

Pflanzenkläranlagen  
im  
Land Sachsen - Anhalt  
- Erfahrungsbericht -



November 2000

Auftraggeber :

Ministerium für Raumordnung Landwirtschaft  
und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt  
Abteilung Wasserwirtschaft

Olvenstedter Str. 4  
39012 Magdeburg

Bearbeiter :

Landesamt für Umweltschutz  
Sachsen-Anhalt  
Abteilung Wasserwirtschaft

Reideburger Str. 47  
06116 Halle (Saale)

Staatliches Amt für Umweltschutz  
Dessau/Wittenberg  
Abteilung Gewässerschutz

Joh.-Fr.-Böttger-Str. 10  
06886 Lutherstadt Wittenberg

Staatliches Amt für Umweltschutz  
Halle (Saale)  
Abteilung Gewässerschutz

Reilstraße 72  
06114 Halle (Saale)

Staatliches Amt für Umweltschutz  
Magdeburg  
Abteilung Gewässerschutz

Otto-von-Guericke-Str. 5  
39104 Magdeburg

**Titelbild:**

Pflanzenkläranlage Buchholzmühle

**Bildnachweis:**

Die verwendeten Aufnahmen entstammen den Archiven des Landesamtes für Umweltschutz sowie der Staatlichen Ämter für Umweltschutz Dessau/Wittenberg, Halle und Magdeburg

## Inhaltsverzeichnis

|   | Seite |
|---|-------|
| 1. Einleitung   | 4     |
| 2. Literaturrecherche   | 5     |
| 3. Untersuchungen an Pflanzenkläranlagen im Land Sachsen-Anhalt | 6     |
| 3.1 Erläuterungen zur Erarbeitung des Erfahrungsberichtes       | 6     |
| 3.2 Erläuterungen zu den untersuchten Kläranlagen               | 7     |
| 3.3 Ergebnisse der Sonderuntersuchungen                         | 37    |
| 3.3.1 Zum Bau und Betrieb von Pflanzenkläranlagen               | 37    |
| 3.3.2 Zur Reinigungsleistung von Pflanzenkläranlagen            | 41    |
| 4. Zusammenfassung  | 46    |
| 5. Begriffserläuterungen  | 50    |

## Anhang

Tabelle 1: Literaturlauswertung – Reinigungsleistung von Pflanzenkläranlagen im praktischen Betrieb

Tabelle 2: Charakterisierung der im Land Sachsen-Anhalt untersuchten Pflanzenkläranlagen

Tabelle 3: Auswertung der Ergebnisse der Beprobung von Pflanzenkläranlagen im Land Sachsen-Anhalt

Tabelle 4: Einzelergebnisse der Beprobung von Pflanzenkläranlagen im Land Sachsen-Anhalt

Tabelle 5: Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen an Pflanzenkläranlagen im Land Sachsen-Anhalt

## 1. Einleitung

Der vorliegende Erfahrungsbericht über die Reinigungswirkung von Pflanzenkläranlagen im Land Sachsen-Anhalt stützt sich auf

- Literaturrecherchen,
- die Ergebnisse der behördlichen Überwachung von Pflanzenkläranlagen durch die Staatlichen Ämter für Umweltschutz,
- die Ergebnisse eines von den Staatlichen Ämtern für Umweltschutz im Jahr 1999 durchgeführten Sondermessprogrammes und
- die Tiefenprüfungen auf den Pflanzenkläranlagen in Rade und in Einsdorf .

Ziel dieses Berichtes ist die Dokumentation und Analyse der mit Pflanzenkläranlagen im praktischen Betrieb erreichten Reinigungswirkung.

In Auswertung der im Rahmen des Sondermessprogrammes 1999 vorgenommenen Begutachtung und Beprobung von Pflanzenkläranlagen, sowie der bisherigen Probenahmen im Rahmen der behördlichen Überwachung, werden Aussagen zur mittleren Reinigungswirkung und zu den erreichten Konzentrationen im Ablauf von Pflanzenbeeten abgeleitet. Dabei werden u.a. der jeweilige Auslastungsgrad, die spezifischen Besonderheiten des Einzugsgebietes und besondere Betriebszustände der Anlagen berücksichtigt. Statistisch gesicherte Aussagen zu den unter optimierten Bedingungen erreichbaren Reinigungsleistungen unterschiedlicher Pflanzenbeetsysteme sind auf der Grundlage der vorgenommenen Beprobung nicht möglich und werden mit diesem Bericht auch nicht angestrebt. Vielmehr geht es darum, die in einem Zeitraum von mindestens einem Jahr an Pflanzenkläranlagen im Land Sachsen Anhalt gesammelten Beprobungsergebnisse darzustellen, Ursachen für ungenügende Reinigungsleistungen aufzuzeigen und Empfehlungen zur Verbesserung der Betriebsergebnisse zu geben.

## 2. Literaturrecherche

In den letzten 10 Jahren wurden zahlreiche Fachbeiträge über den Bau und Betrieb von Pflanzenkläranlagen sowie deren Reinigungsleistung veröffentlicht. Als Basis für eine zusammenfassende Literaturlauswertung sind insbesondere die Veröffentlichungen ausgewählt worden, in denen vorrangig über im praktischen Betrieb befindliche Anlagen, welche im Wesentlichen auch noch aus heutiger Sicht den Regeln der Technik entsprechen und noch gebaut werden, berichtet wird.

Die wichtigsten Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen sind in der Tabelle 1 des Anhangs zusammengefaßt.

Nachfolgende Grundsätze werden aus diesen Ergebnissen abgeleitet:

- Bei ausreichender Bemessung der Vorklärung und des Pflanzenbeetes und ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage bleibt die biologische Reinigungsleistung über mehrere Jahre erhalten. Der Anhang 1 der Abwasserverordnung kann dann sicher eingehalten werden.
- Je kleiner die Anlage ist, um so wichtiger ist eine ausreichend bemessene Vorklärung, so dass eine gute Pufferung des über den Tag anfallenden Abwassers erfolgen kann.
- Die spezifischen Beetmindestflächen entsprechend dem technischen Regelwerk (Arbeitsblatt A 262 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V.) sollten grundsätzlich nicht unterschritten werden.
- Je geringer die spezifische Belastung des Pflanzenbeetes ist, um so eher kann mit Nitrifikation gerechnet werden.
- Vertikalfilter sind den Horizontalfiltern hinsichtlich des CSB- und NH<sub>4</sub>-N- Abbaues überlegen, sie neigen jedoch eher zu Verstopfungen und damit zu ungenügender Sickerleistung.

### 3. Untersuchungen an Pflanzenkläranlagen im Land Sachsen-Anhalt

#### 3.1 Erläuterungen zur Erarbeitung des Erfahrungsberichtes

Der Erarbeitung des Erfahrungsberichtes liegen die Ergebnisse der Beprobung von 14 Pflanzenkläranlagen im Land Sachsen-Anhalt zu Grunde. In der Tabelle 2 des Anhangs sind die wichtigsten technischen Parameter, wesentliche Standortbedingungen und Kostenangaben zu diesen Anlagen zusammengestellt. Der Umfang der Probenahmen, sowie eine statistische Aufbereitung der Beprobungsergebnisse sind in der Tabelle 3 dargestellt. Der Tabelle 4 können sämtliche Analysenergebnisse der Beprobungen entnommen werden.

Die Beprobungen der Kläranlagen im Rahmen des Sondermessprogrammes 1999 erfolgten am Zu- und Ablauf der Pflanzenbeetstufe. Bei Anlagen >50 Einwohnerwerte wurde die qualifizierte Stichprobe und bei Anlagen <50 Einwohnerwerte (Kleinkläranlagen) die Stichprobe genommen.

Die in den Erfahrungsbericht einbezogenen Ergebnisse der Probenahmen im Rahmen der behördlichen Überwachung erfolgten generell als qualifizierte Stichprobe.

Bei der Tiefenprüfung der Kläranlage Einsdorf durch das Landesamt für Umweltschutz sind Stichproben vom Zu- und Ablauf der Pflanzenbeetstufe sowie vom Zulauf zur Vorklärung untersucht worden. Bei den in der Tabelle 3 angegebenen Häufigkeiten für die Überschreitung von Einleitungsgrenzwerten wurden diese Analysenergebnisse nicht berücksichtigt, da einerseits keine qualifizierte Stichprobenahme erfolgen konnte und andererseits der Gesamtstickstoff als Gesamtstickstoff einschließlich des organischen Stickstoffes bestimmt wurde. In die Berechnung der mittleren Belastungsverhältnisse und der Reinigungswirkung der Pflanzenbeete gehen diese Beprobungsergebnisse, abgesehen vom Gesamtstickstoff, ein.

Für die Kläranlage Rade liegen außer den in der Tabelle 4 zusammengestellten Beprobungsergebnissen des Jahres 1999 noch weitere Beprobungsergebnisse aus den Jahren 1993 bis 1998 vor. Diese sind jedoch aus nachfolgenden Gründen nicht in diese Tabelle aufgenommen. Die Kläranlage Rade wurde in den Jahren 1997 bis 1998 saniert, so dass die bis dahin vorliegenden Analysenergebnisse des Ablaufes für die Bewertung der bestehenden Anlage nicht von Bedeutung sind. Im Anschluß an die Sanierung der Anlage wurde vom Staatlichen Amt für Umweltschutz Dessau/Wittenberg eine Tiefenprüfung vorgenom

men, deren Ergebnisse mit in die Gesamtbewertung des Erfahrungsberichtes eingeflossen sind.

Die mit den untersuchten Kläranlagen erreichten Ablaufwerte sollen mit dem vorliegenden Erfahrungsbericht nicht nur dokumentiert, sondern auch hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen dem Bau und Betrieb von Anlagen und der mit ihnen erreichten Reinigungsleistung bewertet werden. Als ein wichtiger Verfahrensparameter der Anlagen wird daher auch die spezifische CSB- und BSB<sub>5</sub>-Flächenbelastung des Pflanzenbeetes auf der Grundlage der gemessenen bzw. ermittelten Jahresschmutzwassermenge und der Mittelwerte der entsprechenden Zulaufkonzentrationen ermittelt.

Die Berechnung der mittleren Reinigungsleistung erfolgt an Hand der Analysenwerte für die Parameter CSB und BSB<sub>5</sub> am Zu- und Ablauf der Pflanzenbeetstufe.

Die Jahresschmutzwassermenge, die mittleren Konzentrationswerte für den Zu- und Ablauf der Pflanzenbeetstufe, die 90%-Perzentilwerte für den Ablauf sowie die mittlere Reinigungsleistung sind in der Tabelle 3 des Anhangs zusammengestellt. Wenngleich diese für mittlere Verhältnisse ermittelten Größen als eine Grundlage für die Bewertung des Baues und des Betriebes von Pflanzenkläranlagen genutzt werden, muss berücksichtigt werden, dass je nach Entwässerungsgebiet der Kläranlage erhebliche Über- oder Unterbelastungen eintreten können, die über die langfristige Funktionstüchtigkeit einer Anlage entscheiden.

Der Tabelle 5 können die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen entnommen werden.

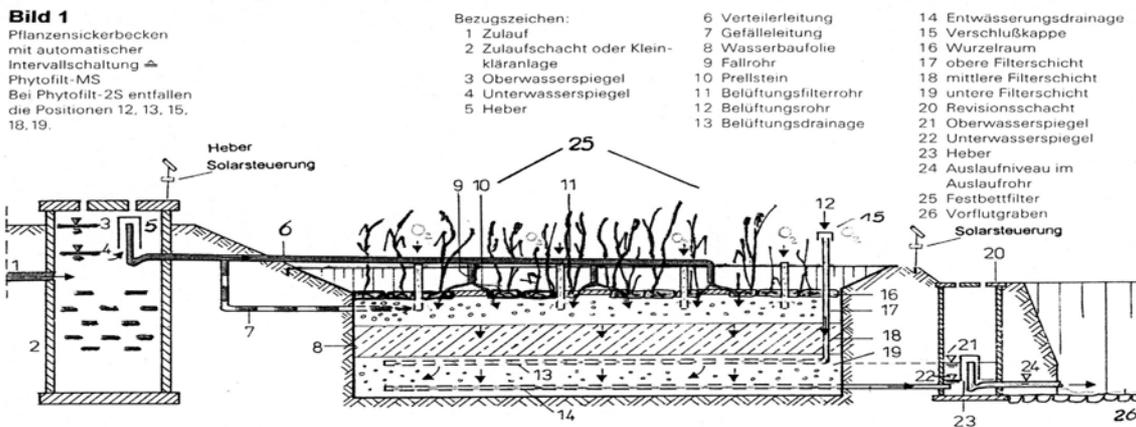
### 3.2 Erläuterungen zu den einzelnen Kläranlagen

#### Kläranlage Rade

Zur Reinigung des kommunalen Schmutzwassers der Gemeinde Rade (200 Einwohnerwerte) wurde 1990 ein bewachsener Bodenfilter errichtet. Die spezifische Beetfläche betrug 6 m<sup>2</sup>/Einwohnerwert. Im Jahre 1992 wurde zusätzlich die Gemeinde Battin (320 Einwohnerwerte) angeschlossen. Im Zeitraum des Sondermessprogrammes 1999 sind laut Betreiber 601 Einwohnerwerte an die Anlage angeschlossen gewesen.

Auf Grund der Beschaffenheit des Einleitungsgewässers (Standgewässerhältnisse) wurden an den Ablauf der Kläranlage, über die Mindestanforderungen des Anhang 1 der Abwasserverordnung hinaus, weitergehende Anforderungen hinsichtlich Nitrifikation gestellt (NH<sub>4</sub>-N = 20 mg/l). Den erhöhten Anforderungen Rechnung tragend, wurde 1990 eine Kläranlage des Systems "Phytofilt MS" errichtet. Dieses System unterscheidet sich von anderen Pflan

zenkläranlagen im Wesentlichen dadurch, dass ein mehrschichtiger Bodenkörper aufgebaut ist, bei welchem die untere Bodenschicht zusätzlich belüftet wird. Über Ablaufheber soll die untere Bodenschicht auf eine bestimmte Höhe eingestaut und dann abgehebert werden, so dass sich ein diskontinuierlicher Abfluss aus dem Bodenkörper einstellt. Während des Abhebens des Abwassers soll der unteren Bodenschicht dabei durch Belüftungsrohre zusätzlich Sauerstoff zugeführt werden, womit ein weiterer Abbau der organischen Fracht bzw. eine Nitrifikation gefördert werden soll. Die Beschickung des Pflanzenbeetes erfolgt intermittierend mittels Zulaufheber, welcher sich in der letzten Kammer der Vorklärung befindet. Wie Kläranlagen nach dem System Phytofilt MS prinzipiell aufgebaut sind zeigt nachfolgende Skizze (entnommen den Systemunterlagen von Prof. Löffler).



Wegen der beständig ungenügenden Reinigungsleistungen, sowohl hinsichtlich des Kohlenstoff-, als auch des Stickstoffabbaues, wurde die Kläranlage in Rade im Jahre 1997 saniert. Im Vordergrund standen dabei Maßnahmen zur Verbesserung der mechanischen Vorreinigung (Verdopplung des Volumens der Vorklärung), zur gleichmäßigeren Beaufschlagung der Beetoberfläche mit Abwasser (Erweiterung und Austausch des Verteilersystems) und zur Verbesserung der Betriebssicherheit der Heber (Installation eines neuen Zulaufhebers in der letzten Kammer der Vorklärung). Nach dieser Sanierung erfolgte im Zeitraum von Januar bis August 1998 eine Tiefenprüfung der Anlage durch das Staatliche Amt für Umweltschutz Dessau/Wittenberg. Im Ergebnis dieser Tiefenprüfung musste festgestellt werden, dass die Anlage nach wie vor die gestellten Anforderungen an den Abbau der organischen Inhaltsstoffe und der Nährstoffe nicht sicher erfüllt. Der geforderte Ablaufwert für  $BSB_5$  von 40 mg/l wurde häufig überschritten; die Ablaufwerte für  $NH_4-N$  lagen beständig im Bereich von 60 – 100 mg/l, was dem 3 bis 5-fachen der geforderten 20 mg/l entspricht.

Anfang 1999, mit Beginn des Sondermessprogrammes, wurden neue Ablaufheber mit Solarsteuerung eingebaut. Dennoch gab es auch mit diesen neuen Hebern Betriebsprobleme. Im Rahmen der im Sondermessprogramm durchgeführten Probenahmen war ferner festzustellen, dass die Pflanzenbeete weitgehend überstaut waren, wodurch der Sauerstoffeintrag in den Bodenkörper erheblich beeinträchtigt wird.

Eine Nitrifikation wurde mit der bestehenden Anlage nicht erreicht. Die Ablaufwerte für  $\text{NH}_4\text{-N}$  lagen zum Teil noch über den in der Regel in normalem häuslichen Rohabwasser gemessenen Werten. Diese Tatsache deutet darauf hin, dass neben dem häuslichen noch gewerbliches, wahrscheinlich landwirtschaftliches, Abwasser in die Anlage eingeleitet wird. Während der Einleitungsgrenzwert für CSB überwiegend eingehalten wurde, lagen die  $\text{BSB}_5$ -Ablaufwerte häufig über den Anforderungen der Einleitungserlaubnis (Mindestanforderungen des Anhang 1 der Abwasserverordnung für Kläranlagen der Größenklasse 1). Im Vergleich zu den anderen untersuchten Kläranlagen liegen die Ablaufwerte für Gesamtphosphor ( $\text{P}_{\text{ges}}$ ) mit etwa 10-13 mg/l deutlich über dem Durchschnitt. Außerdem konnte ein leichter aber stetiger Anstieg der  $\text{P}_{\text{ges}}$ -Ablaufwerte während des Beprobungszeitraumes festgestellt werden.

Im Ergebnis der Untersuchungen muss geschlussfolgert werden, dass ein Erreichen der geforderten Ablaufwerte ohne die erneute Sanierung der Anlage nicht zu erreichen ist. Folgende Schwerpunktaufgaben werden gesehen :

- Die hohen Zulaufkonzentrationen für CSB und  $\text{BSB}_5$  zum Pflanzenbeet lassen auf eine immer noch unzureichende mechanische Vorreinigung des Abwassers schließen. Dies wird durch die Ergebnisse der Tiefenprüfung des Staatliche Amtes für Umweltschutz Dessau/Wittenberg, bei welcher nur eine etwa 10 %-ige Reinigungsleistung der Vorklärstufe ermittelt wurde, gestützt. Im Rahmen einer neuerlichen Sanierung müssen die Ursachen für diese ungenügende mechanische Vorreinigung ermittelt und abgestellt werden.
- Die Ursachen für das Auftreten von Belastungsspitzen durch das Einleiten von gewerblichem bzw. landwirtschaftlichem Abwasser müssen ergründet und abgestellt werden.
- Die Funktionstüchtigkeit der Hebersysteme muss sichergestellt werden, so dass die vom Systementwickler beabsichtigten Effekte der Tiefenbelüftung wirksam werden können.

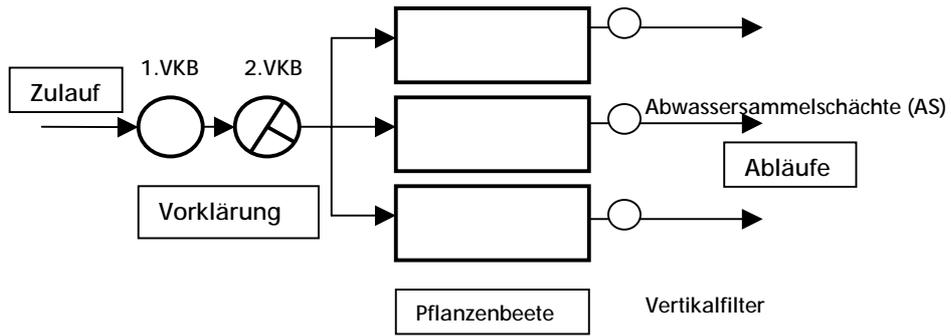
- Unter Berücksichtigung der in der Literatur (siehe Tabelle 1 des Anhangs) angegebenen Belastungsgrenzen von Pflanzenbeeten mit weitergehender Nitrifikation und der auf der Pflanzenkläranlage Rade derzeitigen vorhandenen örtlichen Randbedingungen muss davon ausgegangen werden, dass auch bei voller Funktionstüchtigkeit aller Anlagenkomponenten ein zusätzlicher Ausbau der Anlage notwendig ist, um die gestellten Anforderungen, insbesondere an die Nitrifikation, sicher und dauerhaft einhalten zu können. Vom Betreiber ist die Nachrüstung der Kläranlage mit einer Nitrifikationsstufe vorgesehen.

Der derzeitige Abwasseranfall beträgt laut Planungsunterlagen zur Sanierung der Anlage 90 l/(Einwohnerwert\*Tag). Zur überschlägigen Ermittlung der Jahresschmutzwassermenge für 1999 wurde von einem Anschlusswert von 600 Einwohnerwerten ausgegangen. Rechnerisch beträgt die Jahresschmutzwassermenge somit etwa 20.000 m<sup>3</sup>/a. Dies entspricht etwa auch der im Jahr 1998 gemessenen Jahresschmutzwassermenge. Aus dem hochgerechneten Abwasseranfall und dem gemittelten BSB<sub>5</sub>-Wert im Zulauf zum Pflanzenbeet ergibt sich eine spezifische Flächenbelastung der Pflanzenbeete in Höhe von etwa 19 g BSB<sub>5</sub>/(m<sup>2</sup>\*d). Laut SCHÜTTE, H. und FEHR, G. (Korrespondenz Abwasser 06/92) sollte jedoch bei der Zielstellung Nitrifikation bzw. der Einhaltung eines Einleitgrenzwertes von 20 mg/l für NH<sub>4</sub>-N die BSB<sub>5</sub>-Flächenbelastung von Vertikalfiltern maximal 8 g/(m<sup>2</sup>\*d) betragen.

Die Investitionskosten für die Pflanzenkläranlage in Rade betragen etwa 744.000 DM. Für die Sanierung der Anlage 1997 mussten weitere 233.000 DM eingesetzt werden. Damit ergeben sich, ausgehend von der angegebenen Auslastung der Anlage, spezifische Investitionskosten in Höhe von etwa 1.628 DM/Einwohnerwert. Im Vergleich zu anderen naturnahen Kläranlagen dieser Größenordnung sind die spezifischen Investitionskosten überdurchschnittlich hoch.

Die Betriebskosten wurden auf der Basis der Angaben des Betreibers auf etwa 10.000 DM/Jahr hochgerechnet. Sie liegen damit im untersten Bereich vorliegender statistischer Angaben. Etwa 2.000 DM/Jahr entfallen dabei auf die Schlamm Entsorgung.

Prinzipskizze: Kläranlage Rade



Kläranlage Rade, Vorklärbecken (04.02.1999)



## Kläranlage Einsdorf

Die im Jahr 1996 errichtete Kläranlage in Einsdorf (Kapazität: 200 Einwohnerwerte) entspricht im prinzipiellen Aufbau der Anlage in Rade (System Phytofilt MS). Während des Sondermessprogrammes war die Anlage zu 76,5 % ausgelastet, d.h. es standen je angeschlossenen Einwohnerwerte etwa 2,6 m<sup>2</sup> Beetfläche zur Verfügung. Damit entspricht die je Einwohnerwert zur Verfügung stehende Beetfläche etwa dem im Arbeitsblatt A 262 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. vorgegebenen Mindestwert für Vertikalfilter. Für die mechanische Vorreinigung steht eine 3-Kammergrube zur Verfügung, wobei das spezifische Volumen etwa 0,26 m<sup>3</sup>/angeschlossenen Einwohnerwert beträgt.

Für die Kläranlage Einsdorf wurden in der wasserrechtlichen Erlaubnis Anforderungen nach Anhang 1 der Abwasserverordnung gestellt. Die Einleitgrenzwerte für P<sub>ges</sub> und N<sub>ges</sub> stellen abgabenrechtliche Parameter dar. Der Anlagentyp "Phytofilt-MS" soll aber nach Angaben des Lizenzgebers auch nitrifizieren und teilweise denitrifizieren.

Ebenso wie auf der Anlage in Rade gab es von Beginn an erhebliche Betriebsprobleme mit dem Zu- und Ablaufheber. Bereits seit 1998 waren die Pflanzenbeete häufig überstaut. Besonders im Jahr 1998 aber auch im Untersuchungszeitraum gab es Schwierigkeiten den störungsfreien Betrieb der Hebersysteme zu gewährleisten und die häufige, seit November 1999, permanent eingetretene Beetüberstauung abzustellen. Obgleich die Heber seit Anfang 1999 besser funktionierten, weil einige Verbesserungen hinsichtlich der Stromversorgung der Magnetventile aber auch an den Magnetventilen selbst vorgenommen wurden, sind bezüglich der Beetüberstauung keine Veränderungen eingetreten. Es wurde deutlich, dass es bei Beetüberstauungen an betrieblichen Einflussnahmemöglichkeiten mangelt. Auf Grund der Überstauung der Pflanzenbeete, ist ein ordnungsgemäßer Betrieb der Anlage nicht gewährleistet. Es muss sogar ein Überlaufen der Böschungen befürchtet werden.

Als ursächlich für die unzureichende hydraulische Leistungsfähigkeit der Pflanzenbeete können die durch den nicht funktionierenden Ablaufheber eingetretenen Beeteinstauungen und eine zu geringe spezifische Beetfläche angenommen werden. Bei Belastungsspitzen wurden die Pflanzenbeete mit einem mehrfachen der mittleren Belastung beaufschlagt. Bei solchen Betriebsbedingungen verringert sich der Sauerstoffeintrag in den Bodenkörper, wodurch die aerobe Abbauleistung erheblich beeinträchtigt wird. Schließlich muss mit einer zunehmenden Ein- bzw. Ablagerung von Feststoffen in und auf den Bodenkörper gerechnet werden. Außer den durch den Tagesgang bedingten Belastungsspitzen führten auch Defekte am Zulaufheber wiederholt zu einer einseitigen bzw. übermäßigen Belastung der Pflanzen

beete. Um die Ursachen für die eingetretene permanente Beetüberstauung genau zu ergründen, wird dem Betreiber der Anlage empfohlen, ein Gutachten einzuholen.

Die bis Oktober 1999 noch ausreichenden Ablaufkonzentrationen lassen sich mit der im Vergleich zur Kläranlage Rade geringeren stofflichen Belastung des Bodenkörpers durch den geringeren Anschlusswert und der besseren mechanischen Vorreinigung begründen. Im Gegensatz zur Kläranlage Rade konnten die geforderten Ablaufwerte bis Oktober 1999 im Wesentlichen eingehalten werden. In der Tendenz ist jedoch für die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor ein allmählicher Anstieg der Ablaufkonzentrationen festzustellen. Seit November 1999 wird der Einleitungsgrenzwert für  $N_{ges}$  (90 mg/l) ständig überschritten. Es kann aber festgestellt werden, dass die Anlage Einsdorf teilweise nitrifiziert, während eine Nitrifikation auf der Kläranlage in Rade nicht nachgewiesen werden konnte.

Wie aus Tabelle 3 des Anhangs entnommen werden kann, ist die spezifische  $BSB_5$ -Flächenbelastung der Pflanzenbeete in Einsdorf mit rund  $10 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$  nur etwa halb so hoch wie die der Pflanzenbeete in Rade. Ausgehend von den in der Literatur zur Einhaltung von Anforderungen an eine weitergehende Nitrifikation beschriebenen maximalen Flächenbelastungen und den derzeitigen Zulaufverhältnissen in der Anlage Einsdorf, könnte langfristig nur bei optimierten Betriebsbedingungen der geforderte Einleitungsgrenzwert für den Gesamtstickstoff sicher eingehalten werden. Reserven für die Erhöhung des Anschlussgrades von derzeit 76,5 % auf 100 % oder für besondere Betriebszustände wie z. B. die zeitweise Außerbetriebnahme eines Pflanzenbeetes zur Pflege und Wartung sind nicht vorhanden.

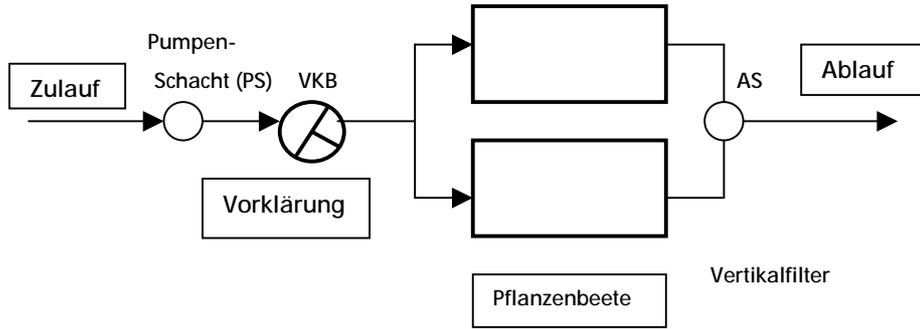
Eine Sanierung der Anlage zur Wiederherstellung einer ausreichenden hydraulischen Leistungsfähigkeit des Bodenkörpers sowie eine Erweiterung (größere spezifische Beetfläche) scheinen unumgänglich. Nur unter diesen Voraussetzungen kann damit gerechnet werden, dass die Anlage langfristig entsprechend ihrer Funktion arbeitet und die geforderten Ablaufwerte sicher einhält.

Die Investitionskosten der Kläranlage Einsdorf betragen etwa 1.780 DM/ Einwohnerwert und sind mit denen der Kläranlage Rade ungefähr vergleichbar.

Die Betriebskosten werden vom Betreiber auf etwa 28.000 DM/a geschätzt. Dies entspricht fast dem dreifachen der für die Anlage in Rade aufzuwendenden Mittel. Als eine Ursache für die höheren Aufwendungen werden Arbeiten zur Pflege und Instandsetzung der Heber und häufigere Entnahmen von Primärschlamm aus der Vorklärung zur Entlastung der Pflanzenbeetstufe gesehen.

Die Jahresschmutzwassermenge wurde mit Hilfe des im Frühjahr 1998 eingebauten Durchflussmessers ermittelt.

Prinzipskizze : Kläranlage Einsdorf



Kläranlage Einsdorf (11.03.1997)\_



Kläranlage Einsdorf (13.07.1998)



Kläranlage Einsdorf (24.11.1998)



Kläranlage Einsdorf (15.12.1999)

#### Kläranlage Domäne Bobbe

Die im Jahr 1998 in Betrieb genommene Anlage (Horizontalfilter mit einer Ausbaugröße von 80 Einwohnerwerten) war im Zeitraum der Sonderuntersuchungen im Mittel zu etwa 87,5% ausgelastet. Der Abwasserzufluss zur Anlage unterliegt starken quantitativen Schwankungen. Das Einzugsgebiet umfasst ein Bauerngut (Saisonbetrieb mit entsprechender Arbeitskräftedynamik) sowie ein Jugendhotel mit Küchenbetrieb und Verwaltung. Die Beschickung der 4 Pflanzenbeete erfolgt mittels Tauchpumpe, wobei die einzelnen Beete abwechselnd mit jeweils der gleichen Abwassermenge beaufschlagt werden sollen.

Obgleich die Anlage entsprechend den Mindestvorgaben des Arbeitsblattes A 262 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. ausreichend groß bemessen ist, wurden, insbeson

dere im 1. Halbjahr des Sondermessprogrammes, keine befriedigenden Ablaufwerte erreicht. Seit dem Frühjahr 1999 ist eine deutliche Verschlechterung der Ablaufwerte eingetreten. Die Schwankungsbreite ist dabei sehr groß. Als eine Ursache hierfür wird die größere Auslastung der Anlage in der Saison, verbunden mit einer unzureichenden Pflege und Wartung, gesehen. Im Juni 1999 war auch eine starke Verkrautung der Beete festzustellen. Die ungenügenden Ablaufwerte am 30.06.1999 (Tabelle 4, Beprobung Nr. 12) begründen sich mit der nicht ordnungsgemäßen Beschickung in Folge eines Pumpendefektes, bei der die gesamte Abwassermenge nur über ein Pflanzenbeet geleitet werden konnte. Im 2. Halbjahr der Sonderuntersuchungen ist eine leichte Verbesserung hinsichtlich der Einhaltung der geforderten Einleitungsgrenzwerte eingetreten, was in erster Linie auf eine bessere Kontrolle und Wartung der Anlage zurückgeführt werden kann. Es konnte sogar teilweise Nitrifikation festgestellt werden.

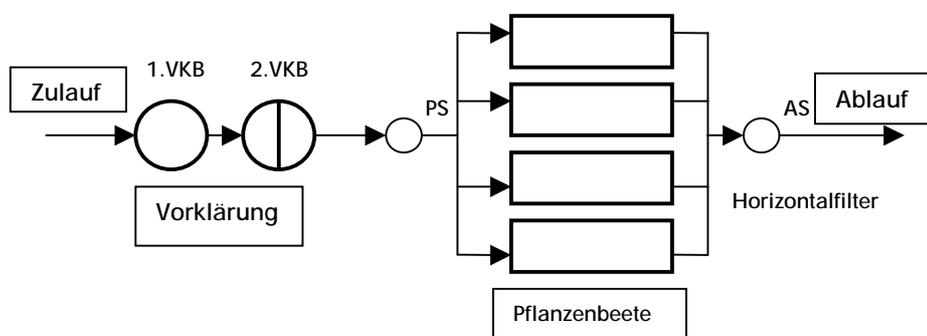
Wie bei den Kläranlagen in Rade und Einsdorf, wird Phosphor im Bodenkörper zurückgehalten. Ein Ansteigen der  $P_{ges}$ -Ablaufkonzentration war noch nicht erkennbar.

Die Investitionskosten für die Anlage sind mit etwa 700 DM/Einwohnerwert vergleichsweise gering. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass bereits eine Vorklärung vorhanden war, die lediglich saniert werden musste.

Als Kosten für die Schlammentsorgung und den Energiebedarf sind auf der Basis der Angaben des Betreibers etwa 1.000 DM/a anzusetzen. Die Wartung und Pflege der Anlage erfolgt durch den Betreiber selbst, so dass hierfür kein finanzieller Aufwand erforderlich ist. Eine Betriebsanleitung liegt nicht vor.

Die Jahresschmutzwassermenge wurde, ausgehend vom Wasserverbrauch für das Jahr 1998, auf einen Wert von 1.500 m<sup>3</sup>/a geschätzt.

#### Prinzipskizze : Kläranlage Domäne Bobbe





Kläranlage Domäne Bobbe (04.02.1999)



Kläranlage Domäne Bobbe (30.06.1999)

#### Kläranlage Buchholzmühle

Für die dezentrale Abwasserbeseitigung der Rossel-Pension Buchholzmühle (4 Einwohner, Pension, Gaststättenbetrieb) wurde 1997 eine Kläranlage mit einer Kapazität von 66 Einwohnerwerten errichtet. Die bestehende Vorklärung wurde saniert, als Beetkonstruktion wurde ein einschichtiger Vertikalfilter mit einer Beetfläche von 210 m<sup>2</sup> gewählt.

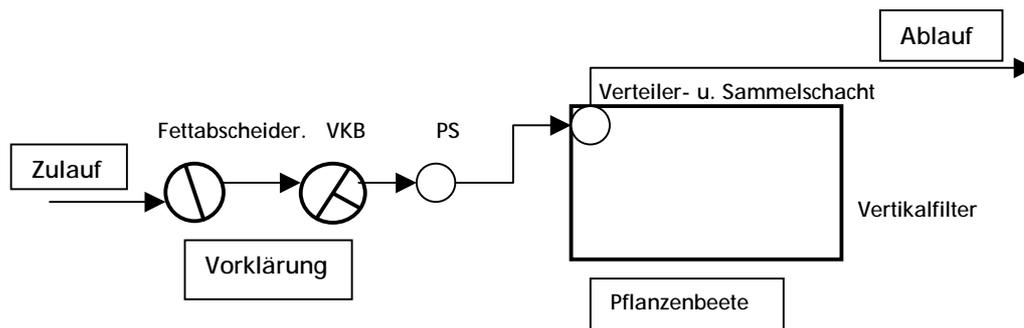
Gegenüber den Kläranlagen in Rade und Einsdorf ist das spezifische Volumen der Vorklärung mit etwa 770 l/Einwohnerwert mehr als doppelt so groß, womit sich die vergleichsweise niedrigen Beet-Zulaufkonzentrationen für CSB und BSB<sub>5</sub> erklären lassen. Die intermittierende Beschickung des Pflanzenbeetes mittels einer Pumpe funktioniert störungsfrei. Die

Anlage wird gut gepflegt und gewartet. In den Ablaufwerten spiegeln sich die Vorteile einer großzügigen Bemessung sowie der ordnungsgemäße Betrieb der Anlage wider. Trotz großer Zulaufschwankungen und voller Auslastung der Anlage werden gleichmäßig gute Ablaufkonzentrationen erreicht. Der CSB liegt im Bereich von 20–50 mg/l,. Der Gesamtstickstoff beträgt 50–60 mg/l, wobei der wesentliche Anteil aus dem Nitratstickstoff resultiert. Die Ablaufwerte für den Ammoniumstickstoff liegen durchgängig unter 20 mg/l, was auf eine weitgehende Nitrifikation schließen lässt.

Die Investitions- und Betriebskosten (siehe Tabelle 2) liegen in einem für Anlagen dieser Größenordnung günstigen Bereich.

Für die Ermittlung der Jahresschmutzwassermenge wurde, entsprechend den Angaben des Betreibers, von einem Wasserverbrauch von 120 l/(Einwohnerwert\*Tag) und dem mittleren Anschlusswert der Anlage ausgegangen. Damit ergibt sich eine Jahresschmutzwassermenge in Höhe von etwa 2.890 m<sup>3</sup>/a.

#### Prinzipiskizze : Kläranlage Buchholzmühle



Kläranlage Buchholzmühle (04.02.1999)



Kläranlage Buchholzmühle (30.06.1999)

#### Kläranlage Dietrichsdorfer Mühle

Diese Anlage (ein sogenannter Launhardt-Reaktor mit einer Kapazität von 16 Einwohnerwerten) stellt ein System dar, welches nicht in das Arbeitsblatt A 262 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. eingeordnet werden kann. Die Beschickung des ovalen Beetes erfolgt mittels Pumpe, wobei das Abwasser von oben in den Bodenkörper eingetragen wird. Nach 6-facher zyklischer Kreislaufführung durch den Bodenkörper wird das Abwasser in einen Schönungsteich und von dort in den Zahnabach eingeleitet. Während des Sondermessprogrammes war die Anlage bei stark schwankendem Abwasserzufluss nur zu etwa 62% ausgelastet, so dass sich für die zur Verfügung stehende Beetfläche ein Wert von 4,4 m<sup>2</sup> pro angeschlossenem Einwohnerwert ergibt. Das zur Verfügung stehende spezifische Beetvolumen beträgt nur 2,64 m<sup>3</sup> je angeschlossenem Einwohnerwert.

Die Probenahme für den Ablauf aus der Pflanzenbeetstufe erfolgte aus dem Sammel-schacht vor dem Schönungsteich. Zum Zeitpunkt der Probenahmen waren jeweils nur etwa 2 bis 4 Reinigungszyklen erfolgt, so dass angenommen werden kann, dass bei Einleitung des Abwassers in den Schönungsteich (nach 6 Zyklen, täglich gegen 20 Uhr) etwas niedrigere Konzentrationswerte für den CSB und BSB<sub>5</sub> vorliegen. Die gemessenen Ablaufwerte für CSB und BSB<sub>5</sub> zeigen, dass die Anforderungen der Einleitungserlaubnis eingehalten werden können.

Im 1. Halbjahr der Sonderuntersuchungen lagen die Ablaufwerte für Ammoniumstickstoff im Mittel bei 60 mg/l. Mit durchschnittlich 140 mg/l für den Gesamtstickstoff lieferte die Klär

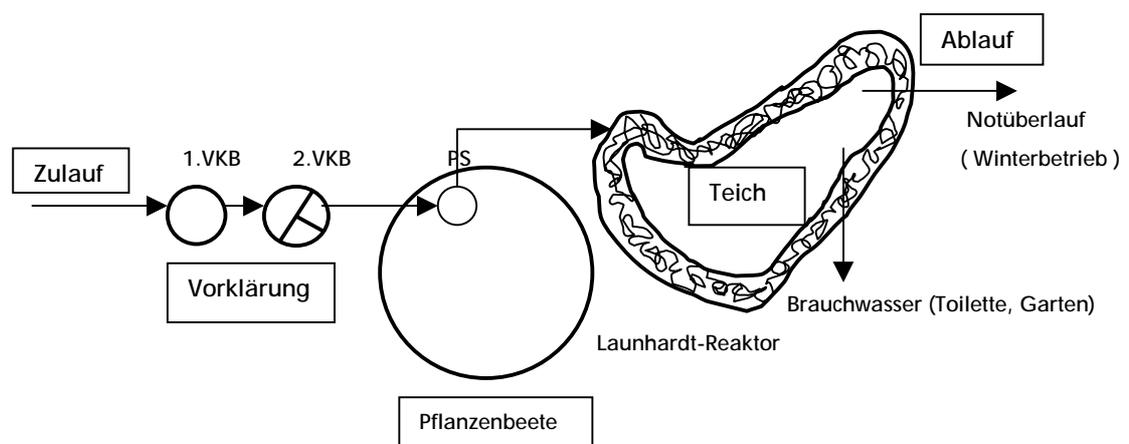
anlage in dieser Zeit die höchsten Ablaufwerte von allen untersuchten Anlagen. Im nachgeschalteten Schönungsteich wurde Eutrophierung und ein starkes Algenwachstum festgestellt. Im 2. Halbjahr 1999 haben sich die Ablaufwerte erheblich verbessert. Besonders im 4. Quartal hat die Anlage trotz sinkender Temperaturen nahezu vollständig nitrifiziert. Die verbesserte Reinigungsleistung der Anlage im 2. Halbjahr ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass im Juni die bis dahin bestehende Einleitung von Niederschlagswasser in die Vorklärung abgestellt wurde. Durch diese Maßnahme tritt bei Regenereignissen keine Verlagerung von Schlamm aus der Vorklärung auf die Beetoberfläche ein. Die Konzentrationen für CSB und BSB<sub>5</sub> im Zufluss zum Pflanzenbeet haben sich deutlich verringert. Inwieweit die zufriedenstellenden Ablaufwerte auch bei voller Auslastung dieses Anlagentyps erreicht werden können, kann noch nicht bewertet werden.

Eine Betriebsanleitung für diesen Anlagentyp liegt nicht vor.

Die Investitionskosten für die Anlage sind mit 2.399 DM/Einwohnerwert ungewöhnlich hoch. Die Betriebskosten bewegen sich im unteren Bereich für Kleinkläranlagen dieser Größenordnung.

Zur Berechnung der Jahresschmutzwassermenge wurde von einem Wasserverbrauch in Höhe von 100 l/(Einwohnerwert\*Tag) ausgegangen, woraus sich bei einer durchschnittlichen Auslastung der Anlage von 5 Einwohnerwerten ein Wert von 182,5 m<sup>3</sup>/a ergibt.

#### Prinzipiskizze : Kläranlage Dietrichsdorfer Mühle





Kläranlage Dietrichsdorfer Mühle (06.05.1999)



Kläranlage Dietrichsdorfer Mühle (30.06.1999) Schönungsteich

#### Kläranlage Coswig Deppe

Die 1997 mit einer Kapazität von 8 Einwohnerwerten in Betrieb genommene Anlage (Vertikalfilter) war während der Sonderuntersuchungen zu nur etwa 62 % ausgelastet. Aufgrund der ohnehin deutlich großzügigeren Bemessung gegenüber anderen Vertikalfiltern steht damit je angeschlossenem Einwohnerwert eine Pflanzenbeetfläche von etwa 8 m<sup>2</sup> zur Verfügung.

Die Vorklärung ist ebenfalls sehr reichlich bemessen, wodurch, ausgehend von der tatsächlichen Belastung der Anlage, ein Volumen von etwa 1,3 m<sup>3</sup> je Einwohnerwert zur Verfügung steht. Trotz dieser Kapazitätsreserven wurden im 1. Halbjahr 1999 nur ungenügende

Ablaufkonzentrationen erreicht. Der CSB-Ablaufwert lag im Mittel bei etwa 200 mg/l, der BSB<sub>5</sub>-Ablaufwert bei 50 bis 100 mg/l.

Auffallend ist, dass trotz großem Vorklärbeckenvolumen noch sehr hohe Zulaufkonzentrationen zum Pflanzenbeet gemessen wurden. Ursache hierfür könnte die Einleitung gewerblicher, möglicherweise landwirtschaftlicher, Abwässer sein.

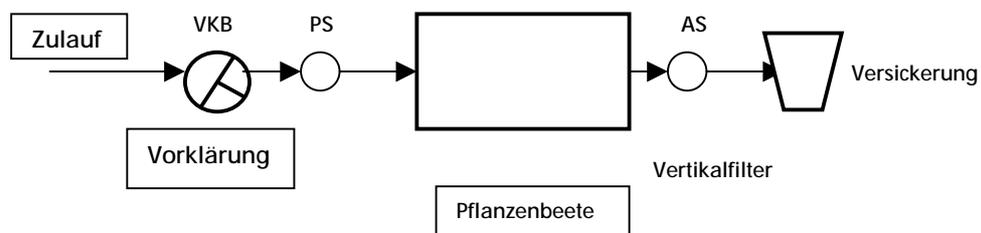
Die Anlage befand sich in einem ungepflegten Zustand. Der Schilfbewuchs war spärlich, obwohl bei zu geringem Abwasseranfall eine provisorische Rückführung des gereinigten Abwassers aus dem Sammelschacht zum Beetzulauf erfolgte. Der Ablaufschacht war verschlammmt (schwarzes fauliges Abwasser). Als Ursachen für die schlechten Ablaufwerte der Anlage im 1. Halbjahr der Sonderuntersuchungen werden sowohl eine offensichtlich ungenügende Reinigungsleistung der Pflanzenbeetstufe (ursächlich möglicherweise die Struktur des Bodenkörpers) als auch ein unsachgemäßer Betrieb gesehen.

Auf Grund dieser nicht zufriedenstellenden Ablaufwerte im 1. Halbjahr 1999 hat der Anlagenerrichter die Betriebsweise der Anlage geändert. Seither wird das Abwasser im Kreislauf mehrfach über das Pflanzenbeet geleitet, bevor es die Anlage verlässt. Im 4. Quartal 1999 wurden so die Mindestanforderungen des Anhang 1 der Abwasserverordnung ständig eingehalten.

Mit etwa 2.125 DM/Einwohnerwert sind die spezifischen Investitionskosten im Vergleich zu anderen Anlagen dieser Größe überdurchschnittlich hoch. Zu den Betriebskosten konnten bisher vom Betreiber keine Angaben gemacht werden.

Für die Ermittlung der im Jahr 1999 angefallenen Jahresschmutzwassermenge wurde vom Trinkwasserverbrauch im Jahr 1998 (139 m<sup>3</sup>) ausgegangen. Dies entspricht einem spezifischen Wasserverbrauch von etwa 76 l/(Einwohnerwert\*Tag).

Prinzipiskizze : Kläranlage Coswig Deppe





Kläranlage Coswig Deppe (04.02.1999)



Kläranlage Coswig Deppe (30.06.1999)

#### Kläranlage Hermannseck

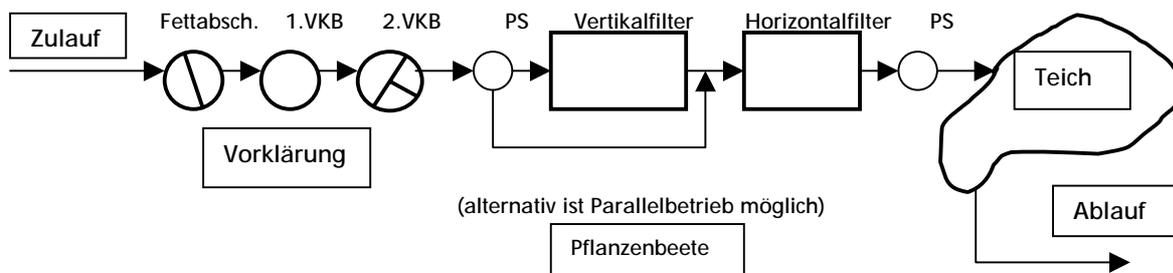
Die Kläranlage Hermannseck (49 Einwohnerwerte) wurde im Mai 1997 zur Reinigung des Abwassers einer im Außenbereich gelegenen Gaststätte in Betrieb genommen. Aufgrund des Saison- bzw. Sommerbetriebes ist der Abwasseranfall sehr diskontinuierlich. Deshalb wurde die Anlage so konzipiert, dass je nach Abwassermenge ein 2- oder ein 3-stufiger Betrieb möglich ist.

Die Kapazität für den 2-stufigen Betrieb beträgt 49 Einwohnerwerte, wobei die beiden Pflanzenbeete (ein Vertikalfilter und ein Horizontalfilter) parallel beaufschlagt werden. Beim 3-stufigen Normalbetrieb beträgt die Kapazität der Anlage nur 25 Einwohnerwerte. Die Beschickung erfolgt aus dem Vorratsbehälter mittels Pumpe auf den Vertikalfilter. Der Ablauf

wird dann in freiem Gefälle auf den Horizontalfilter geleitet. Bei beiden Betriebsweisen wird das in den Pflanzenbeeten biologisch gereinigte Abwasser einem Schönungsteich zugeleitet. Auf Grund der Waldlage, der geringen Abwasserbeaufschlagung außerhalb der Saison und der unzureichenden Pflege befanden sich die Pflanzenbeete über das gesamte Jahr hinweg in einem schlechten Zustand (Laubablagerungen, geringe Schilfdichte, starke Verkräutung). Da während der Beprobung der Anlage (Ausnahme Beprobung Nr. 6) kein Ablauf aus der Pflanzenbeetstufe vorhanden war, wurde die Probe aus dem Zulaufbereich des nachgeschalteten Schönungsteiches entnommen, so dass die gemessenen Werte durch Verdünnung verfälscht sind. Jedoch läßt die unmittelbar aus dem Ablauf des Pflanzenbeetes entnommene Probe Nr. 6 den Schluss zu, dass die Anlage die Mindestanforderungen des Anhang 1 der Abwasserverordnung einhalten kann. Wie dieses Beprobungsergebnis hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Anlage zu werten ist bleibt offen, da zum Auslastungsgrad der Anlage keine verwertbaren Angaben vorliegen.

Die spezifischen Investitionskosten in Höhe von etwa 3.265 DM/Einwohnerwerte liegen im Vergleich zu anderen Anlagen dieser Größe weit über dem Durchschnitt. Angaben zu den Betriebskosten konnten bisher vom Betreiber nicht gemacht werden.

Prinzipiskizze : Kläranlage Hermannseck





Kläranlage Hermannseck (08.06.1999) Horizontalbeet



Kläranlage Hermannseck (08.06.1999) Schönungsteich

#### Kläranlage Villa Jühling

Die im Jahr 1993 errichtete Kläranlage mit einer Kapazität von 33 Einwohnerwerten wird mit einem sehr unregelmäßigen Abwasserzufluss (Jugendbildungsstätte) beaufschlagt. Die intermittierende Beschickung des einstufigen Vertikalfilters über einen Heber bereitet offensichtlich keine Betriebsprobleme. Der Ablauf aus dem Pflanzenbeet erfolgt im Gegensatz zu den Anlagen in Rade und Einsdorf nicht über Heber sondern im freien Gefälle.

Das in der Anlage gereinigte Abwasser wird als Brauchwasser weiter verwendet. Mittels Überlauf erfolgt die Einleitung des gereinigten Abwassers in einen Teich und von dort über eine Versickerungsanlage in das Grundwasser.

Aufgrund der geringen Auslastung der Anlage in den Sommermonaten, die Jugendbildungsstätte ist in dieser Zeit geschlossen, kommt es zu Austrocknungserscheinungen. Eine Folge dieser Unterbelastung ist u. a. ein vermehrtes Wachstum von Wildkräutern, was einen höheren Pflegeaufwand der Pflanzenbeete erfordert. Während des übrigen Jahres ist die Anlage voll ausgelastet, so dass je angeschlossenem Einwohnerwert eine Beetfläche von 2,76 m<sup>2</sup> zu Verfügung steht.

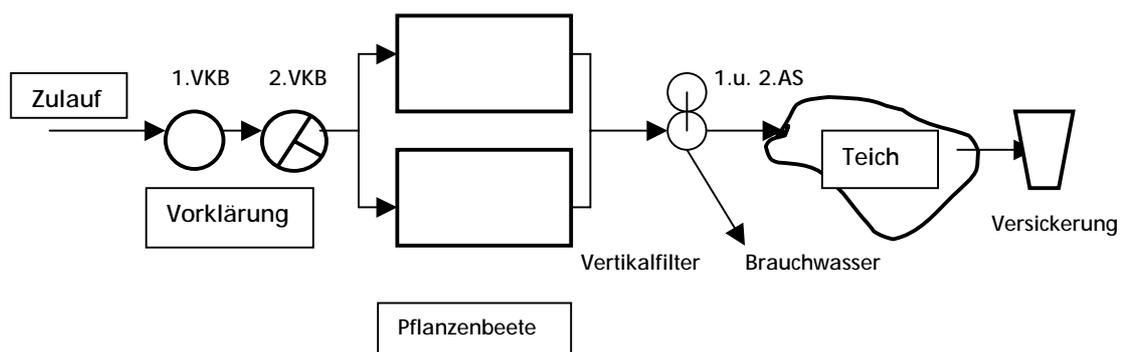
Die beiden parallel betriebenen Pflanzenbeete sind mehrschichtig aufgebaut (Rizomenschicht ca. 25 bis 30 cm, obere Filterschicht ca. 5 bis 10 cm und Hauptfilterschicht ca. 45 cm). Genaue Angaben zur Körnung des Bodenkörpers konnten nicht gemacht werden. Das je Einwohnerwert zur Verfügung stehende Volumen des Bodenkörpers von etwa 2,3 m<sup>3</sup> liegt im Vergleich zu den anderen untersuchten Pflanzenbeeten im untersten Bereich.

Die im Ablauf der Pflanzenbeetstufe im Rahmen der Sonderuntersuchungen gemessenen Konzentrationswerte liegen deutlich unter den Anforderungen des Anhang 1 der Abwasserverordnung.

Zu den Investitions- und Betriebskosten liegen keine Angaben des Betreibers vor. Eine Betriebsanleitung ist nicht vorhanden.

Die Jahresschmutzwassermenge für das Jahr 1999 wurde ausgehend von einem spezifischen Wasserverbrauch von 100 l/(Einwohnerwert\*Tag) und des Anschlusswertes errechnet.

#### Prinzipskizze: Kläranlage Villa Jühling





Kläranlage Villa Jühling (25.03.1999)

#### Kläranlage Frankroda

Die im Sommer 1997 mit einer Kapazität von 28 Einwohnerwerten in Eigenbau errichtete Anlage (einstufiger Horizontalfilter) entspricht den Vorgaben des Arbeitsblattes A 262 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V.

Während der Sonderuntersuchungen wurde die Anlage nur mit 2 Einwohnerwerten beaufschlagt. Künftig ist die Errichtung einer Gaststätte vorgesehen, wodurch sich der Auslastungsgrad verbessern wird.

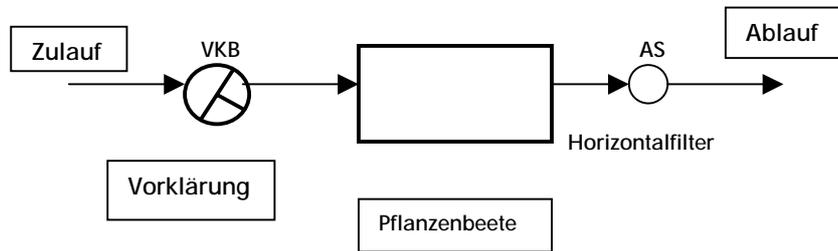
Die Ablaufwerte der Anlage liegen angesichts der geringen Belastung deutlich unter den Mindestanforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung. Abgesehen von einer im Frühjahr noch vorhandenen starken Verkräutung, die u.a. auch eine Folge der Unterbelastung der Pflanzenbeetstufe ist, sind keine Betriebsprobleme aufgetreten. Im Sommer ging die Verkräutung zugunsten des Schilfbestandes zurück.

Mit etwa 12.000 DM Investitionskosten (einschließlich der Eigenleistungen), dies entspricht einem spezifischen Wert von 428,57 DM/Einwohnerwert, liegt die Anlage deutlich unter den für vergleichbare Anlagen bekannten Kosten.

Angaben zu den Betriebskosten liegen, abgesehen von den Kosten für die Schlammentsorgung in Höhe von 44,30 DM/m<sup>3</sup>, nicht vor. In den 2 Jahren des Betriebes der Anlage musste erst einmal Schlamm entsorgt werden. Eine Betriebsanleitung ist nicht vorhanden.

Die Jahresschmutzwassermenge für das Jahr 1999 wurde an Hand eines angenommenen spezifischen Wasserverbrauches von 100 l/(Einwohnerwert\*Tag) und des Anschlusswertes ermittelt.

Prinzipiskizze : Kläranlage Frankroda



Kläranlage Frankroda (08.06.1999)



Kläranlage Frankroda (08.06.1999) Endbereich und Ablaufschacht

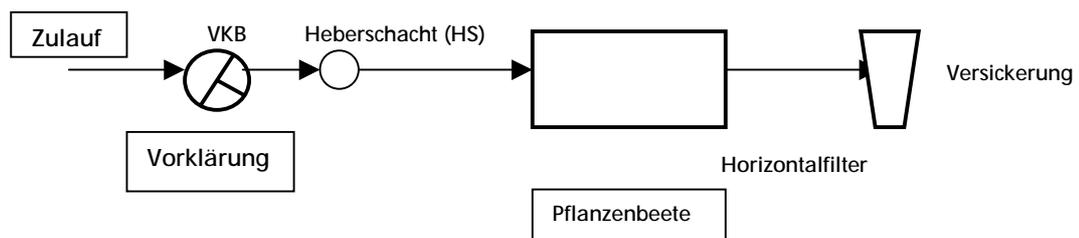
## Kläranlage Janisroda

Zur dezentralen Beseitigung des Abwassers eines Einzelhaushaltes (3 Personen) wurde im Jahr 1997 in Eigenbau eine Pflanzenkläranlage (einstufiger Horizontalfilter) entsprechend dem Hinweisblatt H 262 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. mit einer Kapazität von 5 Einwohnerwerten errichtet. Das Pflanzenbeet wird über einen Heber intermittierend mit Abwasser beaufschlagt. Der Ablauf erfolgt im freien Gefälle in einen Sickerschacht, welcher gleichzeitig als Ablaufschacht zur Probenahme dient. Die gut gepflegte Anlage erfüllt die Mindestanforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung. Nennenswerte Betriebsprobleme sind nicht aufgetreten.

Die Investitionskosten in Höhe von 10.000 DM liegen im mittleren Bereich für Anlagen dieser Größe. Die Betriebskosten beschränken sich im Wesentlichen auf die Kosten für die Schlamm Entsorgung. Dafür sind 61,36 DM/m<sup>3</sup> aufzuwenden. Nach einer Betriebszeit von zwei Jahren müssen rund 2 m<sup>3</sup> Klärschlamm aus dem Vorklärbecken entsorgt werden. Die Kontrolle, Wartung und Pflege der Anlage erfolgt in Eigenleistung, womit keine Kosten hierfür entstehen.

Die Jahresschmutzwassermenge für das Jahr 1999 wurde an Hand eines angenommenen Wasserverbrauches von 100 l/(Einwohnerwert\*Tag) und des Anschlusswertes ermittelt.

### Prinzipiskizze : Kläranlage Janisroda





Kläranlage Janisroda (08.06.1999) Einlaufbereich

#### Kläranlage Samswegen

Für die Abwasserbeseitigung mehrerer Wohngrundstücke wurde im Jahr 1998 eine Pflanzenkläranlage in Betrieb genommen. Es handelt sich hierbei um einen Vertikalfilter mit einer Kapazität von 40 Einwohnerwerten. Später soll die Pflanzenbeetstufe durch den Bau eines zweiten Beetes, parallel zum derzeitigen vorhandenen, auf eine Kapazität von 80 Einwohnerwerten erweitert werden. Die Vorklärung ist bereits für den Endausbau von 80 Einwohnerwerten ausgelegt.

Die Einleitung des gereinigten Abwassers erfolgt derzeit in einen Vorflutgraben. Beim Endausbau soll das in der Pflanzenbeetstufe biologisch gereinigte Abwasser einem Biotop, welches gleichzeitig der Versickerung dient, zugeleitet werden.

Hinsichtlich der Abmessungen entspricht der vorhandene Vertikalfilter nicht den Vorgaben des Arbeitsblattes A 262 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. Bezogen auf die Kapazität von 40 Einwohnerwerten stehen je Einwohnerwert nur 2,25 m<sup>2</sup> zu Verfügung. Legt man jedoch die im Untersuchungszeitraum vorhandene Auslastung der Anlage zu Grunde, ergibt sich mit 3 m<sup>2</sup>/Einwohnerwert eine spezifische Beetfläche, die über dem im Arbeitsblatt A 262 für Vertikalfilter vorgegebenen Mindestwert liegt.

Die mit der Kläranlage Samswegen erreichten guten bis sehr guten Ablaufwerte, es wurde auch eine weitergehende Nitrifikation festgestellt, lassen sich einerseits mit der guten mechanischen Vorreinigung und andererseits mit der bisher nur etwa 75%-igen Auslastung der Anlage begründen.

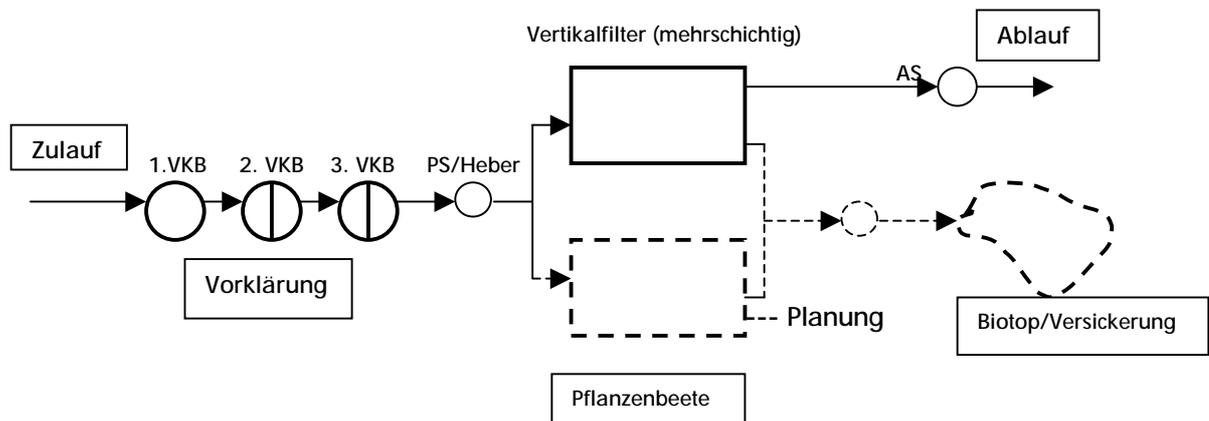
Der Betrieb der Anlage, auch die intermittierende Beschickung des Pflanzenbeetes mittels Heber, bereitete bisher keine Probleme. Der Ablauf aus dem Pflanzenbeet erfolgt im freien Gefälle.

Die in Tabelle 2 des Anhangs in Klammern angegebenen Investitionskosten in Höhe von 70.000 DM beziehen sich auf den Endausbau der Anlage. Sie sind an Hand der bisher angefallenen Investitionskosten hochgerechnet. Im Vergleich zu den Investitionskosten anderer Pflanzenkläranlagen und alternativer Abwasserreinigungsverfahren liegen sie im unteren Bereich.

Die Betriebskosten in Höhe von 700 DM/Jahr beziehen sich auf die derzeit vorhandene Kapazität der Anlage. Von diesen 700 DM/Jahr entfallen etwa 280 DM auf die Kosten für die Schlammentsorgung. Im Vergleich zu den Betriebskosten anderer Abwasserreinigungsverfahren schneiden sie günstig ab.

Die in Tabelle 3 des Anhangs für das Jahr 1999 angegebene Jahresschmutzwassermenge wurde auf der Basis eines geschätzten Wasserverbrauches von 100 l/( Einwohnerwert\*Tag) und des Anschlusswertes der Anlage hochgerechnet.

#### Prinzipiskizze: Kläranlage Samswegen



#### Kläranlage Geestgottberg

Für die Reinigung des im Wohngebiet "Hohe Geest" Geestgottberg anfallenden Abwassers wurde in den Jahren 1996/97 (Inbetriebnahme Februar 1997) eine Pflanzenkläranlage als einstufiger Horizontalfilter mit einer Kapazität von 20 Einwohnerwerten errichtet.

Im ersten Halbjahr 1999 war die Anlage zu etwa 90 % ausgelastet, seit August 1999 ist sie voll ausgelastet.

Eine Betriebsanleitung für die Anlage wurde erst im Frühjahr 1999 angefertigt.

Im Zulaufbereich des Pflanzenbeetes waren Ablagerungen von Flusen sichtbar, des Weiteren war dieser Bereich häufig bzw. dauerhaft eingestaut. Im ersten Drittel des Pflanzenbeetes waren die angepflanzten Rohrkolben nicht angewachsen und es war eine starke Verkrautung festzustellen. Im Juni 1999 wurden durch die Eigentümer der Anlage die Wildkräuter beseitigt und Binsen nachgepflanzt. Die Nachpflanzungen sind gut angewachsen, dennoch ist der Pflanzenbestand lückenhaft.

Es wird angenommen, dass es infolge einer nicht rechtzeitigen Entschlammung zeitweise zur Überlastung der Vorklärung und damit zum Austrag von absetzbaren Stoffen auf die vordere Beetfläche gekommen ist. Dieser Bereich des Pflanzenbeetes scheint bereits verstopft zu sein. Sofern die Überlastung der Vorklärung auch bei einer rechtzeitigen Entschlammung nicht vermieden werden kann, muss geprüft werden, ob erhebliche hydraulische Stoßbelastungen (möglicherweise durch die Einleitung von Regenwasser) abzustellen sind oder die vorhandene mechanische Vorreinigung zu verbessern ist.

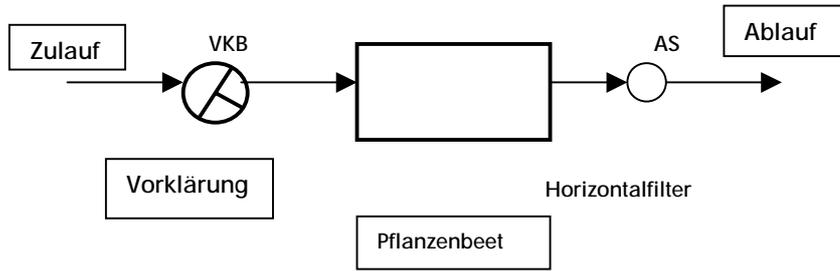
Aus den Angaben zum verwendeten Bodenmaterial muss abgeleitet werden, dass die derzeit vorhandene hydraulische Durchlässigkeit des Bodenkörpers zu groß ist. Das Potenzial des Bodenkörpers für die Ansiedlung und Bindung Schadstoff abbauender Mikroorganismen ist offensichtlich zu gering. Obgleich das Pflanzenbeet großzügig bemessen ist, wurden die Mindestanforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung überwiegend nicht eingehalten. Der Mittelwert für den CSB am Ablauf des Pflanzenbeetes beträgt 180,5 mg/l. Der BSB<sub>5</sub> liegt im Mittel bei 69,1 mg/l.

Um künftig die Mindestanforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung einhalten zu können, scheint eine Sanierung des Bodenkörpers oder eine Erweiterung der Anlage durch eine zweite biologische Stufe unumgänglich zu sein.

Die spezifischen Investitionskosten betragen 2.175 DM/Einwohnerwert und liegen damit im mittleren Bereich der untersuchten Kläranlagen. Bei den spezifischen Betriebskosten in Höhe von 123,50 DM/(Einwohnerwert\*Jahr) ist zu berücksichtigen, dass davon nur etwa 20 DM/(Einwohnerwert\*Jahr) auf echte finanzielle Leistungen für Schlamm Entsorgung und Energie entfallen. Die verbleibenden 103,50 DM/(Einwohnerwert\*Jahr) wären aufzuwenden, wenn die Pflege und Wartung der Anlage nicht in Eigenleistung erbracht würde.

Zur Berechnung der Jahresschmutzwassermenge für das Jahr 1999 wurde von einem spezifischen Wasserverbrauch von 100 l/(Einwohnerwert\*Tag) und vom Anschlusswert der Anlage ausgegangen.

Prinzipskizze : Kläranlage Geestgottberg



Kläranlage Geestgottberg (23.02.1999) Zulaufbereich



Kläranlage Geestgottberg (23.02.1999)

## Kläranlage Elbeu

Die Kläranlage Elbeu, ein einstufiger Horizontalfilter mit einer Kapazität von 10 Einwohnerwerten, wurde 1995 zur dezentralen Reinigung des Abwassers eines Wohngrundstückes errichtet. Im Aufbau entspricht die Anlage den Vorgaben des Arbeitsblattes A 262 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. Auf der Basis des Trinkwasserverbrauchs auf dem Grundstück kann auf eine 100 %-ige Auslastung der Anlage geschlossen werden. Der Pflanzenbeetstufe ist ein Biotop nachgeschaltet, welches gleichzeitig der Versickerung des biologisch gereinigten Abwassers dient.

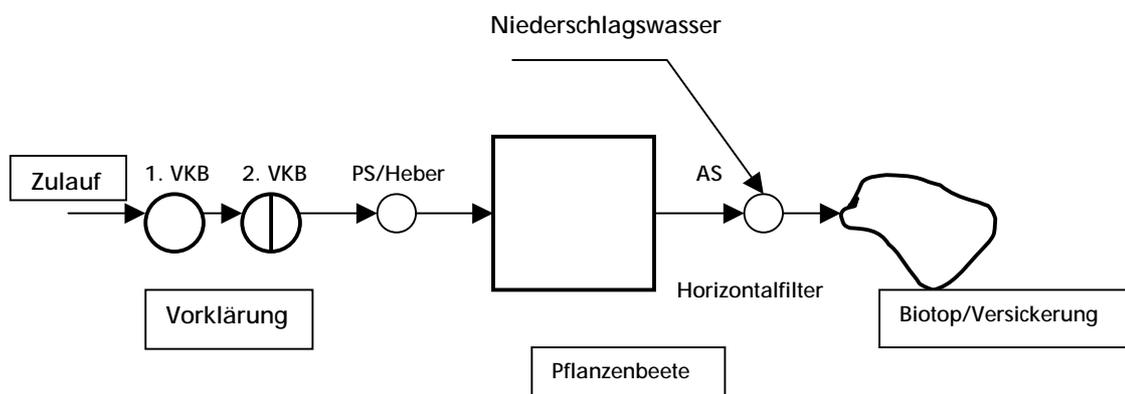
Betriebliche Probleme, auch in Bezug auf die intermittierende Beschickung des Pflanzenbeetes mittels Heber, sind nicht bekannt.

Die Mindestanforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung wurden im Untersuchungszeitraum eingehalten. Eine weitergehende Nitrifikation konnte nicht festgestellt werden.

Die Investitions- und Betriebskosten der Anlage liegen im mittleren Bereich der für Pflanzenkläranlagen dieser Größenordnung üblichen Kosten. Bei den angegebenen Investitionskosten muss berücksichtigt werden, dass die Anlage in Eigenleistung errichtet wurde und ein Teil der Kosten auf das Biotop bzw. die Versickerungsanlage entfällt.

Die Jahresschmutzwassermenge für das Jahr 1999 wurde dem vom Betreiber der Anlage angegebenen Wert für den Trinkwasserverbrauch ( $101 \text{ l/Einwohnerwert} \cdot \text{Tag}$ ) gleichgesetzt.

### Prinzipskizze : Kläranlage Elbeu





Kläranlage Elbeu

#### Kläranlage Kloster Hedersleben

Auf dem Gelände des ehemaligen Klosters St. Gertrudis in Hedersleben wurde im Jahr 1994 die bestehende Abwasseranlage (Vorklärung und Tropfkörper) saniert und durch eine Pflanzenbeetstufe zur weiteren biologischen Reinigung des Abwassers erweitert. Die auf eine Kapazität von 80 Einwohnerwerten ausgelegte, nun dreistufige Anlage (Vorklärung, Tropfkörper, zwei unterschiedlich aufgebaute Vertikalfilter) dient als Demonstrations- und Untersuchungsobjekt der dort ansässigen Weiterbildungseinrichtung. Je nach Untersuchungsprogramm der Einrichtung werden die Pflanzenbeete parallel oder alternierend mit Abwasser aus dem Tropfkörper oder auch unmittelbar aus der mechanischen Vorreinigung beaufschlagt. Eine Zielstellung des Betreibers der Anlage besteht z. B. darin, das Abwasser durch die pflanzenbiologische Stufe vor Einleitung in den Vorfluter, einen Graben zur Selke, auf Badewasserqualität zu reinigen.

Die je nach Anzahl der Teilnehmer an den Weiterbildungsveranstaltungen zu 80 bis 100 % ausgelastete Anlage weist trotz der geringen spezifischen Beetfläche von nur 2 m<sup>2</sup>/ Einwohnerwert sehr gute Ablaufwerte auf. Die Mindestanforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung können eingehalten bzw. deutlich unterschritten werden.

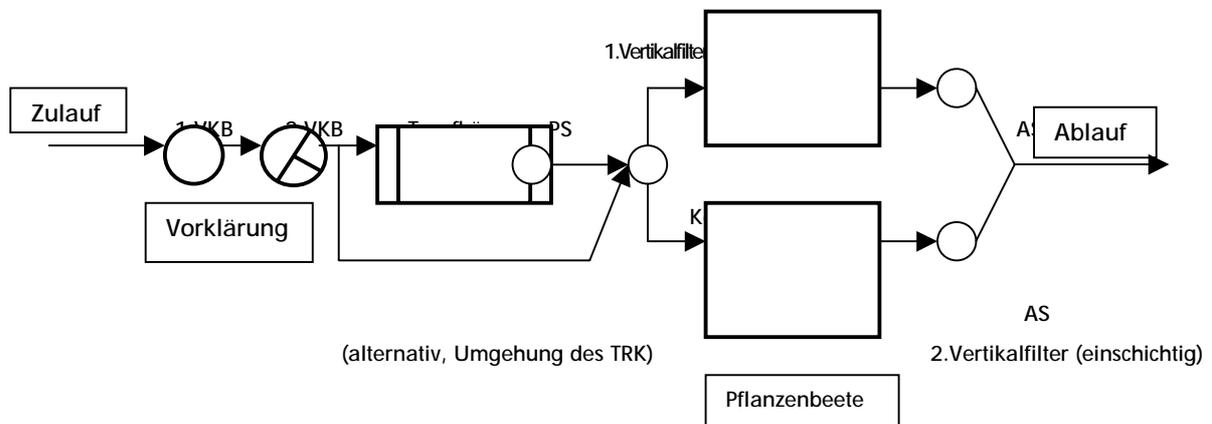
Da der Anlagenbetrieb, insbesondere die Beaufschlagung der Pflanzenbeete mit Abwasser, vom jeweiligen Untersuchungsprogramm der Weiterbildungseinrichtung abhängt und nicht bekannt ist, in welchem Umfang der Tropfkörper zur Vorreinigung des Abwassers einbezo

gen wurde, können die im Rahmen des Sondermessprogrammes ermittelten Ergebnisse nur bedingt auf einen üblichen Praxisbetrieb (ohne Tropfkörper) übertragen werden. Jedoch lassen die vom Zu- und Ablauf der Pflanzenbeetstufe vorliegenden Analyseergebnisse den Schluss zu, dass mit Vertikalfiltern, bei denen nur 2,2 m<sup>2</sup> je angeschlossenem Einwohnerwert zur Verfügung stehen, sehr gute Ablaufwerte und Nitrifikation erreichbar sind, wenn eine sehr gute mechanische Vorreinigung erfolgt und ein ordnungsgemäßer bzw. optimierter Betrieb der Anlage gewährleistet ist. Im vorliegenden Fall kann von einer intensiven Betreuung der Anlage durch die Weiterbildungseinrichtung ausgegangen werden. Eine Betriebsanleitung konnte jedoch nicht vorgelegt werden.

Die spezifischen Investitionskosten für die Anlagenerweiterung liegen mit 1.875 DM/Einwohnerwert im oberen Bereich der untersuchten Anlagen. Zu den Betriebskosten konnte der Betreiber keine Angaben machen.

Für die Ermittlung der Jahresschmutzwassermenge im Jahr 1999 wurde von einem spezifischen Wasserverbrauch von 100 l/(Einwohnerwert\*Tag) und einer durchschnittlich 90 %-igen Auslastung der Anlage ausgegangen.

#### Prinzipiskizze : Kläranlage Kloster Hedersleben



### 3.3 Ergebnisse der Sonderuntersuchungen

#### 3.3.1 Zum Bau und Betrieb von Pflanzenkläranlagen

Von den im Rahmen des Sondermessprogrammes untersuchten 14 Kläranlagen können 8 den Vertikal- und 5 den Horizontalfiltern zugeordnet werden. Eine Anlage (Kläranlage Hermannseck) stellt eine Kombination aus einem Horizontal- und einem Vertikalfilter dar, wobei die Pflanzenbeete je nach Belastung parallel oder in Reihe betrieben werden können. Vier der untersuchten Kläranlagen bestehen aus mehreren biologischen Stufen. Bei drei Kläranlagen (Dietrichsdorfer Mühle, Hermannseck und Villa Jühling) ist der Pflanzenbeetstufe ein Schönungsteich nachgeschaltet. Auf der Kläranlage Kloster Hedersleben ist der Pflanzenbeetstufe ein Tropfkörper vorgeschaltet. Die meisten der untersuchten Kläranlagen sind nicht länger als 4 Jahre in Betrieb. Lediglich die Kläranlagen Rade (1990), Villa Jühling (1993) und Kloster Hedersleben (1994) sind älter.

Eine weitergehende Charakterisierung der untersuchten Kläranlagen enthält im Anhang die Tabelle 2 .

Hinsichtlich der Anforderungen an die Bemessung entsprechen sieben Anlagen nicht dem Arbeitsblatt A 262 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. Vier dieser Anlagen, Vertikalfilter mit mehrschichtigem Bodenkörper, sind mit weniger als 2,5 m<sup>2</sup>/Einwohnerwert bemessen (Rade, Einsdorf, Kloster Hedersleben, Samswegen). Eine Anlage (Dietrichsdorfer Mühle) stellt eine Sonderlösung mit vorwiegend vertikaler Durchströmungsrichtung dar („Launhardt-Reaktor“), bei der die Höhe des Bodenkörpers nur 0,6 m beträgt. Bei zwei weiteren Anlagen (Coswig Deppe und Geestgottberg) muss davon ausgegangen werden, dass die Körnung des Bodenmaterials nicht den Vorgaben des Arbeitsblattes A 262 entspricht. Die übrigen Kläranlagen erfüllen in den Abmessungen und der Struktur der Pflanzenbeete im Wesentlichen die Anforderungen des Arbeitsblattes A 262.

Während sich bei den Pflanzenbeeten mit zu groß gewählter Körnung des Bodenmaterials die Abweichung vom Arbeitsblatt A 262 deutlich in den gemessenen Ablaufwerten niedergeschlagen hat, die Mindestanforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung konnten von beiden Anlagen nicht eingehalten werden, läßt sich dieses auf die mehrschichtig aufgebauten Vertikalfilter mit einer spezifischen Beetfläche von weniger als 2,5 m<sup>2</sup>/Einwohnerwerten nicht übertragen.

Die beiden mehrschichtigen Vertikalfilter vom Typ Phytofilt MS (Rade, Einsdorf), zugleich die zwei größten Pflanzenkläranlagen im Land Sachsen-Anhalt, lassen sich in ihrer, bei voller Funktionstüchtigkeit erreichbaren Reinigungsleistung, kaum bewerten, da die im Rahmen

der Sonderuntersuchungen gemessenen Ablaufwerte durch häufige Betriebsstörungen und letztlich durch den nicht ordnungsgemäßen Betrieb (permanente Beetüberstauung) beeinflusst sind.

Es muss angenommen werden, dass die Ursache für die auf beiden Anlagen bereits nach kurzer Betriebszeit eingetretene permanente Beetüberstauung nicht nur in der mangelnden Betriebssicherheit der Heber, sondern auch in der zu geringen Bemessung der Beetfläche begründet ist. Die Auswertung entsprechender Literatur (siehe Tabelle 1 im Anhang) bekräftigt diese Annahme. Obgleich die CSB- und BSB<sub>5</sub>-Flächenbelastung auf der Kläranlage Einsdorf nur etwa halb so hoch ist wie die auf der Kläranlage Rade, ist es trotz intensiver Betreuung der Anlage durch den Betreiber bereits nach einem Betriebsjahr zu wiederholten Beetüberstauungen und schließlich nach 3 Betriebsjahren zur Verstopfung des Bodenkörpers gekommen.

Die bisher im Land Sachsen-Anhalt gesammelten Betriebserfahrungen zeigen, dass die Anforderungen für eine ausreichende Betriebssicherheit derartiger Anlagen auf der Grundlage weiterer Untersuchungen neu definiert werden müssen.

Die Reinigungsleistung und Betriebssicherheit der Kläranlage Kloster Hedersleben, bei welcher eines der beiden parallel betriebenen Pflanzenbeete ebenfalls als mehrschichtiger Vertikalfilter mit einer spezifischen Fläche von 2 m<sup>2</sup>/Einwohnerwert aufgebaut ist, kann wegen des vorgeschalteten Tropfkörpers nicht zum Vergleich herangezogen werden.

Die ungenügende Reinigungsleistung der Kläranlage Coswig Deppe, ebenfalls ein mehrschichtiger Vertikalfilter, jedoch mit 5 m<sup>2</sup>/Einwohnerwert bemessen, wird durch die ungünstige Struktur bzw. Körnung des Bodenmaterials maßgeblich beeinflusst, so dass auch hier keine vergleichbaren Auswertungen zu den anderen mehrschichtigen Vertikalfiltern möglich sind.

Gute Reinigungsleistungen wurden für die Kläranlagen Villa Jühling und Samswegen, bei denen der Ablauf des gereinigten Abwassers aus dem mehrschichtigen Pflanzenbeet im Gegensatz zu den Kläranlagen in Rade und Einsdorf in freiem Gefälle erfolgt, festgestellt. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Kläranlage Villa Jühling im Sommer deutlich unterbelastet, und die Kläranlage Samswegen nur zu 75 % ausgelastet ist. Damit stand im Untersuchungszeitraum auf beiden Anlagen eine etwas größere Beetfläche je angeschlossenen Einwohnerwert zur Verfügung als es das Arbeitsblatt A 262 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. fordert.

Hinsichtlich des Baues von Pflanzenkläranlagen muss aus den Ergebnissen der Sonderuntersuchungen 1999 resümiert werden, dass von den Vorgaben des Arbeitsblattes A 262 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V., besonders hinsichtlich der Struktur und Körnung

sowie der Mindestabmessungen des Bodenkörpers, keinesfalls abgewichen werden sollte. Pflanzenkläranlagen sollten im Hinblick auf die Zuverlässigkeit des Betriebes möglichst einfach aufgebaut und großzügig bemessen sein. Es hat sich gezeigt, dass auch einfache Lösungen trotz erheblicher Belastungsschwankungen durch Saisonbetrieb ausreichend gute Reinigungsleistungen erbringen (z.B. Buchholzmühle und Janisroda), wenn sie ordnungsgemäß gebaut und betrieben werden.

Künftigen Betreibern von Pflanzenkläranlagen wird nochmals dringend empfohlen, sich vom Planer bzw. Anlagenerrichter die Einhaltung der Vorgaben des Arbeitsblattes A 262 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V., besonders aber die Bodenkennwerte, nachweisen zu lassen. Des weiteren zeigen die Untersuchungsergebnisse, dass die Charakteristik (z.B. Qualität, Ganglinien) des einer Pflanzenkläranlage zufließenden Abwassers bei der Planung besser berücksichtigt werden sollte. Von besonderer Bedeutung ist dies bei der Mitbehandlung gewerblicher Abwässer. Gewerbliche Abwässer, z.B. aus der Verarbeitung landwirtschaftlicher Produkte, sollten in ihrer organischen Fracht möglichst genau ermittelt und hinsichtlich der Bemessung des Pflanzenbeetes großzügig berücksichtigt werden. Probleme durch den Zulauf gewerblicher Abwässer zeigten sich auf den Kläranlagen Rade und Coswig Deppe.

Der Eintrag von Fremdwasser, in erster Linie Niederschlagswasser, in Pflanzenkläranlagen sollte möglichst vermieden werden. Die an eine Pflanzenkläranlage angeschlossene Kanalisation sollte daher unbedingt auf Fehlanlüsse und zu tief liegende Kontrollschächte untersucht werden. Niederschlagswassereinleitungen führen zu Stoßbelastungen, die zum Schlammabtrieb aus der Vorklärung führen können und somit die Funktionstüchtigkeit des Pflanzenbeetes maßgeblich verschlechtern. Auf der Kläranlage Dietrichsdorfer Mühle wurde die Niederschlagswassereinleitung unterbunden, womit eine signifikante Verbesserung der Ablaufwerte erreicht werden konnte.

Die Investitionskosten der untersuchten Anlagen bewegen sich in einem Bereich von 400 DM/Einwohnerwert bis etwa 3.200 DM/Einwohnerwert. Im Mittel liegen die Investitionskosten bei Kleinkläranlagen (Anlagen <50 Einwohnerwerte) bei etwa 2.000 DM/ Einwohnerwert, bei Anlagen ab 50 Einwohnerwerten bei etwa 1.000 bis 1.800 DM/Einwohnerwert. Vertikal durchströmte Anlagen mit mehrschichtigem Bodenkörper und hebergesteuertem Ablauf liegen in ihren Investitionskosten deutlich über denen anderer Pflanzenkläranlagen. Berücksichtigt man jedoch die vom Verfahrensentwickler behauptete Eignung der Anlagen für einen weitergehenden Nährstoffabbau bzw. für eine weitergehende Nitrifikation relati

vieren sich die Mehraufwendungen. Der Nachweis hierfür ist im Land Sachsen-Anhalt jedoch noch nicht erbracht worden.

Bei den in der Tabelle 2 des Anhangs angegebenen Investitionskosten muss berücksichtigt werden, dass bei der Kläranlage Domäne Bobbe bereits eine Vorklärung vorhanden war, die lediglich saniert werden musste. Die Investitionskosten der Kläranlage Frankroda basieren auf einer Schätzung, weil die Kosten für die Eigenleistung vom Betreiber nicht genau angegeben werden konnten.

Ein Vergleich der für die übrigen Pflanzenkläranlagen angegebenen Investitionskosten mit den in der Literatur (HALBACH „Abwasserkosten 2000 für ostdeutsche Kommunen und Verbände“) veröffentlichten Investitionskosten anderer naturnaher Verfahren (natürlich und künstlich belüftete Abwasserteiche) zeigt, dass Pflanzenkläranlagen in der Anschaffung kostenintensiver sind. Auch gegenüber den technischen Verfahren (z.B. Belebtschlammverfahren, Tropfkörper) weisen die untersuchten Kläranlagen keine Kostenvorteile auf. In Auswertung der Literatur (siehe Anhang) kann aber davon ausgegangen werden, dass Pflanzenkläranlagen in Abhängigkeit vom Typ und der Ausbaugröße in der Herstellung günstiger als technische Anlagen sein können. Dies trifft besonders dann zu, wenn die Anlagen weitestgehend in Eigenleistung, unter Anleitung eines erfahrenen Planers, errichtet werden.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass die Reinigungsleistung bzw. die Qualität der Ablaufwerte von Pflanzenkläranlagen maßgeblich durch die Planung und bauliche Ausführung der Anlage bestimmt wird. Gute Pflege und Wartung tragen zur Verbesserung der Reinigungsleistung bei und verlängern die Lebensdauer einer Pflanzenkläranlage.

Von den 14 betrachteten Anlagen konnte bis zum Abschluss der Sonderuntersuchungen 12/99 für 6 Anlagen noch keine Betriebsanleitung vorgelegt werden (Tabelle 2, Anhang). Drei dieser Anlagen wurden durch Fachfirmen und drei in Eigenleistung errichtet.

Zu Beginn der Sonderuntersuchungen musste bei fünf Anlagen die Pflege und Wartung als unzureichend eingestuft werden, obgleich für vier dieser Anlagen eine Betriebsanleitung vorlag. Am häufigsten mussten die Kontrolle und Wartung der Beschickungseinrichtungen (Heber, Pumpen) und die Pflege des Pflanzenbeetes (Entkrautung und Nachpflanzung von Schilf) beanstandet werden. Inwieweit auf den untersuchten Anlagen eine rechtzeitige Schlammmentnahme aus der Vorklärung erfolgt ist, kann nicht bewertet werden, da entsprechende Kontrollergebnisse nicht vorliegen. Nach den Angaben der Betreiber wurde auf allen Anlagen eine rechtzeitige Schlammmentsorgung veranlasst. Auf den Kläranlagen Dietrichsdorfer Mühle und Coswig Deppe war bisher keine Schlammmentnahme aus den Vorklär

becken erforderlich, da diese sehr groß bemessen und die Anlagen nur zu etwa zwei Drittel ausgelastet sind.

Mit Bekanntwerden des Sondermessprogrammes 1999 hat sich die Pflege und Wartung der Kläranlagen zum Teil erheblich verbessert. Besonders im 2. Halbjahr sind Mängel abgestellt worden, wodurch sich bei einigen Anlagen die Ablaufwerte kontinuierlich verbessert haben. Dies betrifft z. B. die Kläranlagen Domäne Bobbe, Dietrichsdorfer Mühle und Coswig Deppe. Problematisch war die Erfassung der Betriebskosten. Die Schwankungsbreite der nur für einige der untersuchten Anlagen angegebenen Betriebskosten ist, in Abhängigkeit von der Höhe der vom Betreiber angegebenen Aufwendungen für Personalkosten, sehr groß. Berücksichtigt man bei einem Vergleich mit technischen Verfahren lediglich die Kosten für die Schlammensorgung und den Energiebedarf (Pflege und Wartung in Eigenleistung), sind die Betriebskosten bei Pflanzenkläranlagen geringer. Weitergehende Aussagen zur Abhängigkeit der mittleren Betriebskosten von der Ausbaugröße oder dem Typ der Pflanzenkläranlage sind wegen der unzureichenden Datenbasis nicht möglich.

### 3.3.2 Zur Reinigungsleistung von Pflanzenkläranlagen

Die Ermittlung der Reinigungsleistung einer Abwasserbehandlungsanlage setzt eine statistisch gesicherte mengenproportionale Probenahme vom Zu- und Ablauf der betreffenden Reinigungsstufe voraus. Auf der Basis von Frachtbilanzen können dann, z.B. entsprechend den Merkblättern M 260 und M 755 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V., die Wirkungsgrade ermittelt werden.

Im Rahmen des einjährigen Sondermessprogrammes waren derartige Tiefenprüfungen vom Umfang her nicht möglich und auch nicht angestrebt. Es wurden lediglich Ergebnisse von Stichproben (Kleinkläranlagen) und qualifizierten Stichproben (Kläranlagen ab 50 Einwohnerwerte) für die Bewertung der Leistungsfähigkeit der Kläranlagen zugrunde gelegt. Bis auf eine Ausnahme (Probe Nr. 12, Kläranlage Domäne Bobbe) wurden sämtliche Beprobungsergebnisse, unabhängig davon, ob zum Zeitpunkt der Probenahme ein ordnungsgemäßer Betrieb vorlag, zur Bewertung der Anlagen herangezogen.

Eine vergleichende Bewertung der Reinigungsleistung unterschiedlicher Pflanzenkläranlagen-Systeme war nicht Ziel der Sonderuntersuchungen. In dem vorliegenden Erfahrungsbericht sollen die Ergebnisse einer erweiterten behördlichen Probenahme dokumentiert und in Bezug auf noch vorhandene Defizite beim Bau und Betrieb von Pflanzenkläranlagen ausgewertet werden. Die in der Tabelle 3 des Anhanges enthaltene statistische Aufbereitung der

Beprobungsergebnisse kann wegen der heterogenen Qualität der Datenbasis nur unter Vorbehalt betrachtet werden. Die Berechnung der spezifischen CSB- und BSB<sub>5</sub>-Flächenbelastungen erfolgt zum großen Teil auf der Basis hochgerechneter Jahresschmutzwassermengen. Die mittlere Reinigungsleistung für die Parameter CSB und BSB<sub>5</sub> wurde auf der Grundlage der gemessenen Zu- und Ablaufwerte ermittelt. Aus den gemessenen Konzentrationen für NO<sub>3</sub>-N und NH<sub>4</sub>-N am Ablauf der Pflanzenbeete wurde der mittlere Nitrifikationsgrad berechnet.

Aussagen zur Einhaltung von Einleitungsgrenzwerten an der Einleitstelle in das Gewässer können für Kläranlagen, bei denen der Pflanzenbeetstufe noch eine weitere biologische Reinigungsstufe nachgeschaltet ist, nicht getroffen werden, da lediglich der Ablauf der Pflanzenbeetstufe beprobt wurde. In Bezug auf die vergleichende Bewertung der Einhaltung der Mindestanforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung wird bei diesen Anlagen unterstellt, dass die Einleitung in das Gewässer unmittelbar aus der Pflanzenbeetstufe erfolgt.

Einhaltung der Anforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung für die Größenklasse 1

In Auswertung der vorliegenden Beprobungsergebnisse ist zunächst herauszustellen, dass bei 8 der 14 untersuchten Anlagen keine einzige Überschreitung der Anforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung festgestellt wurde. Dies sind namentlich die Kläranlagen Einsdorf, Buchholzmühle, Hermannseck, Villa Jühling, Frankroda, Janisroda, Elbeu und Kloster Hedersleben. Es muss dabei jedoch berücksichtigt werden, dass von einer dieser Anlagen (Hermannseck) nur eine einzige verwertbare Probenahme vorliegt, dass eine Kläranlage (Frankroda) nur zu etwa 7,2 % ausgelastet ist und dass dem Pflanzenbeet auf der Kläranlage Kloster Hedersleben zumindest zeitweise ein Tropfkörper vorgeschaltet ist.

Auf der Kläranlage Buchholzmühle wurde lediglich eine Überschreitung des in der Einleitungserlaubnis festgelegten, nur abgabenrechtlich relevanten, Grenzwertes für N<sub>ges</sub> festgestellt.

Auf der Kläranlage Einsdorf wurden die Anforderungen an den CSB und BSB<sub>5</sub> eingehalten, jedoch wurde, besonders im 2. Halbjahr des Sondermessprogrammes, häufig der für die Abwasserabgabe relevante Einleitungsgrenzwert für N<sub>ges</sub> überschritten.

Auf den Kläranlagen Dietrichsdorfer Mühle und Samswegen wurde lediglich einmal eine Überschreitung der Anforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung für den Para

meter CSB festgestellt. Somit wurden bei 10 von 14 untersuchten Anlagen die Anforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung weitestgehend eingehalten.

Auf 2 Anlagen (Rade und Domäne Bobbe) wurden häufiger Überschreitungen der Anforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung festgestellt. Während in Rade die mangelnde Funktionstüchtigkeit der Anlage sowie zum Teil erhebliche Stoßbelastungen für die Überschreitungen ursächlich sind, werden die Überschreitungen auf der Kläranlage Domäne Bobbe in erster Linie auf mangelnde Kontrolle, Pflege und Wartung zurückzuführen sein. In der 2. Hälfte des Untersuchungszeitraumes ist auf beiden Anlagen eine Verbesserung der Ablaufwerte für die Parameter CSB und  $BSB_5$  eingetreten.

Die PKA Coswig Deppe erfüllte bis zum 3. Quartal 1999 nicht die Anforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung obwohl sie nur zu etwa zwei Drittel ausgelastet war. Die Anforderungen an die Parameter CSB und  $BSB_5$  wurden permanent erheblich überschritten. Erst nach Änderung der Betriebsbedingungen, mittels Kreislaufführung des Abwassers, war eine deutliche Verbesserung der Ablaufwerte festzustellen. Im vierten Quartal 1999 wurden die Anforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung eingehalten.

Die Kläranlage Geestgottberg erfüllte im Untersuchungszeitraum, bis auf zwei Ausnahmen, nicht die Anforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung. Wenn nicht durch Veränderung des Anlagenbetriebes, analog der Kläranlage Coswig Deppe, eine deutliche Verbesserung der Reinigungsleistung erreicht werden kann, ist eine Sanierung der Anlage unumgänglich.

In Bezug auf die Reinigungsleistung ist festzustellen, dass der Wirkungsgrad für den  $BSB_5$  bei 10 der untersuchten Anlagen über 95 % liegt. Die Kläranlage Hermannseck, für welche die statistische Auswertung wegen nur einer verwertbaren Probenahme nicht vorgenommen werden konnte, bleibt hierbei außer Betracht. Für die PKA Rade, Coswig Deppe und Geestgottberg wurde ein schlechterer Wirkungsgrad ermittelt, wobei auf den Kläranlagen Rade und Coswig Deppe im 2. Halbjahr 1999 tendenziell eine Verbesserung eingetreten ist.

#### Einhaltung weitergehender Anforderungen

Für die Kläranlagen Rade ( $NH_4-N = 20 \text{ mg/l}$ ) und Hermannseck ( $NH_4-N = 10 \text{ mg/l}$ ) sind über die Anforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung hinaus, höhere Anforderungen an die Nährstoffeliminierung bzw. an eine weitergehende Nitrifikation geboten.

Von der Kläranlage Hermannseck liegt nur eine verwertbare Probenahme vor, bei der die erhöhten Anforderungen deutlich unterschritten werden. Auf den Kläranlagen Domäne

Bobbe und Buchholzmühle wurde im Untersuchungszeitraum jeweils nur einmal der Einleitungsgrenzwert für  $N_{ges}$  nicht eingehalten.

Die Kläranlagen Rade und Einsdorf konnten die über die Anforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung hinausgehenden Anforderungen bezüglich des Stickstoffabbaus nicht zuverlässig erfüllen. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse dokumentieren, dass in der Kläranlage Rade keine und in der Kläranlage Einsdorf nur teilweise eine Nitrifikation stattfindet.

Das mit Pflanzenkläranlagen gute Nitrifikationsleistungen erreicht werden können, belegen die Ergebnisse der Beprobungen der Kläranlagen Buchholzmühle, Villa Jühling, Samswegen und Kloster Hedersleben. Bei diesen Anlagen handelt es sich jeweils um Vertikalfilter, die im Vergleich zu den anderen Anlagen sogar höher (75 bis 100 %) ausgelastet sind.

Als ein wichtiger Verfahrensparameter wurde auf der Basis der zur Verfügung stehenden Daten die mittlere spezifische CSB- und  $BSB_5$ -Flächenbelastung der Pflanzenbeetstufen abgeschätzt. Mit Ausnahme der Kläranlage Rade liegen bei allen untersuchten Anlagen die spezifischen Flächenbelastungen bezüglich der Einhaltung der Anforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung zum Teil deutlich unter den Empfehlungen der Literatur ( $BSB_5$ -Flächenbelastung =  $8 \text{ g/m}^2\cdot\text{d}$  für Horizontalfilter und  $16 \text{ g/m}^2\cdot\text{d}$  für Vertikalfilter). Die Gründe hierfür sind vorrangig eine großzügigere Bemessung und die unvollständige Auslastung der Anlagen.

Signifikante Zusammenhänge zwischen Flächenbelastung und Reinigungsvermögen der Pflanzenkläranlagen sind aus den vorliegenden Analyseergebnissen nicht abzuleiten. Von größerer Bedeutung sind in diesem Zusammenhang die Einflußgrößen Aufbau des Bodenkörpers und Zulaufcharakteristik des Abwassers. Bezüglich der auf den Kläranlagen Rade und Einsdorf ermittelten  $BSB_5$ -Flächenbelastung ist anzumerken, dass diese über den Empfehlungen der Literatur für die Zielstellung Nitrifikation liegt (siehe Punkt 3.2).

Die mittleren Ablaufwerte für  $P_{ges}$  bewegen sich bei den untersuchten Anlagen im Bereich von 0,4 bis 14,4 mg/l. Bei 12 Anlagen wird ein mittlerer  $P_{ges}$ -Ablaufwert unter 10 mg/l erreicht. Bei 2 Anlagen (Rade, Villa Jühling) liegt der mittlere  $P_{ges}$ -Ablaufwert mit 11,7 bzw. 14,4 mg/l über diesem Wert.

Auf den Anlagen die schon länger in Betrieb sind, (Villa Jühling, Rade, Kloster Hedersleben) wurden, ebenso wie auf den Anlagen mit ungünstiger Körnung des Bodenkörpers (Geestgottberg, Coswig Deppe), die im Mittel höchsten Ablaufwerte festgestellt. Auf der Kläranlage Coswig Deppe haben sich, wahrscheinlich mit Änderung der Betriebsweise (Rezirkulation), ab dem 3. Quartal 1999 die  $P_{ges}$ -Ablaufwerte verbessert. Die auf der Klär

anlage Dietrichsdorfer Mühle noch im 1. Halbjahr 1999 gemessenen hohen  $P_{ges}$ -Ablaufwerte verbesserten sich im 2. Halbjahr deutlich, nachdem die Fremdwassereinleitung abgestellt und das Betriebsregime verändert wurde.

Bei den auf der Kläranlage Hermannseck ermittelten, sehr geringen Konzentrationswerten muss berücksichtigt werden, dass lediglich eine verwertbare Probenahme vorliegt. Die niedrigen  $P_{ges}$ -Ablaufwerte auf der Kläranlage Frankroda lassen sich mit dem geringen Anschlussgrad erklären.

$P_{ges}$ -Zulaufkonzentrationen zur Pflanzenbeetstufe wurden lediglich im Rahmen einer Tiefenprüfung durch das Landesamt für Umweltschutz auf der Kläranlage Einsdorf gemessen. Aus den vorliegenden Beprobungsergebnissen ergibt sich eine mittlere  $P_{ges}$ -Eliminationsleistung für die Pflanzenbeetstufe in Höhe von etwa 79 %. Die  $P_{ges}$ -Ablaufkonzentrationen steigen jedoch über den Beprobungszeitraum in der Tendenz allmählich an. Das gleiche gilt für die Kläranlagen Buchholzmühle, Villa Jühling, Janisroda und Kloster Hedersleben ) Bei den übrigen Anlagen ist über den Beprobungszeitraum kein Anstieg der  $P_{ges}$ -Ablaufwerte festzustellen.

#### Bakteriologische Untersuchungen

Im Rahmen des Sondermessprogrammes 1999 sind auch bakteriologische Untersuchungen am Ablauf der Pflanzenbeetstufen vorgenommen worden (Anhang, Tabelle 5). Mit Ausnahme der Kläranlagen Domäne Bobbe und Coswig Deppe liegen die ermittelten Kolonie- bzw. Keimzahlen bei allen Anlagen in der gleichen Größenordnung. Vergleicht man die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen am Ablauf der Anlagen mit den in der Literatur angegebenen üblichen Werten für Rohabwasser, kann davon ausgegangen werden, dass mit 12 der 14 untersuchten Anlagen eine Keimreduzierung um etwa 2 bis 3 Zehnerpotenzen erreicht wird.

Auf der Kläranlage Einsdorf wurden durch das Landesamt für Umweltschutz zusätzlich bakteriologische Untersuchungen vom Zu- und Ablauf des Pflanzenbeetes durchgeführt. An Hand dieser Untersuchungsergebnisse wird die o.g. Einschätzung einer Keimreduzierung um 2 bis 3 Zehnerpotenzen bestätigt. Bei den Kläranlagen Domäne Bobbe und Coswig Deppe lagen Keimzahlen im Ablauf etwa eine Zehnerpotenz höher .

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse bestätigen, dass Pflanzenkläranlagen hinsichtlich der Hygienisierung des Abwassers bessere Ergebnisse erzielen als herkömmliche Kläranlagen.

#### 4. Zusammenfassung

Eine wesentliche Zielstellung der Sonderuntersuchungen 1999 ist die Dokumentation und Analyse der Leistungsfähigkeit von Pflanzenkläranlagen im praktischen Betrieb. Nimmt man die Kläranlagen Hermannseck (nur eine verwertbare Beprobung), Frankroda (Auslastung nur etwa 7 %) und Kloster Hedersleben (der Pflanzenbeetstufe ist ein Tropfkörper vorgeschaltet) auf Grund ihrer Besonderheiten aus, so kann festgestellt werden, dass 7 der 11 unter normalen praktischen Bedingungen arbeitenden Anlagen die Anforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung (Größenklasse 1) erfüllen. Die Ablaufwerte der Kläranlagen Frankroda und Kloster Hedersleben lagen ebenfalls unter diesen Anforderungen. Sie sind jedoch für eine Wertung nicht herangezogen worden, weil keine vergleichbaren Praxisbedingungen vorlagen. Auch auf der PKA Hermannseck wurden die Anforderungen eingehalten.

Bei vier der untersuchten Anlagen gab es in Bezug auf die Erfüllung der Anforderungen teilweise erhebliche Probleme. Während es in zwei Fällen zu häufigeren Überschreitungen kam (Kläranlagen Rade und Domäne Bobbe), lagen auf den Kläranlagen Coswig Deppe und Geestgottberg die Ablaufwerte ständig und zum Teil erheblich über den Anforderungen für die Parameter CSB und  $BSB_5$ . Durch Veränderung des Betriebsregimes konnten auf der Kläranlage Coswig Deppe Verbesserungen erreicht werden, so dass auch hier im 4. Quartal des Sondermessprogrammes 1999 die Anforderungen sicher eingehalten wurden.

Vergleicht man die ermittelten  $BSB_5$ -Flächenbelastungen der untersuchten Anlagen mit den Bemessungsempfehlungen des Arbeitsblattes A 262 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. fällt auf, dass diese, mit Ausnahme der Kläranlage Rade, auf allen Anlagen geringer bzw. deutlich geringer sind.

Die Ursachen für ungenügende Reinigungsleistungen bezüglich der Erfüllung der Anforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung liegen bei den betreffenden Anlagen daher weniger in den mittleren Belastungsgrößen, sondern in erster Linie in einer nicht den Anforderungen entsprechenden Beschaffenheit des Bodenkörpers, einer nicht ausreichenden mechanischen Vorreinigung des Abwassers, insbesondere bei Stoßbelastungen, sowie einer nicht ordnungsgemäßen Kontrolle sowie Pflege und Wartung der Anlagen.

In Bezug auf die Eignung von Pflanzenkläranlagen für einen weitergehenden Nährstoffabbau hat sich gezeigt, dass einfache, großzügig bemessene Pflanzenbeete durchaus gute Nitrifikationsleistungen erbringen können. Auf der Mehrzahl der Anlagen wurde zumindest eine teilweise Nitrifikation festgestellt. Die speziell für einen weitergehenden Stickstoffabbau

konzipierten Kläranlagen des Systems Phytofilt MS (Rade, Einsdorf) haben die gestellten Anforderungen nicht bzw. nur teilweise erfüllt. Es kann angenommen werden, dass auf beiden Anlagen die Ursachen hierfür in der unzureichenden Zuverlässigkeit von Anlagenkomponenten (Hebersysteme) und in einer zu geringen Beetfläche je Einwohnerwert liegen. Die BSB<sub>5</sub>-Flächenbelastung liegt auf beiden Anlagen über den in der Literatur für eine weitergehende Nitrifikation empfohlenen Wert von 8 g/(m<sup>2</sup>\*d).

Auf beiden Anlagen ist es zur permanenten Überstauung der Beetoberfläche gekommen. In Auswertung der bisher im Land Sachsen-Anhalt gesammelten Betriebserfahrungen mit Anlagen dieses Typs ist es erforderlich, vor dem Bau weiterer Anlagen, die Erfordernisse für eine ausreichende Betriebssicherheit zu untersuchen und neu zu definieren.

Große Abweichungen wurden bei den Ablaufwerten der untersuchten Anlagen für den P<sub>ges</sub> festgestellt (0,4 bis 14,4 mg/l). Es ist erkennbar, dass neben den Belastungsverhältnissen insbesondere auch die Körnung des Bodensubstrates und das Nutzungsalter des Pflanzenbeetes die P<sub>ges</sub>-Ablaufwerte wesentlich beeinflussen. Unter Berücksichtigung der spezifischen Besonderheiten der einzelnen Anlagen kann festgestellt werden, dass bei einigen die P<sub>ges</sub>-Ablaufwerte mit zunehmender Betriebszeit ansteigen.

Ausgehend von den in der Literatur angegebenen Werten für Rohabwasser lassen die im Rahmen des Sondermessprogrammes 1999 vorgenommenen bakteriologischen Untersuchungen darauf schließen, dass mit Pflanzenkläranlagen im Mittel eine Keimreduzierung um zwei bis drei Zehnerpotenzen erreicht wird.

Bei 5 der untersuchten Anlagen musste zu Beginn der Sonderuntersuchungen die Betriebsweise als nicht zufriedenstellend eingestuft werden. Mit Bekanntwerden des Sondermessprogrammes hat sich jedoch im Verlauf des Jahres auf allen Anlagen die Kontrolle, Pflege und Wartung mit Auswirkung auf die Ablaufwerte verbessert. Ein erheblicher Mangel wird darin gesehen, dass auch nach Abschluss der Sonderuntersuchungen für 6 Anlagen noch keine Betriebs- bzw. Bedienungsanleitung vorgelegt werden konnte.

Die von den Anlagenbetreibern genannten Kosten der untersuchten Pflanzenkläranlagen entsprechen etwa den in der Literatur vorgefundenen Angaben.

Während sie sich in Bezug auf die Investitionskosten zwischen den Abwasserteichanlagen und den technischen Verfahren einordnen, sind sie in den Betriebskosten mit anderen

naturnahen Verfahren vergleichbar. Der Einfluss der Nutzungsdauer einer Anlage auf das Kostenprofil wurde bei der Einschätzung nicht berücksichtigt.

Aus den Ergebnissen der Sonderuntersuchungen können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Da der Bau maßgeblich die Funktionstüchtigkeit und die Leistungsfähigkeit einer Pflanzenkläranlage bestimmt und die Eingriffsmöglichkeiten während des laufenden Betriebes sehr gering sind, muss bei der Planung und Bauausführung von Pflanzenkläranlagen mit großer Sorgfalt gearbeitet werden.
  - Dies betrifft insbesondere die
    - Charakterisierung und Berücksichtigung von Besonderheiten des Schmutzwasserzuflusses (z.B. gewerbliches Abwasser, Tagesgang),
    - Vermeidung des Zuflusses von Fremdwasser in den Schmutzwasserkanal, insbesondere von Niederschlagswasser,
    - Dimensionierung und Gestaltung der mechanischen Vorklärung (Berücksichtigung möglicher Spitzenbelastungen),
    - Auswahl und Analyse des Bodenmaterials hinsichtlich der Vorgaben des Arbeitsblattes A 262 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. und die
  - Aufteilung der Beetfläche in der Weise, dass einzelne Beete bei entsprechendem Erfordernis für längere Zeit (mindestens 14 Tage) außer Betrieb genommen werden können, ohne die verbleibenden Beete zu überlasten (Regeneration).
- Dem künftigen Betreiber einer Pflanzenkläranlage wird dringend empfohlen, sich vom Anlagenerrichter die Einhaltung der Vorgaben des Arbeitsblattes A 262 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. nachweisen zu lassen. Für den Nachweis der im Arbeitsblatt A 262 geforderten Bodenkennwerte sollte ein unabhängiger Gutachter eingeschaltet werden.
- Der Auftraggeber soll sich eine Bedienungs- bzw. Betriebsanleitung vom Anlagenerrichter aushändigen lassen. Sie muss Bestandteil der Planungsunterlagen sein.
- Auch der Betreiber einer Kleinkläranlage mit Pflanzenbeetstufe sollte periodisch Beprobungen des Ablaufes vornehmen lassen, um die Funktionstüchtigkeit seiner Anlage zu

überprüfen. Im Hinblick auf möglicherweise erforderlich werdende Nachbesserungsarbeiten sollte er eine Funktionsgarantie vom Anlagenerrichter anfordern.

Begriffserläuterungen:

|                     |   |
|---------------------|---|
| BSB <sub>5</sub>    | Biochemischer Sauerstoffbedarf  |
| CSB                 | Chemischer Sauerstoffbedarf   |
| KA                  | „Korrespondenz Abwasser“, Zeitschrift der ATV/DVWK<br>Herausgeber und Verlag:<br>Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V.<br>Theodor – Heuß – Allee 17<br>53773 Hennef |
| N <sub>ges</sub>    | Gesamtstickstoff  |
| NH <sub>4</sub> -N  | Ammoniumstickstoff  |
| NO <sub>3</sub> -N  | Nitratstickstoff  |
| P <sub>ges</sub>    | Gesamtposphor   |
| PS                  | Pumpenschacht   |
| VKB                 | Vorklärbecken   |
| 90% - Perzentilwert | Wert, der bei 90 von 100 Werten unterschritten wird   |

**Tabelle 1**

| Literaturlauswertung - Reinigungsleistung von Pflanzenkläranlagen im praktischen Betrieb |  |      |   |  |
|--|--|------|---|--|
| Autor(en)  | Quelle   | Jahr | Titel   | Ergebnisse   |
| HAGENDORF, U.  | Umweltbundesamt, Institut für Wa-, Bo- u. Lufthygiene                        | 1994 | Untersuchungen zur umwelt- und seuchenhygienischen Bewertung naturnaher Abwasserbehandlungssysteme (Pflanzenkläranlagen)                      | 6 Anlagen (Höhenberg, Germerswang, Marienroth, See, Rade, Bausen) mit nicht bindigem Bodenfilter und 3 Anlagen mit bindigem Bodenfilter werden in ihrer Reinigungsleistung untersucht. Der Wirkungsgrad bezieht sich nur auf die Beetstufe. Die Anlagengrößen liegen zwischen 35 und 600 EW.<br>Nichtbindige Bodenfilter sollten nicht mehr verwendet werden. Wirkungsgrad: H-Filter - CSB v. 59 - 92 % / N <sub>ges</sub> v. 29 - 55 %. V-Filter - CSB v. 90 - 96 % / N <sub>ges</sub> v. 23 - 95 % (Die spez. Beetmindestflächen 3 bzw. 5 m <sup>2</sup> /EW werden bestätigt. Wirkungsgrad = f (spez. Beetfläche)   |
| KUNST, S. / FLASCHE, K.  | ISAH - UNI Hannover (Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben AZ 32-201 00091) | 1995 | Untersuchungen zur Betriebssicherheit und Reinigungsleistung von Kleinkläranlagen mit besonderer Berücksichtigung der bewachsenen Bodenfilter | Es werden sowohl eigene Untersuchungen an bestehenden Anlagen (22 Anlagen) durchgeführt, als auch Umfrageergebnisse (83 H-Filter, 24 V-Filter) ausgewertet. Überwiegend handelt es sich um in Eigenbau geschaffene Horizontalfilter mit einer Auslegungsgröße von mehr als 5m <sup>2</sup> /EW im Größenbereich bis 6 EW. 80% der Anlagen halten die Anforderungen gemäß Anhang 1, GK 1 ein. Hinsichtlich CSB- und NH <sub>4</sub> N Abbau sind V-Filter den H-Filtern überlegen.<br>Die durchschnittliche Gesamtstickstoffkonzentration liegt bei H-Filtern bei 52 mg/l, bei V-Filtern bei 67 mg/l. Im Gegensatz zum V-Filter ist beim H-Filter der Bereich für den größten Rückhalt von abfiltr. Stoffen vom Bereich der maximalen Biomasseproduktion räumlich getrennt. V-Filter neigen daher eher zu Infiltrationsproblemen. |
| GSCHLÖSSL, T.  | ATV Heft 5 - 1996 "Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum", Beitrag Nr. 10   | 1996 | Haben sich Pflanzenkläranlagen bewährt  | Es werden 8 Anlagen (alles H-Filter, 200 bis 960 EW) in Bayern im Rahmen eines Sonderuntersuchungsprogrammes (1987 bis 1989) des Landesamtes untersucht. Nur Anlagen mit mindestens 5 m <sup>2</sup> /EW liefern, den Einsatz nicht bindiger Böden vorausgesetzt, zufriedenstellende Ergebnisse.<br>Doch auch bei diesen Anlagen, die vorgenannte Bedingungen erfüllen, wurden Verschlammungen, Fäulnis und Kurzschlußströmungen festgestellt, die i.d.R. auf Probleme der gleichmäßigen Verteilung des zufließenden Abwassers und auf Verstopfungen zurückzuführen sind. Je nach Belastung liegen die Ablaufwerte für CSB zwischen 34 und 73 mg/l bei nicht bindigen Böden. An 3 Anlagen (geringste Belastung mit etwa 6-9 m <sup>2</sup> /EW) wurde Nitrifikation festgestellt.  |

**Tabelle 1**

| Literaturauswertung - Reinigungsleistung von Pflanzenkläranlagen im praktischen Betrieb |   |      |  |   |
|---|---|------|--|---|
| Autor(en)   | Quelle  | Jahr | Titel  | Ergebnisse  |
| GELLER, G:  | Wasser & Boden<br>Heft 1/1998   | 1998 | Horizontal<br>durchflossene<br>Pflanzenkläranlagen im<br>deutschsprachigen<br>Raum - langfristige<br>Erfahrungen,<br>Entwicklungsstand | <p>Ergebnisse von 6 unters. H-Filtern (U.-Zeitraum teilw. &gt; 10 Jahre) mit 30 bis 400 EW Kapaz. werden ausgewertet. Bei einer Beschickung der Anlagen mit bis zu 30 mm/d (ca. 5 m<sup>2</sup>/EW) liegen 80% der Ablaufw. unter 75 mg/l CSB. Die N<sub>ges</sub>-Entf. ist &gt; 60%, wenn die spezif. Flächenbelastung &lt; 30 mm/d ist. Der begrenzende Prozeß in H-Filtern scheint die Nitrif. zu sein, die Denitrif. (Umwandlg. des gebildeten NO<sub>3</sub>-N zu Luft-Stickstoff) ist i.d.R. vollständig. Wenn eine gut funktionierende Vorklärung vorh., die Anlage nicht überlastet ist und Störungen bei der Technik umgehend behoben werden, bleibt die biolog. Reinigungsleistg. auch nach Jahren gleichbleibend hoch.</p> <p>Ein Rückgang der Durchlässigkeit bzw. eine Anreicherung von organ. Material im Filterkörper, welches zu einer geringeren Wasserdurchlässigkeit führt, konnte unter Berücksichtig. o.g. Aspekte, auch nach Jahren, nicht beobachtet werden. Vorteilhaft für einen langjährig sicheren Betrieb ist eine wechselseitige Beschickung der Beete (Beschickungspausen von 1 bis 4 Wochen bei t<sub>vWZ</sub> H-Filter = 1 bis 4 Wochen). Die P-Elimin. lag bei den untersuchten Anlagen bei etwa 50%. Mit schwach belasteten Anlagen (10m<sup>2</sup>/EW) sind, bei Einsatz phosphatsorptiver Materialien, auch Ablaufw. für P<sub>ges</sub> von weniger als 1 mg/l möglich.</p> |
| LÜTZNER, K.   | TU Dresden, Institut<br>für Siedlungs-<br>und Industrierwasser-<br>wirtschaft | 1998 | Pflanzenkläranlagen im<br>Freistaat Sachsen -<br>Leistungsfähigkeit,<br>Betriebssicherheit und<br>langfristige Entwicklung             | <p>In einem Zeitraum von etwa 3 - 4 Monaten werden 3 PKA ( 230 EW, 400 EW, 160 EW ) hinsichtlich ihrer Funktion und des Betriebes untersucht. Es handelt sich dabei um Anlagen des Typ's Phytofilt MS, welche lt. Erfinder auch zur N-Eliminierung geeignet sein sollen. Im Ergebnis der Untersuchungen wird zusammenfassend geschlußfolgert, daß die Bemessung mit 2 m<sup>2</sup>/ EW auch für Vertikalfilter zu gering ist, die Sauerstoffversorgung des Bodenkörpers für die angestrebte Reinigungsleistung nicht ausreichend, die zusätzliche Belüftung der oberen u. unteren Filterschicht über Belüftungsrohre keine wesentlichen Verbesserungen der Sauerstoffversorgung bringt (Belüftung ist nicht flächig, nur kurzzeitig und überwiegend in der unteren Bodenschicht, während der Sauerstoff in der oberen bzw. mittleren Filterschicht benötigt wird).</p> <p>Betriebsschwächen der Heber werden hervorgehoben, Wichtigkeit einer ausreichenden Vorklärung mit großer Pufferwirkung, gerade bei kleinen Anlagen (Tagesgang), wird bestätigt. CSB-Eliminierung liegt bei 92 -98 %, Nitrifikation etwa 50 %, Denitrifikation wird vorrangig durch die CSB-Verfügbarkeit in der mittleren u. unteren Filterschicht limitiert und liegt bei 35 - 50 %. Die Untersuchungen wurden durch erhebliche Betriebsstörungen auf den Anlagen erschwert.</p>   |

**Tabelle 1**

| Literaturlauswertung - Reinigungsleistung von Pflanzenkläranlagen im praktischen Betrieb |  |      |  |   |
|--|--|------|--|---|
| Autor(en)  | Quelle   | Jahr | Titel  | Ergebnisse  |
| HÖNER, G.  | Energie- und Umweltzentrum am Deister, Springe-El-dagsen ( EUZ ) | 1996 | Langzeiterfahrungen mit der Pflanzenkläranlage des EUZ (1988 - 1996)           | Es wird über 8-jährige Erfahrungen mit einem einschichtigen Vertikalfilter ( mittlere Belastung seit 4 Jahren etwa 40 EW ) berichtet. Die Beetfläche betrug zunächst 54 m <sup>2</sup> , nach 4 Jahren Betriebszeit wurde die Anlage erweitert auf 194 m <sup>2</sup> . Dem oberen Bereich des Bodenkörpers wurden Eisenspäne zur P-Fixierung beigemischt. Die Vorklärunng ist mit 500 l/E sehr groß bemessen. Die mittlere VWZ im VKB beträgt etwa 3 Wochen.<br>Die Reinigungsleistung betrug für CSB etwa 94 %, P <sub>ges</sub> etwa 87 % und N <sub>anorg</sub> etwa 54 %. Durch Installation einer Rezirkulation konnte die Stickstoffentfernung auf 75 % gesteigert werden. Der Gehalt an Phosphor im Boden betrug nach 5-jähriger Betriebszeit etwa 1g P/kg Boden. Im bisherigen Betrieb wurden keine Verstopfungen beobachtet. Die Anlage wurde intensiv gepflegt und gewartet. Die Beschickung des Beetes aus der 4-Kammer-Ausfaulgrube erfolgt mit Tauchpumpen mehrmals pro Tag.  |
| v. FELDE, K. ;<br>HANSEN, K. ;<br>KUNST, S.  | Korrespondenz Abwasser 8/96 Seite 1382 und f.                    | 1996 | Pflanzenkläranlagen in Niedersachsen - Bestandsaufnahme und Leistungsfähigkeit | Statist. Auswertg. v. Betriebsergebnissen niedersächs. KKA (< 50 EW) mit Pflanzenbeet zur biolog. Nachreinigung. 1994 gibt es etwa 3.000 KKA mit Pflanzenbeet, 1.000 weitere Anlagen sind geplant. Die durchschn. Größe der Anlagen beträgt 5 EW bzw. 30 m <sup>2</sup> . In die Auswertg. zur Reinigungsleistg. flossen die Ergebnisse von 107 Anlagen ein. Überwiegend handelt es sich um H-Filter, die Ablaufwerte liegen im Mittel für CSB bei 95 mg/l, für N <sub>ges</sub> bei 60 mg/l und für P <sub>ges</sub> bei 4,8 mg/l. Die Schwankungsbreite ist sehr groß. 80 % der Anlagen hielten 150 mg/l für CSB ein, 60 % hielten 90 mg/l für CSB ein, 40 mg/l CSB werden nur von 20 % der Anlagen eingehalten. V-Filter wiesen deutlich niedrig. CSB - und NH <sub>4</sub> - N-Konzentrationen im Ablauf auf, hingegen lagen die NO <sub>3</sub> - N-Ablaufkonzentrationen deutlich höher als bei H-Filtern. 17 Anlagen wurden zusätzlich durch das ISAH untersucht. Der N <sub>ges</sub> - Abbau lag bei V-Filtern bei etwa 20-30 %, maximal bei 53 %. Schlechte Betriebsergebnisse werden auf mangelnde O <sub>2</sub> -Versorg. des Bodenkörpers (Kolmation), ungenügende Vorreinigung und ungeeignete Korngrößenzusammensetzung des Bodenkörpers zurückgeführt. |
| DAFNER, D.   | Korrespondenz Abwasser 6/92 Seite 880 und f.                     | 1992 | 8-jährige Betriebserfahrungen mit einer Pflanzenkläranlage                     | Gegenstand der Untersuchungen ist die Entwicklung der Reinigungsleistung der PKA "See" bei Nürnberg. (100 EW, Bemessung 10 m <sup>2</sup> /E). Die Anlage wird auf etwa 40 % der Beetoberfläche oberirdisch mit Abwasser beaufschlagt, der übrige Bodenkörper wird horizontal (Sohl- u. Beetgefälle) durchflossen. Die Anlage kann als Kombination aus V- und H- Filter betrachtet werden. Dem Pflanzenbeet ist ein Schönungsteich nachgeschaltet.<br>Der k <sub>T</sub> - Wert von 7 x 10 <sup>-5</sup> hat sich während des 8-jährigen Betriebes nicht verändert. Die Ablaufkonz. liegen im Mittel für CSB bei 35 bis 50 mg/l, für NH <sub>4</sub> -N bei 22 bis 43 mg/l, für NO <sub>3</sub> -N bei 11 mg/l und für P <sub>ges</sub> bei etwa 0,7 mg/l. Die Schwankungsbreite ist gering. Gute Ergebnisse sind auf ausreichende Bemessung, ordnungsgemäßen Betrieb und auf den nachgeschalteten Schönungsteich zurückzuführen.   |

**Tabelle 1**

| Literaturlauswertung - Reinigungsleistung von Pflanzenkläranlagen im praktischen Betrieb |  |      |   |   |
|--|--|------|---|---|
| Autor(en)  | Quelle   | Jahr | Titel   | Ergebnisse  |
| GELLER, G. u. a.   | Korrespondenz<br>Abwasser 6/92<br>Seite 886 und f. | 1992 | Bewachsene Bodenfilter zur Reinigung von Wässern - Ergebnisse und Empfehlungen aus einem 5-jährigen BMFT-Forschungsvorhaben | In einem Zeitraum von 5 Jahren wurden Labor-, Technikums- und Pilotversuche an vorwiegend horizontal durchströmten bepflanzten Bodenfiltern durchgeführt. Pilotanlagen waren PKA Germerswang und PKA See. Entsprechend eines Untersuchungsprogrammes wurden für beide Anlagen die Abhängigkeit zwischen Reinigungsleistung und spezifischer Flächenbelastung sowie mittlerer VWZ ermittelt. In Abhängigkeit von diesen Parametern lag die Reinigungsleist. für CSB zwischen 61 und 99 %, für N <sub>ges</sub> zwischen 5 und 95 %. Eine N-Elimination von über 70 % wurde erst bei einer VWZ ab 20 Tagen erreicht. Bei entsprechendem Bodensubstrat liegt die P-Eliminierung bei 97 %, Ablaufwerte unter 2 mg/l wurden eingehalten ( PKA See ). Während die unterirdische Beschickung der Beete keine Betriebsprobleme zur Folge hatte, gab es bei oberirdischer Beschickung (im freien Auslauf), insbesondere im Winter (Vereisung), Probleme mit der gleichmäßigen Verteilung des Abwassers auf der Beetoberfläche. |
| SCHÜTTE, H. ;<br>FEHR, G.  | Korrespondenz<br>Abwasser 6/92 Seite<br>877 und f. | 1992 | Neue Erkenntnisse zum Bau und Betrieb von Pflanzenkläranlagen   | Auf der Basis umfangreicher Untersuchungen werden für PKA Bemessungsempfehlungen abgeleitet. Zur Einhaltung der MA des Anh. 1 der AbwV werden folgende Flächenbelastungen vorgegeben : Horiz.-F. - B <sub>A</sub> < 10g BSB <sub>5</sub> /(m <sup>2</sup> *d) / Vert.-F. - B <sub>A</sub> < 20 g BSB <sub>5</sub> /(m <sup>2</sup> *d) ; Bei Forderung von Nitrifikation bzw. 50 %-igem Stickstoffabbau beim Vert.-F. soll B <sub>A</sub> < 8 g BSB <sub>5</sub> /(m <sup>2</sup> *d) eingehalten werden.   |

**Tabelle 2**

| Charakterisierung der im LSA untersuchten Pflanzenkläranlagen |                                     |                                     |  |                                     |  |                                      |   |   |                                      |                               |   |                                 |  |   |   |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|--|--------------------------------------|---|---|--------------------------------------|-------------------------------|---|---------------------------------|--|---|---|
| Name der Anlage   |                                     | Rade                                | Einsdorf                                       | Domäne Bobbe                        | Buchholz-<br>mühle                             | Dietrichsd.<br>Mühle                 | Coswig Deppe                              | Hermannseck   | Villa Jühling                        | Frankroda                     | Janisroda                                 | Samswegen                       | Geestgottberg  | Elbeu                                     | Kloster<br>Hedersleben  |
| Regierungsbezirk  |                                     | D                                   | H  | D                                   | D  | D                                    | D   | H   | H                                    | H                             | H   | M                               | M  | M   | M   |
| Landkreis   |                                     | Jessen                              | Sangerhausen                                   | Köthen                              | Anhalt-Zerbst                                  | Wittenberg                           | Anhalt-Zerbst                             | Merseburg-<br>Querfurt                                      | Halle                                | Burgenlandkreis               | Burgenlandkreis                           | Ohrekreis                       | Stendal  | Ohrekreis                                 | Quedlinburg   |
| Inbetriebnahme  |                                     | 1990/1997                           | 1996   | 1998                                | 1997   | 1998                                 | 1997                                      | 1997  | 1993                                 | 1997                          | 1997                                      | 1998                            | 1997   | 1995                                      | 1994  |
| Hersteller / Planer / Verfahrensgeber                         |                                     | Inst. Fresenius                     | Ing.-büro Fuhr-<br>mann, Prof.<br>Löffler GmbH | Fa. Becker<br>Witzenhausen          | Fa. Wasser u.<br>Umw. Hamburg,<br>aqua consult | Fa. Bioquelle<br>Schönebeck          | Fa. Mallbeton<br>Coswig                   | Baufirma + ABM  | Eigenbau                             | Eigenbau                      | Eigenbau                                  | Fa. Günzel,<br>Wolmirstedt      | Conrad, Schrampe,<br>prowa mbH Magde-<br>burg, re natur<br>Ruhwinkel | Eigenbau                                  | Eigenbau, Dr. H.<br>Bahr Magdeb. u.<br>A.J. Ackermann<br>Hannover |
| Betriebsanleitung vorhanden ?                                 |                                     | ja                                  | ja   | nein                                | ja   | nein                                 | ja  | ja  | nein                                 | nein                          | ja  | k. A.                           | ja   | nein                                      | nein  |
| Kapazität in  | m <sup>3</sup> / d                  | 90                                  | 35   | 12                                  | 7,92   | 2,25                                 | 1,2                                       | 7,35  | 3,96                                 | 4,2                           | 0,75                                      | 6 (12)                          | 2  | 1,5                                       | 12  |
|   | EW                                  | 600                                 | 200  | 80                                  | 66   | 16                                   | 8   | 49  | 33                                   | 28                            | 5   | 40 (80)                         | 20   | 10  | 80  |
| Anlagentyp  | (horizontal / vertikal)             | v                                   | v  | h                                   | v  | v                                    | v   | v und h   | v                                    | h                             | h   | v                               | h  | h   | v   |
| Vorfluter   |                                     | Landlache                           | Rohne  | Landgraben                          | Rossel   | Zahnabach                            | Grundwasser                               | Schmoner Bach   | Grundwasser                          | Hasselbach                    | Grundwasser                               | Vorflutgraben                   | Grindelgraben  | Grundwasser                               | Gr. Zur Selke   |
| letzte Stufe vor Einleitung in das<br>Gewässer                |                                     | Pflanzenbeet-<br>stufe              | Pflanzenbeet-<br>stufe                         | Pflanzenbeet-<br>stufe              | Pflanzenbeet-<br>stufe                         | Teich -<br>Notüberlauf               | Pflanzenbeet-<br>Versickerungs-<br>anlage | Teich   | Teich -<br>Versickerungs-<br>anlage  | Pflanzenbeet-<br>stufe        | Pflanzenbeet-<br>Versickerungs-<br>anlage | Pflanzenbeet-<br>stufe          | Pflanzenbeet-<br>stufe   | Pflanzenbeet-<br>Versickerungs-<br>anlage | Pflanzenbeet-<br>stufe  |
| Investkosten in   | TDM                                 | 977,0                               | 355,5  | 56,0                                | 70,6   | 38,4                                 | 17,0                                      | 160,0   | k. A.                                | 12,0                          | 10,0                                      | ( 70,00 )                       | 43,5   | 28,7                                      | 150,0   |
|   | DM / EW <sub>Kap.</sub>             | 1.628,0                             | 1.777,0  | 700,0                               | 1.070,0  | 2.399,0                              | 2.125,0                                   | 3.265,0   | k. A.                                | 428,6                         | 2.000,0                                   | ( 875,0 )                       | 2.175,0  | 2.875,0                                   | 1.875,0   |
| Betriebskosten in<br>( keine genaue<br>Analyse )              | TDM / a                             | 9,30                                | 28,15  | 1,00                                | 1,12   | 1,06                                 | k. A.                                     | k. A.   | k. A.                                | k. A.                         | k. A.                                     | 0,70                            | 2,47   | 0,55                                      | k. A.   |
|   | DM / (EW <sub>Kap.</sub> * a)       | 15,50                               | 140,73   | 12,50                               | 16,90  | 66,25                                | k. A.                                     | k. A.   | k. A.                                | k. A.                         | k. A.                                     | 17,50                           | 123,50   | 55,00                                     | k. A.   |
| Schlamm Entsorgung  |                                     | landw.<br>Verwertung                | KA Sanger-<br>hausen                           | KA Aken                             | KA Coswig                                      | GKA WB                               | KA Coswig                                 | k. A.   | k. A.                                | KA Freyburg o.<br>KA Karsdorf | KA Naumburg                               | zugelassene<br>Entsorgungsfirma | kommunale KA   | zugelassene<br>Entsorgungsfirma           | k. A.   |
| VKB-Art   |                                     | 1.B. 3 Kammern/<br>2.B. eine Kammer | ein Beh. mit<br>3 Kammern                      | 1.B. eine Kammer/<br>2.B. 2 Kammern | ein Beh. mit<br>3 Kammern                      | 1.B. eine Kammer/<br>2.B. 3 Kammern  | ein Beh. mit<br>3 Kammern                 | zwei Beh. mit<br>insg. 4 Kammern                            | zwei Beh. mit<br>insg. 4 Kammern     | ein Beh. mit<br>3 Kammern     | ein Beh. mit<br>3 Kammern                 | 3 Beh. mit insg.<br>5 Kammern   | ein Beh. mit<br>3 Kammern  | zwei Beh. mit<br>insg. 3 Kammern          | zwei Beh. mit<br>insg. 4 Kammern                                  |
| Volumen der<br>Vorklärung<br>in                               | m <sup>3</sup>                      | 142,80                              | 40,00  | 24,30                               | 50,90  | 24,00                                | 6,50                                      | 20,40   | 11,10                                | 8,40                          | 3,68                                      | 22,59                           | 6,00   | 15,33                                     | 16,30   |
|   | m <sup>3</sup> / EW <sub>Kap.</sub> | 0,24                                | 0,20   | 0,30                                | 0,77   | 1,50                                 | 0,81                                      | 0,42  | 0,34                                 | 0,30                          | 0,74                                      | 0,28                            | 0,30   | 1,53                                      | 0,20  |
|   | m <sup>3</sup> / EW <sub>ang.</sub> | 0,24                                | 0,26   | 0,35                                | 0,82   | 2,40                                 | 1,30                                      | k. A.   | 0,34                                 | 4,20                          | 1,23                                      | 0,75                            | 0,29   | 1,53                                      | 0,23  |
| Schlamm-nahmen  | pro Jahr                            | 2                                   | 12   | 4                                   | 0,5  | bisher keine                         | bisher keine                              | 1   | 1                                    | 1                             | 1   | 1                               | 2  | 0,5                                       | 4   |
| Anzahl der Beete  |                                     | 3                                   | 2  | 4                                   | 1  | 1                                    | 1   | 2   | 2                                    | 1                             | 1   | 2                               | 1  | 1   | 2   |
| biologische Stufen  |                                     | 1                                   | 1  | 1                                   | 1  | 1. Stufe Pfl.-beet<br>2. Stufe Teich | 1   | 1. Stufe Vertik.-F.<br>2. Stufe Horiz.-F.<br>3. Stufe Teich | 1. Stufe Pfl.-beet<br>2. Stufe Teich | 1                             | 1   | 1                               | 1  | 1   | 1. St. TR-Körper<br>2. St. Pfl.-Beete                             |

**Tabelle 2**

| Charakterisierung der im LSA untersuchten Pflanzenkläranlagen |   |                    |                      |                         |                                       |                               |                                       |   |               |                         |                         |                                       |   |                              |                                       |
|---|---|--------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---|---------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---|------------------------------|---------------------------------------|
| Name der Anlage   |   | Rade               | Einsdorf             | Domäne Bobbe            | Buchholz-<br>mühle                    | Dietrichsd.<br>Mühle          | Coswig Deppe                          | Hermannseck   | Villa Jühling | Frankroda               | Janisroda               | Samswegen                             | Geestgottberg                                     | Elbeu                        | Kloster<br>Hedersleben                |
| Beetfläche in   | m <sup>2</sup>  | 1200               | 400                  | 403,2                   | 210                                   | 44                            | 40                                    | v = 90 und h = 150                                  | 91            | 140                     | 25                      | 90                                    | 140   | 54                           | 160                                   |
| spezifische   | m <sup>2</sup> / EW <sub>Kap</sub>                      | 2                  | 2                    | 5                       | 3,18                                  | 2,75                          | 5                                     | v = 3,6 und h = 6                                   | 2,76          | 5                       | 5                       | 2,25                                  | 7   | 5,4                          | 2                                     |
| Beetfläche in   | m <sup>2</sup> / EW <sub>ang</sub>                      | 1,99               | 2,61                 | 5,76                    | 3,39                                  | 4,40                          | 8,00                                  | k. A.   | 2,76          | 70,00                   | 8,33                    | 3,00                                  | 6,66  | 5,40                         | 2,22                                  |
| Aufbau des<br>Bodenkörpers                                    | (einschichtig /<br>mehrschichtig)                       | mehrschicht.       | mehrschicht.         | einschicht.             | einschicht.                           | einschicht.                   | mehrschicht.                          | beide Beete<br>einschicht.                          | mehrschicht.  | mehrschicht.            | einschicht.             | mehrschicht.                          | einschicht.                                       | einschicht.                  | 1.Beet mehrsch.<br>2.Beet einschicht. |
| Tiefe des<br>Bodenkörpers in                                  | m   | 1,6                | 1,9                  | 0,7                     | 1,0                                   | 0,6                           | 1,0                                   | v = 1,0 und h = 0,6                                 | 0,85          | 0,6                     | 0,6                     | 1,2                                   | 0,7   | 0,9                          | 1,0                                   |
| spez. Volumen des<br>Bodenkörpers                             | m <sup>3</sup> / EW <sub>Kap</sub>                      | 3,20               | 3,60                 | 3,53                    | 3,18                                  | 1,65                          | 5,00                                  | v = 3,6 und h = 3,6                                 | 2,30          | 3,00                    | 3,00                    | 2,70                                  | 4,66  | 4,60                         | 2,00                                  |
| k <sub>r</sub> - Wert der akt.<br>Schicht                     | m / s   | 1*10 <sup>-5</sup> | 1 * 10 <sup>-5</sup> | 1,6*10 <sup>-4</sup>    | 10 <sup>-4</sup> bis 10 <sup>-5</sup> | 2 mm Feinkies                 | lehmgiger Sand                        | Sand 0 / 4  | k. A.         | Sand 0 / 4              | Sand 0 / 4              | 10 <sup>-3</sup> bis 10 <sup>-5</sup> | d <sub>10</sub> =3mm<br>d <sub>50</sub> =4,8mm    | 10 <sup>-3</sup>             | Sand 0,07-0,2 mm                      |
| Bepflanzung   |   | Schilf             | Schilf               | Binsen                  | Schilf                                | Blaubrinse                    | Schilf                                | Schilf, Rohrkolben<br>u. a.                         | Schilf        | Schilf                  | Schilf                  | Lilie, Rohrkolben,<br>Schilf          | Schilf, Binsen, im<br>Zulaufbereich<br>Rohrkolben | Lilie, Rohrkolben,<br>Schilf | Schilf                                |
| Beetbeschickung   | Art   | oberirdisch        | oberirdisch          | im Kiesbett<br>seitlich | im Kiesbett von<br>oben               | oberirdisch                   | im Kiesbett von<br>oben               | im Grobkies von<br>oben bei v und<br>seitlich bei h | oberirdisch   | im Kiesbett<br>seitlich | im Kiesbett<br>seitlich | oberirdisch                           | im Kiesbett<br>seitlich                           | im Kiesbett<br>seitlich      | oberirdisch                           |
|   | (Freigefälle, Pumpe,<br>Heber)                          | Heber              | Heber                | Pumpe                   | Pumpe                                 | Pumpe                         | Pumpe                                 | v - Pumpe,<br>h - Freigefälle                       | Heber         | Freigefälle             | Heber                   | Heber                                 | Pumpe im Zulauf<br>zur PKA                        | Heber                        | Pumpe                                 |
|   | (kontinuierlich /<br>intermittierend /<br>alternierend) | intern.            | intern.              | intern. u. altern.      | intern.                               | intern. Kreislauf-<br>führung | intern. ab 2.Hj.<br>Kreislauf-führung | kontinuierl.  | intern.       | kontinuierl.            | intern.                 | intern.                               | intern.   | intern.                      | intern.                               |
| Anforderungen<br>an die Einleitung<br>in mg / l für :         | CSB   | 150                | 150                  | 150                     | 150                                   | 150                           | a.a.R.d.T.                            | 150   | a.a.R.d.T.    | a.a.R.d.T.              | a.a.R.d.T.              | a.a.R.d.T.                            | a.a.R.d.T.  | a.a.R.d.T.                   | Dem STAU MB                           |
|   | BSB <sub>5</sub>  | 40                 | 40                   | 40                      | 40                                    | 40                            | für KKA                               | 40  | für KKA       | für KKA                 | für KKA                 | für KKA                               | für KKA   | für KKA                      | liegt bisher keine                    |
|   | N <sub>ges</sub>  | -                  | 90 Abgaber.          | 80 Abgaber.             | 80 Abgaber.                           | -                             | analog                                | -   | analog        | analog                  | analog                  | analog                                | analog  | analog                       | Erlaubnis vor.                        |
|   | P <sub>ges</sub>  | -                  | 15 Abgaber.          | 18 Abgaber.             | 18 Abgaber.                           | -                             | Anh. 1 der                            | -   | Anh. 1 der    | Anh. 1 der              | Anh. 1 der              | Anh. 1 der                            | Anh. 1 der  | Anh. 1 der                   | Anwendung                             |
|   | NH <sub>4</sub> -N                                      | 20                 | -                    | -                       | -                                     | -                             | AbwV                                  | 10  | AbwV          | AbwV                    | AbwV                    | AbwV                                  | AbwV  | AbwV                         | Anh. 1 der AbwV                       |
| angeschlossene Einwohner                                      |   | 520                | 153                  | 70                      | 4                                     | 10                            | 5                                     | k. A.   | 33            | 2                       | 3                       | 30                                    | 21  | 10                           | 72                                    |
| angeschlossene Einwohnerwerte                                 |   | 601                | 153                  | 70                      | 62                                    | 10                            | 5                                     | k. A.   | 33            | 2                       | 3                       | 30                                    | 21  | 10                           | 72                                    |

**Tabelle 3**

| Auswertung der Ergebnisse der Beprobung von Pflanzenkläranlagen im LSA       |                    |          |          |              |                |                   |              |  |               |           |           |           |                |       |                     |
|--|--------------------|----------|----------|--------------|----------------|-------------------|--------------|--|---------------|-----------|-----------|-----------|----------------|-------|---------------------|
| Name der Anlage  |                    | Rade     | Einsdorf | Domäne Bobbe | Buchholz-mühle | Dietrichsd. Mühle | Coswig Deppe | Hermannseck  | Villa Jühling | Frankroda | Janisroda | Samswegen | Geestgott-berg | Elbeu | Kloster Hedersleben |
| Anlagentyp ( horizontal / vertikal )   |                    | v        | v        | h            | v              | v                 | v            | v / h mit Teich  | v             | h         | h         | v         | h              | h     | v                   |
| Kapazität in EW  |                    | 600      | 200      | 80           | 66             | 16                | 8            | 49   | 33            | 28        | 5         | 40        | 20             | 10    | 80                  |
| Beetfläche in m <sup>2</sup>   |                    | 1200     | 400      | 403,2        | 210            | 44                | 40           | insgesamt 240  | 91            | 140       | 25        | 90        | 140            | 54    | 160                 |
| angeschlossene EW  |                    | 601      | 153      | 70           | 66             | 10                | 5            | k. A.  | 33            | 2         | 3         | 30        | 21             | 10    | 72                  |
| Auslastungsgrad in %   |                    | 100,2    | 76,5     | 87,5         | 100,0          | 62,5              | 62,5         | k. A.  | 100,0         | 7,2       | 60,0      | 75,0      | 105,0          | 100,0 | 90,0                |
| Anzahl der Beprobungen des Ablaufes des Pflanzenbeetes                       | beh. ÜW            | 0        | 9        | 0            | 2              | 0                 | 0            | (3)  | 0             | 0         | 0         | 0         | 0              | 0     | 3                   |
|  | SU 99              | 24       | 6        | 24           | 24             | 23                | 24           | (5) , 1  | 9             | 9         | 9         | 16        | 19             | 23    | 23                  |
|  | LAU                | 0        | 6        | 0            | 0              | 0                 | 0            | 0  | 0             | 0         | 0         | 0         | 0              | 0     | 0                   |
| Anzahl der Überschreitung der Einleitgrenzwerte bzw. des Anh. 1 der AbwV für | CSB                | 4        | 0        | 5            | 0              | 1                 | 16           | 0  | 0             | 0         | 0         | 1         | 17             | 0     | 0                   |
|  | BSB <sub>5</sub>   | 10       | 0        | 5            | 0              | 0                 | 14           | 0  | 0             | 0         | 0         | 0         | 14             | 0     | 0                   |
|  | N <sub>ges</sub>   | -        | 7        | 1            | 1              | -                 | -            | -  | -             | -         | -         | -         | -              | -     | -                   |
|  | P <sub>ges</sub>   | -        | 0        | 0            | 0              | -                 | -            | -  | -             | -         | -         | -         | -              | -     | -                   |
|  | NH <sub>4</sub> -N | 24       | -        | -            | -              | -                 | -            | -  | 0             | -         | -         | -         | -              | -     | -                   |
| JSM 1999 ( hochger. ) in m <sup>3</sup> /a                                   |                    | 20.000,0 | 5.128,2  | 1.500,0      | 2.890,0        | 182,0             | 139,0        | k. A.  | 1.204,5       | 73,0      | 109,5     | 1.095,0   | 693,5          | 371,0 | 2.628,0             |
| Mittelwerte am Ablauf des Pflanzenbeetes in mg/l                             | CSB                | 115,8    | 62,0     | 92,7         | 35,2           | 102,7             | 186,8        | Eine Auswertung ist nicht möglich, da während der Beprobungen der Anlage lediglich einmal ein Ablauf, direkt | 39,0          | 36,3      | 105,0     | 82,0      | 180,5          | 78,0  | 23,9                |
|  | BSB <sub>5</sub>   | 31,7     | 7,8      | 20,9         | 4,9            | 5,9               | 67,7         |  | 2,8           | 3,6       | 7,0       | 6,9       | 69,1           | 14,6  | 1,7                 |
|  | N <sub>ges</sub>   | 91,6     | 75,1     | 25,4         | 61,0           | 106,5             | 92,2         |  | 84,7          | 43,7      | 145,2     | 94,9      | 67,8           | 61,6  | 74,9                |
|  | P <sub>ges</sub>   | 11,7     | 3,1      | 4,3          | 5,3            | 8,6               | 9,2          |  | 14,4          | 0,4       | 3,4       | 5,4       | 9,4            | 3,5   | 7,4                 |
|  | NH <sub>4</sub> -N | 91,1     | 33,9     | 17,5         | 10,6           | 33,1              | 89,7         |  | 3,2           | 18,5      | 55,7      | 8,2       | 67,6           | 55,0  | 2,1                 |
| 90. Perzentilwerte am Ablauf des Pflanzenbeetes in mg/l                      | CSB                | 156,3    | 89,9     | 176,0        | 43,9           | 137,9             | 304,3        | Beprobungen der Anlage lediglich einmal ein Ablauf, direkt   | 54,0          | 46,5      | 125,1     | 109,9     | 222,0          | 111,0 | 29,9                |
|  | BSB <sub>5</sub>   | 56,6     | 14,0     | 71,1         | 10,7           | 11,4              | 147,8        |  | 7,6           | 11,3      | 9,6       | 14,0      | 106,2          | 27,4  | 1,9                 |
|  | N <sub>ges</sub>   | 110,3    | 101,2    | 58,5         | 71,4           | 165,2             | 112,7        |  | 95,1          | 58,2      | 174,7     | 107,8     | 82,3           | 71,3  | 112,2               |
|  | P <sub>ges</sub>   | 13,4     | 6,0      | 7,8          | 6,9            | 11,3              | 11,4         |  | 17,3          | 1,3       | 5,3       | 7,0       | 11,6           | 5,8   | 10,0                |
|  | NH <sub>4</sub> -N | 110,3    | 72,6     | 48,1         | 18,4           | 69,8              | 107,7        |  | 9,0           | 25,8      | 75,3      | 18,9      | 82,2           | 69,5  | 9,5                 |
| Anzahl der Beprobungen des Zulaufes z. Pfl.-beet                             | SU 99              | 24       | 6        | 17           | 21             | 23                | 19           | 3  | 9             | 9         | 9         | 16        | 5              | 21    | 8                   |
|  | LAU                | 0        | 6        | 0            | 0              | 0                 | 0            | 0  | 0             | 0         | 0         | 0         | 0              | 0     | 0                   |
| Mittelwerte für den Beetzulauf in mg/l                                       | CSB                | 774,7    | 566,5    | 762,7        | 341,1          | 305,7             | 843,2        | aus dem Pflanzenbeet, vorlag.  | 453,1         | 493,0     | 909,9     | 386,7     | 764,4          | 609,2 | 360,6               |
|  | BSB <sub>5</sub>   | 421,5    | 296,1    | 463,1        | 184,3          | 123,1             | 460,0        |  | 217,2         | 239,0     | 476,6     | 163,2     | 418,0          | 293,8 | 178,8               |
| mittlere Zulauffracht übersch. in g/d  | CSB                | 42.448   | 7.959    | 3.134        | 2.701          | 152               | 321          | Es ist somit nur eine einzige Probenahme verwertbar  | 1.495         | 99        | 273       | 1.160     | 1.452          | 619   | 2.596               |
|  | BSB <sub>5</sub>   | 23.098   | 4.160    | 1.903        | 1.459          | 61                | 175          |  | 717           | 48        | 143       | 490       | 794            | 299   | 1.287               |
| spez. Flächenbelastung übersch. in g/m <sup>2</sup> *d                       | CSB                | 35,4     | 19,9     | 7,8          | 12,9           | 3,5               | 8,0          | nur eine einzige Probenahme verwertbar   | 16,4          | 0,7       | 10,9      | 12,9      | 10,4           | 11,5  | 16,2                |
|  | BSB <sub>5</sub>   | 19,2     | 10,4     | 4,7          | 6,9            | 1,4               | 4,4          |  | 7,9           | 0,3       | 5,7       | 5,4       | 5,7            | 5,5   | 8,0                 |
| mittlere Reinigungsleistung übersch. in %                                    | CSB                | 85,1     | 89,1     | 87,8         | 89,7           | 66,4              | 77,8         | Probenahme verwertbar  | 91,4          | 92,6      | 88,5      | 78,8      | 76,4           | 87,2  | 93,4                |
|  | BSB <sub>5</sub>   | 92,5     | 97,4     | 95,5         | 97,3           | 95,2              | 85,3         |  | 98,7          | 98,5      | 98,5      | 95,8      | 83,5           | 95,0  | 99,0                |
| mittlerer Nitrifikationsgrad überschlägig in %                               |                    | 0,44     | 50,33    | 27,11        | 82,42          | 60,14             | 2,04         |  | 96,03         | 32,45     | 53,26     | 91,05     | 0,27           | 9,49  | 97,16               |

**Tabelle 4**

| Einzelergebnisse der Beprobung von Pflanzenkläranlagen im LSA ( mg/l ) |        |                    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |   |        |        |  |                                      |  |
|--|--------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|--------|--------|--|--------------------------------------|--|
| PKA / Beprobung Nr.  |        | 1                  | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     | 21     | 22     | 23  | 24     | 25     | 26   |                                      |  |
| <b>Rade</b>  | Zulauf | CSB                | 803    | 806    | 773    | 791    | 668    | 822    | 805    | 816    | 775    | 671    | 742    | 825    | 761    | 812    | 885    | 900    | 812    | 751    | 782    | 859    | 584    | 652   | 789    | 708    |  |                                      |  |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | 418    | 437    | 377    | 408    | 335    | 426    | 462    | 439    | 430    | 374    | 381    | 478    | 462    | 452    | 495    | 483    | 450    | 438    | 444    | 464    | 327    | 344   | 402    | 391    |  |                                      |  |
|  |        | Abs.St.            | <0,1   | <0,1   | <0,1   | 0,2    | 0,2    | <0,1   | <0,1   | 0,8    | 0,4    | <0,1   | <0,1   | <0,1   | 0,4    | 0,4    | 2,0    | 0,8    | <0,1   | 0,4    | <0,1   | 1,2    | <0,1   | <0,1  | 0,6    | <0,1   |  |                                      |  |
|  | Ablauf | CSB                | 120,00 | 156,00 | 163,00 | 156,00 | 148,00 | 158,00 | 137,00 | 127,00 | 136,00 | 136,00 | 120,00 | 105,00 | 98,00  | 95,00  | 93,00  | 95,00  | 89,00  | 89,00  | 89,00  | 106,00 | 88,00  | 76,00                                       | 82,00  | 116,00 |  |                                      |  |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | 26,40  | 52,90  | 62,00  | 56,10  | 59,90  | 50,70  | 49,00  | 41,70  | 54,10  | 40,00  | 27,30  | 24,70  | 17,20  | 5,80   | 16,90  | 11,60  | 9,00   | 13,50  | 7,40   | 16,70  | 10,90  | 17,30                                       | 49,90  | 40,20  |  |                                      |  |
|  |        | NH <sub>4</sub> -N | 61,20  | 81,20  | 85,00  | 72,50  | 80,70  | 85,30  | 91,00  | 80,70  | 72,90  | 72,30  | 79,10  | 91,90  | 100,00 | 94,30  | 96,30  | 112,00 | 104,00 | 93,80  | 115,00 | 105,00 | 110,00 | 98,00                                       | 103,00 | 101,00 |  |                                      |  |
| NO <sub>3</sub> -N   |        | 1,97               | 1,34   | 0,98   | 1,73   | 0,60   | 0,22   | 0,19   | 0,39   | 0,28   | 0,32   | <0,05  | 0,13   | 0,23   | 0,07   | <0,05  | 0,19   | 0,06   | 0,09   | <0,05  | 0,06   | 0,19   | 0,19   | 0,32  | 0,16   |        |  |                                      |  |
| N <sub>ges</sub>   |        | 65,20              | 83,50  | 86,30  | 74,50  | 81,30  | 85,60  | 91,30  | 81,10  | 73,20  | 72,70  | 79,10  | 92,00  | 100,00 | 94,40  | 96,30  | 112,00 | 104,00 | 93,90  | 115,00 | 105,00 | 110,00 | 98,20  | 103,00                                      | 101,00 |        |  |                                      |  |
| P <sub>ges</sub>   | 5,61   | 7,88               | 9,86   | 10,60  | 10,40  | 12,80  | 12,40  | 11,80  | 12,30  | 11,70  | 12,50  | 14,90  | 11,80  | 14,00  | 13,10  | 11,20  | 12,40  | 12,90  | 12,20  | 13,30  | 12,30  | 10,90  | 11,80  | 12,70                                       |        |        |  |                                      |  |
| <b>Einsdorf</b>  | Zulauf | CSB                | -      | -      | -      | -      | -      | 771    | -      | 436    | -      | -      | 480    | -      | 127    | 425    | 664    | 660    | 637    | 614    | 626    | 661    | 697    |   |        |        |  |                                      |  |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | -      | -      | -      | -      | -      | 367    | -      | 296    | -      | -      | 204    | -      | 255    | 285    | 320    | 310    | 290    | 290    | 350    | -      | -      | -   | -      | -      | -  | -                                    |  |
|  |        | Abf.St.            | -      | -      | -      | -      | -      | 200    | -      | 282    | -      | -      | 112    | -      | 100    | 92     | 140    | 130    | 74     | 51     | 93     | 110    | 114    |   |        |        |  |                                      |  |
|  | Ablauf | CSB                | 33,00  | 39,00  | 57,00  | 78,00  | 71,00  | 50,00  | 59,00  | -      | 32,00  | 43,00  | 62,40  | 91,00  | 65,30  | 88,80  | 82,00  | 132,00 | 60,00  | 54,00  | 53,00  | 44,00  | 45,60  |   |        |        |  |                                      |  |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | 4,00   | 4,00   | 6,00   | 15,00  | 13,00  | 7,00   | 4,00   | 3,00   | 3,00   | 5,00   | 4,30   | 21,00  | 7,00   | 11,00  | 13,00  | 13,00  | 7,00   | 6,00   | 5,00   | 4,00   | -      |   |        |        |  |                                      |  |
|  |        | NH <sub>4</sub> -N | 20,96  | 10,09  | 13,98  | 24,07  | 19,41  | 19,50  | 26,00  | 20,30  | 23,00  | 31,00  | 25,70  | 46,00  | 35,90  | 68,60  | 84,00  | 78,00  | 53,00  | 34,00  | 36,00  | 21,00  | 21,10  |   |        |        |  |                                      |  |
| NO <sub>3</sub> -N   |        | 29,14              | 38,85  | 24,85  | 14,05  | 20,10  | -      | 59,60  | -      | 51,50  | 39,50  | -      | 31,40  | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      |   |        |        |  |                                      |  |
| N <sub>ges</sub>   |        | 50,30              | 51,00  | 40,80  | 40,20  | 41,40  | 49,4*  | 90,80  | 284*   | 74,50  | 72,20  | 73,6*  | 79,90  | 61,5*  | 88,7*  | 105,00 | 101,00 | 93,60  | 92,60  | 97,10  | 96,70  | 103*   |        | Auswertung nur mit N <sub>ges(anorg.)</sub> |        |        |  |                                      |  |
| P <sub>ges</sub>   | 0,76   | 0,59               | 0,69   | 1,57   | 1,49   | 1,11   | 1,87   | 1,63   | 2,45   | 3,65   | 3,59   | 4,82   | 4,50   | -      | 7,27   | 6,78   | 4,79   | 3,98   | 3,66   | 2,75   | -      |        |        |   |        |        |  |                                      |  |
| <b>Domäne Bobbe</b>  | Zulauf | CSB                | 836    | 836    | 613    | 809    | 957    | 894    | -      | 650    | 545    | 793    | 1150   | 884    | 780,00 | 211    | -      | -      | -      | 699    | 708    | 800    | -      | -   | -      | 801    |  |                                      |  |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | 489    | 529    | 382    | 496    | 607    | 558    | -      | 398    | 322    | 493    | 622    | 545    | 471,00 | 47,8   | -      | -      | -      | 426    | 450    | 520    | -      | -   | -      | 516    |  |                                      |  |
|  |        | Abs.St.            | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1   | -      | <0,1   | <0,1   | <0,1   | 0,20   | 1,00   | 2,00   | 2,80   | -      | -      | -      | <0,1   | 0,80   | 0,40   | -      | -   | -      | <0,1   |  |                                      |  |
|  | Ablauf | CSB                | 39,00  | 38,00  | 40,00  | 42,00  | 71,00  | 129,00 | 103,00 | 176,00 | 75,00  | 176,00 | 88,00  | 569,00 | 104,00 | 97,00  | 95,00  | 82,00  | 152,00 | 69,00  | 68,00  | 243,00 | 59,00  | 98,00                                       | 43,00  | 46,00  | 362  |                                      |  |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | 3,00   | <3     | <3     | 3,90   | 12,90  | 40,80  | 26,50  | 73,40  | 29,40  | 70,40  | 6,70   | 351,00 | 13,00  | <3,0   | 4,90   | 5,20   | 33,10  | 5,40   | 7,00   | 87,40  | 9,00   | 35,00                                       | 4,40   | 5,50   | 201  |                                      |  |
|  |        | NH <sub>4</sub> -N | 3,44   | 0,93   | 1,71   | 1,97   | 8,53   | 26,30  | 25,00  | 57,00  | 25,70  | 64,50  | 14,00  | 86,10  | 14,40  | 17,30  | 16,40  | 6,38   | 20,10  | 5,85   | 2,00   | 45,30  | 6,12   | 25,00                                       | 7,69   | 7,82   | 370  | Probe Nr. 12 wurde in der Auswertung |  |
| NO <sub>3</sub> -N   |        | 15,40              | 4,37   | 5,80   | 9,61   | 4,69   | 2,00   | 1,09   | <0,05  | 2,26   | <0,05  | <0,05  | 0,08   | 0,99   | 2,07   | 14,90  | 10,90  | <0,05  | 19,70  | 4,19   | 8,88   | 13,20  | 12,00  | 10,50                                       | 13,70  | 570    | nicht berücksichtigt (Zulaufpumpe defekt). |                                      |  |
| N <sub>ges</sub>   |        | 19,00              | 5,43   | 7,77   | 12,30  | 13,50  | 28,50  | 26,20  | 57,10  | 28,10  | 64,50  | 14,00  | 86,20  | 15,50  | 19,90  | 34,50  | 19,40  | 20,20  | 27,00  | 7,58   | 62,90  | 20,40  | 38,70  | 18,90                                       | 22,30  | 570    |  |                                      |  |
| P <sub>ges</sub>   | 1,59   | 2,04               | 2,09   | 2,21   | 2,99   | 5,03   | 5,71   | 8,30   | 4,80   | 11,20  | 5,77   | 13,90  | 6,17   | 4,21   | 3,03   | 2,98   | 6,20   | 1,71   | 2,17   | 7,62   | 2,36   | 4,85   | 2,38   | 2,62  | 6,96   |        |  |                                      |  |
| <b>Buchholzmühle</b>   | Zulauf | CSB                | -      | -      | 520    | 468    | -      | 444    | 435    | 393    | 440    | -      | 468    | 412    | 412    | 275    | 230    | 179    | 160    | 233    | 302    | 312    | 262    | 277   | 276    | 303    | 362  |                                      |  |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | -      | -      | 300    | 280    | -      | 240    | 244    | 226    | 259    | -      | 268    | 248    | 228    | 158    | 114    | 62     | 57     | 110    | 125    | 177    | 141    | 144   | 146    | 143    | 201  |                                      |  |
|  |        | Abs.St.            | -      | -      | <0,1   | <0,1   | -      | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1   | -      | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1  | <0,1   | <0,1   | <0,1                                       |                                      |  |
|  | Ablauf | CSB                | 32,00  | 27,00  | 44,00  | 42,00  | 40,00  | 35,00  | 33,00  | 38,00  | 40,00  | 34,00  | 41,00  | 38,00  | 59,00  | 38,00  | 37,00  | 29,00  | 30,00  | 50,00  | 29,00  | 24,00  | 20,00  | 23,00                                       | 27,00  | 32,00  | 36,00                                      | 37,00                                |  |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | <3     | <3     | <3     | 4,40   | 4,00   | 10,60  | 3,10   | 13,30  | <3     | <3     | 21,80  | 4,80   | 9,30   | 4,70   | <3     | <3     | 3,10   | 5,00   | n.b.   | <3     | 8,10   | <3  | 4,10   | 9,30   | 3,70                                       | <3                                   |  |
|  |        | NH <sub>4</sub> -N | 10,90  | 3,40   | 15,50  | 16,30  | 16,60  | 12,90  | 9,39   | 5,90   | 9,78   | 8,82   | 12,80  | 18,50  | 22,00  | 15,10  | 14,70  | 18,80  | 9,43   | 8,56   | 5,42   | 3,06   | 1,20   | 2,95  | 3,75   | 8,43   | 15,60                                      | 5,70                                 |  |
| NO <sub>3</sub> -N   |        | 49,00              | 41,40  | 35,00  | 27,40  | 32,40  | 33,10  | 40,50  | 44,60  | 38,60  | 55,70  | 40,30  | 52,40  | 43,50  | 49,20  | 61,90  | 66,70  | 55,00  | 60,70  | 61,40  | 55,40  | 63,70  | 64,90  | 63,70                                       | 61,90  | 42,80  | 51,30                                      |                                      |  |
| N <sub>ges</sub>   |        | 60,51              | 45,11  | 52,00  | 44,60  | 51,30  | 48,10  | 50,80  | 51,00  | 49,10  | 65,10  | 53,60  | 71,40  | 65,90  | 64,70  | 77,10  | 86,20  | 64,90  | 70,50  | 67,40  | 58,90  | 65,00  | 68,10  | 67,90                                       | 70,90  | 58,80  | 57,60                                      |                                      |  |
| P <sub>ges</sub>   | 1,78   | 2,73               | 5,07   | 4,21   | 4,93   | 4,68   | 5,29   | 5,59   | 4,84   | 4,49   | 4,03   | 4,97   | 5,70   | 5,42   | 5,17   | 5,64   | 4,35   | 5,30   | 6,23   | 6,75   | 5,90   | 6,93   | 7,48   | 6,57  | 6,88   | 6,96   |  |                                      |  |
| <b>Dietrichsdorfer Mühle</b>   | Zulauf | CSB                | 555    | 530    | 537    | 444    | 420    | 413    | 375    | 419    | 300    | 423    | 467    | 459    | 331    | 179    | 140    | 165    | 96     | 215    | 178    | 109    | 89     | 95  | 92     |        |  |                                      |  |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | 280    | 269    | 308    | 197    | 170    | 123    | 169    | 176    | 118    | 177    | 170    | 205    | 122    | 56,6   | 23,2   | n.b.   | 10,3   | 40,6   | 23,1   | 22,5   | 19,4   | 17,3  | 10,3   |        |  |                                      |  |
|  |        | Abs.St.            | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1   | 0,4    | <0,1   | <0,1   | 0,4    | 0,4    | 0,2    | 0,2    | <0,1   | <0,1   | <0,1   | 0,4    | 1,2    | <0,1   | <0,1   | <0,1  | <0,1   |        |  |                                      |  |
|  | Ablauf | CSB                | 130,00 | 122,00 | 128,00 | 134,00 | 133,00 | 128,00 | 124,00 | 131,00 | 130,00 | 137,00 | 141,00 | 153,00 | 107,00 | 92,00  | 93,00  | 74,00  | 65,00  | 62,00  | 63,00  | 59,00  | 51,00  | 54,00                                       | 51,00  |        |  |                                      |  |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | 4,70   | 5,20   | 14,10  | 7,20   | 3,40   | <3     | 8,20   | <3     | 26,60  | 8,40   | 7,10   | 9,70   | <3     | 3,30   | 3,20   | n.b.   | 3,10   | 3,20   | <3     | <3     | 10,00  | <3  | 4,10   |        |  |                                      |  |
|  |        | NH <sub>4</sub> -N | 71,80  | 79,00  | 69,20  | 53,80  | 55,00  | 62,20  | 59,80  | 63,30  | 66,70  | 43,90  | 53,40  | 31,00  | 18,00  | 9,92   | 11,30  | 2,11   | 2,22   | 3,66   | 1,49   | 0,44   | 0,72   | 1,24  | 0,96   |        |  |                                      |  |
| NO <sub>3</sub> -N   |        | 33,60              | 36,30  | 40,00  | 40,00  | 59,10  | 68,30  | 64,20  | 63,70  | 50,80  | 49,20  | 39,10  | 50,60  | 72,50  | 85,10  | 36,80  | 65,60  | 49,70  | 37,70  | 41,40  | 42,30  | 39,30  | 40,70  | 42,80                                       |        |        |  |                                      |  |
| N <sub>ges</sub>   |        | 141,00             | 151,00 | 155,00 | 143,00 | 166,00 | 173,00 | 162,00 | 165,00 | 145,00 | 131,00 | 126,00 | 131,00 | 113,00 | 108,00 | 61,00  | 73,20  | 52,30  | 41,60  | 43,00  | 42,80  | 40,10  | 42,00  | 43,80</                                     |        |        |  |                                      |  |

**Tabelle 4**

| Einzelergebnisse der Beprobung von Pflanzenkläranlagen im LSA ( mg/l) |                  |                    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|---|------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--|--|
| PKA / Beprobung Nr.   |                  | 1                  | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20    | 21     | 22    | 23    | 24    | 25     | 26    |  |  |
| Coswig<br>Deppe   | P <sub>ges</sub> | 8,18               | 8,55   | 10,30  | 10,10  | 10,20  | 10,60  | 10,20  | 10,40  | 10,20  | 11,60  | 10,60  | 11,20  | 11,80  | 9,03   | 6,96   | 6,67   | 7,26   | 6,44   | 5,87   | 5,82  | 5,12   | 5,57  | 5,95  |       |        |       |  |  |
|   | Zulauf           | CSB                | 785    | 794    | 820    | 796    | 1130   | 663    | 835    | 675    | 722    | 690    | 870    | 750    | 1030   | 1618   | 1010   | -      | 747    | -      | -     | 609    | -     | 715   | 762   | -      |       |  |  |
|   |                  | BSB <sub>5</sub>   | 430    | 435    | 471    | 436    | 640    | 319    | 461    | 356    | 394    | 339    | 444    | 412    | 567    | 898    | 588    | -      | 463    | -      | -     | 350    | -     | 357   | 379   | -      |       |  |  |
|   |                  | Abs.St.            | <0,1   | <0,1   | <0,1   | <0,1   | 2,0    | 2,4    | <0,1   | 0,4    | 0,2    | 1,6    | 2,0    | <0,1   | 2,0    | 8,0    | 0,4    | -      | <0,1   | -      | -     | 0,8    | -     | 0,4   | <0,1  | -      |       |  |  |
|   | Ablauf           | CSB                | 254,00 | 200,00 | 169,00 | 192,00 | 258,00 | 299,00 | 295,00 | 351,00 | 337,00 | 247,00 | 181,00 | 163,00 | 174,00 | 193,00 | 147,00 | 156,00 | 154,00 | 137,00 | 91,00 | 109,00 | 72,00 | 97,00 | 99,00 | 110,00 |       |  |  |
|   |                  | BSB <sub>5</sub>   | 110,00 | 89,20  | 69,60  | 107,00 | 118,00 | 147,00 | 143,00 | 153,00 | 168,00 | 103,00 | 58,80  | 55,10  | 58,60  | 54,40  | 15,50  | 22,70  | 20,20  | 32,40  | 13,30 | 20,50  | 7,70  | 19,70 | 11,20 | 26,90  |       |  |  |
|   |                  | NH <sub>4</sub> -N | 88,80  | 106,00 | 89,00  | 63,40  | 80,60  | 90,50  | 96,80  | 84,20  | 93,50  | 92,40  | 93,30  | 103,00 | 117,00 | 112,00 | 89,60  | 107,00 | 98,00  | 78,30  | 93,00 | 79,00  | 77,10 | 82,20 | 61,10 | 77,30  |       |  |  |
|   |                  | NO <sub>3</sub> -N | 0,49   | 0,09   | 0,08   | 0,10   | 0,34   | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  | 0,06   | 2,44   | 16,90  | 4,92   | 0,23  | 4,85   | 3,08  | 1,44  | 5,77  | 4,09   | <0,05 |  |  |
|   |                  | N <sub>ges</sub>   | 89,90  | 106,00 | 89,50  | 64,00  | 81,40  | 90,60  | 96,90  | 84,30  | 93,60  | 92,50  | 93,40  | 103,00 | 117,00 | 112,00 | 92,10  | 128,00 | 104,00 | 78,50  | 98,20 | 82,90  | 79,50 | 89,70 | 68,00 | 77,40  |       |  |  |
|   |                  | P <sub>ges</sub>   | 8,75   | 8,00   | 10,80  | 10,40  | 9,98   | 11,30  | 10,70  | 12,10  | 12,10  | 10,70  | 11,10  | 9,91   | 9,71   | 9,75   | 7,00   | 11,20  | 9,46   | 8,46   | 4,87  | 6,08   | 6,11  | 5,61  | 7,08  | 9,65   |       |  |  |
| Hermanns-<br>eck<br>Teich   | Zulauf           | CSB                | -      | -      | -      | 1301   | 407    | 661    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   |                  | BSB <sub>5</sub>   | -      | -      | -      | 723    | 204    | 370    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   |                  | Abf.St.            | -      | -      | -      | 70,0   | 50,0   | 47,0   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   | Ablauf           | CSB                | <15    | <15    | 18,00  | <15    | 20,00  | <15    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   |                  | BSB <sub>5</sub>   | 3,00   | <3     | 3,00   | <3     | <3     | <3     |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   |                  | NH <sub>4</sub> -N | 0,031  | 0,100  | 0,085  | 0,038  | 0,360  | 0,100  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   |                  | NO <sub>3</sub> -N | 0,054  | 0,029  | 0,278  | 0,122  | 0,077  | -      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
| N <sub>ges</sub>  | 0,115            | 0,160              | 0,393  | 0,190  | 0,464  | 0,391  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
| P <sub>ges</sub>  | 0,027            | 0,030              | 0,060  | 0,044  | 0,040  | 0,023  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
| Villa<br>Jühlig   | Zulauf           | CSB                | 608    | 356    | 637    | 451    | 385    | 368    | 367    | 461    | 445    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   |                  | BSB <sub>5</sub>   | 334    | 166    | 295    | 230    | 190    | 170    | 170    | 220    | 180    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   |                  | Abf.St.            | 37,0   | 77,0   | 98,0   | 61,0   | 82,0   | 30,0   | 28,0   | 94,0   | 87,0   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   | Ablauf           | CSB                | 56,00  | 51,00  | 37,00  | 32,00  | 37,00  | 29,00  | 34,00  | 28,00  | 47,00  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   |                  | BSB <sub>5</sub>   | 8,00   | 7,00   | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   |                  | NH <sub>4</sub> -N | 10,00  | 0,87   | 2,60   | 0,31   | 5,30   | 1,40   | 0,48   | 0,69   | 7,50   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   |                  | NO <sub>3</sub> -N | 53,50  | 93,10  | 88,60  | -      | -      | -      | -      | -      | -      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
| N <sub>ges</sub>  | 64,70            | 94,20              | 91,30  | 80,80  | 80,60  | 90,10  | 84,70  | 80,40  | 95,70  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
| P <sub>ges</sub>  | 11,20            | 7,71               | 17,70  | 14,40  | 15,40  | 15,20  | 15,80  | 15,40  | 16,70  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
| Frankroda   | Zulauf           | CSB                | 452    | 431    | 533    | 571    | 557    | 493    | 487    | 448    | 465    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   |                  | BSB <sub>5</sub>   | 243    | 210    | 238    | 270    | 280    | 240    | 250    | 210    | 210    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   |                  | Abf.St.            | 44,0   | 60,0   | 66,0   | 80,0   | 77,0   | 29,0   | 39,0   | 55,0   | 95,0   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   | Ablauf           | CSB                | 50,00  | 41,00  | 41,00  | 38,00  | 33,00  | 41,00  | 30,00  | 25,00  | 28,00  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   |                  | BSB <sub>5</sub>   | 16,00  | 4,00   | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     | 3,00   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   |                  | NH <sub>4</sub> -N | 16,00  | 27,00  | 15,00  | 12,00  | 7,80   | 18,00  | 23,00  | 24,00  | 24,00  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
| NO <sub>3</sub> -N  | 0,39             | 2,80               | 23,50  | -      | -      | -      | -      | -      | -      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
| N <sub>ges</sub>  | 16,00            | 30,10              | 38,90  | 53,20  | 51,10  | 61,20  | 45,70  | 44,00  | 53,40  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
| P <sub>ges</sub>  | 1,65             | 0,87               | 0,32   | 0,21   | 0,10   | 0,10   | 0,10   | 0,09   | 0,10   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
| Janisroda   | Zulauf           | CSB                | 922    | 804    | 1008   | 1070   | 1260   | 834    | 709    | 865    | 717    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   |                  | BSB <sub>5</sub>   | 406    | 425    | 518    | 670    | 690    | 470    | 370    | 390    | 350    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   |                  | Abf.St.            | 117,0  | 108,0  | 66,0   | 59,0   | 110,0  | 67,0   | 46,0   | 200,0  | 140,0  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   | Ablauf           | CSB                | 107,00 | 81,00  | 129,00 | 110,00 | 111,00 | 104,00 | 80,00  | 104,00 | 119,00 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
|   |                  | BSB <sub>5</sub>   | 9,00   | 8,00   | 10,00  | 7,00   | 8,00   | 7,00   | 3,00   | 5,00   | 6,00   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |
| NH <sub>4</sub> -N  | 55,00            | 42,00              | 80,00  | 48,00  | 68,00  | 61,00  | 50,00  | 43,00  | 54,00  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |        |       |  |  |

**Tabelle 4**

| Einzelergebnisse der Beprobung von Pflanzenkläranlagen im LSA ( mg/l ) |        |                    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
|--|--------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|----|----|------|
| PKA / Beprobung Nr.  |        |                    | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     | 21    | 22     | 23     | 24     | 25     | 26     |    |    |      |
|  |        | NO <sub>3</sub> -N | 28,50  | 66,00  | 95,80  | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -     | -      | -      | -      | -      | -      | -  |    |      |
|  |        | N <sub>ges</sub>   | 101,00 | 118,00 | 181,00 | 156,00 | 165,00 | 165,00 | 141,00 | 145,00 | 135,00 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
|  |        | P <sub>ges</sub>   | 2,48   | 2,55   | 2,11   | 2,34   | 2,69   | 3,31   | 4,82   | 5,05   | 5,54   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
| Samswegen  | Zulauf | CSB                | 580    | 528    | 422    | 486    | 375    | 432    | 372    | 399    | 322    | 167    | 333    | 323    | 295    | 333    | 313    | -      | 508    |        |        |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | 270    | 240    | 210    | 210    | 130    | 180    | 160    | 130    | 110    | 85     | 87     | 120    | 110    | 140    | 150    | -      | 280    |        |        |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
|  |        | Abf.St.            | n.b.   | 75,0   | 4,0    | 33,0   | 37,0   | 44,0   | 56,0   | 76,0   | 42,0   | 46,0   | 38,0   | 32,0   | 36,0   | 130,0  | 30,0   | -      | 41     |        |        |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
|  | Ablauf | CSB                | 66,00  | 86,00  | 82,00  | 111,00 | 77,00  | 94,00  | 86,00  | 66,00  | 219,00 | 67,00  | 68,00  | 46,00  | 62,00  | 61,00  | -      | 68,00  | 53     |        |        |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | 7,00   | 13,00  | 14,00  | 19,00  | 9,00   | 7,00   | 11,00  | 3,00   | 6,00   | 3,00   | <3     | <3     | <3     | 3,00   | -      | 3,00   | 8      |        |        |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
|  |        | NH <sub>4</sub> -N | 13,00  | 19,00  | 13,00  | 16,00  | 5,60   | 2,60   | 1,90   | 2,50   | 0,78   | 1,10   | 0,37   | 0,19   | 0,22   | 2,00   | -      | 36,00  | 17     |        |        |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
| NO <sub>3</sub> -N   |        | 86,00              | 87,00  | 72,00  | 75,00  | 87,00  | 91,00  | 96,00  | 91,00  | 100,00 | 92,00  | 90,00  | 93,00  | 85,00  | 84,00  | -      | 44,00  | 62     |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
|  |        | N <sub>ges</sub>   | 108,30 | 117,00 | 98,00  | 100,60 | 94,90  | 94,44  | 98,74  | 94,90  | 101,15 | 93,61  | 90,75  | 93,31  | 85,49  | 87,40  | -      | 80,34  | 79,75  |        |        |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
|  |        | P <sub>ges</sub>   | 4,80   | 5,70   | 4,90   | 5,50   | 5,30   | 5,20   | 5,60   | n.b.   | 7,40   | 4,80   | 4,70   | 4,80   | 5,10   | -      | 5,40   | 7      |        |        |        |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
| Geestgott-berg   | Zulauf | CSB                | -      | -      | 442    | -      | -      | -      | 736    | -      | 943    | -      | -      | -      | -      | 935    | -      | -      | 766    | -      |        |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | -      | -      | 230    | -      | -      | -      | 450    | -      | 470    | -      | -      | -      | -      | 510    | -      | -      | 430    | -      |        |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
|  |        | Abf.St.            | -      | -      | 14,0   | -      | -      | -      | 28,0   | -      | 107,0  | -      | -      | -      | -      | 73,0   | -      | -      | 140,0  | -      |        |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
|  | Ablauf | CSB                | 165,00 | 113,00 | 151,00 | 168,00 | 186,00 | 194,00 | 170,00 | 220,00 | 192,00 | 227,00 | 222,00 | 222,00 | 220,00 | 160,00 | 125,00 | 163,00 | 181,00 | 169,00 | 182,00 |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | 37,00  | 15,00  | 54,00  | 25,00  | 84,00  | 92,00  | 73,00  | 100,00 | 91,00  | 110,00 | 120,00 | 99,00  | 47,00  | 57,00  | 39,00  | 26,00  | 66,00  | 78,00  | 100,00 |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
|  |        | NH <sub>4</sub> -N | 65,00  | 52,00  | 46,00  | 48,00  | 62,00  | 67,00  | 62,00  | 65,00  | 73,00  | 86,00  | 80,00  | 83,00  | 79,00  | 81,00  | 57,00  | 69,00  | 69,00  | 71,00  | 69,00  |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
| NO <sub>3</sub> -N   |        | <0,11              | <0,11  | <0,2   | <0,2   | 1,20   | <0,2   | <0,2   | <0,2   | <0,2   | <0,2   | <0,2   | <0,2   | <0,2   | <0,2   | <0,2   | <0,5   | <0,5   | <0,5   | <0,5   | <0,5   |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
|  |        | N <sub>ges</sub>   | 65,12  | 52,12  | 46,21  | 48,21  | 63,21  | 67,21  | 62,21  | 65,21  | 73,21  | 86,23  | 80,11  | 83,10  | 79,11  | 81,10  | 57,10  | 69,26  | 69,27  | 71,27  | 69,27  |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
|  |        | P <sub>ges</sub>   | 8,90   | 5,90   | 7,70   | 8,30   | n.b.   | 9,90   | 9,30   | 10,00  | 11,10  | 11,00  | 12,00  | 10,00  | 11,80  | 10,00  | 6,70   | 8,90   | 9,90   | 9,70   | 8,50   |        |       |        |        |        |        |        |    |    |      |
| Elbeu  | Zulauf | CSB                | -      | 737    | 679    | 571    | 667    | 573    | 583    | 531    | 667    | 571    | 672    | 723    | 752    | 728    | 570    | 719    | 476    | 588    | 553    | -      | 492   | 467    | 475    |        |        |        |    |    |      |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | -      | 420    | 330    | 230    | 380    | 310    | 280    | 240    | 350    | 330    | 340    | 370    | 320    | 310    | 220    | 270    | 240    | 230    | 250    | -      | 270   | 230    | 250    |        |        |        |    |    |      |
|  |        | Abf.St.            | -      | 85,0   | 5,0    | 5,0    | 67,0   | 43,0   | 44,0   | 6,0    | 44,0   | 64,0   | 52,0   | 61,0   | 190,0  | 130,0  | 140,0  | 57,0   | 52,0   | 180,0  | 27,0   | -      | 130,0 | 100,0  | 80,0   |        |        |        |    |    |      |
|  | Ablauf | CSB                | 83,00  | 82,00  | 107,00 | 117,00 | 103,00 | 77,00  | 70,00  | 77,00  | 111,00 | 111,00 | 81,00  | 84,00  | 87,00  | 96,00  | 70,00  | 72,00  | 48,00  | 59,00  | 50,00  | 53,00  | 42,00 | 54,00  | 61,00  |        |        |        |    |    |      |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | 25,00  | 16,00  | 40,00  | 35,00  | 22,00  | 16,00  | 12,00  | 16,00  | 17,00  | 15,00  | 10,00  | 13,00  | 13,00  | 13,00  | 10,00  | 10,00  | 9,00   | 8,00   | 7,00   | 6,00   | 6,00  | 5,00   | 11,00  |        |        |        |    |    |      |
|  |        | NH <sub>4</sub> -N | 68,00  | 62,00  | 69,00  | 71,00  | 72,00  | 60,00  | 57,00  | 53,00  | 59,00  | 57,00  | 62,00  | 55,00  | 63,00  | 56,00  | 46,00  | 47,00  | 50,00  | 46,00  | 41,00  | 39,00  | 38,00 | 46,00  | 49,00  |        |        |        |    |    |      |
| NO <sub>3</sub> -N   |        | 2,90               | 3,60   | <0,11  | <0,11  | 0,10   | 9,00   | 7,10   | 1,70   | 8,10   | 3,90   | 5,10   | 11,00  | 2,20   | 7,60   | 8,50   | 7,60   | 9,20   | 5,70   | 5,00   | 9,30   | 8,40   | 7,90  | 8,80   |        |        |        |        |    |    |      |
|  |        | N <sub>ges</sub>   | 73,94  | 68,22  | 69,12  | 71,12  | 72,11  | 69,43  | 64,13  | 56,69  | 69,70  | 63,70  | 68,50  | 66,91  | 65,75  | 63,76  | 54,64  | 54,70  | 59,35  | 51,80  | 46,06  | 48,37  | 46,45 | 53,99  | 57,98  |        |        |        |    |    |      |
|  |        | P <sub>ges</sub>   | 4,70   | 4,60   | 5,70   | 6,20   | 6,20   | 4,60   | 4,30   | 4,10   | 5,10   | 3,70   | 4,10   | 2,80   | 2,80   | 2,60   | 2,40   | 2,90   | 1,10   | 1,20   | 1,60   | 1,70   | 1,90  | 1,90   |        |        |        |        |    |    |      |
| Gut Kloster Hedersleben  | Zulauf | CSB                | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | 477    | -      | 336    | -      | -      | -      | -      | 315    | -      | 327    | -      | 449   | 481    | 303    | 197    | -      |        |    |    |      |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | 260    | -      | 140    | -      | -      | -      | 150    | -      | 160    | -      | 200   | 260    | 160    | 100    | -      |        |    |    |      |
|  |        | Abf.St.            | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | 58,0   | -      | 50,0   | -      | -      | -      | 34,0   | -      | 20,0   | -      | 59,0  | 59,0   | 47,0   | 27,0   | -      |        |    |    |      |
|  | Ablauf | CSB                | 17,00  | 18,00  | 20,00  | 16,00  | 20,00  | 21,00  | 17,00  | 23,00  | 16,00  | 23,00  | 15,00  | 24,00  | 25,00  | 19,00  | 27,00  | 25,00  | 23,00  | 21,00  | 28,00  | 23,00  | 29,00 | 39,00  | 50,00  | 30,00  | 23,00  | 29,00  |    |    |      |
|  |        | BSB <sub>5</sub>   | n.b.   | n.b.   | n.b.   | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     | <3     | <3    | 4,00   | <3     | <3     | <3     | 4,00   | <3 | <3 | 3,00 |
|  |        | NH <sub>4</sub> -N | 0,02   | 0,07   | 0,05   | 0,03   | 0,06   | 0,66   | 0,10   | 0,13   | 0,05   | 1,40   | 0,16   | 0,49   | 3,00   | 0,30   | 1,30   | 1,70   | 0,85   | 0,55   | 1,40   | 10,00  | 3,40  | 14,00  | 9,90   | 3,10   | 1,60   | 0,94   |    |    |      |
| NO <sub>3</sub> -N   |        | 79,55              | 53,79  | 69,16  | 25,00  | 26,00  | 32,00  | 43,00  | 36,00  | 26,00  | 55,00  | 55,00  | 53,00  | 71,00  | 64,00  | 82,00  | 88,00  | 111,00 | 99,00  | 98,00  | 106,00 | 95,00  | 72,00 | 121,00 | 95,00  | 100,00 | 111,00 |        |    |    |      |
|  |        | N <sub>ges</sub>   | 79,60  | 53,93  | 69,23  | 24,91  | 26,07  | 33,02  | 43,11  | 36,14  | 26,06  | 56,75  | 55,18  | 53,60  | 74,20  | 64,36  | 83,84  | 89,94  | 112,12 | 99,55  | 99,67  | 116,34 | 98,94 | 93,70  | 143,90 | 100,20 | 102,80 | 112,24 |    |    |      |
|  |        | P <sub>ges</sub>   | 1,66   | 4,50   | 3,20   | 4,30   | 4,50   | 5,70   | 5,60   | 5,30   | 5,50   | 6,90   | 7,20   | 6,90   | 6,20   | 6,40   | 7,70   | 9,30   | 9,90   | 9,00   | 10,00  | 10,00  | 9,80  | 9,60   | 10,70  | 9,20   | 9,50   |        |    |    |      |

**Erläuterungen :** \* Gesamtstickstoff (anorganisch und organisch) ; sonst ist immer Gesamtstickstoff anorganisch angegeben  
 Überschreitung der Einleitgrenzwerte gemäß Einleitungserlaubnis  
 Überschreitung der Grenzwerte gemäß Anhang I (nur zum Vergleich, obwohl für Kleinkläranlagen der Anhang I nicht unmittelbar gilt)

**Tabelle 5**

| Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen an PKA im LSA ( Beprobung am Ablauf der Pflanzenbeete ) |  |          |        |           |        |          |          |          |          |        |          |          |          |         |
|---|--|----------|--------|-----------|--------|----------|----------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|---------|
| PKA / Beprobung-Nr.   | 1                                      | 2        | 3      | 4         | 5      | 6        | 7        | 8        | 9        | 10     | 11       | 12       | 13       |         |
| <b>Rade</b>   | Koloniezahl (Agar, 20+-2°C) in 1000/ml | 2,60     | 6,60   | 5,60      | 1,00   | 6,10     | 9,50     | 22,00    | 1,80     | 6,20   | 3,80     | 37,00    | 5,00     | 2,30    |
|   | Koloniezahl (Agar, 36+-1°C) in 1000/ml | 1,00     | 5,20   | 2,40      | 2,30   | 4,90     | 5,80     | 19,40    | 2,70     | 7,80   | 1,00     | 34,00    | 10,80    | 8,50    |
|   | Fäkalcoliforme in KBE/ml               | 96,00    | 12,00  | 45,00     | 23,00  | 0,00     | 43,00    | 190,00   | 172,00   | 7,00   | 29,00    | 29,00    | 250,00   | 94,00   |
|   | Fäkalstreptokokken in KBE/ml           | 2,00     | 20,00  | 3,00      | 1,00   | 49,00    | 3,00     | 45,00    | 2,00     | 6,00   | 0,00     | 0,00     | 54,00    | 10,00   |
| <b>Einsdorf</b>   | Koloniezahl (Agar, 20+-2°C) in 1000/ml | 39,00    | 14,40  | 60,00     | 5,20   | 22,30    |          |          |          |        |          |          |          |         |
|   | Koloniezahl (Agar, 36+-1°C) in 1000/ml | 25,40    | 12,50  | 45,90     | 6,60   | 30,50    |          |          |          |        |          |          |          |         |
|   | Fäkalcoliforme in KBE/ml               | 220,00   | 590,00 | 2.200,00  | 150,00 | 1.100,00 |          |          |          |        |          |          |          |         |
|   | Fäkalstreptokokken in KBE/ml           | 69,00    | 11,00  | 350,00    | 158,00 | 180,00   |          |          |          |        |          |          |          |         |
| <b>Domäne Bobbe</b>   | Koloniezahl (Agar, 20+-2°C) in 1000/ml | 3.560,00 | 166,00 | 123,00    | 66,00  | 4.240,00 | 380,00   | 19,00    | 38,00    | 18,00  | 1.550,00 | 6,00     | 18,00    | 280,00  |
|   | Koloniezahl (Agar, 36+-1°C) in 1000/ml | 3.160,00 | 72,00  | 118,00    | 83,00  | 7.000,00 | 170,00   | 31,00    | 104,00   | 10,00  | 260,00   | 2,00     | 30,00    | 360,00  |
|   | Fäkalcoliforme in KBE/ml               | >40.000  | >2.000 | 18.800,00 | 173,00 | >10.000  | 7.000,00 | 2.000,00 | 2.700,00 | 580,00 | >10.000  | 60,00    | 2.200,00 | >10.000 |
|   | Fäkalstreptokokken in KBE/ml           | 21,00    | 5,00   | 27,00     | 5,00   | >10.000  | 200,00   | 10,00    | 7,00     | 2,00   | 70,00    | 3,00     | 3,00     | 190,00  |
| <b>Buchholz-mühle</b>   | Koloniezahl (Agar, 20+-2°C) in 1000/ml | 1,00     | 17,60  | 9,50      | 93,00  | 11,90    | 0,90     | 0,20     | 0,40     | 2,10   | 0,60     | 0,60     | 1,20     | 0,20    |
|   | Koloniezahl (Agar, 36+-1°C) in 1000/ml | 0,80     | 6,60   | 11,20     | 91,00  | 19,00    | 0,50     | 0,10     | 1,30     | 3,20   | 0,40     | 1,20     | 0,60     | 0,40    |
|   | Fäkalcoliforme in KBE/ml               | 39,00    | 9,00   | 24,00     | 238,00 | 0,00     | 2,00     | 3,00     | 7,00     | 17,00  | 4,00     | 1,00     | 56,00    | 4,00    |
|   | Fäkalstreptokokken in KBE/ml           | 0,00     | 0,00   | 3,00      | 49,00  | 26,00    | 0,00     | 2,00     | 1,00     | 3,00   | 0,00     | 0,00     | 3,00     | 0,00    |
| <b>Dietrichs-dorfer Mühle</b>   | Koloniezahl (Agar, 20+-2°C) in 1000/ml | 16,60    | 21,70  | 3,10      | 17,60  | 7,40     | 22,80    | 15,20    | 7,20     | 26,60  | 5,00     | 3,20     | 1,90     |         |
|   | Koloniezahl (Agar, 36+-1°C) in 1000/ml | 8,70     | 32,80  | 2,00      | 21,20  | 3,60     | 33,00    | 74,00    | 28,40    | 29,60  | 4,70     | 16,00    | 6,50     |         |
|   | Fäkalcoliforme in KBE/ml               | 93,00    | 13,00  | 15,00     | 150,00 | 1,00     | 320,00   | 21,00    | 14,00    | 54,00  | 40,00    | 180,00   | 29,00    |         |
|   | Fäkalstreptokokken in KBE/ml           | 25,00    | 15,00  | 6,00      | 115,00 | 19,00    | 25,00    | 37,00    | 43,00    | 34,00  | 4,00     | 119,00   | 4,00     |         |
| <b>Coswig Deppe</b>   | Koloniezahl (Agar, 20+-2°C) in 1000/ml | 2.000,00 | 352,00 | 166,00    | 240,00 | 2.880,00 | 970,00   | 138,00   | 186,00   | 56,00  | 200,00   | 480,00   | 110,00   | 14,00   |
|   | Koloniezahl (Agar, 36+-1°C) in 1000/ml | 340,00   | 14,00  | 35,00     | 48,00  | 144,00   | 126,00   | 112,00   | 252,00   | 304,00 | 29,00    | 400,00   | 154,00   | 40,00   |
|   | Fäkalcoliforme in KBE/ml               | 32,00    | 7,00   | 31,00     | 39,00  | 0,00     | 300,00   | 400,00   | 300,00   | 21,00  | 26,00    | 2.000,00 | 850,00   | 74,00   |
|   | Fäkalstreptokokken in KBE/ml           | 0,00     | 0,00   | 0,00      | 1,00   | 362,00   | 0,00     | 0,00     | 1,00     | 1,00   | 0,00     | 0,00     | 14,00    | 3,00    |
| <b>Hermanns-eck</b>   | Koloniezahl (Agar, 20+-2°C) in 1000/ml | 1,60     |        |           |        |          |          |          |          |        |          |          |          |         |
|   | Koloniezahl (Agar, 36+-1°C) in 1000/ml | 1,50     |        |           |        |          |          |          |          |        |          |          |          |         |
|   | Fäkalcoliforme in KBE/ml               | 18,00    |        |           |        |          |          |          |          |        |          |          |          |         |
|   | Fäkalstreptokokken in KBE/ml           | 2,00     |        |           |        |          |          |          |          |        |          |          |          |         |

**Tabelle 5**

| Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen an PKA im LSA ( Beprobung am Ablauf der Pflanzenbeete ) |  |       |       |        |      |       |       |   |   |   |    |    |    |    |
|---|--|-------|-------|--------|------|-------|-------|---|---|---|----|----|----|----|
| PKA / Beprobung-Nr.   |  | 1     | 2     | 3      | 4    | 5     | 6     | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| <b>Villa Jühling</b>  | Koloniezahl (Agar, 20+-2°C) in 1000/ml | 5,30  | 1,30  |        |      |       |       |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Koloniezahl (Agar, 36+-1°C) in 1000/ml | 14,00 | 2,80  |        |      |       |       |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Fäkalcoliforme in KBE/ml               | 6,00  | 21,00 |        |      |       |       |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Fäkalstreptokokken in KBE/ml           | 2,00  | 2,00  |        |      |       |       |   |   |   |    |    |    |    |
| <b>Frankroda</b>  | Koloniezahl (Agar, 20+-2°C) in 1000/ml | 1,50  | 9,60  |        |      |       |       |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Koloniezahl (Agar, 36+-1°C) in 1000/ml | 1,40  | 6,00  |        |      |       |       |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Fäkalcoliforme in KBE/ml               | 2,00  | 5,00  |        |      |       |       |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Fäkalstreptokokken in KBE/ml           | 2,00  | 0,00  |        |      |       |       |   |   |   |    |    |    |    |
| <b>Janisroda</b>  | Koloniezahl (Agar, 20+-2°C) in 1000/ml | 7,20  | 15,60 |        |      |       |       |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Koloniezahl (Agar, 36+-1°C) in 1000/ml | 9,60  | 20,40 |        |      |       |       |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Fäkalcoliforme in KBE/ml               | 10,00 | 30,00 |        |      |       |       |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Fäkalstreptokokken in KBE/ml           | 1,00  | 1,00  |        |      |       |       |   |   |   |    |    |    |    |
| <b>Samswegen</b>  | Koloniezahl (Agar, 20+-2°C) in 1000/ml | 0,80  | 0,73  | 40,00  | 1,80 | 1,20  | 0,46  |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Koloniezahl (Agar, 36+-1°C) in 1000/ml | 0,11  | 0,29  | 27,00  | 1,90 | 0,14  | 0,85  |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Fäkalcoliforme in KBE/ml               | 8,00  | 23,00 | 450,00 | 3,00 | 0,00  | 3,00  |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Fäkalstreptokokken in KBE/ml           | n.b.  | 1,00  | 0,00   | >300 | 0,00  | 0,00  |   |   |   |    |    |    |    |
| <b>Geest-gottberg</b>   | Koloniezahl (Agar, 20+-2°C) in 1000/ml | 1,30  | 0,72  | 0,76   | 0,40 | 4,00  | 0,74  |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Koloniezahl (Agar, 36+-1°C) in 1000/ml | 0,57  | 1,20  | 0,80   | 1,20 | 3,80  | 0,07  |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Fäkalcoliforme in KBE/ml               | 25,00 | 25,00 | 14,00  | 3,00 | 28,00 | 23,00 |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Fäkalstreptokokken in KBE/ml           | 5,00  | 1,00  | 0,00   | 0,00 | 0,00  | 0,00  |   |   |   |    |    |    |    |
| <b>Elbeu</b>  | Koloniezahl (Agar, 20+-2°C) in 1000/ml | 0,32  | 1,00  | 7,50   | 0,51 | 1,70  | 0,76  |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Koloniezahl (Agar, 36+-1°C) in 1000/ml | 0,25  | 0,44  | 3,00   | 0,40 | 0,93  | 1,70  |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Fäkalcoliforme in KBE/ml               | 1,00  | 1,00  | 5,00   | 5,00 | 1,00  | 48,00 |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Fäkalstreptokokken in KBE/ml           | n.b.  | 1,00  | 0,00   | >300 | 0,00  | 1,00  |   |   |   |    |    |    |    |
| <b>Kloster Hedersleben</b>  | Koloniezahl (Agar, 20+-2°C) in 1000/ml | 1,30  | 1,80  | 0,28   | 0,05 | 0,40  | 1,50  |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Koloniezahl (Agar, 36+-1°C) in 1000/ml | 0,57  | 1,20  | 0,21   | 0,01 | 0,32  | 1,00  |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Fäkalcoliforme in KBE/ml               | 25,00 | 47,00 | 0,00   | 0,00 | 12,00 | 41,00 |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Fäkalstreptokokken in KBE/ml           | 5,00  | 0,00  | 0,00   | 0,00 | 2,00  | 18,00 |   |   |   |    |    |    |    |