflanzenkläranlagen teilweise regelrechte Laichfallen mit Lockwirkung dar und dürften lokal sogar zu einer Dezimierung des Amphibienbestandes (z.B. Grasfrosch) führen. Abhilfe könnte hier durch ein Abhalten der Amphibien mit Hilfe eines Amphibienzaunes geschaffen werden. Weiterhin besteht je nach Abwasserqualität die Gefahr der Erkrankung der sehr empfindlichen Haut der Amphibien, bzw. die Gefahr einer Vergiftung durch die sehr durchlässige Haut hindurch. Anlagen, in denen sich Totwasserzonen, d.h. nicht vom Abwasser durchflossene Bereiche (z.B. regen- oder grundwassergespeiste Teilabschnitte) befinden, können durchaus erfolgreich von Amphibien als Laichplatz genutzt werden. Ob der Nutzen (Nahrung, Laichplatz und Sommerquartier) den Schaden (Laichfalle und Hauterkrankungen) überwiegt, ist für jede Anlage gesondert abzuwägen, gegebenenfalls ist eine Umzäunung (Amphibienzaun) anzuraten.

Tab. 2: Von Vögeln (z.B. Blaumeise) erbeutete Insektenarten am Schilf (*Phragmites australis*) im Winter (nach F. Tischler, 1943).

Ordnung	Familie	Art	E
Lepidoptera-Schmetterlinge	Noctuidae-Eulen	Leucania spec.	L
		Meliana flammea, CURT.	L
		Nonagria maritima, TAUSCH.	L
		Phragmitiphila typhae, HBN. = Nonagria typhae, THNBG.	L
	Cossidae-Holzbohrer	Phragmataecia castaneae, HBN.	L
	Pyralidae-Zünsler	Chilo cicatricellus, TR.	Chilo phragmitellus, HBN.
Chilo phragmitellus, HBN.			L
Momphidae		Limnaecia phragmitella, STT.	L
Cosmopterigidae	Cosmopteryx scribaeiella, Z.	P,L	
Gracillariidae-Miniermotten	Lithocolletis alniella, Z.	P,L	
Diptera-Zweiflügler	Cecidomyiidae-Gallmücken	Vertreter aus dem Tribus Lasioterini	P,L
	Chloropidae-Halmfliegen	Lipara lucens, MEIG.	L
Coleoptera-Käfer	Carabidae-Laufkäfer	Agonum spec.	hauptsächl. I
		Bembidion spec.	
		Demetrias imperialis, GERM.	
		Odacantha melanura, L.	
	Staphylinidae-Kurzflügler	Paederus riparius, L. Bryaxis sanguinea, L.	
	Pselaphidae-Palpenkäfer	Pselaphus heisei, HBST.	
	Coccinellidae-Marienkäfer	Coccinella rufa, HBST.	
		Coccinella scutellata, HBST.	
	Anthicidae-Blütenmulmkäfer	Anthicus gracilis, PANZ.	
Chrysomelidae-Blattkäfer	Galerucella lineola, F.		
	Arten der Unterfamilie Halticinae Phaedon spec. Phyllotreta spec. Prasocuris phellandrii, L.		
	Curculionidae-Rüsselkäfer	Apion spec. Ceutorrhynchus spec. Poophagus sisymbrii, F.	

E = erbeutetes Entwicklungsstadium, L = Larve, P = Puppe, I = Imago

**4.2.3.2 Reptilien**

Bei den Reptilien sind die Zauneidechse (*Lacerta agilis*) und die Bergeidechse (*Lacerta vivipara*) zu nennen, die sich in Weihergebieten gerne an den Dämmen aufhalten.

Eine Nutzung der Dämme in großen Pflanzenkläranlagen ist potentiell gegeben. Das Vorkommen der Ringelnatter (*Natrix natrix*) wurde bisher nicht bestätigt, ist aber zumindest bei Großanlagen zu erwarten, in denen sie als Nahrung kleine Säuger (Mäuse), Eidechsen und Vogeljunge nutzt.

**4.2.3.3. Vögel**

Da im Angebot für Vögel in Pflanzenkläranlagen gravierende Unterschiede zwischen Groß- und Kleinanlagen bestehen, werden hier beide getrennt behandelt.

**4.2.3.3.1 Vögel in Kleinanlagen**

Als Brutvögel kommen hier nur wenige Arten vor: Sumpfrohrsänger (*Acrocephalus palustris*), Drosselrohrsänger (*Acrocephalus arundinaceus*) und Rohrammer (*Emberiza schoeniclus*). Die beiden Letztgenannten stellen sich vermutlich auch nur dann ein, wenn die Anlage im Bereich eines Brutgebietes dieser Arten liegt. Nur der Sumpfrohrsänger ist als relativ anspruchsloser Bewohner senkrechter Strukturen (Brennessel-, Hochstauden- und Schilfbestände) grundsätzlich zu erwarten, aber auch er toleriert zu große und häufige Störungen nicht. Als möglicher weiterer Brutvogel ist der Feldschwirl (*Locustella naevia*) zu nennen. Der Hauptnutzen von Kleinanlagen für die Vogelwelt liegt jedoch im Nahrungsangebot für die in der Umgebung lebenden Vögel.

**4.2.3.3.2 Vögel in Großanlagen**

Die Großanlagen dienen einer großen Anzahl von Vogelarten sowohl als Nahrungsbiotop, bzw. als Trittstein, als auch als Brutgebiet. So suchen z.B. 35 Wasservogel- und 35 Watvogelarten, d.h. fast alle im Rheinland vorkommenden Arten die Kläranlage Escher Bürge auf. Etliche Arten finden hier auch ihren Brutplatz, insgesamt wurden bisher 200 Vogelarten nachgewiesen. Die Attraktivität von Großanlagen für Vögel beruht dabei einerseits auf dem umfangreichen Nahrungsangebot, andererseits auf dem Strukturreichtum dieser Anlagen (wichtig für Deckung und Brut).

**4.2.3.4 Säugetiere**

Folgende, relativ anspruchslose Arten sind potentiell in Pflanzenkläranlagen zu erwarten: Wanderratte (*Rattus norvegicus*),

Waldmaus (*Apodemus sylvaticus*), Feldmaus (*Microtus arvalis*), Schermaus (*Arvicola terrestris*). Als Arten, die den eingebrachten Pflanzenbestand schädigen können sind die Bismarratte (*Ondatra zibethica*) und das Wildkaninchen (*Oryctolagus cuniculus*) zu nennen. Spitzmäuse (*Soricidae*) dürften das gute Angebot an Insekten nützen, wie z.B. die

Waldspitzmaus (*Sorex araneus*) und die Große Wasserspitzmaus (*Neomys fodiens*). Die Zwergmaus (*Micromys minutus*) nutzt das Schilf zum Befestigen ihres kunstvollen Nestes. Als wichtiges Jagdareal dienen Pflanzenkläranlagen außerdem den stark gefährdeten Fledermäusen (*Chiroptera*) wie z.B. der Wasserfledermaus (*Myotis daubentoni*).

**Tab. 3: Inquilinen (Einmieter) in Zigarrengallen von *Lipara lucens*, MEIG. an Schilf (*Phragmites australis*)(nach W. Wagner, 1906).**

Ordnung	Familie	Art
Diptera- Zweiflügler	Chloropidae- Halmfliegen	Haplegis divergens, LÖW.
		Liparus rufitarsis, LÖW.
	?	Cnemopogon apicalis, WIED. ?
	?	Leptomysa gracilis, FALL.
Hymenoptera- Hautflügler	Colletidae ?	Hylaeus pectoralis, FÖRST.
		= Prosopis kriechbaumeri, FÖRST.
		= Hylaeus kriechbaumeri, FÖRST.
	Sphecidae- Grabwespen	Cemonus unicolor, L.
		Trypoxylon attenuata, SMITH
		Trypoxylon figulus, L.
Coleoptera- Käfer	Elateridae- Schnelkäfer	Dolopius marginatus, L.

**Tab. 4: Strukturnutzung in Pflanzenkläranlagen durch Insekten und Spinnen**

Struktur	Nutzungsform	Beispiel
Streu, Boden	Ü, N, L, J	"Apterygota - Urinsekten", z.B. Collembola (Spring-schwänze)
		Coleoptera - Käfer, z.B. Staphylinidae - Kurzflügler Carabidae - Laufkäfer
		Spinnen, z.B. Lycosidae - Wolfspinnen
Freiwasser und Schlamm	Ü, N, L	Dipterenlarven, z.B. Syrphidae - Schwebfliegen (Rattenschwanzlarve von Eristalis spec.), Culicidae - Stechmücken, Chironomidae - Zuckmücken
		Käferlarven, z.B. Hydrobius fuscipes, L. Helophorus spec., Donacia spec.
lebende Pflanzen- stengel	N, L, J	herbivore und pflanzensaugende Insekten(larven), z.B. Schmetterlingsraupen und Blattläuse Spinnen, z.B. Tetragnathidae - Streckerspinnen
tote Pflanzenstengel	Ü	Schmetterlingsraupen incl. Parasiten Gallenbildende Dipteren (Zweiflügler)
Gallen	Ü, N, L	Einmieter (Inquilinen) wie Haplegis divergens, LÖW. (Diptera) Parasiten an Erstbewohner, z.B. Erzwespen - Chalcidoidea

Ü = Überwinterung, L = Larvenentwicklung, N = Nahrung, J = Jagdsubstrat

**Tab. 5: Insektenzöosen des Schilfes (*Phragmites australis*)(nach J. Erdös, 1957).  
(U = Unterordnung, Ü = Überfamilie)**

Ordnung	Familie	Art	Wechselbeziehungen
Saltatoria - Heuschrecken	Tettigoniidae - Singschrecken	Conocephalus dorsalis, LATR. =Xiphidium dorsatum, LATR.	Eier u.a. in Gallen von Lipara spec., Larven und Imagines fressen kleine Insekten
U: Coccinea - Schildläuse		Chaetococcus phragmitis, MARCH. = Antonia p.	lebt unter dem Pericladium der Stengel
Coleoptera - Käfer	Ptinidae - Diebskäfer	Ptinus fur, L. Ptinus latro, F. Ptinus brunneus, DFT.	fressen am Gespinst von Thomasiella arundinis, SCHIN.
Hymenoptera - Hautflügler	Aphelinidae	Centrodora amoena, L.	Eiparasit von Conocephalus dorsalis, LATR.
	Bethylidae	Cephalonomia nidicola, SZEL.	Parasit an Ptinus spec.
	Braconidae - Brackwespen	Polemon liparae, L.	Parasit an Lipara
	U: Chalcidoidea - Erzwespen	Cerchysius gigas, ERD. Geniocerus arundinis, GIR. Geniocerus gratus, GIR. Geniocerus phragmitinus, ER. Joessa crassicornis, ERD. Pediobius facialis, GIR. Trichomalus palustris, ERD.	Dipteren - Parasit ? Parasit an Girandiella inclusa, FR. Parasit an Girandiella inclusa, FR. Schildlausparasit ?
	Encyrtidae	Asitus ciliatus, ERD. Boucekiella depressa, HFFR. Platencyrtus parkeri, FERR. Platyrophus meridionalis, FE. Protyndaridius balatonicus, E.	Parasiten an Chaetococcus phragmitis, -MARCH.
	Eulophidae	Eulophus phragmitis, ERD. Tetrastichus legionarius, GIR.	Parasit an Haplegis flavitarsis, MEIG.
	Eupelmidae	Eupelmus phragmitis, ERD. Eupelmus velenceensis, ERD.	Schmarotzer bei Gahaniola ?
	Eurytomidae	Eurytoma aquatica, ERD. Eurytoma crassinervis, THO.  Eurytoma palustris, ERD. Gahaniola phragmitis, ERD. Harmolita spec.	Schmarotzer bei Gahaniola ? Schmarotzer bei Gahaniola oder Thoma = siella arundinis, SCHIN. ?  Larven frei in Stengeln Larven frei in Stengeln
	Ichneumonidae - Schlupfwespen	Amblyteles unilineatus, GR. Hygrocryptus spec. Pimpla taschenbergi, D.T.	Parasit an Archanara geminipunctata, HW. Eulen (Noctuidae) - Parasit Parasit an Archanara geminipunctata, HW.
	Platygasteridae	Platygaster crassus, SZEL. Platygaster gyrone, SZEL.	Parasit an Girandiella inclusa, FR. Parasit an Thomasiella arundinis, SCHIN.
	Proctotrupidae	Inostemma szabo-patayi, SZ. Prosactogaster erdosi, SZEL. Prosactogaster phragmitis, S.	Schmarotzer an Thomasiella massa Schmarotzer am Thomasiella arundinis, SC.
	U: Proctotrupoi - dea - Zehrwespen	Clytina giraudi, ERD.	Parasit an Haplegis flavitarsis, MEIG.
	Pteromalidae	Eutelus phragmitis, ERD.	Parasit an Thomasiella arundinis, SCHIN.

**5. Zusammenfassung**

Anlagen naturnaher Wasserreinigung können einer Vielzahl verschiedener Tierarten als Lebensraum dienen. Für die Pflanzenwelt haben diese unter anderem wegen der stark eutrophen Verhältnisse kaum Bedeutung. Die Bedeutung von Kleinanlagen für den Artenschutz ist dabei als gering zu bezeichnen, da sie hauptsächlich von relativ anspruchslosen, bzw. eurytopen Arten besiedelt werden. Sie können jedoch vor allem wegen des guten Nahrungsangebotes und der Strukturbereicherung der Umgebung lokal größere Bedeutung erlangen. Großanlagen können aufgrund ihrer großflächigen Ausdehnung und dem damit verbundenen Nahrungs- und Strukturreichtum vor allem für die Vogelwelt als Nahrungs-, Rast-, Wintereinstands- und Brutgebiet sogar von internationaler Bedeutung sein (Rieselfelder Münster). Aus der Sicht des Amphibienschutzes sind Kleinanlagen und zum Teil auch Großanlagen negativ zu bewerten (Laichfalle, Hautschäden).

**Anschrift des Verfassers:**

Klaus Eisenreich  
Seifersreuth 3  
8351 Schönberg

Hymenoptera - Hautflügler	Torymidae	Torymus abbreviatus, BOH. Torymus arundinis, CURT.	Parasit an Giraudiella inclusa, FR. Parasit an Giraudiella inclusa, FR.
	Trichogrammatidae	Tumidiclava minuscula, NOW	Eiparasit an Archanara geminipuncta, HAW.
Diptera - Zweiflügler	Cecidomyiidae - Gallmücken	Giraudiella inclusa, FR. Thomasiella arundinis, SCHIN. Thomasiella flexuosa, WINN. Thomasiella massa	Gallen in Hauptstengeln und Seitentrieben Gallen in Seitentrieben Gallen in Hauptstengeln Gallen in Hauptstengeln
	Chloropidae - Halmfliegen	Calamoncosis tomentosa, MA. Haplegis flavitarsis, MEIG.  Lipara lucens, MEIG. Lipara similis, SCHIN. Platycephala planifrons, F.	Gallenbildner (schwache Schwellungen) Larvenentwicklung in Lipara - Gallen, gern in Nähe von Lipara similis - und Calamoncosis tomentosa - Larven Gallenbildner (Schilf - Zigarren) Gallenbildner (schwache Schwellungen) Larven gern in Nähe von Archanara geminipuncta - Larven
	Tachinidae - Raupenfliegen	Ceromasia senitis, MEIG. Linnaemyia vulpina, PALL.	Parasit an Archanara geminipuncta, HW. Parasit an Archanara geminipuncta, HW.

# Ökologische Regenwasserbewirtschaftung

von Udo Sämman

Unter Urbanisierung im hydrologischen Sinne versteht man die Versiegelung vorher durchlässiger Flächen in Verbindung mit der Verdichtung und Erweiterung des Entwässerungnetzes. Je nach Entwässerungssystem entstehen dadurch unterschiedliche Auswirkungen auf den lokalen Wasserhaushalt, die sich insbesondere auswirken auf

- die stoffliche Belastung der Gewässer durch Misch- und Regenwasserentlastungen,
- die stoffliche Belastung der Gewässer durch Restverschmutzungen in den Kläranlagenabläufen (kommunal und industriell),
- die stoßweise hydraulische Belastung der Gewässer durch Misch- und Regenwasserentlastungen,
- die Bildung von Hochwasserabflußspitzen durch die Versiegelung,
- die Absenkung des Grundwasserspiegels im Einzugsgebiet,
- die stoffliche Belastung des Grundwassers infolge von undichten Kanälen oberhalb des Grundwasserspiegels.

Ferner sind natürlich noch weitere Auswirkungen (Stadtklima, Wohnumfeld, Biotopvernetzung) von Bedeutung.

Das Ziel eines ökologisch orientierten Entwässerungskonzeptes ist die Entwicklung eines den örtlichen Entwässerungsverhältnissen optimal angepaßten Entwässerungssystems, das den vorherrschenden Gebietswasserhaushalt möglichst gering beeinträchtigt.

Dies bedeutet, daß neben den quantitativen Problemen - wie z.B. der Grundwasserabsenkung im Gebiet und der Flutwellenbildung durch Versiegelungsmaßnahmen - insbesondere auch die qualitativen Beeinträchtigungen, sowohl im Gewässer als auch im Grundwasser, zu berücksichtigen sind. Eines der wesentlichen Prinzipien der ökologischen Regenwasserbewirtschaftung stellt hierbei die Korrektur des Ableitungsprinzips mit seinem Postulat einer vollständigen und schnellstmöglichen Abwasserleitung dar. Der Grundgedanke besteht darin, Abflüsse aus kaum und nicht verschmutztem Regenwasser am Entstehungsort oder in näherer Umgebung zu vermeiden, zu verringern oder zu drosseln (Dezentrale Retention). Wesentliche Verbesserungen gegenüber einer einseitigen Praktizierung des Ableitungsprinzips sind zu erzielen durch die

- Reduktion der stofflichen Belastung der Gewässer durch Misch- und Regenwasserentlastungen,
- Reduktion der hydraulischen Spitzen- und Gesamtlast der Gewässer,
- Reduktion der Hochwasserabflußwellen,
- Wiederherstellung eines natürlichen Grundwasserniveaus im Siedlungsgebiet,
- Reduktion der stofflichen Belastung des Grundwassers infolge undichter Kanäle oberhalb des Grundwasserspiegels.

Zur Anwendung einer ökologischen Regenwasserbewirtschaftung lassen sich folgende Verfahren unterscheiden:

1. Minimierung versiegelter Flächen (Entsiegelung)
2. Qualifiziertes Trennsystem (separate Ableitung von Niederschlagswassern mit unterschiedlicher Qualität)
3. Versickerung
4. Nutzung von Regenwasser

Auf diese Verfahren soll weiter unten kurz eingegangen werden. Die Auswahl, Wirksamkeit und Realisierbarkeit der einzelnen Maßnahmen hängen ab von:

- der Sanierungs-/Bebauungsaufgabe,
- den Standortvoraussetzungen (z.B. Untergrund- und Platzverhältnisse, Bebauungs- und Gebäudestruktur, Gewässernähe),
- der Umweltverträglichkeit,
- der Wirtschaftlichkeit,
- den betrieblichen Randbedingungen.

Die genannten Verfahren und deren Kombination ermöglichen vielfältige standort- und problemgerechte Lösungen und können mehreren Zwecken gleichzeitig zugute kommen. So dienen z.B. Zisternen zur Regenwassernutzung sowohl der Einsparung von Trinkwasser bei Nutzungen mit minderen Qualitätsanforderungen als auch der Rückhaltung des Regenwasserabflusses. Ein qualifiziertes Trennsystem, Versickerung und Flächenentsiegelung können mit Maßnahmen zur Verbesserung des Wohnumfeldes verknüpft werden. Bei geschickter Planung kann dann wegen des Mehrfachnutzens eine Mischfinanzierung der Sanierungsaufgaben angestrebt werden, die eine Erschließung weiterer Finanzierungsmittel zuläßt (z.B. Städtebauförderung, Dorferneuerung).

## Entsiegelung

Durch die Versiegelung fließt das Regenwasser den Gewässern wesentlich schneller zu, da es auf der Oberfläche und in der Kanalisation den „direkten Weg“ nehmen kann. Für die Gewässer resultieren hieraus größere Hochwässer, verbunden mit einem vergrößerten Abflußvolumen und einer erheblich höheren Abflußspitze, die darüber hinaus auch noch sehr viel schneller als im natürlichen Zustand auftritt. Signifikante Auswirkungen manifestieren sich hierbei insbesondere bei kleineren Fließgewässern, die einem Bebauungsgebiet direkt als Vorflut dienen.

Im Vergleich zu einem unbebauten Gebiet ist als grober Anhalt mit folgenden Erhöhungen der Abflüsse in Fließgewässern zu rechnen:

- Abflußvolumen:  
5 bis 7 x Versiegelungsanteil
- Abflußscheitelwert:  
7 bis 13 x Versiegelungsanteil

Dies bedeutet, daß sich die max. Abflußhöhe bei einer Verdoppelung der versiegelten Fläche ungefähr verzwanzigfacht. Der Versiegelungsanteil ist hierbei als Summe der versiegelten Flächen dividiert durch die Gesamtfläche des Einzugsgebietes definiert.

Als oberster Planungsgrundsatz zur Versiegelung sollte deshalb gelten: Versiegelung nur dort, wo es unbedingt notwendig ist! Das bedeutet, daß alle vorhandenen versiegelten Flächen auf ihre Notwendigkeit hin untersucht und ggf. entsiegelt bzw. durch wasserdurchlässigere Belege ersetzt werden sollten. Bei Neuplanungen sollten grundsätzlich immer nur die Belegematerialien verwendet werden, die eine optimale Durchlässigkeit - unter Abwägung der Nutzung der Fläche - zulassen.

Als Gradmesser für die Durchlässigkeit steht der Abflußbeiwert, der das Verhältnis von oberflächlich abfließendem Wasser zur Gesamtabflußmenge angibt. Je höher der Abflußbeiwert ist, desto weniger Wasser versickert; ist der Beiwert gleich 1, versickert gar kein Wasseranteil, ist er gleich Null, fließt nichts oberflächlich ab. Eine Einteilung von verschiedenen Materialien bezüglich des Abflußbeiwertes zeigt Abbildung 1.

## Qualifiziertes Trennsystem

Der Grundgedanke eines qualifizierten Trennsystems ist die weitergehende Entkop-

pelung von Schadstoff- und Wasserstrom: Abwasser und stark verschmutztes Niederschlagswasser werden der Kläranlage zugeführt, weitgehend unverschmutztes Niederschlagswasser diesem „Schmutzpfad“ jedoch ferngehalten und im näheren Wohnumfeld dem Wasserkreislauf zugeführt. Die Entwässerung über ein qualifiziertes Trennsystem kommt der vollständigen Abkoppelung der betreffenden Flächen vom übrigen Entwässerungsnetz gleich, wodurch eine geringere hydraulische Belastung von Kanalisation und Kläranlage erreicht wird und sanierungsbedürftige Mischsysteme kostengünstig verbessert werden können.

Als qualifiziertes Trennsystem wird deshalb ein Entwässerungssystem bezeichnet, das verschmutztes Niederschlagswasser gemeinsam mit dem Schmutzwasser der Kläranlage zuführt und weitestgehend unverschmutzte Niederschlagsabflüsse in naheliegende Oberflächengewässer leitet. Fleete, Stadtkanäle, Teiche, Weiher und auch Feuchtbiotop sind als Vorfluter denkbar; sie dürfen jedoch keiner Gefährdung durch Hochwasser oder Überflutung durch die zusätzlichen Einleitungen ausgesetzt sein.

Die Ableitung des Niederschlagswassers kann oberirdisch in Gräben, über schmale befestigte Gartenwege (Dungwege) oder Pfla-

sterrinnen erfolgen. Oberirdische Ableitungssysteme können mehreren Zwecken dienen, wodurch sehr kostengünstige Lösungen möglich werden. Topographie, Freiflächengestaltung, Unterhaltung und Kosten bestimmen die jeweilige Ausführungsvariante. Ein separates Rohrsystem läßt die unterirdische Ableitung zu; Kombination zwischen ober- und unterirdischer Ableitung sind möglich.

**Versickerung**

Die Versickerung ist im Rahmen der Stadtentwässerungsanierung nicht mehr als Sonderlösung (zum Beispiel für Streusiedlungen bei günstigen Bodeneigenschaften) anzusehen, sondern ein Bestandteil des Gesamtkonzeptes. Untersuchungen auf diesem Gebiet haben gezeigt, daß die Versickerung eine wesentlich breitere Anwendung finden kann, wenn man folgende Punkte beachtet:

1. Durch die Speicherung von Niederschlagswasser ist die Versickerung hinsichtlich der Bodenart nicht auf Sand oder Kies beschränkt, sondern bis zu einem Durchlässigkeitsbeiwert ( $k_f$ -Wert) von  $5 \cdot 10^{-6}$  m/s möglich.
2. Durch möglichst dezentrale und möglichst offene, begründete Versickerungsflächen mit großem Flurabstand läßt sich eine Gefahr der Verunreinigung des Grundwassers weitestgehend vermeiden.
3. Die Versickerung braucht sich dann nicht nur auf Dach- und Hofabflüsse zu beschränken, sondern kann im innerörtlichen Bereich auch gering belastete Verkehrsflächen wie zum Beispiel Wohnstraßen umfassen. Hierdurch läßt sich die Versickerung wesentlich effizienter gestalten.

Material	Abflußbeiwert	Mögliche Verwendungen
Einfache Grasnarbe	0,2 - 0,0	zeitw. gen. Parkplätze, Fußwege in Freiflächen, Seiten- und Mittelstreifen von Straßen
Schotterrasen	0,3 - 0,2	gelegentlich genutzte Parkplätze, Festplätze, Feuerwehrzufahrten, begangene Seitenstreifen
Wassergebundene Decke	0,5 - 0,4	Fuß- und Radwege, wenig benutzte Fahrwege, Fest- und Parkplätze
Rasengittersteine	0,5 - 0,4	Stark frequentierte Parkplätze, Stellplätze, Feuerwehr- und Garagenzufahrten
Mosaik- und Kleinpflaster mit großen Fugen	0,6 - 0,5	Plätze, Wege, Höfe, Schulhöfe
Mittel- und Großpflaster mit offenen Fugen	0,7	Wohnstraßen, Plätze, Hofflächen, Wege
Verbundpflaster, Plattenbeläge	0,8	Wohnstraßen, Plätze, Parkplätze, Einfahrten, Fuß- und Radwege
Beton- und Asphaltdecken	0,9	stark bef. Straßen und Plätze, Flächen mit der Nutzung von wassergefährdenden Stoffen

Abb. 1: Abflußbeiwerte von verschiedenen Materialien

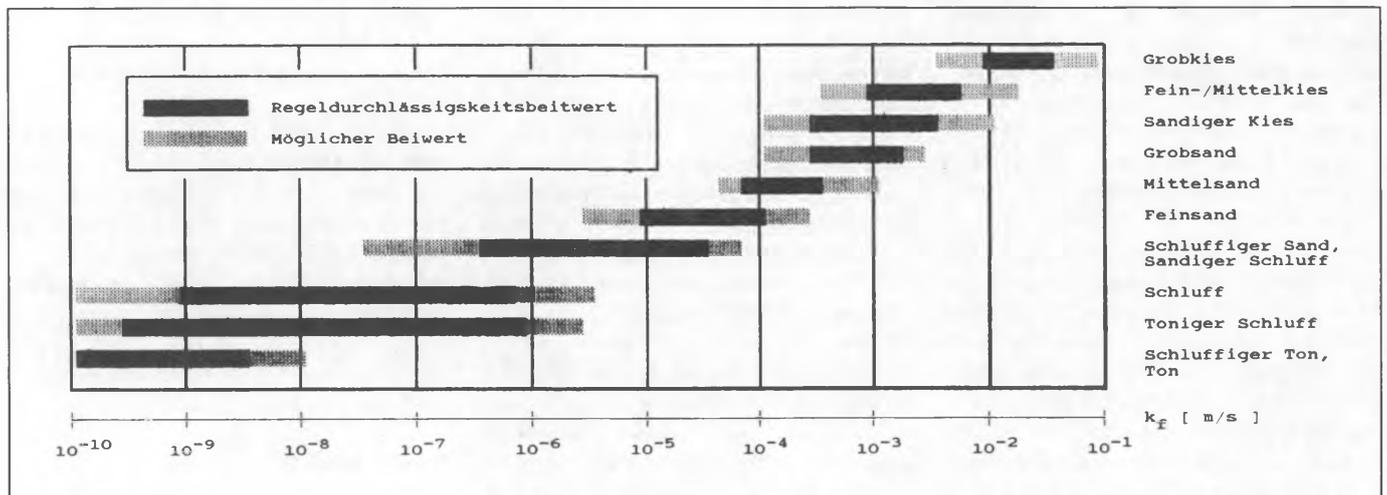


Abb. 2: Wasserdurchlässigkeit von Lockergesteinen (Quelle: Arbeitsblatt A 138 der Abwassertechnischen Vereinigung)

Neben den hydrologischen Belastungsdaten (Niederschlagsaufkommen) ist die Bemessung von Versickerungsanlagen gleich welcher Art vor allem von der Versickerungsrate des Bodens abhängig. Diese wird jedoch nicht nur von der anstehenden Bodenart, sondern auch von ihrer Wassersättigung bestimmt. Erst bei vollständiger Sättigung des Bodens entspricht der tatsächliche Durchlässigkeitsbeiwert dem rechnerischen Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$ .

Einen groben Überblick über die Durchlässigkeitsbeiwerte einzelner Boden- bzw. Gesteinsarten gibt Abb. 2. Für eine überschlägliche Abschätzung des Durchlässigkeitsbeiwertes  $k_f$  kann darauf zurückgegriffen werden.

Man unterscheidet vier verschiedene Formen der dezentralen Versickerung:

- Flächenversickerung,
- Muldenversickerung,
- Rohr- und Rigolenversickerung,
- Schachtversickerung.

Während die Flächenversickerung recht flächenintensiv ist und somit nur bei sehr wasserdurchlässigen Böden in Frage kommt, bietet die Schachtversickerung nur bei sehr tiefen Grundwasserbeständen einen ausreichenden Sicherheitsabstand zwischen Grundwasser und Einleitungswasser. In der Regel kommt deshalb die Mulden- oder Rigolenversickerung zur Anwendung. Die Entscheidung zwischen diesen beiden Formen ist von der künftigen Nutzung abhängig: Ist ausreichend Fläche vorhanden, so ist die Muldenversickerung aufgrund der geringeren Kosten, der besseren Wartung und des längeren Sickerweges zu bevorzugen. Die Rigolenversickerung ist immer dann von Vorteil, wenn wenig Platz zur Verfügung steht und die Fläche oberhalb der Rigole anderweitig (z.B. als Weg und Nutzgarten) genutzt werden soll.

**Nutzung von Regenwasser**

Die Regenwassernutzung hat für die Stadthydrologie im Prinzip denselben Effekt wie die Abkoppelung der angeschlossenen Dachflächen. Diese brauchen in der weiteren Planung des Kanalnetzes so gut wie nicht mehr berücksichtigt werden.

Zusätzlich kommt bei der Regenwassernutzung noch die Schonung der Trinkwasserressourcen hinzu, da alle Verbrauchszwecke, die durch Regenwasser abgedeckt werden, nicht mit Trinkwasser durchgeführt werden müssen.

Die Investitionskosten für Anlagen im privaten Bereich liegen bei 3000,- bis 5000,- DM pro Anlage. Für größere Anlagen mit einer angeschlossenen Dachfläche von 500 m<sup>2</sup> bis 2000 m<sup>2</sup> liegen sie i.d.R. zwischen 10000,- und 40000,- DM, die Einsparung bei 200 bis 600 m<sup>3</sup> Trinkwasser pro Jahr. Während kleine Anlagen aus betriebswirtschaftlicher Sicht relativ unwirtschaftlich arbeiten, kann dieses bei größeren ganz anders aussehen. Ein Beispiel für eine Amortisationsrechnung ist in Abb. 5 aufgezeigt. Bei einer Investitionskostenannahme von 30000,- DM und einer differenzierten Annahme des Abschreibungszeitraumes von Bautechnik, Elektrotechnik (Elektronische Steuerung) und Maschinenteknik (Pumpe) ergibt sich ein Amortisationszeitraum von ca. sieben Jahren. Entscheidenden Einfluß auf das Ergebnis hat hierbei die Annahme des Wasserpreisanstieges von durchschnittlich 8% pro Jahr. Ist diese niedriger, verlängert sich der Zeitraum, ist sie höher, so wird er kürzer. Sollte der Wasserpreis über den Planungszeitraum entgegen aller fachlichen Einschätzungen stabil bleiben, so betrüge die Amortisationszeit ohne Berücksichtigung des Preisanteils für Abwasser noch rund 15 Jahre.

**Literatur**

Abwassertechnische Vereinigung „ATV-Regelwerk A138 - Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser“, St. Augustin 1990.

Adams, R.: „Vergleich und Entwicklung von Feldmethoden zur Abschätzung der Versickerungsfähigkeit grundwasserferner Böden“, Diplomarbeit am Institut für Wasserwirtschaft der Universität Hannover, Hannover 1984.

Berliner Wasserwerke: „Entwicklung von Methoden zur Aufrechterhaltung der natürlichen Versickerung von Wasser“, Berlin 1984.

Böcker, R.: „Bodenversiegelung - Verlust vegetationsbedeckter Flächen in Ballungsräumen“, in Landschaft und Stadt 17, (2) 57 - 61, 1985.

Borgwardt, S.: „Objektplanerische Ausbildungsmöglichkeiten alternativer Anlagen der Regenwasserversickerung“, Diplomarbeit am Institut für Grünplanung und Gartenarchitektur und Institut für Wasserwirtschaft der Universität Hannover 1990.

Brunner, P.: „Bodenfiltersysteme für die weitergehende Mischwasserbehandlung“. In Schriftenreihe des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft Universität-Gesamthochschule Kassel Nr. 7/91, Kassel 1991.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: „RAS-Richtlinien für die Anlage von Straßen“, 1982.

Freund, E.: „Anforderungen der Bundesländer an die Regenwasser- und Mischwasserbehandlung“, in: Schriftenreihe des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft Universität-Gesamthochschule Kassel Nr. 7/91, Kassel 1991.

Versickerungsart	Mittlerer Grundwasserstand unter Gelände in [m]			
	1,00-1,25	1,25-1,50	1,50-2,20	größer 2,20
Flächenversick.	ja	ja	ja	ja
Muldenversick.	ja	ja	ja	ja
Rigolenvers. <sup>1)</sup>	nein	ja	ja	ja
Rohrversickerung	nein	nein	ja	ja
Schachtversick.	nein	nein	nein	ja

Abb. 3: Anwendungsbereich von verschiedenen Versickerungsformen in Abhängigkeit vom Grundwasserstand (<sup>1)</sup> Grabtiefe 50 cm)

Versickerungsart	Maßgebende Bodenart		
	Mittelsand	Feinsand	Schluff
Flächenversick.	ja	(ja)	nein
Muldenversick.	ja	ja	(ja)
Rigolenvers. <sup>1)</sup>	ja	ja	ja
Rohrversickerung	ja	ja	ja
Schachtversick.	ja	ja	nein

Abb. 4: Anwendungsbereich von verschiedenen Versickerungsformen in Abhängigkeit von der Bodenart (<sup>1)</sup> Grabtiefe 50 cm)

Fuchs, L.: „Kriterien zur Wahl des Entwässerungskonzeptes bei Siedlungsflächen, insbesondere im ländlichen Raum“, Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben LOTTO 40/83, Erlaß vom 30.12.1985 - 2091 - BV 4b - 40/83, Hannover 1988

Fuchs, L.: „Kriterien zur Wahl des Entwässerungskonzeptes bei Siedlungsflächen“, Zwischenbericht zum Forschungsvorhaben MWK 30.4.84 - 2091 - BV 4b - 40/83, Hannover 1985

Göttle, A.: „Fortschrittliche Konzepte für die Regenwasserbehandlung“ in: Korrespondenz Abwasser 10/90, St. Augustin 1990.

Harms, R.: „Verfahren zur Ermittlung der Infiltrationsrate“, BMFT-Forschungsvorhaben 02 - WT 334/9, Institut für Wasserwirtschaft der Universität Hannover, Hannover 1986.

Hütter, L.A.: „Wasser und Wasseruntersuchung“, Frankfurt a.M. 1979.

ILRI publication 20: „Discharge measurement structures“, Third revised edition 1991.

Meißner, E.: „Abschätzung der mittleren Jahreschmutzfracht aus Mischwasserentlastungen“, in: Schriftenreihe des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft Universität-Gesamthochschule Kassel Nr. 7/91, Kassel 1991.

Pecher, R.: „Jährliche Überlaufdaten von Regenwasserentlastungsanlagen“, in: Schriftenreihe des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft Universität-Gesamthochschule Kassel Nr. 7/91, Kassel 1991.

Sämman, U.: „Regenwassernutzung in öffentlichen Gebäuden“, in: Das Rathaus, Heft 5/90, Hannover 1990.

Sieker, F., Harms, R.: „Entwässerungstechnische Versickerung von Regenwasserabflüssen“, in: Schriftenreihe der Abwassertechnischen Vereinigung (ATV), St. Augustin 1987

Sieker, F.: „Konventionelle und alternative Konzepte zur Regenwasserentsorgung im Vergleich“, in: Schriftenreihe des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft Universität-Gesamthochschule Kassel N. 7/91, Kassel 1991.

Sperling, F.: „Weitergehende Maßnahmen zur Regenwasserbehandlung - Warum, Wann und Was?“, in: Schriftenreihe des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft Universität-Gesamthochschule Kassel Nr. 7/91, Kassel 1991.

Uhl, M.: „Hydrologisch-statistische Studie über künftige Möglichkeiten der Regenwasserentsorgung versiegelter Flächen im Emscher-Einzugsgebiet“, 1. Zwischenbericht: Alternativen zur Regenwasserableitung, Schlußbericht: Projektgebiet „Siedlung Schüngelberg“, Hannover 1991.

Uhl, M.: „Regenwasserversickerung am Beispiel Gelsenkirchen-Schüngelbergsiedlung“, Universität Hannover, Institut für Wasserwirtschaft, Hannover 1991, unveröffentlicht.

Weyer, G.: „Verhalten von organischen Schadstoffen in der ungesättigten Bodenzone bei Versickerung von Regenwasser“, Diplomarbeit am Institut für Wasserwirtschaft. Hydrologie und Landwirtsch. Wasserbau der Universität Hannover, Han. 1991

Beispiel zur Berechnung der Amortisationszeit von Regenwassernutzungsanlagen im öffentlichen Bereich mit Annuitäten																																			
<b>Annahmen (Eingangswerte):</b>																																			
Investionskosten Bautechnik	:	26.000,- DM																																	
Abschreibungszeitraum Bautechnik	:	1...25 a																																	
Investionskosten Elektrotechnik	:	1.000,- DM																																	
Abschreibungszeitraum Elektrotechnik	:	15 a																																	
Investionskosten Maschinenteknik	:	3.000,- DM																																	
Abschreibungszeitraum Maschinentech.	:	12 a																																	
Betriebskosten	:	35 DM/a																																	
Realkreditzinssatz	:	8,0 %																																	
Mehrwertsteuer	:	14,0 %																																	
Bezugsjahr	:	1991																																	
Basisjahr Preise	:	1991																																	
Planungszeitraum	:	30 a																																	
Nebenkosten	:	10 %																																	
Wasserpreissteigerungsrate	:	8 %																																	
Gewinn durch Trinkwassereinsparung (1100 m <sup>3</sup> /a á 2,27 DM/m <sup>3</sup> ohne Abwasser)	:	2.500,- DM/a																																	
<b>Ergebnis (Ausgabewerte):</b>																																			
Annuität aus dem Gewinn	:	6.795,00 DM/a																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Abschreibungszeit Bautechnik</th> <th>Annuität aus der Investition</th> <th>Gewinn<sup>1)</sup></th> </tr> <tr> <th>Jahre</th> <th>DM/a</th> <th>DM/a</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>38.566,-</td><td>-31.771,-</td></tr> <tr><td>2</td><td>20.088,-</td><td>-13.293,-</td></tr> <tr><td>4</td><td>10.868,-</td><td>-4.073,-</td></tr> <tr><td>6</td><td>7.793,-</td><td>-998,-</td></tr> <tr><td>8</td><td>6.281,-</td><td>514,-</td></tr> <tr><td>10</td><td>5.356,-</td><td>1.439,-</td></tr> <tr><td>15</td><td>4.157,-</td><td>2.638,-</td></tr> <tr><td>20</td><td>3.635,-</td><td>3.160,-</td></tr> <tr><td>25</td><td>3.288,-</td><td>3.507,-</td></tr> </tbody> </table>			Abschreibungszeit Bautechnik	Annuität aus der Investition	Gewinn <sup>1)</sup>	Jahre	DM/a	DM/a	1	38.566,-	-31.771,-	2	20.088,-	-13.293,-	4	10.868,-	-4.073,-	6	7.793,-	-998,-	8	6.281,-	514,-	10	5.356,-	1.439,-	15	4.157,-	2.638,-	20	3.635,-	3.160,-	25	3.288,-	3.507,-
Abschreibungszeit Bautechnik	Annuität aus der Investition	Gewinn <sup>1)</sup>																																	
Jahre	DM/a	DM/a																																	
1	38.566,-	-31.771,-																																	
2	20.088,-	-13.293,-																																	
4	10.868,-	-4.073,-																																	
6	7.793,-	-998,-																																	
8	6.281,-	514,-																																	
10	5.356,-	1.439,-																																	
15	4.157,-	2.638,-																																	
20	3.635,-	3.160,-																																	
25	3.288,-	3.507,-																																	
1) Gewinn = Annuität aus Gewinn - Annuität aus Investition																																			
==> Amortisationszeitraum	:	ca. 7 Jahre																																	

Abb. 5: Amortisation von Regenwassernutzungsanlagen (Beispiel)

**Anschrift des Verfassers:**  
 Udo Sämman  
 Ingenieurgesellschaft AGWA  
 Vahrenwalder Straße 7  
 3000 Hannover 1

# Mögliche quantitative Auswirkungen zentraler und dezentraler Abwasserentsorgung auf die Grundwasserneubildung

von Gert Brühmann

Abkürzungen: KA = Kläranlage,  
GW = Grundwasser,  
SW = Schmutzwasser.

Zunächst sei definiert: Mit Abwasserentsorgung ist hier - im Hinblick auf Pflanzenkläranlagen - SW-Entsorgung gemeint.

**Zentrale SW-Entsorgung:** SW wird in einer technischen KA zusammengeführt, der KA-Ablauf punktuell in ein Fließgewässer eingeleitet.

**Dezentrale SW-Entsorgung:** SW wird an vielen Stellen in Pflanzenkläranlagen gereinigt, der Ablauf somit flächenhaft in die Geländeoberfläche und in den Untergrund eingebracht, hierbei Bodenpassage genutzt.

**Grundwasserneubildung ( $Nb_G$ ):** Unter der Grundwasserneubildung wird die Wassermenge verstanden, die flächig aus den Niederschlägen sowie stellen- und/oder zeitweise aus Flüssen und Seen versickert, die Grundwasseroberfläche erreicht und mit dem Grundwasserstrom als unterirdischer Abfluß  $A_G$  den Bächen und Flüssen zufließt und sie speist. Gemäß Abb. 1 gilt folgende Wasserhaushaltsgleichung:

$$Nb_G = N - V - A_D = 1/4 \text{ von } N$$

Bei zentraler SW-Entsorgung ist zu unterscheiden, ob das den KA-Ablauf aufnehmende Fließgewässer einem Geest-GW-Körper (siehe Abb. 3 oder einem Marsch- oder

Niederungs-GW-Körper (siehe Abb. 2) zugehört. Beim Geest-GW-Körper, der sich durch stärkeres GW-Spiegelgefälle auszeichnet (wie z.B. GW-System „Lüneburger Heide“) führt die durch Einleiten des KA-Ablaufes erhöhte Wasserführung des Fließgewässers nicht zu einem nennenswerten Austritt von Flußwasser ins GW und damit nicht zu einer GW-Neubildung.

Im Falle des Marsch- oder Niederungs-GW-Körpers mit sehr geringem GW-Spiegelgefälle (wie z.B. „Mecklenburgische Seenplatte“) kann dagegen der eingeleitete KA-Ablauf infolge Ansteigen des Flußwasserspiegels ins GW übertreten und damit GW-Neubildung bewirken.

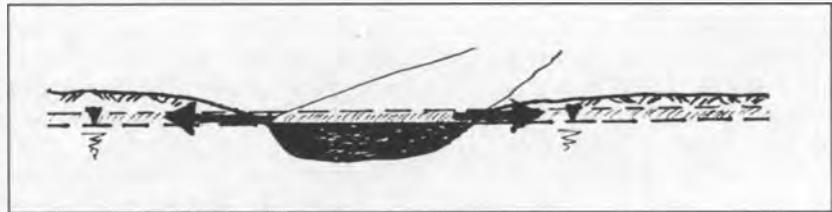


Abb. 2: Niederungs-Grundwasserkörper

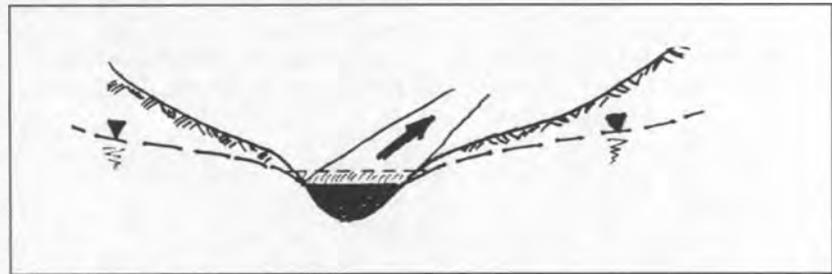


Abb. 3: Geest-Grundwasserkörper

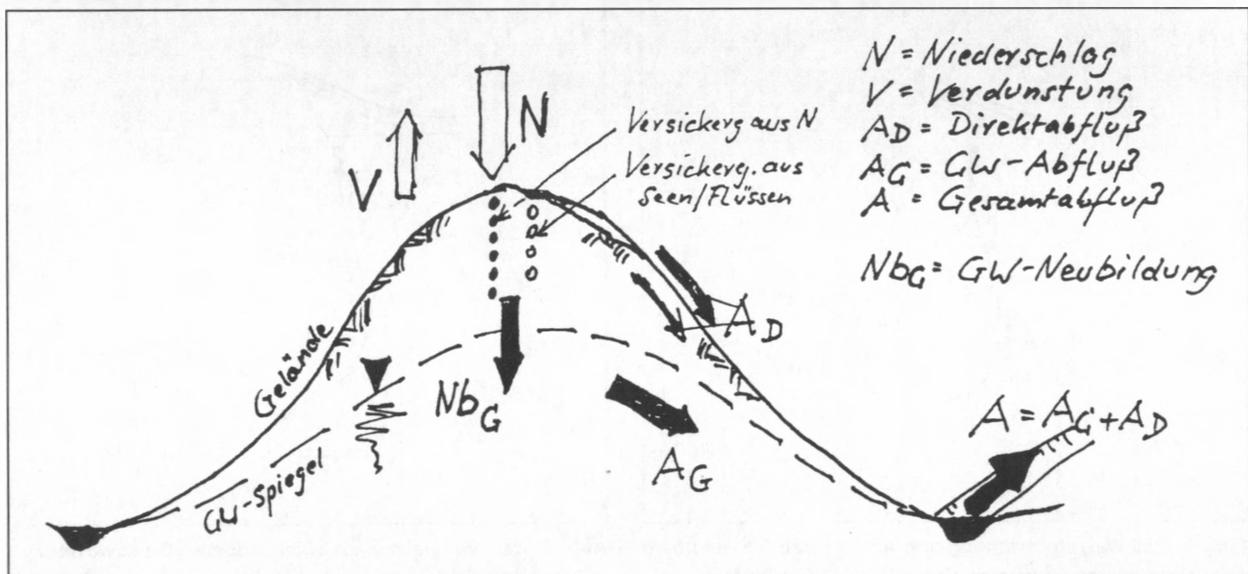


Abb. 1: Wasserhaushalt (ohne GW-Entnahmen)

Bei der *zentralen SW-Entsorgung* ist noch zu unterscheiden, ob das der KA zugeführte Wasser *innerhalb* oder *außerhalb* des GW-Einzugsgebietes des betreffenden Fließgewässers dem GW entnommen wurde. Im Falle „innerhalb“ (siehe Abb. 4) gleichen sich der entnahmebedingte Abflußrückgang im Gewässerabschnitt oberhalb der Einleitungsstelle und die Wasserzuführung aus dem KA-Ablauf an der Einleitungsstelle weitgehend aus, so daß es nicht zu GW-Neubildungen kommt. Im Falle „außerhalb“ (siehe Abb. 5) wird dem Flußsystem von außen eine zusätzliche Wassermenge zugeführt; dies bewirkt eine erhöhte Wasserführung unterhalb der Einleitungsstelle und somit eine GW-Neubildung, sofern der Fließgewässerabschnitt dem Typus Marsch- oder Niederungs-GW-Körper zugehört.

Die Auswirkung einer *dezentralen SW-Entsorgung* (Pflanzenkläranlagen) wird an einem Fallbeispiel abgeschätzt:

Vorgaben: Landkreis  
 (wie z.B. Uelzen) 90000 Einwohner  
 10% dezent. SW-Entsorgung  
 im ländlichen Bereich 9000 Einwohner  
 SW-Anfall:  $9000 \text{ E} \times 150 \text{ l} / \text{E} \cdot \text{d} \times 365 \text{ d}$   
 $= 9000 \text{ E} \times 55 \text{ m}^3 / \text{a} \approx 0,5 \text{ Mio m}^3 / \text{a}$   
 GW-Neubildung ( $N_{bG}$ ):  
 $1450 \text{ km}^2 \times 165 \text{ mm} / \text{a} \approx 240 \text{ Mio m}^3 / \text{a}$   
 $0,5 \text{ Mio m}^3 / \text{a} \text{ SW-Anfall}$   
 $\approx 0,21\% \text{ GW-Neubildung}$

Bei Annahme einer vollständigen Versickerung des anfallenden SW ins GW würde sich die natürliche GW-Neubildung also nur um etwa 0,2% erhöhen. Berücksichtigt man jedoch, daß ein erheblicher Teil des in die Pflanzenkläranlage eingeleiteten SW der Versickerung entzogen wird durch:

- Verdunstung Transpiration
- Verdunstung Evaporation (von Wasser- und Pflanzenoberfläche)
- Oberflächenabfluß  $A_0$
- Zwischenabfluß  $A_z$
- Versickerung in schwebende bzw. höhere GW-Stockwerke

So dürfte sich die Versickerung ins obere Hauptgrundwasserstockwerk - nur dieses ist für die GW-Neubildung zu betrachten - auf eine Größenordnung von 0,1 % der natürlichen Grundwasserneubildung infolge Niederschlag belaufen. Die dezentrale SW-Entsorgung durch Pflanzenkläranlagen vermag somit die natürliche GW-Neubildung nicht nennenswert zu erhöhen.

*Zusätzliche Anmerkung:* Andere Maßnahmen, wie z.B. Flächenentsiegelung, flächenhafte Regenwasserversickerung, Vermeiden von Waldumwandlung, Grünlandumbbruch und Bodenverdichtung, vermögen erheblich mehr zur GW-Neubildung beizutragen.

**Zusammenfassung:**

Zentrale SW-Entsorgung (technische KA) bewirkt eine GW-Neubildung im wesentlichen nur dann, wenn die Einleitungsmengen aus der KA ursprünglich außerhalb des GW-Einzugsgebietes des Fließgewässers gewonnen wurden und die Einleitung im Bereich eines Marsch- oder Niederungs-GW-Körpers erfolgt.

Dezentrale SW-Entsorgung (Pflanzen-KA) schafft zwar aus ökologischer Sicht wertvolle Feuchtgebiete, Sümpfe oder Wasserflächen, vermag zur GW-Neubildung und damit zur Verbesserung des GW-Haushaltes nicht nennenswert beizutragen.

**Anschrift des Verfassers:**

Dipl.-Ing. Gert Brühmann  
 Staatliches Amt für Wasser und Abfall  
 Auf dem Michaeliskloster 8  
 2120 Lüneburg

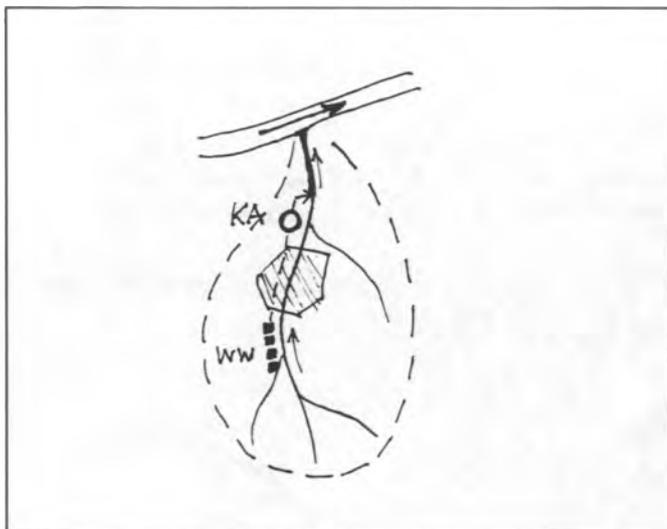


Abb. 4: Trinkwassergewinnung und Abwasserabfluß innerhalb eines Grundwasser-Einzugsgebietes (WW = Wasserwerk)

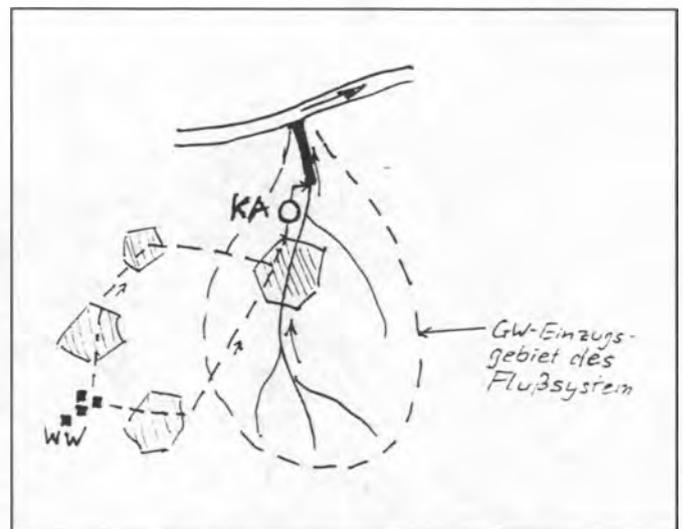


Abb. 5: Wasserentnahme aus einem anderen Grundwasser-Einzugsgebiet führt dort Wasser ab und dem betrachteten Gebiet als zusätzliche Menge zu.

# Abwasserpolitik im ländlichen Raum aus Sicht eines Umweltverbandes und einer Kommunalpolitikerin „... Aus den Augen, aus dem Sinn...“

von Ingrid Holst

„Was darf der Mensch, und wo muß er sich bei seinen technischen und wissenschaftlichen Realisierungsmöglichkeiten beschränken?“ Dies war eines der Themen eines Symposiums zu Ethik in Wissenschaft und Technik, das vor einem Jahr in Helsinki stattfand. Die Tagung endete mit dem Aufruf, bei der Erarbeitung von Lösungen auch für noch so drängende Probleme neben den Nahzielen immer auch die langfristigen Folgewirkungen zu bedenken. Zweckoptimismus ist keine ausreichende Begründung für die Einführung neuer Methoden in Medizin, Landwirtschaft, Pharmazie oder Umwelttechnik. Oder: wenn die weltweite Einführung der Denitrifikation auf Kläranlagen über die Freisetzung von Lachgas letztlich zur Zerstörung der Ozonschicht beiträgt, was wäre dann gewonnen?“ (Auszug aus dem Mitteilungsblatt FORUM der Gesellschaft zur Förderung des Lehrstuhls für Wassergütwirtschaft und Gesundheitswesen, TU München, Prof. Dr.-Ing. Peter Wilderer, August 1991).

Die CDU-Bürgerschaftsfraktion in Hamburg gab im Februar '92 per Pressemitteilung bekannt: der Senat beabsichtigt, das Klärwerk Stelling Moor aufzugeben und die Hamburger Abwasserentsorgung im Klärwerkskomplex Köhlbrandhöft / Dradenau zu zentralisieren. Dafür soll für 140 Millionen DM ein Transportsiel durch Altona gebaut werden. „Das würde bedeuten, daß die Abwasserentsorgung Hamburgs von einem einzigen Klärwerkskomplex abhängt“, so der Umweltsprecher der CDU-Bürgerschaftsfraktion Dr. Roland Salchow. „Ich bin skeptisch, ob diese Zentralisierung unter dem Aspekt der Störanfallsicherheit wirklich vernünftig ist“.

## Stadt und Land

Bei der Abwasserpolitik im ländlichen Raum muß ebenfalls abgewogen werden. Der Unterschied zur Stadt ist der, daß „neue“ Gedanken, bzw. Möglichkeiten im dörflichen Bereich „nicht gesellschaftsfähig“ sind.

## Beispiel: Gemeinde Undeloh

Zur Situation: ein gutes Beispiel um die ländliche Abwasserproblematik ist mein Heimatdorf Undeloh. Undeloh ist mit rund 800 Einwohnern mit den Ortsteilen Wesel und Wehlen, und mehreren Einzelgehöften

(Heimbuch, Thonhof, Meningen) relativ klein. Zur Gemeindefläche gehören jedoch über 4000 Hektar. Und - die Gemeindeflächen liegen alle im Naturschutzgebiet „Lüneburger Heide“, bis auf die bebauten Ortslagen von Undeloh und Wesel (siehe Abb. 1).

Der zunehmende Tourismus, Tagesbesucher, Zimmervermietung, Erweiterung der Hotels und Pensionen, die gute Auslastung der Jugendherberge, veranlaßte den damaligen Bürgermeister (eines Tages auf der Straße durchschritt er übelriechende, übergelaufene Inhalte der Klärgruben) sich massiv für den Bau einer Kläranlage in dem Ort einzusetzen. Das ist jetzt 20 Jahre her. Insbesondere die Gastronomen und die Pensionsbesitzer verweigerten ihre Zustimmung, denn es ging ums Geld. Auch der damalige Gemeinderat war nur mühsam zu überzeugen. Bisher wurde über 3-Kammer-Systeme entsorgt - und auf Äcker ausgebracht. Rund 40 landwirtschaftliche Betriebe hatten genügend Flächen. „Mr. Proper“ war damals noch unbekannt, Grüne Seife das schärfste Reinigungsmittel.

Dennoch wurde 1972 das Klärwerk mit einer Auslastung für 500 EGW zu Kosten von 1,2 Mio DM in Betrieb genommen. DM 400000 mußte die Kommune selbst tragen, der Rest wurde durch Zuschüsse, ERP-Mittel und Darlehen finanziert. Der damalige Regierungspräsident Frede aus Lüneburg hatte sogar den Gedanken, Wilsede nach Undeloh zu entsorgen.

*Fakt ist, daß die Genehmigung für das Klärwerk nur bis zum 31. 12. 1996 läuft. Und das ist das Problem.*

Weiter kommt hinzu, daß Undeloh ein beliebter Ausflugsort im Naturschutzgebiet

geworden ist. Leben im Winter nur rund 550 Einwohner dort, können es an Heideblüten-Sonntagen schon mal 10000 Gäste sein.

Der Gebührenbedarf ist von 1986 mit 94800,- DM bis 1991 auf 142450,- DM gestiegen. Die Abwassermenge von 39015 cbm auf 41500 cbm. DM 3,40/cbm betragen die Kanalbenutzungsgebühren jetzt.

## Zuständigkeiten

Die Samtgemeinde Hanstedt hat schon vor Jahren ihren Abwasser-Rahmenplan in mehreren Varianten beraten, dann eine verabschiedet und es dabei verstanden, klare Absichtserklärungen zu verschleiern. Hauskläranlagen können in kleinen Orten noch bestehen bleiben, bis man weiß, wie eine Druckleitung gut funktionieren kann. Das gesamte Einzugsgebiet der Samtgemeinde sollte einmal zentral in das Klärwerk Glüsing/Elbe entsorgt werden. Alle anderen momentanen Maßnahmen, und dazu zähle ich auch die Baumaßnahmen im Klärwerk Döhle, sind nur Zwischenlösungen.



Abb. 1: Naturschutzgebiet Lüneburger Heide einschließlich der seit 27. 7. 1990 zusätzlich sichergestellten Flächen (Waldflächen gerastert), aus MÜHLBACH 1992, unveröffentl. Gutachten, NNA

### Reinigungskraft und Störfallsicherheit des Seeve-Sammlers

Hierzu die Mitteilung der SPD-Kreistagsfraktion von 1991: „Der Bau- und Planungsausschuß beschloß am 26. 1. 1988 die Erweiterung der biologischen Stufe mit Stickstoff-Elimination im Klärwerk Seevetal ... Durch neue Vorschriften über die Verringerung von Stickstoffbelastungen ... die Stickstoff-Elimination ist nur in Verbindung mit einer erweiterten Biologie möglich. Danach sind zusätzlich zu den alten Belebungsbecken (2 x 1450 cbm) zwei neue Becken mit je 3800 cbm geplant. Als weiteren Schritt sieht die Abwasserverordnung einen Phosphatabbau vor.“

Im August 1990 schrieb die Samtgemeinde Hanstedt bereits an die Gemeinde, daß „in Anbetracht der zu erwartenden Stilllegung der Kläranlage (Anschluß an den Landkreis) und der damit verbundenen künftigen Nutzung des Belebungsgrabens und des Nachklärbeckens als Abwasserspeicherbecken, bitte zu prüfen sei, ob seitens des Rates Bereitschaft besteht, die Flächen auf die Samtgemeinde als Betreiberin zu übertragen.“ Der Rat hat inzwischen zugestimmt. Die Gegner dieser Maßnahme teilten der Bezirksregierung Lüneburg und dem Ministerpräsidenten von Niedersachsen ihre Befürchtungen und Bedenken mit, und baten gleichzeitig um Unterstützung. Denn der Schutzzweck des NSG soll auf keinen Fall unterlaufen werden. Sie formulierten:

- Durch die einstweilige Sicherstellungsverordnung vom 27. 7. 90 sind dem Ort enge Grenzen der baulichen Veränderung vorgegeben. Bereits jetzt werden Pläne bekannt, die Bebauungspläne dahin gehend zu ändern, daß eine massive innerörtliche Bebauung möglich wird, somit eine Ausnutzung der Grundstücke.
- Die bisher freien unbebauten Grundstücke werden Spekulationsobjekte. Aus einfachen Bauernhäusern entstehen Ferienwohnungsanlagen und ähnliches.
- Bisher ist die Kapazität der eigenen Kläranlage ein Argument gewesen, weitere bauliche Verdichtung zu verhindern. Wir wollen den Charakter des Heidedorfes erhalten.“

Die Antwort der Bezirksregierung: „... bis 1996 beabsichtigt der Landkreis Harburg, die Gemeinde Undeloh an das kreiseigene Klärwerk Glüsing anzuschließen ... entgegen den von Ihnen geäußerten Befürchtungen ist dieses Vorhaben aus Naturschutzsicht zu begrüßen. Die vorhandene Kläranlage ist technisch nicht in der Lage, das Abwasser Unde-

loh so zu klären, wie es den Anforderungen aufgrund der Lage im NSG entspricht. Insbesondere die erheblichen saisonbedingten Schwankungen der Abwassermenge belasten den relativ wenig Wasser führenden Radenbach stark. ... Eine dritte Reinigungsstufe würde kaum Verbesserungen bringen. Im Übrigen würde die Anlage eines oder mehrerer Klärteiche einen erheblichen Eingriff in das Radenbachtal bedeuten. Zwar wird auch der Bau der Rohrleitung mit Pumpstationen mit Eingriffen in den Naturhaushalt verbunden sein, jedoch werden diese durch Auflagen in der naturschutzrechtlichen Befreiung z.B. zur Trassenführung voraussichtlich minimiert werden können.“

### Für Undeloh gibt es mehrere Möglichkeiten:

1. Anschluß an den sogenannten Seevetal-Sammler Glüsing und ab in die Elbe. Um dahin zu kommen, müssen jedoch Leitungen über höher gelegenes Waldgelände, zirka 4 km, mit Pumpstationen gebaut werden. Damit es nicht etwa einfach wird: durch Naturschutzgebiet. Der nächste Ort ist Ollen, der bisher keiner zentralen Entsorgung angeschlossen ist. Auch hier müßte gebaut werden, um dann, nicht etwa gleich in die Schmale Aue zu fluten, nahe Hanstedt, wieder 5 km entfernt an größere Leitungen zu kommen. Hanstedt ist bereits an den Seevetalsammler angeschlossen. Ob die Rohrkapazität ausreicht, kann ich heute nicht beurteilen.
2. Anschluß an das Klärwerk im benachbarten Döhle. Dazu muß eine etwa 7 km Druckleitung durch das Naturschutzgebiet gelegt werden, mit Pumpstationen, und Wasserzulauf. In Döhle wird gerade „renoviert“: eine weitergehende Stickstoffelimination ist das Ziel, sowie Verbesserung der Wassergüte des Vorfluters Schmale Aue.
3. Weitere, verlängerte Betriebserlaubnis des Undeloher Klärwerkes mit verbesserter Reinigungsleistung. Entweder mit 3. Reinigungsstufe oder zusätzlicher Wurzelraum-Entsorgung oder unbelüfteten Teichen im Radenbachtal des Naturschutzgebietes.

### Grundwasserentnahme

Als die Problematik der Grundwasserentnahme durch die Hamburger Wasserwerke bekannt wurde, gab es 1985 ein Gutachten zu „Planung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen im NSG Lüneburger Heide im Verlauf der

Seeve zwischen Wehlen und Inzmühlen, sowie dem Lauf der Schmalen Aue zwischen Sudermühlen“ von Dipl.-Biol. H.-J. SPITZENBERGER. Die veröffentlichte Gewässergütekarte des Landkreises Harburg bezeichnet den Rehmbach beispielsweise als „gering“ belastet. Jeder kann ohne große Kenntnisse bei einem Ortstermin feststellen, daß dieser Bach trocken gefallen ist. Ähnlich ist es beim Radenbach in Undeloh. Die Quelle ist nicht mehr zu orten, mehrere 100 Meter weiter sammelt sich Wasser im Graben. Das gereinigte Abwasser aus der Kläranlage fließt, im Winter nicht so schnell, durch die Wiesen, wird langsam mehr und fließt dann in die Schmale Aue, dieser dann in die Seeve. Die Erkenntnisse: *weiterer Wasserverlust führt zu erheblichen Schäden.*

„Sowohl die Seeve, als auch die Schmale Aue weisen bereits jetzt eine hohe Wasserqualität auf. Gleichwohl ist eine weitere Verbesserung insbesondere für die Schmale Aue wünschenswert. Im Plangebiet tragen vor allem der Eintrag an Düngemitteln aus landwirtschaftlich genutzten Flächen, Fischenteichen und diverse Straßeneinläufe zur Beeinträchtigung der Wasserqualität bei.“ SPITZENBERGER schlägt im Gutachten vor,

- a) die Ausweisung eines Uferschutzstreifens
- b) die Reduzierung des Pferdebesatzes oder gänzliche Aufgabe der Pferdebeweidung auf den überweideten Flächen bzw. Festlegung von maximalen Besatzdichten.
- c) Überführung von Weideflächen in Mähwiesen
- d) Aufgabe von Ackernutzung zugunsten extensiver Grünlandwirtschaft bzw. Pflanzung von Birken-Stieleichen-Wäldern
- e) Verzicht auf die Entwässerung der Flächen. Dies bedeutet, daß stark ziehende Gräben und Drainagen geschlossen werden müssen.

Von allen Behörden, hier dem Landkreis Harburg und der Bezirksregierung Lüneburg ist zu hören, daß Klärwerke nicht ins Naturschutzgebiet gehören. Das mag im Prinzip richtig sein, stellt sich in Undeloh jedoch anders dar.

### Anschrift der Verfasserin:

Ingrid Holst  
stellv. Bürgermeisterin von Undeloh  
Mitgl. im Naturschutzverband Lüneb. Heide  
Zur Dorfeiche 24  
2111 Undeloh

# Klärschlammvererdung in schilfbepflanzten Schlamm-trockenbeeten

von Udo Pauly

Erste Versuche mit Hilfe von Wasserpflanzen / Sumpfpflanzen, Abwässer zu reinigen, gehen im wesentlichen auf die Arbeiten von SEIDEL sowie KICKUTH zurück.

Hierbei können drei unterschiedliche Ansätze ausgemacht werden, die zudem durch unterschiedliche verfahrenstechnische Lösungswege bearbeitet worden sind:

1. Die Behandlung von Rohabwasser in einer Pflanzenkläranlage,
2. die Behandlung von mechanisch vorge-reinigtem Abwasser in einer Pflanzen-kläranlage,
3. die Behandlung von Klärschlämmen, z.B. aus Belebtschlammanlagen, in bepflanz-ten Schlamm-trockenbeeten.

In der Diskussion um die sogenannten Pflanzenbeete wird häufig einseitig polemisiert. Von besonderem Interesse ist es daher, ob es überhaupt Gründe gibt, diese Verfahren einzusetzen. Bestehen Defizite im Bereich der „technischen“, „konventionellen“ Abwasserbehandlung?

Nach Meinung des Autors sind solche Defizite durchaus erkennbar und es werden im folgenden ohne Anspruch auf Vollständigkeit einige aufgeführt:

- stetig steigende Betriebskosten bzw. Wassergebühren,
- teure Sammler transportieren Abwasser, reinigen es aber nicht,
- die Sammlerstränge haben eine die Land-schaft entwässernde Wirkung,
- für den typisch ländl. Siedlungsraum fehlt es an technischen Lösungen, häufig werden die kleineren technischen Anlagen nur sehr unbefriedigend mit den f. diesen Raum typischen Stoßbelastungen fertig,
- in Belebtschlammanlagen wird in erheblichem Umfang Energie zur Abwasserrei-nigung verbraucht und zwar für an sich energieautarke Abbauvorgänge von or-ganischer Substanz,
- nur ca. 45% der organischen Abwasserin-haltsstoffe werden tatsächlich in einer Belebtschlammanlage abgebaut. Zur Er-zielung von 90% Reinigungsleistung wird der verbleibende Rest in Form von Klär-schlamm dem Abwasser entzogen,
- aus ca. 1,0 l Rohschlamm pro Einwohner und Tag macht eine Belebtschlamman-lage 2 bis 3 l/E und Tag,

- die Behandlung wie auch die Entsorgung der Klärschlämme ist aufwendig und ko-stenintensiv.

Vor diesem Hintergrund ist es nur natür-lich, Pflanzenkläranlagen eine gewisse Be-deutung einzuräumen,

- a) weil der eigentliche Abwasserrei-nigungsprozeß ohne fossile Energie aus-kommt,
- b) weil im Zuge der Abwasserreinigung keine über die im Rohabwasser bereits enthaltenen Schlamm-mengen entstehen,
- c) weil die Erfahrung lehrt, daß Pflanzen-kläranlagen eine hohe Prozeßstabilität gegenüber Schwankungen der Abwas-sermenge und Konzentration aufweisen.

Moderne Abwasserbehandlung sollte daher die Frage aufwerfen, welche Mög-lichkeiten bestehen, die Klärschlammproduktion einzudämmen, wie dies z.B. in Wurzelraum-kläranlagen seit Jahren geschieht.

## Behandlung von Klärschlämmer: in schilfbepflanzten Klärschlammvererdungsbeeten

In den vergangenen 5 Jahren hatte der Autor an der Gesamthochschule Kassel die Gelegenheit, im Rahmen eines vom BMFT ge-förderten Forschungsvorhabens (Projektken-nung 02 WA 85 67) sich ausführlicher mit dem Thema Klärschlamm zu beschäftigen. Im Rah-men dieser Untersuchungen stand im Vor-dergrund, das Abfallprodukt technischer Ab-wasserreinigungsprozesse in naturnah aus-gebauten, bepflanzten Vererdungsbeeten zu entwässern, zu konditionieren und orga-nische Substanz zu mineralisieren, also den Schlamm zu vererden.

### Funktionsprinzip

Die Technik der *Klärschlammaufberei-tung in schilfbepflanzten Schlammverer-dungsbeeten* ist bautechnisch abgeleitet aus den altbekannten Schlamm-trocknungsbee-ten. Der Nachteil unbepflanzter Beete ist die relativ geringe Entwässerungsleistung pro Flächeneinheit.

In den sechziger Jahren wurde erstmals die Entwässerung von Schlämmen in mit Schilf (*Phragmites australis*) bepflanzten Schlamm-trockenbeeten getestet. Dieser An-satz ergab sich aus der bekannten Tatsache,

daß verschiedene Sumpfpflanzen, und hier-bei vor allem Schilf, erhebliche Wassermeng-en verdunsten können und somit potentiell die Entwässerung des Schlammes beschleunigen.

Hat sich der Schilfbestand etabliert, sorgt die dann üppige Vegetation für eine *negative Wasserbilanz am Standort*. Das Nieder-schlagswasser, das den Schlamm durchdringt und stetig befeuchtet, kann so über die hohe Evapotranspiration (bis zu 1.800 mm / Jahr) mehr als ausgeglichen werden.

Weitere Untersuchungen zeigten, daß die Schilfpflanzen nicht nur durch die hohe *Verdunstung* zu einer wesentlichen Entwä-sserung des Schlammes beitragen, sondern auch durch pflanzentypische Eigenschaften den Klärschlamm neu strukturieren. Hierbei ist vor allem die *Veränderung der Kolloid-struktur des Schlammes* zu nennen. In direk-ter Nähe zur Pflanzenwurzel werden Humin-säure-Sole ausgeflockt, aus denen die Was-serabtrennung leichter erfolgen kann. Des-weiteren übt das Schilf über die Halmbewe-gung eine *mechanische Kraft* aus. Diese wirkt in frisch aufgelandetem Schlamm wie ein *Krählwerk* und fördert die bessere Abtren-nung des Wassers. In der fortgeschrittenen Phase der Entwässerung bilden sich durch die Bewegungen der Schilfhalme trichterfö-rmige Vertiefungen, die zu einer *Oberflächen-vergrößerung* führen. Letztlich erfolgt in be-pflanzten Klärschlammvererdungsbeeten eine weitergehende Schlammstabilisierung sowie Konditionierung, *die den Schlamm in ein erdiges Substrat überführt*.

Die Fähigkeit des Schilfes, aus den Halm-knoten heraus zu wurzeln, sorgt dafür, daß die anwachsende Schlamm-schicht *kontinu-ierlich durchwurzelt* wird und der gesamte Schlammkörper wasser-durchlässig bleibt. Durch die Wurzeltätigkeit wird der Schlamm konditioniert und das Drainagesystem der Fil-terbeete offengehalten. Parallel zur stetigen Durchwurzlung gelangt *Sauerstoff in den Schlammkörper*, so daß *aerobe Mineralisati-onsprozesse einsetzen*.

Ein Schlammbeet wird je nach Bemes-sung (aufgetragener Schichtdicke) *vier bis acht Jahre* genutzt, dann folgt ein Verer-dungsjahr, bevor es geräumt wird. Die Ge-samtanlage (Erdbauweise) kann so über mehrere Jahrzehnte genutzt werden.

Nach Beendigung des Trocknungsprozesses kann das Material zwischengelagert oder je nach Einsatzgebiet seiner Verwendung zugeführt werden. Die Tatsache, daß am Ende des „Trocknungsprozesses“ ein erdiges Substrat steht, eröffnet neue Einsatzmöglichkeiten, z.B. im Landschaftsbau.

Hierdurch können einerseits wiederverwertbare Stoffe sinnvoll in den natürlichen Stoffkreislauf zurückgeführt, und andererseits die immer knapper werdende Deponiefläche für die Beseitigung nicht verwertbarer Stoffe freigehalten werden. Dieser Umstand ist im Hinblick auf steigende *Deponierungs- bzw. Verbrennungskosten von besonderem Interesse.*

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß ein wesentliches Verfahrensmerkmal darin besteht, daß das Endprodukt nicht nur entwässert Klärschlamm ist, sondern nach Trocknung und Vererdung des Klärschlammes in den Beeten ein *humoses, erdiges Substrat* entsteht, das gegenüber lediglich entwässertem Schlamm völlig neue Eigenschaften aufweist und mit Boden bzw. Kompost verglichen werden kann.

**Verfahrensablauf und Anlagenaufbau**

Der technische Aufbau der Schlammvererdungsbecken unterscheidet sich im Detail von den in der Klärtechnik bekannten Schlamm-trockenbeeten. Ein wesentlicher

Unterschied ist vielleicht darin zu sehen, daß eine *Abdichtung zum Untergrund* vorgesehen wird, um einen ausreichenden Grundwasserschutz zu gewährleisten.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied zu herkömmlichen Trockenbeeten ist sicherlich auch in dem hierfür speziell entwickelten, auf die Drainageschicht der Beete aufzubringenden *Pflanz- und Filtersubstrat* zu sehen. Diese Auflage bietet den Schilfpflanzen nicht nur ideale Wachstumsbedingungen sondern schützt zugleich die Drainageschicht vor Kolmatierung mit Klärschlamm.

Die nachstehende Abbildung zeigt den Verfahrensablauf in seinen wesentlichen Stationen. Nach Fertigstellung und Bepflanzung der Beete und einer jahreszeitabhängigen Anwachszeit (i.d.R. 2 bis 3 Monate) kann mit der ersten Beschickung begonnen werden.

**Zusammenfassung einiger Leistungsdaten**

Aus aerob wie anaerob stabilisiertem Klärschlamm mit Trockensubstanzgehalten (TS) bis ca. 8% (fließfähig) kann in schilfbepflanzten Schlamm-trockenbeeten ein humoses, krümeliges, hellbraun gefärbtes, erdiges Substrat mit *Trockensubstanzgehalten zwischen 35% und 60%* (je nach Betriebsart hergestellt werden. Im Vergleich zum Naßschlamm bedeutet dies eine *Volumenreduktion von mehr als 90%*. Hierzu werden weder Zuschlagstoffe noch Energie - sieht man von der Sonne einmal ab - benötigt.

In Abhängigkeit zur Belastung des Klärschlammes z.B. mit Schwermetallen kann das erdige Substrat gut landwirtschaftlich eingesetzt werden, aber auch seine Deponierung oder Verbrennung ist möglich.

Durch die Veränderung der chemischen und physikalischen Struktur des vererdeten Schlammes, die zugleich auch mit einer *weitgehenden Mineralisation der organischen Substanz* einhergeht, verbessern sich beispielsweise die Eigenschaften des Schlammes zur Deponierung gegenüber Schlämmen, die lediglich physikalisch entwässert worden sind. So wird leicht abbaubare organische Substanz von der Deponie ferngehalten.

Ein nicht zu unterschätzender Vorteil des Vererdungsverfahrens ist darin zu sehen, daß die erste Beeträumung erst 3 - 6 Jahre nach der Inbetriebnahme erfolgt, also eine nennenswerte Pufferkapazität geschaffen wird.

**Anschrift des Verfassers:**

Dr. Ing. Udo Pauly  
 Ing.-Büro für Umweltplanung  
 Oberburgstraße 1  
 3430 Witzenhausen 1

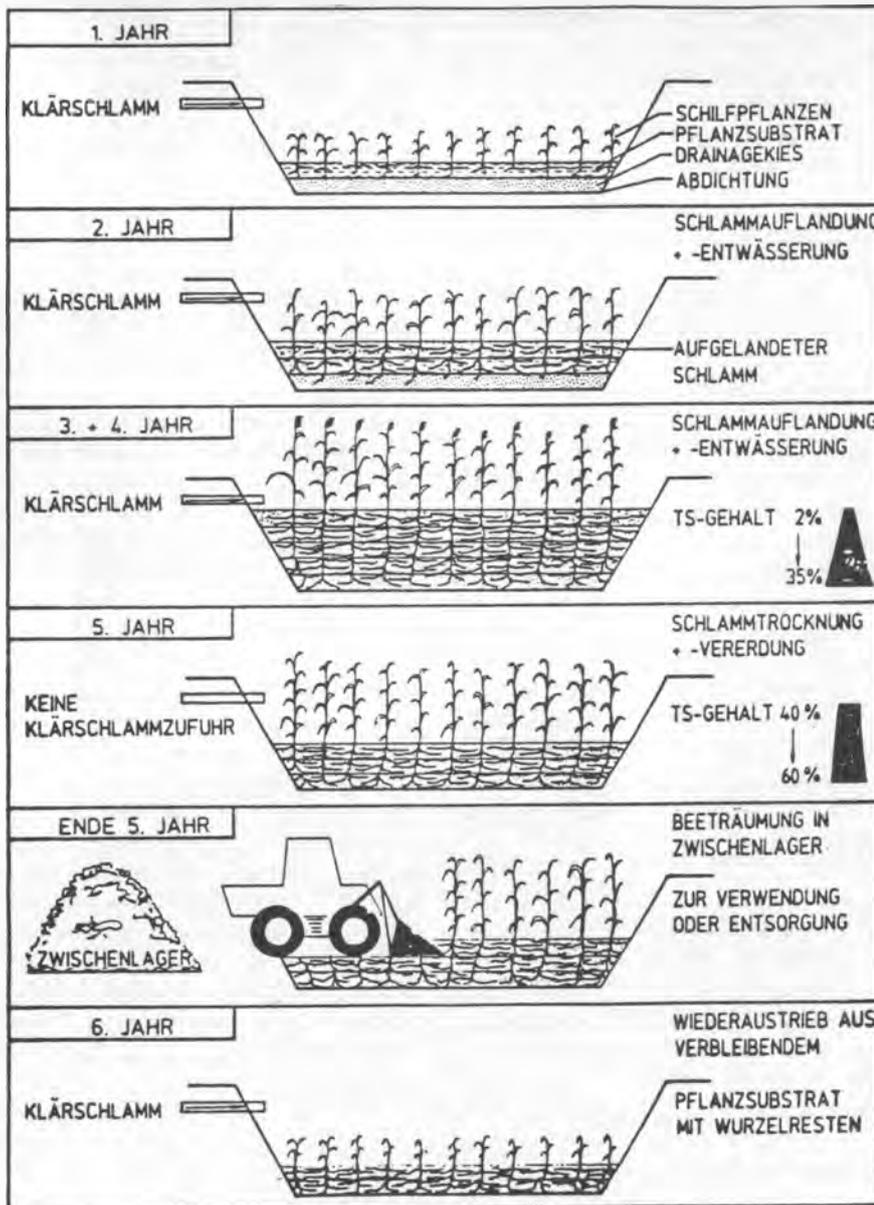


Abb. 1: Beispielhafte Darstellung des Verfahrensablaufs der Klärschlamm-entwässerung und -vererdung in schilfbepflanzten Schlamm-trockenbeeten

# Veröffentlichungen aus der NNA

---

## NNA-Berichte\*

---

### Band 1 (1988)

- Heft 1: Der Landschaftsrahmenplan · 75 Seiten  
Heft 2: Möglichkeiten, Probleme und Aussichten der Auswilderung von Birkwild; Schutz und Status der Rauhfußhühner in Niedersachsen · 60 Seiten

### Band 2 (1989)

- Heft 1: Eutrophierung – das gravierendste Problem im Naturschutz? · 70 Seiten  
Heft 2: 1. Adventskolloquium der NNA · 56 Seiten  
Heft 3: Naturgemäße Waldwirtschaft und Naturschutz · 51 Seiten

### Band 3 (1990)

- Heft 1: (vergriffen)  
Obstbäume in der Landschaft / Alte Haustierrassen im norddeutschen Raum · 50 Seiten  
Heft 2: (vergriffen)  
Extensivierung und Flächenstilllegung in der Landwirtschaft / Bodenorganismen und Bodenschutz · 56 Seiten  
Heft 3: Naturschutzforschung in Deutschland · 70 Seiten

### Sonderheft

Biologisch-ökologische Begleituntersuchung zum Bau und Betrieb von Windkraftanlagen – Endbericht 124 Seiten

### Band 4 (1991)

- Heft 1: Einsatz und unkontrollierte Ausbreitung fremdländischer Pflanzen – Florenverfälschung oder ökologisch bedenkenlos? / Naturschutz im Gewerbegebiet · 88 Seiten  
Heft 2: Naturwälder in Niedersachsen – Bedeutung, Behandlung, Erforschung · 80 Seiten

### Band 5 (1992)

- Heft 1: Ziele des Naturschutzes – Veränderte Rahmenbedingungen erfordern weiterführende Konzepte · 88 Seiten  
Heft 2: Naturschutzkonzepte für das Europareservat Dümmer – aktueller Forschungsstand und Perspektive · 72 Seiten  
Heft 3: Naturorientierte Abwasserbehandlung · 66 Seiten

### Sonderheft: (vergriffen)

Betreuung und Überwachung von Schutzgebieten

---

## Mitteilungen aus der NNA \*

---

### 1. Jahrgang (1990)

- Heft 1: Seminarbeiträge zu den Themen  
– Naturnahe Gestaltung von Weg- und Feldrainen  
– Dorfökologie in der Dorferneuerung  
– Beauftragte für Naturschutz in Niedersachsen: Anspruch und Wirklichkeit  
– Bodenabbau: fachliche und rechtliche Grundlagen (Tätigkeitsbericht vom FÖJ 1988/89)
- Heft 2: (vergriffen)  
Beiträge aus dem Seminar  
– Der Landschaftsrahmenplan: Leitbild und Zielkonzept, 14./15. März 1989 in Hannover
- Heft 3: Seminarbeiträge zu den Themen  
– Landschaftswacht: Aufgaben, Vollzugsprobleme und Lösungsansätze  
– Naturschutzpädagogik  
Aus der laufenden Forschung an der NNA  
– Belastung der Lüneburger Heide durch manöverbedingten Staubeintrag  
– Auftreten und Verteilung von Laufkäfern im Pietzmoor und Freyerser Moor
- Heft 4: Kunstausstellung „Integration“
- Heft 5: Helft Nordsee und Ostsee  
– Urlauber-Parlament Schleswig Holstein – Bericht über die 2. Sitzung am 24./25. November in Bonn

### 2. Jahrgang (1991)

- Heft 1: Beiträge aus dem Seminar  
– Das Niedersächsische Moorschutzprogramm  
– eine Bilanz – 23./24. Oktober 1990 in Oldenburg
- Heft 2: Beiträge aus den Seminaren  
– Obstbäume in der Landschaft  
– Biotopkartierung im besiedelten Bereich  
– Sicherung dörflicher Wildkrautgesellschaften  
Einzelbeiträge zu besonderen Themen  
– Die Hartholzau und ihr Obstgehölzanteil  
– Der Bauer in der Industriegesellschaft  
Aus der laufenden Projektarbeit an der NNA  
– Das Projekt Streuobstwiese 1988 - 1990
- Heft 3: Beiträge aus dem Fachgespräch  
– Feststellung, Verfolgung und Verurteilung von Vergehen nach MARPOL I, II und V  
Beitrag vom 3. Adventskolloquium der NNA  
– Synethie und Alloethie bei Anatiden  
Aus der laufenden Projektarbeit an der NNA  
– Ökologie von Kleingewässern auf militärischen Übungsflächen  
– Untersuchungen zur Krankheitsbelastung von Möwen aus Norddeutschland  
– Ergebnisse des „Beached Bird Survey“
- Heft 4: Beiträge aus den Seminaren  
– Bodenentsiegelung  
– Naturnahe Anlage und Pflege von Grünanlagen  
– Naturschutzgebiete: Kontrolle ihrer Entwicklung und Überwachung
- Heft 5: Beiträge aus den Seminaren  
– Naturschutz in der Raumplanung  
– Naturschutzpädagogische Angebote und ihre Nutzung durch Schulen  
– Extensive Nutztierhaltung  
– Wegraine wiederentdecken  
Aus der laufenden Projektarbeit an der NNA  
– Fledermäuse im NSG Lüneburger Heide  
– Untersuchungen von Rehwildpopulationen im Bereich der Lüneburger Heide
- Heft 6: Beiträge aus den Seminaren  
– Herbizidverzicht in Städten und Gemeinden – Erfahrungen und Probleme  
– Renaturierung von Fließgewässern im norddeutschen Flachland  
– Der Kreisbeauftragte für Naturschutz im Spannungsfeld von Behörden, Verbänden und Öffentlichkeit  
Beitrag vom 3. Adventskolloquium der NNA  
– Die Rolle der Zoologie im Naturschutz
- Heft 7: Beiträge aus dem Fachverwaltungslehrgang Landespflege für Referendare der Fachrichtung Landespflege aus den Bundesländern vom 1. bis 5. 10. 1990 in Hannover

### 3. Jahrgang (1992)

- Heft 1: Beiträge aus dem Fachverwaltungslehrgang Landespflege (Fortsetzung)  
Beiträge aus den Seminaren  
– Landwirtschaft und Naturschutz  
– Ordnungswidrigkeiten und Straftaten im Naturschutz
- Heft 2: Beiträge aus den Seminaren  
– Allgemeiner Biotopschutz – Umsetzung des § 37 NNatG  
– Landschaftsplanung der Gemeinden  
– Bauleitplanung und Naturschutz  
Beiträge vom 3. Adventskolloquium der NNA  
– Natur produzieren – ein neues Produktionsprogramm für den Bauern  
– Ornithopoesie  
Vergleichende Untersuchung der Libellenfauna im Oberlauf der Böhme

---

\* Bezug über NNA; erfolgt auf Einzelanforderung.  
Alle Hefte werden gegen eine Schutzgebühr abgegeben (je nach Umfang zwischen 5,- DM und 15,- DM).

