



Bayerisches Landesamt  
für Wasserwirtschaft

A large, stylized blue brushstroke graphic that starts as a thick, rounded shape on the left and tapers into a thin, elongated shape on the right, resembling a calligraphic 'W' or a similar abstract form.

**Entwässerungsverhalten von  
Faulschlamm – Abhängig-  
keit von mikrobieller  
Populationsstruktur und  
Schlammumwälzung**

Materialien Nr. 97 (Mai 2001)

**Entwässerungsverhalten von  
Faulschlamm – Abhängig-  
keit von mikrobieller  
Populationsstruktur und  
Schlammumwälzung**

Materialien Nr. 97 (Mai 2001)

**Herausgeber:** Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Lazarettstraße 67, D-80636 München,  
eine Behörde im Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung  
und Umweltfragen

**Bearbeitung:** Dr. Uwe Temper, Gernlinden  
Dr. Hilde Lemmer, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft

**Druck:** Eigendruck  
Für den Druck wurde Recycling-Papier aus 100% Altpapier verwendet.

**Nachdruck und Wiedergabe – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung des Herausgebers**

## Vorwort

Ein Problem vieler Kläranlagen ist die schlechte Entwässerbarkeit der Faulschlämme. Daher hat das Landesamt für Wasserwirtschaft ein entsprechendes F+E-Vorhaben an Herrn Dr. Temper vergeben. Nach den jetzt vorliegenden Untersuchungsergebnissen geht mit einer besseren Entwässerbarkeit ein erhöhter Fädigkeitsgrad anaerober methanogener Bakterien einher. Diese anaeroben Fadenbakterien nehmen dabei nicht direkt Einfluss auf das Entwässerungsverhalten, sondern sind als "Indikator" für den Energieeintrag durch die eingesetzten Schlammumwälzungssysteme zu sehen.

Erhöhter Energieeintrag mit zunehmender Scherkraftbeanspruchung der Schlammteilchen kann zum Zerfall von Fadenbakterien und zur Zerstörung des Flockenverbands führen. Dadurch werden die Gesamtoberfläche vergrößert und zusätzliche Ladungsträger freigelegt, wodurch sich die Entwässerbarkeit verschlechtert.

Wie die Untersuchung zeigt, kann bereits bei einem schonenden volumenbezogenen Energieeintrag  $< 3 \text{ W/m}^3$  eine ausreichende Einmischung und Umwälzung des Faulgutes sichergestellt werden, ohne dass Fädigkeitsgrad und anaerober Abbau erkennbar beeinträchtigt werden. In der Praxis wird damit sowohl Energie eingespart als auch die Schlammkonditionierung verbessert.

Wir möchten an dieser Stelle allen Kläranlagenbetreibern danken, die dieses Vorhaben tatkräftig unterstützt haben. Dem Staatministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen danken wir für die Finanzierung des Projekts.

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft

Abteilung "Stoffbewertung und Analytik"

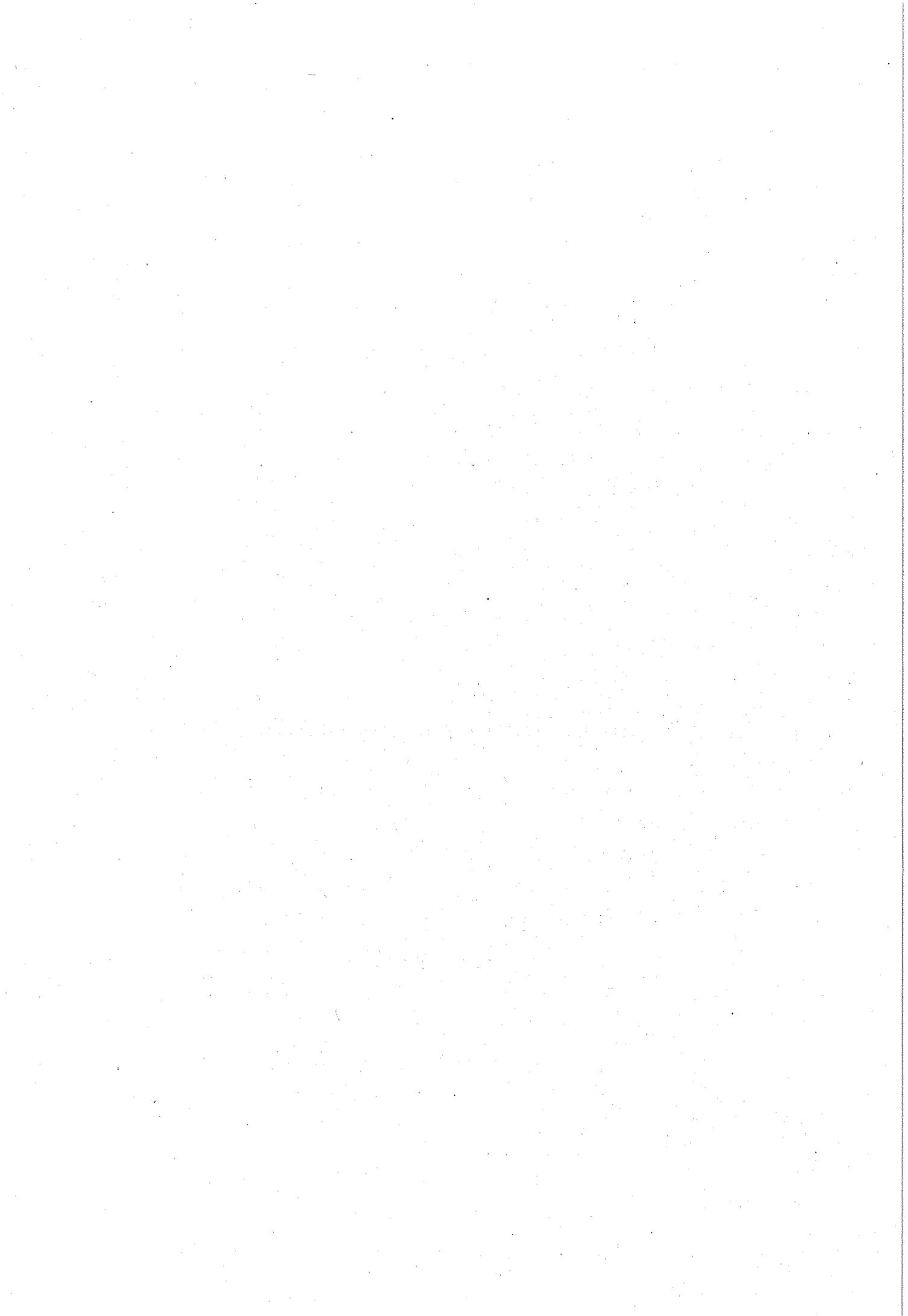
München, im März 2001

Dr. Reinhard Röder, Chemiedirektor



# INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Zusammenfassung	1
1 Anlaß und Ziel der Untersuchungen	2
2 Untersuchungsprogramm	3
3 Schlammmentwässerung - Begriffe und Kenntnisstand	7
3.1 Begriffsdefinitionen	8
3.2 Wasseranteile in Klärschlämmen	9
3.3 Polymerkonditionierung von Klärschlämmen	11
3.4 Einflußgrößen auf die Schlammmentwässerung	12
4 Darstellung der Untersuchungsergebnisse	14
4.1 Allgemeines	14
4.2 Tabellen und Graphiken	15
5 Verbreitung und Zusammensetzung fädiger Faulschlämme	18
5.1 Begriffsbestimmungen	18
5.2 Untersuchungsergebnisse	19
6 Zusammenhänge zwischen Schlammfädigkeit, Schlammmentwässerungseigenschaften und Prozeßparametern der Schlammumwälzung	23
6.1 Beziehung zwischen Schlammfädigkeit und den Entwässerungseigenschaften	23
6.2 Auswirkungen des Energieeintrages und des Pumpbetriebes	25
6.2.1 Beziehung zwischen Energieeintrag und Schlammfädigkeit	25
6.2.2 Beziehung zwischen Energieeintrag und den Entwässerungseigenschaften	26
6.2.3 Beziehung zwischen Energieeintrag und den Schlammpartikelgrößen	26
6.2.4 Beziehung zwischen Pumpbetrieb und der Schlammfädigkeit sowie den Entwässerungseigenschaften	27
7 Bewertung der Ergebnisse	28
8 Ausblick	32
9 Dank	33
10 Literaturverzeichnis	34



# Entwässerungsverhalten von FaulschlÄmmen – AbhÄngigkeit von mikrobieller Populationsstruktur und SchlammumwÄlz ung

---

## Zusammenfassung

Die Untersuchungen ergaben eine weite Verbreitung fÄdiger FaulschlÄmme. Bezeichnend ist das geringe Spektrum von nur drei festgestellten Fadentypen der anaeroben Schlamm biozÄnose, die taxonomisch alle den Methanbakterien zuzuordnen sind. Zwischen dem FÄdigkeitsgrad methanogener Bakterien und dem EntwÄsserungsverhalten der SchlÄmme ist ein Zusammenhang offensichtlich. Die Beziehung ist allerdings nicht kausaler Art, sondern wird nach diesen Untersuchungen mittelbar über den Energieeintrag der SchlammumwÄlz ung bestimmt. Interpretiert werden können die ZusammenhÄnge durch die mit steigendem Energieeintrag zunehmende Scherkraftbeanspruchung der Schlamm partikel, die einerseits zu einer Fragmentierung von Fadenbakterien und andererseits zu einer verstÄrkten HerauslÄsung von Einzelzellen und kleineren Zellaggregaten aus dem Flockenverband mit der Folgewirkung einer vergrÄßerten GesamtoberflÄche und Freilegung zusÄtzlicher LadungstrÄger, insbesondere extrazellulÄrer polymerer Substanzen (EPS), fÄhren. Wie die Auswertungen zeigen, kann unter Beachtung von Randfaktoren eine ausreichende Einmischung und UmwÄlz ung des Faulgutes ohne erkennbare BeeintrÄchtigung des Abbauergebnisses bereits bei einem volumenbezogenen Energieeintrag  $< 3 \text{ W/m}^3$  sichergestellt werden. Vorteile fÄr die Praxis ergÄben sich durch einen geringeren Energieverbrauch sowie durch Einsparungen bei der Schlammkonditionierung, deren Ausmaß im wesentlichen von der jeweils vorliegenden Faulschlamm-Matrix bestimmt wird. Weitere Ergebnisse der Untersuchungen sind Beziehungsmuster verschiedener entwÄsserungsrelevanter Schlamm- und Betriebskennwerte.

## 1 Anlaß und Ziel der Untersuchungen

Aufgrund zunehmender Anforderungen an die Beschaffenheit und die Eigenschaften von Klärschlämmen bei deren Verwertung und Entsorgung hat die maschinelle Entwässerung als Verfahrensschritt nach der erfolgten Stabilisierung des Schlammes stark an Bedeutung zugenommen. Die hierbei angestrebten hohen Entwässerungsgrade machen eine vorherige Konditionierung des Schlammes notwendig, wozu heute in großem Umfang organische Flockungshilfsmittel, zum größten Teil Polymere oder Copolymere auf der Basis von Acrylamid, eingesetzt werden. Dies gilt sowohl für Zentrifugen als auch für Bandfilterpressen sowie in steigendem Maß auch für Kammerfilterpressen als den gebräuchlichsten maschinellen Entwässerungssystemen.

Sowohl der maschinell erreichbare Entwässerungsgrad wie auch die benötigte Menge an Konditionierungsmittel werden über das Wasserbindevermögen und die zu kompensierende Ladungsmenge durch die partikulären Stoffeigenschaften des zu entwässernden Schlammes bestimmt, die somit auch zum maßgebenden Faktor für die Kosten der Schlammentwässerung und -entsorgung werden.

Die Zusammenhänge zwischen stofflicher Beschaffenheit und den Entwässerungseigenschaften von Schlämmen sind sehr komplexer Natur und das Wissen hierüber trotz vieler Untersuchungen noch fragmentarisch. Unzureichend ist vor allem der Kenntnisstand zu den vielfältigen Ursache/Wirkung-Beziehungen und Abhängigkeiten in der Verfahrenskette von Schlammanfall bis -entwässerung insbesondere vor dem Hintergrund betrieblicher Eingriffsmöglichkeiten, so daß sich unter dem Aspekt möglicher Kostenreduzierungen der noch notwendige Forschungsbedarf zu diesem Themenkomplex in zwei Teilbereiche untergliedern läßt:

- Ermittlung der für die Entwässerungseigenschaften maßgebenden partikulären Stoffmerkmale (Form, Größe, Zusammensetzung) von Schlämmen.

- Bestimmung von verfahrens- und betriebstechnischen Einflußfaktoren der Abwasser- und Schlammbehandlung auf die entwässerungsrelevanten Stoffmerkmale von Schlämmen.

Hierzu wurden im Rahmen des Vorprojektes Untersuchungen zur mikrobiellen Zusammensetzung und Fädigkeitsstruktur als partikuläre Eigenschaften anaerob stabiler Klärschlämme vorgenommen, die zu diesem Themenbereich bislang ausstanden und neben einer weiten Verbreitung fädiger Faulschlämme Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen Schlammentwässerungsverhalten und Faulschlamm-Fädigkeit mit der praktizierten Verfahrensweise der Schlammumwälzung (Dauer, Intensität) als gemeinsamer Ursache ergaben [1].

Letztere Befunde stellen auch die Arbeitshypothese für das aktuelle Vorhaben dar, in dem die noch als vorläufig zu wertenden Ergebnisse des Vorprojektes verifiziert und durch weitere und vertiefte Untersuchungen zu diesem Themenkomplex ergänzt werden sollen. Hierzu wurde u.a. der Parameter- und Analysenumfang deutlich erweitert und für eine verbesserte Ergebnisabsicherung die Anzahl der zu untersuchenden Kläranlagen von vierundzwanzig auf fünfzig erhöht.

## **2 Untersuchungsprogramm**

Die Untersuchungen umfaßten insgesamt 50 Kläranlagen im bayerischen Raum mit anaerober Schlammstabilisierung, davon, mit einer Ausnahme, die vierundzwanzig Anlagen des Vorprojektes sowie 26 ergänzend hinzugekommene Anlagen, bei deren Auswahl vor allem Wert auf eine möglichst breite Palette hinsichtlich Ausbaugröße, Industrieabwassereinfluß, Anlagenkonfiguration und Betriebsweise der Schlammbehandlung gelegt wurde. Bei den untersuchten Anlagen handelt es sich in 49 Fällen um kommunale Anlagen, in einem Fall um eine reine Industriekläranlage aus dem Lebensmittelbereich als der einzigen diesbezüglichen Anlage mit anaerober Schlammstabilisierung im Untersuchungsgebiet.

Die Schlammfäulung erfolgt bei allen Anlagen im mesophilen Temperaturbereich, bei zwei Anlagen mit erster thermophiler Stufe und bei drei Anlagen mit einer jeweils vorgeschalteten Einheit zur aerob thermophilen Schlammstabilisierung (ATS-Anlagen). In 20 Fällen liegt ein einstufiger Faulbetrieb vor, in 30 Fällen erfolgt die Schlammbehandlung in zwei- oder mehrstufigen Faulanlagen mit teilweiser Nutzung der letzten Faulstufe als Eindicker mit Trübwasserabzug und damit Entkoppelung von hydraulischer und Feststoff-Verweilzeit.

Die Untersuchungen wurden zwischen Oktober 1997 und Juni 1998 in Form einer Datenerhebung vor Ort sowie Probenahme mit anschließender Analytik im Labor vorgenommen, in sieben Fällen erfolgte zu Vergleichszwecken eine Zweitbeprobung. Soweit technisch möglich, wurde bei mehrstufigen Faulanlagen eine Beprobung aller Faulstufen vorgenommen, so daß im Rahmen dieses Projektes einschließlich der Zweitbeprobung 80 Faulschlammproben zur Untersuchung kamen.

Für die Datenerhebung wurde ein Fragebogen erstellt, der neben allgemeinen Angaben zur untersuchten Kläranlage und dem angewandten Abwasserreinigungsverfahren einschließlich den technischen Einrichtungen der mechanischen Vorreinigung und der Belastung der biologischen Behandlungsstufe zur Beurteilung der Beschaffenheit des Überschussschlammes vor allem auch speziellere Angaben zum technischen Inventar und Betrieb der Schlammbehandlung liefern sollte, um eine möglichst breite Basis für die Auswertungen insbesondere im Zusammenhang mit den ermittelten Schlammkennwerten zur Verfügung zu haben.

Die Faulschlammproben wurden in Abhängigkeit der vorhandenen Entnahmeeinrichtungen aus den Ablauf- oder Umwälzleitungen der Faulbehälter nach Abzug einer größeren Vorlaufmenge und Vorliegen eines gleichmäßigen Schlammflusses gezogen. Die Probenahme erfolgte jeweils zu Wochenbeginn (Montag), um wegen des erforderlichen Transportes des Schlammes zu mehreren Untersuchungsstellen eine für einige Parameter erforderliche schnelle und unterbrechungsfreie Probenbearbeitung ohne Wochenendlagerung sicherzustellen und damit Meßartefakte auszuschließen.

## Physikalisch/chemische Schlammuntersuchungen

Die physikalisch/chemischen Schlammuntersuchungen umfaßten die abfolgend aufgelisteten Parameter. Sofern nicht auf Anlage 4 verwiesen, kamen DIN (DEV)-Verfahren oder daran angelehnte Untersuchungsmethoden zur Anwendung. Nicht allgemein gebräuchliche und neuere, speziell für diese Thematik entwickelte Meßverfahren sind in Anhang 4 beschrieben.

### Untersuchungsparameter / Bestimmungsmethoden

1. pH-Wert (Vor-Ort-Bestimmung)
2. Elektrische Leitfähigkeit (Vor-Ort-Bestimmung)
3. Flüchtige organische Säuren (Gaschromatographie/FID)
4. Trockenrückstand
5. Organischer Trockenrückstand (GV)
6. Ammonium-Stickstoff
7. Organisch gebundener Stickstoff
8. Phosphor
9. Kapillare Fließzeit (CST, Anlage 4)
10. Spezifischer Filtrationswiderstand (Anlage 4)
11. Zetapotential (Anlage 4)
12. Schlammladungsmenge (Anlage 4)
13. Partikelgrößenbestimmung mit Laserscanner (Anlage 4)
14. Bestimmung des Endfeststoffgehaltes mit Laborzentrifuge (Anlage 4)
15. Ermittlung des Polymerbedarfes (Anlage 4)
16. Abfiltrierbare Stoffe
17. Trübungseinheiten
18. Viskosität, dynamisch u. kinematisch (Anlage 4)

An den physikalisch/chemischen Schlammuntersuchungen waren folgende Institutionen beteiligt:

- Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Wasserforschung / München (Parameter 3-10)
- Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Technische Universität Braunschweig, Lehrstuhl Prof. N. Dichtl (Parameter 11-17)
- Lehrstuhl für Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Technische Universität München, Lehrstuhl Prof. P.A. Wilderer (Parameter 3, 6, 7, teilweise)
- Lehrstuhl für Fluidmechanik und Prozeßautomation, Technische Universität München, Lehrstuhl Prof. A. Delgado (Parameter 18)

### **Mikrobiologische Schlammuntersuchungen**

Die mikrobiologischen Untersuchungen des Faulschlammes umfaßten die Mikroskopierung von Nativ- und Färbepreparaten (Gram-, Neisser-Färbung) mit taxonomischer Zuordnung vorhandener Fadenorganismen und Quantifizierung der Fädigkeit sowohl faulschlambürtiger Fadenbakterien als auch über den Überschußschlamm eingetragener aerober bzw. fakultativ anaerober Fadenbildner.

Für die Untersuchung der Nativpräparate wurde ein Phasenkontrastmikroskop mit Auflicht-Fluoreszenzeinrichtung (Filterzusammensetzung: Erregerfilter G 436, Farbteiler FT 510, Sperrfilter LP 520) verwendet, da sich aufgrund der Eigenschaft von Methanbakterien, bei Bestrahlung mit kurzwelligem UV-Licht grün zu fluoreszieren, diese von den übrigen Bakterien im Faulschlamm optisch unterscheiden lassen (Ausnahme s. unten).

Außerdem wurden Gensondenuntersuchungen zur Identifizierung fadenförmiger Methanbakterien durchgeführt, die wegen fehlender mikroskopischer Nachweismöglichkeit vor allem auch Aussagen zum Vorkommen von *Methanosaeta concilii* in nichtfädiger Ausprägung liefern sollten.

Zusätzlich zum Faulschlamm wurden die Belebt- bzw. Tropfkörperschlämme der betreffenden Kläranlage mikroskopisch untersucht. Hierdurch sollten Aufschlüsse zum Charakter und zur Fädigkeit des in die Faulung eingebrachten Überschussschlammes gewonnen werden. Außerdem wurden durch die Vergleichsuntersuchungen Aussagen zum Verhalten und zur Persistenz aerober Fadenorganismen aus dem Abwasserbehandlungsteil unter den Milieubedingungen der anaeroben Schlammstabilisierung erwartet.

Die mikroskopischen Schlammanalysen wurden am Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Wasserforschung / München von Frau Dipl. Biol. G. Lind durchgeführt (Nativpräparate Methanbakterien: Herr Dr. U. Temper). Die Gensondenuntersuchungen (Methodenbeschreibung s. Anlage 4) erfolgten am Institut für Technischen Umweltschutz der TU Berlin, Fachgebiet Ökologie der Mikroorganismen, unter wissenschaftlicher Leitung von Herrn Dr. W. Manz.

### **3 Schlammmentwässerung - Begriffe und Kenntnisstand**

Abfolgend wird ein stichpunktartiger Abriß zum aktuellen Kenntnisstand der maschinellen Schlammmentwässerung gegeben, dem in Anlehnung an [2] einige Begriffserklärungen vorangestellt sind. Letzteres, weil einige dieser im folgenden verwendeten Begriffe, obwohl unterschiedlich definiert, in der Abwasserpraxis und teilweise auch in der Fachliteratur synonym gebraucht werden und zu Mißverständnissen und Fehlinterpretationen führen können. Hierzu gehört auch der häufig vorgenommene Rückschluß vom Entwässerungsverhalten bzw. der Wasserabgabegeschwindigkeit (z.B. CSTsp., spezif. Filtrationswiderstand) auf das Entwässerungsergebnis bzw. den erreichbaren Endfeststoffgehalt, was prinzipbedingt ebenso wenig zulässig ist wie umgekehrt ein gegebener TR-Austrag keine verlässlichen Aussagen zum benötigten Konditionierungsmittelbedarf erlaubt und somit auch die Einschätzung von "gut" oder "schlecht" entwässerbarem Schlamm entsprechend relativiert.

### **3.1 Begriffsdefinitionen**

#### **Schlammmentwässerung**

Schlammmentwässerung bedeutet in der Abwassertechnik die Abtrennung von Schlammwasser mit Hilfe mechanischer oder anderer äquivalenter Kräfte, die in ihrer Wirkung über das natürliche Schwerfeld im Rahmen der Eindickung hinaus gehen. Verfahrenstechnisch handelt es sich um einen Vorgang der Fest-Flüssig-Trennung, wobei die vorgenommene Unterscheidung zwischen natürlicher und maschineller Entwässerung lediglich anwendungsspezifische Bedeutung hat [3].

#### **Entwässerungsverhalten**

Das Entwässerungsverhalten kennzeichnet die Wasserabgabe von Schlämmen pro Zeiteinheit. Das Entwässerungsverhalten steht in enger Beziehung zur Schlammkonditionierung, durch die eine Beschleunigung des Wasserabgabevermögens bewirkt wird.

#### **Entwässerbarkeit**

Die Entwässerbarkeit beschreibt die Einflüsse der partikulären Stoffeigenschaften (z.B. Größe, Zusammensetzung und Form der Schlammartikel) auf den Endfeststoffgehalt und Abscheidegrad.

#### **Entwässerungsergebnis**

Das Entwässerungsergebnis stellt den erreichten Endfeststoffgehalt und Abscheidegrad von Schlämmen nach dem Konditionierungs- und Entwässerungsvorgang dar.

#### **Entwässerungseigenschaften**

Die Entwässerungseigenschaften beeinflussen die Vorgänge bei der Schlammmentwässerung, d.h. das Entwässerungsverhalten, die Entwässerbarkeit und das Entwässerungsergebnis. Die Entwässerungseigenschaften werden durch Stoffgrößen geprägt, die durch geeignete Meßmethoden bestimmt werden können und über die

resultierenden Kennwerte eine Charakterisierung und Beurteilung des Entwässerungsprozesses und -ergebnisses ermöglichen.

### **Entwässerungskennwerte**

Zu differenzieren ist zwischen den zustands- und den prozeßbeschreibenden Kennwerten. Erstere beschreiben die Stoffeigenschaften der Schlammpartikel, insbesondere deren Größe, Form und Zusammensetzung. Zu dieser Gruppe gehören z. B. der Trockenrückstand, der organische Trockenrückstand (GV), der Partikelfeinanteil, die Partikeloberflächenladung, die Dichte oder auch das Verhältnis Überschußschlamm/Primärschlamm. Die prozeßbeschreibenden Kennwerte werden maßgeblich durch die partikulären Stoffeigenschaften geprägt und machen Aussagen zum Wasserabgabevermögen der Schlämme (Entwässerungsverhalten, s. oben). Beispiele für diese Gruppe sind die kapillare Fließzeit (CST) und der spezifische Filtrationswiderstand, wobei sich für beide Parameter oft gute Übereinstimmungen mit der benötigten Polymermenge zur Schlammkonditionierung ergeben. Allgemein gilt: Je höher der Ausgangswert dieser Parameter, desto höher ist auch der spezifische Konditionierungsmittelbedarf.

### **3.2 Wasseranteile in Klärschlämmen**

Das in Klärschlämmen enthaltene Schlammwasser ist in unterschiedlicher Weise und Intensität in der Schlammstruktur gebunden. Gemäß ihrer physikalischen Bindung an die Schlammpartikel lassen sich im wesentlichen vier Wasserfraktionen unterscheiden:

- Das freie Wasser, das keine Bindung an die Schlammpartikel aufweist. Das freie Wasser stellt den größten Wasseranteil im Klärschlamm dar und kann mit Hilfe mechanischer Kräfte, z.B. im Zentrifugalfeld oder durch Filtration, vollständig abgetrennt werden.
- Das Zwischenraumwasser, das durch Kapillarkräfte physikalisch zwischen den Klärschlammpartikeln in der Flocke gebunden wird. Es kann aufgrund der ver-

gleichsweise höheren Bindungsintensität mit mechanischen Kräften nicht oder nur mehr zu geringen Teilen von der Suspension abgetrennt werden.

- Das Oberflächenwasser, das in Form von Adhäsions- und Adsorptionswasser (mono- bis polymolekulare Schichten) physikalisch fest an die Partikel gebunden ist.
- Das im wesentlichen aus Cytoplasmaflüssigkeit bestehende Zellinnenwasser.

Oberflächen- und insbesondere Zellinnenwasser sind zum Großteil den im Faulschlamm enthaltenen Mikroorganismen zuzuordnen (Organismen der anaeroben Schlammbiozönose, abbauresistenter Anteil des eingebrachten Überschussschlammes). Die beiden Wasserarten sind physikalisch/chemisch am stärksten an die Partikel gebunden und ausschließlich thermisch zu entfernen. Sie sind analytisch derzeit nur in ihrer Summe zu erfassen und werden oftmals als gebundener Wasseranteil bezeichnet.

Eine Möglichkeit zur Ermittlung des maschinell abtrennbaren Wasseranteils bietet sich neuerdings durch thermogravimetrische Messungen [4]. Dagegen scheint der bei betreffenden Untersuchungen zur Differenzierung des verbleibenden Schlammwassers dilatometrisch bestimmte Anteil an gebundenem Wasser deutlich unterrepräsentiert zu sein, da Mikroorganismen im Regelfall Wassergehalte zwischen etwa 70 - 85 % aufweisen [5].

Mit Hilfe der Thermogravimetrie gewonnene Ergebnisse lassen außerdem den Schluß zu, daß die Polymerkonditionierung über den Effekt der Schlammflockenagglomeration (Erhöhung der Teilchengröße) ausschließlich eine Steigerung der Wasserabgabegeschwindigkeit bewirkt und sowohl Polymermenge als auch Polymerprodukt letztendlich ohne messbaren Einfluß auf das maximal erreichbare Entwässerungsergebnis sind [4]. Aufgrund der relativ kurzen Aufenthaltszeit des zu entwässernden Schlammes in den Entwässerungsaggregaten ist das maximale Entwässe-

rungsergebnis allerdings nur bei sehr hoher Wasserabgabegeschwindigkeit und damit optimaler Schlammkonditionierung zu erreichen.

Gleichzeitig würde dieser Befund bedeuten, daß die Bindungsintensität des bei der Schlammkonditionierung durch ladungskompensierende Polyelektrolyte freigesetzten Wassers geringer ist als die zur Schlammentwässerung aufgebrauchten mechanischen Kräfte, oder aber der frei werdende Wasseranteil in seiner Größenordnung unbedeutend und damit meßanalytisch nur schwer zu erfassen ist (s. nächster Punkt).

### **3.3 Polymerkonditionierung von Klärschlämmen**

Die Wirkungsmechanismen von Polyelektrolyten als Flockungshilfsmittel sind sehr komplex und lassen sich prinzipiell in Koagulation und Flockulation unterteilen.

Die fein suspendierten Teilchen und Kolloide von Klärschlämmen sind überwiegend negativ geladen und stoßen sich aufgrund der gleichnamigen Ladung gegenseitig ab, was die Sedimentation der Teilchen erschwert. Mit Zufuhr einer entsprechenden Menge positiver Ionen, z.B. kationischer Polyelektrolyte, erfolgt eine Oberflächenentladung mit Freiwerden von Hydratationswasser und ermöglicht ein weiteres Zusammenlagern der Teilchen zu Mikroflocken (Koagulation).

Die Makromolekülstruktur von Polyelektrolyten führt über Wechselwirkungen zwischen Feststoffoberflächen und polaren Polymergruppen und/oder mit einer indirekten Brückenbildung von Wasserstoffionen oder anderen Kationen zu einer Vernetzung von Feststoffteilchen, woraus sich größere Agglomerate bzw. Makroflocken bilden (Flockulation), die eine höhere Sedimentationsgeschwindigkeit bewirken sowie besser filtrierbar sind (s. nächster Punkt).

### 3.4 Einflußgrößen auf die Schlammentwässerung

Die Entwässerungseigenschaften von Schlämmen werden vom granulometrischen Zustand des Schlammes zum Zeitpunkt der Entwässerung bestimmt und von einer Vielzahl von im Einzelfall unterschiedlich zu gewichtenden Faktoren beeinflusst, beginnend mit dem Einzugsgebiet der Kläranlage und der Abwasserbeschaffenheit, folgend mit der Behandlungskette der mechanischen und biologischen Abwasserreinigung mit Auswirkungen auf den stofflichen Charakter und die Zusammensetzung des Rohschlammes, und endend mit der Verfahrenstechnik und dem Betriebsmodus der anaeroben Schlammstabilisierung.

Von grundlegender Bedeutung für die Trennung von Feststoffpartikeln einer Suspension ist neben der Dichtedifferenz zwischen Schlammpartikeln und Umgebungsmedium (relevant für Sedimentation) vor allem die Partikelgröße, die als Bestandteil der Grundgleichungen sowohl der Sedimentation als auch der Filtration neben verfahrenstechnischen Parametern wie z.B. Zentrifugalbeschleunigung und Filtrationsdruck zum bestimmenden Faktor für die Phasentrennung wird [vgl. 2].

Problematisch ist demnach ein hoher feinputikulärer Anteil, der durch Koagulationsvorgänge und die Bildung von Makroflocken bei der Schlammkonditionierung mit Polyelektrolyten allerdings kompensiert werden kann und die Bedeutung für das Entwässerungsergebnis entsprechend relativiert. Andererseits könnte durch die größere Oberfläche feinerer Partikel mehr Adsorptionswasser angelagert werden, das maschinell nicht zu entfernen ist und auch zu einer Erniedrigung der Partikeldichte und in Folge zu einer Verlangsamung der Sedimentation führen würde. Diesen theoretischen Möglichkeiten ist die tatsächlich vorliegende stoffliche Oberflächenbeschaffenheit der Schlammpartikel (organisch, anorganisch etc.) gegenüberzustellen, die in Abhängigkeit von einer Vielzahl von Einflußfaktoren deutlich differieren kann und im Einzelfall von wesentlich größerer Bedeutung für die Gesamtmenge an gebundenem Oberflächenwasser ist. Entscheidend sind in diesem Zusammenhang die auf den Partikeloberflächen sich befindenden Ladungsträger, wobei Relevanz hier vor allem den bakteriell gebildeten extrazellulären polymeren Substanzen (EPS) zukommt, die

sowohl von der Faulschlammbiozönose gebildet werden [6] als auch über den Überschußschlamm in die Faulung gelangen und dort nur einem sehr langsamen Abbau unterliegen [7]. Durch Kohlenhydrate geprägte EPS enthalten neben Neutralzuckern im wesentlichen Uronsäuren als negative Ladungsträger, die funktionellen Gruppen bei EPS mit Proteinprägung sind sowohl kationischer (Aminogruppen) als auch anionischer (Carbonatgruppen) Natur, weisen im pH-Neutralbereich allerdings ebenfalls negativen Ladungscharakter auf.

Häufigster in der Praxis zur Einschätzung der Schlammentwässerbarkeit herangezogener Schlammkennwert ist der Glühverlust als Summenparameter für den organischen Feststoffanteil des Trockenrückstandes. Hierbei zeigen viele Untersuchungen zumindest in der Tendenz eine mit zunehmendem Glühverlust einhergehende Verschlechterung der Schlammentwässerbarkeit (Entwässerungsergebnis), was zumindest im Regelfall mit einem erhöhten Gehalt des Schlammes an bakterieller Zellmasse und damit auch einem erhöhten Anteil an gebundenem Wasser in Verbindung zu bringen ist. Außerdem wird durch die geringere Dichte organischer Schlammbestandteile ( $\rho$  ca.  $1 \text{ g / cm}^3$ ) im Vergleich zu anorganischer Materie ( $\rho > 2 \text{ g / cm}^3$ ) die Sedimentationsgeschwindigkeit der Partikel verringert, was bei optimaler Konditionierung des Schlammes allerdings ohne Auswirkungen auf das Entwässerungsergebnis bleiben sollte (s. oben).

Als weiterer Negativeinfluß auf die Entwässerbarkeit anaerob stabilisierter Schlämme wird allgemein ein hoher Überschußschlammanteil am Rohschlamm angesehen (Erklärung über den Glühverlust, s. oben), wie er vor allem bei kurzen Abwasserverweilzeiten in der Vorklärung (Grobentschlammung) sowie bei starker Industrieprägung des Abwassers bzw. hohen Anteilen an gelösten Inhaltsstoffen zu erwarten ist.

Durch einige Untersuchungen zumindest im Prinzip belegt ist die Scherkraftbeanspruchung von Schlammpartikeln durch Pumpen im Schlammbehandlungsteil, infolge derer es zu einer Reduzierung der mittleren Partikeldurchmesser und auch Verringerung der Wasserabgabegeschwindigkeit kommen kann, wobei hier Unterschiede zwischen einzelnen Pumpentypen offensichtlich sind (s. hierzu Abschnitt 7).

Den derzeitigen Wissensstand zur Entwässerbarkeit von Klärschlämmen zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die zahlreichen bislang zu diesem Themenbereich vorgenommenen Untersuchungen und Interpretationen, abgesehen von einigen abgesicherten grundlegenden Erkenntnissen, ein uneinheitliches und teilweise auch widersprüchliches Bild liefern. In diesem Zusammenhang zu nennen sind die Bedeutung bzw. Gewichtung bestimmter Schlammkenngrößen (z.B. feinpartikulärer Anteil), der Gebrauch von Summenparametern zur stofflichen Schlammcharakterisierung (z. B. Glühverlust, mit großer Streubreite der stofflichen Einzelkomponenten) oder auch Probleme bei der Meßmethodik (z.B. EPS-Nachweis, Quantifizierung des gebundenen Wasseranteiles). Wissenslücken existieren insbesondere für den Bereich der mechanischen und biologischen Einflußfaktoren.

## **4 Darstellung der Untersuchungsergebnisse**

### **4.1 Allgemeines**

Die folgenden Auswertungen gliedern sich in drei Teile:

- Teil 1: Mikrobiologische Befunde zur Verbreitung und Zusammensetzung fädiger Faulschlämme.
- Teil 2: Darstellung möglicher Zusammenhänge zwischen Fädigkeitsgrad und den Entwässerungseigenschaften von Schlämmen durch Kombination diesbezüglich relevanter Parameter, Auswirkung der Verfahrensweise der Schlammumwälzung und des Energieeintrages.
- Teil 3: Graphische Darstellung verschiedener Kombinationsmuster von Schlamm- und Betriebskennwerten aus der Datenerhebung (s. Anhang 3).

Nicht für die Auswertungen berücksichtigt wurden

- Kläranlage 42, beide Faulstufen (Kombination thermophil/mesophil)
- Kläranlage 7, Faulstufe 2
- Kläranlage 25, Faulstufe 2, zweite Probenahme,

da in diesen Fällen, wie nachträglich festgestellt wurde, zum Probenahmezeitpunkt entweder kein steady-state-Zustand vorlag (Kläranlage 42) oder die gezogenen Proben nicht repräsentativ waren (Kläranlagen 7 und 25). Die Stabilisierungsvorgabe als weiteres Kriterium für die Datenübernahme wurde von allen Faulschlämmen, einschließlich der ersten Faulstufe mehrstufiger Faulanlagen, erfüllt (verwendeter Stabilisierungskennwert: Flüchtige organische Säuren, s. Tab. 2.1).

Bei einigen Auswertungen wurden in Abhängigkeit der Parameterkombinationen nur die Daten der ersten Faulstufe mehrstufiger Faulanlagen verwendet, um statistische Verfälschungen durch Mehrfachberücksichtigung spezifischer Eigenschaften der jeweiligen Kläranlage bzw. des Schlammes auszuschließen. Nicht in alle Auswertungen einbezogen wurde die verbleibende Kläranlage mit der Verfahrenskombination thermophil/mesophil (Kläranlage 43) aufgrund deren spezieller Betriebsweise und Schlammcharakteristik.

Die unterschiedliche Anzahl von Wertepaaren bei den verschiedenen Graphiken erklärt sich durch teilweise fehlende Analysen.

## **4.2 Tabellen und Graphiken**

Die Darstellung und Auswertung der wichtigsten Daten und Untersuchungsergebnisse erfolgte in tabellarischer und graphischer Form:

## Anhang 1: Tabellen 1-3

- Tab. 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme (Tab. 1.1.1 - 1.50.4)
- Tab. 1. (1-50).1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung
- Tab. 1. (1-50).2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung
- Tab. 1. (1-50).3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammmentwässerung während Beprobungszeitraum
- Tab. 1. (1-50).4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum
- Tab. 2: Chemisch/physikalische Schlammuntersuchungen - Ergebnisse
- Tab. 2.1: Allgemeine Schlamm- und Entwässerungskennwerte (2 Teile)
- Tab. 2.2: Ergebnisse spezifischer Untersuchungen zur Schlammmentwässerbarkeit (3 Teile)
- Tab. 3: Mikrobiologische Schlammuntersuchungen - Ergebnisse
- Tab. 3.1: Vorkommen, Häufigkeit und Zuordnung aerober Fadenbakterien in den untersuchten Belebt- und Faulschlämmen (3 Teile)
- Tab. 3.2: Vorkommen, Häufigkeit und Zuordnung anaerober Fadenbakterien (Methanbakterien) in den untersuchten Faulschlämmen (2 Teile)
- Tab. 3.3: Vergleich der Fädigkeitskategorie zusammengehöriger Belebt- und Faulschlämme (3 Teile)

Legende zu den Tabellen 1-3

## Anhang 2: Graphische Auswertungen für Abschnitte 5 und 6 (Blockdiagramme mit Häufigkeitsverteilungen)

Abb. 1: Fädigkeitskategorie Faulschlamm

Abb. 2: Beziehung zwischen Fädigkeitskategorie und verschiedenen Entwässerungskennwerten (Abb. 2.1 - 2.3)

Abb. 3: Beziehung zwischen Fädigkeitskategorie der anaeroben Schlammbiozönose und dem Energieeintrag zur Schlammumwälzung (Abb. 3.1 u.3.2)

Abb. 4: Beziehung zwischen Energieeintrag und verschiedenen Entwässerungskennwerten (Abb. 4.1 - 4.3)

Abb. 5: Beziehung zwischen Energieeintrag und Partikelgröße (Abb. 5.1 - 5.4)

Abb. 6: Beziehung zwischen Pumpendurchlaufzahl (außenliegende Pumpen) und Entwässerungskennwerten (Abb. 6.1 - 6.3)

Abb. 7: Beziehung zwischen Durchlaufzahl Schraubenschaufler und Entwässerungskennwerten (Abb.7.1 u. 7.2)

### **Anhang 3: Graphische Auswertungen**

Beziehungsmuster verschiedener Schlamm- und Betriebskennwerte aus der Datenerhebung

Abb. 8: Vergleich der Polymerprodukte 1 und 2 hinsichtlich spezifischem PE-Bedarf und Endfeststoffgehalt nach Laborentwässerung (Abb. 8.1 u. 8.2)

Abb. 9: Beziehung zwischen verschiedenen Entwässerungskennwerten (Abb. 9.2 - 9.4)

Abb.10: Beziehung zwischen partikulären Stoffeigenschaften und verschiedenen Entwässerungskennwerten (Abb. 10.1.1 - 10.7.2).

Abb.11: Beziehung zwischen verschiedenen Schlamm- und Entwässerungskennwerten (Abb. 11.1.1 - 11.6.2)

Abb.12: Sonstige Beziehungen (Abb. 12.1.1 - 12.3.2)

### **Anhang 4: Methodenbeschreibung**

## 5 Verbreitung und Zusammensetzung fädiger Faulschlämme

### 5.1 Begriffsbestimmungen

Bei den mikrobiologischen Untersuchungen der Faulschlämme ist zu differenzieren zwischen den physiologisch aktiven Fadenbakterien der anaeroben Schlammbiozönose und den aus dem Abwasserbehandlungsteil stammenden fädigen Bläh- und Schwimmschlammorganismen.

Zur Quantifizierung der Fädigkeit wird entsprechend der visuellen Abschätzung im mikroskopischen Bild eine Differenzierung in fünf Häufigkeitsklassen mit Zwischenstufen vorgenommen (vgl. [8]):

Kategorie 0:	keine Fädigkeit
Kategorie 1:	geringer Fädigkeitsgrad
Kategorie 2:	mittlerer Fädigkeitsgrad
Kategorie 3:	hoher Fädigkeitsgrad
Kategorie 4:	sehr hoher Fädigkeitsgrad

Innerhalb der einzelnen Kategorien wird zwischen dominierendem und untergeordnetem Vorkommen der festgestellten Fadentypen unterschieden. Bei Fehlen dominanter Formen werden alle Arten als untergeordnet eingestuft.

Als Kriterium der "Fädigkeit" für die Organismen der anaeroben Schlammbiozönose wurde eine Mindestlänge von 10 µm festgelegt. Da bestimmte Fadenbildner auch in Form kleinerer Fragmente oder als Einzelzellen auftreten können, ist darauf hinzuweisen, daß die in der Auswertung gemachten Angaben nicht mit der Gesamthäufigkeit der betreffenden Organismen im untersuchten Schlamm gleichzusetzen sind, ebenso wie aus dem selben Grund ein fehlender Fädigkeitsnachweis nicht die Präsenz dieser Bakterien im jeweiligen Schlamm ausschließt (s. Ergebnisse der Gensondenuntersuchungen, Tab. 3.2).

Allgemein ist zu diesen Untersuchungen festzustellen, daß sie eine entsprechende Erfahrung voraussetzen, vor allem auch betreffend die mikroskopische Unterscheidung zwischen physiologisch aktiven Faulschlambakterien und den Fadenorganismen aus dem Abwasserbehandlungsteil. Hierfür erforderlich sind in jedem Fall auch Gram- und Neisser-Färbepreparate, zur sicheren Bestimmung methanogener Fäden außerdem ein Fluoreszenz-Mikroskop mit geeigneter Filterzusammensetzung sowie in den Fällen fehlender Autofluoreszenz-Eigenschaften der Einsatz molekularbiologischer Nachweismethoden (Gensonden).

## 5.2 Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchungen zeigen eine weite Verbreitung fädiger Faulschlämme mit unterschiedlicher Dominanz der Anteile physiologisch aktiver Fadenbakterien der anaeroben Schlammbiozönose und Fadenorganismen aus dem Überschußschlamm (Tab. 3.3, Abb. 1). Festzustellen waren alle Häufigkeitskategorien und damit ein großes Fädigkeitsspektrum, lediglich zwei der untersuchten Faulschlämme waren ohne jegliche fädige Ausprägung. Der mikroskopische Vergleich ergab eine gute Übereinstimmung des Artenspektrums zugehöriger Beleb- und Tropfkörperschlämme und dokumentiert auch unterschiedliche Persistenzen aerober Fadenorganismen unter anaerober Milieubedingungen (Tab. 3.1, zu letzterem Punkt ist noch eine separate Auswertung vorgesehen).

Bezeichnend ist, wie bereits im Rahmen des Vorprojektes festgestellt [1], das geringe Spektrum von nur drei Fadentypen der anaeroben Schlammbiozönose, die taxonomisch alle den Methanbakterien zuzurechnen sind. Angehörige der anderen im Faulschlamm vertretenen Gruppen bilden unter den vorliegenden Milieubedingungen offensichtlich keine fädigen Strukturen aus, wobei der in einigen Fällen im Faulschlamm nachgewiesene Streptokokkus-ähnliche Mikroorganismus nach Kenntnislage im wesentlichen über den Primärschlamm eingetragen wird.

Auffällig ist die hohe Fädigkeitskonstanz bei mehrstufigen Faulanlagen. Wie den Tabellen 3.2 und 3.3 zu entnehmen, bleiben sowohl die Fädigkeitskategorie als auch

das Artenspektrum filamentbildender Methanbakterien der ersten Faulstufe in den Folgestufen, unabhängig von deren Betriebsweise, erhalten. Reagglomerationsvorgänge wurden nicht festgestellt.

Aus dem Verteilungsmuster in Tab. 3.2 ist die dominierende Rolle von Fadentyp 1 (*Methanosaeta concilii*) zu ersehen, der nur bei einem einzigen Schlamm mit Fädigkeitsnachweis fehlt und in der Regel auch im jeweiligen Schlamm vorherrscht. Dagegen ist der nur in wenigen Fällen festgestellte Fadentyp 3 (*Methanospirillum hungatei*) von eher untergeordneter Bedeutung, während Fadentyp 2 (*Methanobacterium* sp.) sowohl hinsichtlich Verbreitung als auch anteilmäßiger Präsenz im Faulschlamm hier die Mittelstellung einnimmt.

Abfolgend wird eine Kurzcharakterisierung der betreffenden Fadenorganismen vorgenommen.

### Fadentyp 1

Bei diesem Fadenbildner handelt es sich um *Methanosaeta concilii* (syn. *Methanothrix soehngenii*), dessen Vorkommen im Faulschlamm und ähnlichen Habitaten grundsätzlich belegt ist. Eine sichere taxonomische Zuordnung dieses Bakteriums allein mit mikroskopischen Mitteln ist nicht möglich, da es sich um das einzige bislang bekannte Methanbakterium ohne Autofluoreszenz-Eigenschaften handelt. Wie Tab. 3.2 zu entnehmen, konnten im Rahmen dieses Projektes mit Hilfe der Gensondentechnik eindeutige Resultate, insbesondere auch der Nachweis dieses Bakteriums in nichtfädiger Wuchsausprägung erzielt werden, womit auch die Ergebnisse und Aussagen des Vorprojektes Bestätigung finden.

Bei *M. concilii* handelt es sich um ein stäbchenförmiges Bakterium mit einem Zelldurchmesser von 0,8 µm und einer Länge zwischen 2,5 und 6 µm, das unbeweglich ist und innerhalb einer Scheide wächst. Die gebogenen Fäden sind unverzweigt und können eine Länge von deutlich > 100 µm erreichen, die Zellgrenzen sind lichtmikroskopisch nur sehr schwer zu erkennen. Die Zellen zeigen sich in der Gram-Färbung hellblau und sind Neisser-negativ. Das Temperaturoptimum liegt zwischen 35 und 40

°C, das pH-Wert-Optimum zwischen 7 und 7,5. Physiologisch charakterisiert ist diese Bakterienart durch die sog. acetoklastische Spaltung, d.h. Umsetzung von Essigsäure zu Methan und Kohlendioxid, eine Verwertung von Wasserstoff und Kohlendioxid zur Methanerzeugung findet nicht statt.

Die untersuchten Faulschlammproben zeigten eine große Variabilität der Filamentlängen mit einem Bereich größter Häufigkeit zwischen etwa 20 und 50 µm. Die längsten Fäden lagen bei ca. 120 µm, relativ häufig wurden auch Fadenfragmente < 10 µm und auch Einzelzellen festgestellt. Beobachtet wurde in der Regel ein lockerer Verband der Fäden mit den Faulschlammflocken, vor allem bei kürzeren Filamenten waren diese jedoch auch frei zwischen den Flockenstrukturen zu finden.

Wichtig im Zusammenhang mit der Beurteilung hydrostatischer Scherkraftbeanspruchungen durch Energieeinträge ist die gemachte Beobachtung, daß Standkulturen von *M.concillii* in Form langer Filamente und Bündel wachsen, bei Schüttelkulturen dagegen eine Fragmentierung der Fäden in kleinere Stücke und Einzelzellen erfolgt [9].

### **Fadentyp 2**

Nach dem mikroskopischen Erscheinungsbild und den Ergebnissen der Gensondenuntersuchungen handelt es sich bei diesem Fadenbildner um eine oder mehrere, mikroskopisch nur schwer unterscheidbare Arten der Gattung *Methanobacterium*, deren gemeinsames physiologisches Merkmal die reduktive Methanbildung aus Wasserstoff und Kohlendioxid ist. Im Gegensatz zu den Fadentypen 1 und 3 waren hier Detektionsprobleme der eingesetzten Gensonden offensichtlich, da auch bei deutlicher Autofluoreszenz und damit eindeutigem Nachweis methanogener Bakterien relativ häufig betreffende Signale ausblieben (Tab. 3.2).

Die in den Faulschlämmen beobachteten Filamente von *Methanobacterium* sp. sind mit einem Durchmesser zwischen ca. 0,3 und 0,4 µm sehr dünn und in der Regel deutlich kürzer als Fadentyp 1 (festgestellte Maximallänge ca. 80 µm). Sie bestehen aus ca. 2,5 - 3,5 µm langen, stäbchenförmigen Einzelzellen, deren Zellgrenzen licht-

mikroskopisch nur sehr schwer zu erkennen sind. Die Zellen sind unbeweglich und zeigen Gram-negative und Neisser-negative Färbereaktionen. Wegen der Unsicherheit der Artzuordnung sind genaue Angaben zu den Temperatur- und pH-Optima nicht möglich, sie sollten jedoch entsprechend des in Frage kommenden Artenspektrums im oberen mesophilen Bereich bzw. um den Neutralpunkt liegen.

Die unverzweigten Fäden kommen sowohl im Medium als auch innerhalb der Flocken vor, in der sie häufig in Form von größeren, stark fluoreszierenden Bündeln oder Knäueln auffallen.

### **Fadentyp 3**

Bei dieser Art handelt es sich um *Methanospirillum hungatei*, ein regelmäßig gekrümmtes, bewegliches Stäbchen mit einem Zelldurchmesser von ca. 0,5 µm und einer Länge von ca. 7 µm, das in Faulschlamm häufig anzutreffen ist und physiologisch zur Gruppe der reduktiven Methanbildner gehört. Die Art ist als Filamentbildner bekannt und durch die Kombination von spiralförmigem Habitus, Beweglichkeit und Fluoreszenz mikroskopisch eindeutig zu identifizieren. Das Temperaturoptimum liegt bei 37 °C, das pH-Optimum im Neutralbereich. Hinsichtlich ihres Färbeverhaltens sind die Bakterien Gram-negativ und Neisser-negativ.

*M. hungatei* war in praktisch allen untersuchten Faulschlämmen, teilweise auch in großer Zahl, nachweisbar, spielte jedoch in seiner fädigen Ausprägung (festgestellte Maximallänge ca. 70 µm) eine nur untergeordnete Rolle. Im Gegensatz zu den beiden anderen Fadentypen kommt diese Art ausschließlich in freier Form zwischen den Flocken vor.

## **6 Zusammenhänge zwischen Schlammfädigkeit, Schlamm- wässerungseigenschaften und Prozeßparametern der Schlammumwälzung**

Die Auswertungen zu diesem Themenbereich wurden in Form von Blockdiagrammen mit Häufigkeitsverteilungen vorgenommen (Abb. 2.1 - 7.2). Differenziert wurde zwischen Entwässerungsergebnis (Parameter: TSe) und Entwässerungsverhalten (Parameter: CSTsp. und PE-Bedarf) unter Verwendung der Ergebnisse der Laborentwässerung (Tab. 2.2). Wegen guter Übereinstimmung der beiden in den Laborversuchen eingesetzten Polymerprodukte hinsichtlich spezifischem PE-Bedarf und Endfeststoffgehalt (Tab. 2.2, Abb. 8.1 u. 8.2, s. Anlage 3), die zugleich auch den repräsentativen Charakter der Ergebnisse aufzeigt, wurde bei der graphischen Auswertung auf eine doppelte Darstellung verzichtet (gewählt: Meßdaten für Polymerprodukt 1). Zur Feststellung von Auswirkungen der Schlammumwälzung insbesondere im Zusammenhang mit Scherkraftbeanspruchungen der Schlammpartikel wurden o.g. Entwässerungskennwerte, der Fädigkeitsgrad sowie Meßwerte der Partikelgrößenbestimmungen (mittlerer Partikeldurchmesser, feinpartikulärer Anteil) mit diesbezüglich relevanten prozeßtechnischen Größen (Anzahl Pumpendurchläufe, Energieeintrag in  $W/m^3$  oder  $Wh/m^3 \times HRT$ ) zueinander in Beziehung gebracht (Abb. 3.1 - 7.2).

### **6.1 Beziehung zwischen Schlammfädigkeit und den Entwässerungseigenschaften**

Zur differenzierenden Beurteilung wurde hierzu eine getrennte Darstellung des Fädigkeitsgrades der anaeroben Schlammbiozönose (im folgenden abgekürzt mit ANF = anaerobe Fadenbakterien) und der aus dem eingebrachten Überschußschlamm resultierenden Bakterienfädigkeit (im folgenden abgekürzt mit AEF = aerobe Fadenbakterien) vorgenommen.

### **Zuordnung Fädigkeitskategorie / Entwässerungsverhalten**

Aus den Graphiken (Abb. 2.1 u. 2.2) ist für ANF die Tendenz eines mit steigendem PE-Bedarf bzw. höheren CSTsp.-Werten abnehmenden Fädigkeitsgrades zu erkennen. So sind bei CSTsp.-Werten  $< 100$  und damit gutem bis mittlerem Entwässerungsverhalten (s. Methodenbeschreibung, Anlage 4) nur ca. 7 % bzw. eine Anlage der Fädigkeitskategorie 0/0,5 zugeordnet, bei CSTsp.-Werten  $> 100$  und damit mittlerem bis schlechtem Entwässerungsverhalten dagegen ca. 41 % entsprechend 11 Anlagen (PE-Bedarf  $< 7,5$ : ca. 11 %, PE-Bedarf  $> 7,5$ : ca. 32 %).

Im Vergleich dazu lässt sich für den AEF-Anteil ein schwach gegenläufiger Trend zu betreffenden Kennwerten erkennen, was für den PE-Bedarf noch etwas besser zum Ausdruck kommt. Alle Faulschlämme mit hohem Fädigkeitsgrad sind hierbei auch durch schlechtes Entwässerungsverhalten geprägt und werden jeweils durch *Microrthrix parvicella* dominiert.

Wegen des entgegengesetzten Trendes der beiden Fädigkeitsfraktionen im Faulschlamm erweist sich die Gesamtfädigkeit für entsprechende Aussagen als ungeeignet.

### **Zuordnung Fädigkeitskategorie / Entwässerungsergebnis**

Für die Kombination ANF-Fädigkeit / TSe lassen sich Zusammenhänge nicht erkennen (Abb. 2.3). Auffällig für den AEF-Anteil ist dagegen das Verteilungsmuster der beiden äußeren Diagrammblocke. Danach weisen von den 13 Faulschlämmen mit den schlechtesten Entwässerungsergebnissen der Untersuchungen 10 fädigen Charakter auf (ca. 76 %), von den 6 Faulschlämmen mit den besten Entwässerungsergebnissen dagegen nur einer (ca. 17 %). Wie die Graphik zeigt, findet dieser Trend im mittleren Leistungsbereich allerdings keine Fortsetzung.

## 6.2 Auswirkungen des Energieeintrages und des Pumpbetriebes (Pumpendurchlaufzahlen)

Für diese Auswertungen fand nur der Fädigkeitsanteil der anaeroben Schlammbiozönose Berücksichtigung, da er für die betreffende Fragestellung vergleichsweise bessere bzw. eindeutigeren Aussagen zuläßt.

Außerdem wurde bei mehrstufigen Faulanlagen nur die erste Faulstufe berücksichtigt, um durch den jeweils praktizierten kontinuierlichen Umwälzbetrieb eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen und Verfälschungen bzw. sich überlagernde Effekte durch die sehr unterschiedliche Betriebsweise der Folgestufen auszuschließen.

### 6.2.1 Beziehung zwischen Energieeintrag und Schlammfädigkeit

Aus Abb. 3.1 läßt sich die Tendenz einer mit abnehmendem Energieeintrag erhöhten Schlammfädigkeit ersehen, was besonders bei den jeweils äußeren Diagrammblöcken deutlich wird. Bezogen auf den mittleren spezifischen Energieeintrag wiesen bei Werten  $< 3 \text{ W/m}^3$  sieben von elf Anlagen und damit ca. 64 % die höchste Fädigkeitskategorie 2/2,5 auf, bei höheren Energieeinträgen  $> 9 \text{ W/m}^3$  von ebenfalls elf Anlagen dagegen nur zwei entsprechend ca. 18 %. Umgekehrt war die niedrigste Fädigkeitskategorie 0/0,5 in erster Rubrik nicht vertreten, lag in letzterer jedoch in 4 Fällen bzw. ca. 36 % vor.

Ein prinzipiell gleiches Bild ergibt sich für die Auswertung über die bei Berücksichtigung der Schlammverweilzeit (HRT) eingebrachte Energiemenge, hier bezeichnet als Energiebelastung (Abb. 3.2). Bei den sieben von vierzehn Anlagen mit der Kombination von geringer Energiebelastung  $< 1.500 \text{ Wh/m}^3 \times \text{HRT}$  und hoher Fädigkeitskategorie (linkes Blockdiagramm) liegt der spezifische Energieeintrag zwischen ca.  $0,8 - 2,7 \text{ W/m}^3$ , bei den ebenfalls sieben von vierzehn Anlagen mit der Kombination von hoher Energiebelastung  $> 4.500 \text{ Wh/m}^3 \times \text{HRT}$  und der Fädigkeitskategorie

0/0,5 dagegen im Bereich zwischen ca. 7,5 - 17,8 und damit auf deutlich höherem Niveau. Auffälligkeiten hinsichtlich oTR-Abbau waren nicht festzustellen.

### 6.2.2 Beziehung zwischen Energieeintrag und den Entwässerungseigenschaften

Aus den graphischen Auswertungen (Abb. 4.1 u. 4.2) ist die deutliche Tendenz eines mit zunehmendem Energieeintrag sich verschlechternden Entwässerungsverhaltens ersichtlich. Wie Abb. 4.2 zu entnehmen, ergibt sich für die aufsteigende Reihe der 4 Rubriken des PE-Bedarfes in Bezug auf die Bereiche der niedrigsten und höchsten Energiebelastung folgende prozentuale Verteilung

< 1.500 Wh/m <sup>3</sup> x HRT:	60 / 28 / 18 / 0	(% Anlagen)
> 6.000 Wh/m <sup>3</sup> x HRT:	0 / 6 / 18 / 45	(% Anlagen)

und damit eine stark ausgeprägte Gegenläufigkeit. Ein Vergleich des Merkmalusters der beiden äußeren Blockdiagramme mit dem Fädigkeitsgrad der zugehörigen Schlämme zeigt hier eine starke Häufung der Kombinationen: hoher Fädigkeitsgrad / geringer PE-Bedarf bzw. geringer Fädigkeitsgrad / hoher PE-Bedarf.

Dagegen lassen sich Zusammenhänge zwischen Entwässerungsergebnis (TSe) und Energieeintrag kaum ausmachen (Abb. 4.3), wenn man davon absieht, daß die beiden äußeren Diagramme mit der Einschränkung jeweils sehr geringer Anlagenzahlen die Tendenz einer Gegenläufigkeit andeuten.

### 6.2.3 Beziehung zwischen Energieeintrag und Schlammpartikelgrößen

Ein Zusammenhang zwischen Energieeintrag und dem feinpartikulären Anteil der zugehörigen Schlämme läßt sich nicht feststellen (Abb. 5.2 u. 5.4). Dasselbe trifft im Grundsatz auch für den mittleren Partikeldurchmesser zu (Abb. 5.1 u. 5.3), wenn hier berücksichtigt wird, daß in den 2 bzw. 3 Fällen mit der Kombination Mittlerer Partikel-

durchmesser  $> 70 \mu\text{m}$  / hoher Energieeintrag die betreffenden Faulschlämme durch einen sehr hohen Anteil an Überschußschlamm geprägt sind.

#### **6.2.4 Beziehung zwischen Pumpbetrieb und der Schlammfädigkeit sowie den Entwässerungseigenschaften**

Wie den allgemeinen Angaben zur Schlammbehandlung in Tab. 1.(1-50).2 zu entnehmen, werden zur Durchmischung der Faulbehälter außenliegende Pumpen häufig gemeinsam mit anderen Systemen der Schlammumwälzung wie Schraubenschauflern oder Gaseinpressung eingesetzt. Bei der graphischen Auswertung (Abb. 6.1. - 6.3) sind solche Anlagen mit einem entsprechenden Zusatz (S: Schraubenschaufler, G: Gaseinpressung) versehen. Wie sich hier zeigt, nimmt bei alleinigem Einsatz von außenliegenden Pumpen zur Schlammumwälzung die Anzahl der Pumpenläufe zu, während bei zusätzlicher Nutzung anderer Schlammumwälzeinrichtungen im Regelfall geringere Durchlaufzahlen vorliegen. Bei Kombination mit Schraubenschauflern läßt sich im Gegensatz zur Gaseinpressung eine Beschränkung auf den Bereich niedriger Durchlaufzahlen feststellen.

Nach der graphischen Auswertung in Abb. 6.1 ist ein Zusammenhang zwischen Schlammfädigkeit und der Anzahl an Pumpendurchläufen nicht sicher auszumachen, was insbesondere auch durch den Befund der größten Häufigkeit stark fädiger Schlämme im mittleren Bereich (20 - 30 Pumpendurchgänge) und damit hoher Indifferenz bedingt ist. Hinzu kommen speziell für den Bereich geringer Durchlaufzahlen Beeinflussungen und Überlagerungseffekte durch die zusätzlich eingesetzten Umwälzeinrichtungen, die in ihrem Ausmaß ebenfalls nur schwer abzuschätzen sind.

Im Prinzip das gleiche trifft auf die Entwässerungskennwerte CST<sub>sp</sub> und PE-Bedarf zu (Abb. 6.2 u. 6.3), für die sich Zusammenhänge ebensowenig erkennen lassen, wenn man davon absieht, daß zumindest die Faulschlämme mit gutem Entwässerungsverhalten in etwas größerer Häufigkeit geringen Pumpendurchlaufzahlen zugeordnet sind.

Ein eindeutigeres Ergebnis ergibt dagegen die Auswertung der vierzehn Anlagen mit Schraubenschauflerbetrieb (Abb. 7.1 u. 7.2). Wie hier speziell die Graphik für den CSTsp. zeigt, liegt die deutliche Tendenz eines mit zunehmender Zahl an Schraubenschaufler-Durchläufen sich verschlechterndes Entwässerungsverhalten vor.

## 7 Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse

Die Untersuchungen zeigen eine hohe Komplexität mechanischer und biologischer Einflußfaktoren auf die Entwässerungseigenschaften der Faulschlämme, wodurch das Erkennen von Ursache/Wirkung-Beziehungen sehr erschwert wird und letztendlich nur in Form von Trends über Häufigkeitsverteilungen zugeordneter Eigenschaftskennwerte ohne Einzelfallberücksichtigung möglich ist. Trotz vorliegender Problematik sollte sich aus den in den Abschnitten 6.1 und 6.2 vorgenommenen Auswertungen mit hinreichender Sicherheit ein Kausalzusammenhang zwischen dem Energieeintrag zur Schlammumwälzung und dem Fädigkeitsgrad der anaeroben Schlammbiozönose wie auch dem Entwässerungsverhalten der Faulschlämme (CSTsp., PE-Bedarf) ableiten lassen, womit beide Phänomene Wirkung derselben Ursache wären und in mittelbarer Beziehung zueinander stehen würden. Ein dem Entwässerungsverhalten entsprechendes Beziehungsmuster war für das Entwässerungsergebnis (Endfeststoffgehalt TSe) nicht feststellbar.

Wie die Auswertungen zeigen, ist bei günstigen Randbedingungen eine ausreichende Einmischung und Umwälzung des Faulgutes ohne erkennbare Beeinträchtigung des Abbauergebnisses bereits bei einem volumenbezogenen Energieeintrag  $< 3 \text{ W/m}^3$  möglich. Vorteile für die Praxis ergäben sich durch einen geringeren Energieverbrauch sowie auch durch Einsparungen bei der Schlammkonditionierung, deren Ausmaß sich anhand des vorhandenen Datenmaterials allerdings nicht quantifizieren läßt und in hohem Maße von der jeweils vorliegenden Faulschlamm-Matrix abhängt (s. unten).

Interpretiert werden können die festgestellten Zusammenhänge durch die mit steigendem Energieeintrag zunehmende Scherkraftbeanspruchung der Schlammpartikel. Effekte sind einerseits eine Fragmentierung bzw. ein Rückgang fädiger Wachsausrüstung, wie sie speziell für den dominanten Fadenbildner in den untersuchten Faulschlamm bei Einwirkung turbulenter Strömungen belegt ist (*Methanosaeta concilii*, s. Abschnitt 5.2) und andererseits eine verstärkte Herauslösung von Einzelzellen oder auch kleineren Zellaggregaten aus dem Flockenverband mit der Folgewirkung einer vergrößerten Gesamtoberfläche und Freilegung zusätzlicher Ladungsträger, wobei hier vor allem den extrazellulären polymeren Substanzen (EPS) als Kittmaterial sowohl aerober als auch anaerober Schlamm Bedeutung zukommt. Da durch die Ladungsträger auf den Partikeloberflächen sowohl die Wasserabgabegeschwindigkeit als auch der Polymerbedarf bestimmt werden, liegt somit auch für diesen Untersuchungsbefund eine schlüssige Erklärung vor.

Für Pumpen, wie sie vorzugsweise zur Schlammumwälzung eingesetzt werden, sind Schereffekte durch einige Untersuchungen bekannt, die generell auch den Vorteil von Aggregaten mit hohem Wirkungsgrad hinsichtlich der Schonförderungseigenschaften belegen und auch diesbezügliche Unterschiede zwischen den einzelnen Pumpentypen deutlich machen (geringe Scherwirkung durch Zwangsförderer wie z.B. Exzentrerschneckenpumpen, hohe Scherwirkung durch Kreiselpumpen, [10,11]). Letztere konnten bei einem Pumpenvergleich im Rahmen dieser Untersuchungen nicht ausgemacht werden (s. Tab. 1.(1-50).2, Spalte 7), ebensowenig wie für betreffende Pumpsysteme Auswirkungen in Abhängigkeit der Durchlaufzahlen festzustellen waren. Dies kann neben übergeordneten Einflußfaktoren auch durch die Kombinationswirkung zusätzlich eingesetzter Schlammumwälzsysteme bedingt sein, wie in diesem Zusammenhang auch allgemein anzumerken ist, daß die auf die Schlammpartikel wirkenden Scherkräfte nicht allein im Pumpenraum, sondern auch in den Rohrleitungen z.B. durch Strömungsrichtungs- und Querschnittsänderungen auftreten. Hier kann es mit vergleichbarer Wirkung auf die Schlammpartikel außerdem zu Dehnbeanspruchungen (Zug-/Druckkräfte) kommen, die vor allem im Bereich von T-Stücken und Rohrbögen, aber auch ähnlich der Scherspannung im Übergangsbereich zwischen Laufrad und Pumpengehäuse festzustellen sind. Einer schonenden

Schlammförderung abträglich ist ferner wegen hoher turbulenter Schubspannungen im Übergangsbereich Laufrad/Ringraum auch eine Pumpendrosselung anstelle einer Drehzahlerniedrigung durch Frequenzregelung bei Verringerung des Volumenstromes, ebenso das häufig praktizierte Abdrehen des Laufrades zur Anpassung an den gewünschten Betriebspunkt [12].

Im Gegensatz zu den bei äußeren Rohrleitungen zur Schlammumwälzung eingesetzten Pumpentypen stehen für Schraubenschaufler als Rotationspumpen entsprechenden Untersuchungen bislang aus. Wie hierzu die graphischen Auswertungen in den Abb. 7.1 u. 7.2 mit Zuordnung von Durchlaufzahl und PE-Bedarf sowie Wasserabgabevermögen (CSTsp.) deutlich machen, ist speziell bei hohen Durchlaufzahlen auch dieses Umwälzsystem in seiner Wirkung auf das Entwässerungsverhalten von Schlämmen keinesfalls zu vernachlässigen.

Dasselbe trifft für die in der Praxis häufig ergänzend eingesetzten Systeme zur Gaseinpressung zu. Bei Laborversuchen zur Begasung von Rührkesselfermentern führte hier selbst ein geringfügiger Gasdurchsatz bereits zu einer Verringerung der mittleren Partikeldurchmesser [13]. Da größere Austrittsgeschwindigkeiten am Gasverteiler eine höhere Scherbeanspruchung verursachen, sollte bei diesem System vor allem auch der Ausbildung der Gasverteilungseinrichtung Bedeutung zukommen. Die einzige Anlage im Untersuchungsprogramm mit ausschließlicher Gaseinpressung läßt mangels Vergleichsmöglichkeiten allerdings keine diesbezüglichen Aussagen zu.

Wie die Auswertungen in Abschnitt 4.2.3 zeigen, läßt sich ein plausibler Zusammenhang zwischen Energieeintrag und partikulärem Feinanteil sowie mittlerem Partikeldurchmesser nicht erkennen, was insbesondere auf die stark heterogene Zusammensetzung und unterschiedliche Partikelgrößenverteilung der Ausgangsschlämme vor deren Stabilisierung zurückzuführen sein dürfte. Wenngleich durch Untersuchungen heute als gesichert gelten kann, daß die Schlammfäulung tendenziell eine Erhöhung des Partikelfeinanteils sowie eine Reduzierung des mittleren Partikeldurchmessers bewirkt, sind diesbezügliche Vergleiche von Faulschlämmen ohne gleichzeitige Untersuchungen der partikulären Beschaffenheit zugehöriger Rohschlämme von nur

geringem Aussagewert und bergen zudem die Gefahr von Fehlschlüssen (z.B. Folgerungen zum PE-Bedarf, s. hierzu auch Abb. 10.6.1 und 10.7.1, Anhang 3).

Die Untersuchungsergebnisse sind weiterer Beleg dafür, daß für das Entwässerungsverhalten bzw. den Bedarf an Konditionierungsmitteln von Faulschlamm nicht die Absolutgrößen von feinpartikulärem Anteil oder der Phasengrenzflächen maßgebend sind als vielmehr die Anzahl an tatsächlich vorhandenen bzw. wirksamen Ladungsträgern, die bei gleicher Gesamtoberfläche der Schlammpartikel in Abhängigkeit deren stofflicher Natur sehr unterschiedlich sein kann.

Von Bedeutung ist hier als Rohschlammbestandteil vor allem die Charakteristik des Überschussschlammes, die von vielen Faktoren beeinflusst wird und eine große Diversität hinsichtlich Flockengröße, mikrobieller Populationsstruktur und stofflicher Beschaffenheit einschließlich des Gehaltes und der chemischen Zusammensetzung extrazellulärer polymerer Substanzen aufweist. Die Bedeutung dieser Fraktion für die Entwässerungseigenschaften von Faulschlamm macht auch ein Vergleich mit dem organischen Massenanteil der anaeroben Biozönose im Faulschlamm deutlich, der in der Größenordnung lediglich etwa 10 % des eingebrachten Überschussschlammes auch nach dessen Stabilisierung ausmacht und damit einen nur untergeordneten Beitrag bezüglich der Entwässerungseigenschaften leistet. Der Berechnung zugrundegelegt sind ein für kommunale Abwässer übliches ÜS-/PS-Verhältnis von etwa 40/60, ein oTR-Abbau von 40 % (ÜS) bzw. 60 % (PS) sowie ein Ertragskoeffizient der anaeroben Schlammbiozönose von ca. 5 %.

Der durch Überschussschlamm geprägte Faulschlammanteil nimmt naturgemäß mit Erhöhung des Überschussschlammgehaltes an Rohschlamm z.B. infolge kurzer Abwasserverweilzeiten in der mechanischen Vorklärung oder auch ausgeprägten Industrieabwassereinflusses mit vorwiegend gelösten Schmutzstoffen weiter zu (s. hierzu auch Abb. 12.1.1 und 12.2, Anhang 3), und damit auch seine Bedeutung für die Entwässerungseigenschaften der Schlämme. Nicht zu vernachlässigen ist in diesem Zusammenhang die fallweise starke bakterielle Prägung von Primärschlämmen, wie sie durch Vorabbau bei sehr langen Abwasserfließstrecken vor allem auch in

Kombination mit Trennkanalisationen und hohen Organikanteilen beobachtet wird. Ein niedriges ÜS-/PS-Verhältnis, wie es in der Praxis oftmals mit günstigen Entwässerungseigenschaften in Beziehung gebracht wird, ist in solchen Fällen entsprechend differenziert zu bewerten.

Die Auswirkungen von Primärschlämmen mit hohem Biomasseanteil auf die Entwässerungseigenschaften von Faulschlämmen sind bisher nicht untersucht, sollten allerdings nicht zwangsweise zu einer Verschlechterung des Entwässerungsverhaltens (PE-Bedarf, Wasserbindevermögen) führen, da bei einem mikrobiellen Vorabbau in der Kanalisation die Bildung von extrazellulären polymeren Substanzen nicht mit einem Selektionsvorteil betreffender Organismen verbunden ist, demzufolge auch die EPS-Gehalte dieser Schlämme stark reduziert sein dürften. Tendenziell zu erwarten wäre dagegen in Abhängigkeit der Persistenz betreffender Mikroorganismen in der Faulung ein relativ hoher Glühverlust des Faulschlammes sowie aufgrund der hohen Gehalte zellulär gebundenen Wassers verhältnismäßig geringe TR-Austragswerte bzw. ein schlechtes Entwässerungsergebnis.

## **8 Ausblick**

Die vorgenommenen Ausführungen zeigen exemplarisch die Vielfalt überlagernder Einflußfaktoren auf die Entwässerungseigenschaften von Faulschlämmen und damit auch den eher orientierenden Charakter der Untersuchungsergebnisse, was speziell bei Abweichungen vom Trend zu berücksichtigen ist und gegebenenfalls Einzelfallanalysen erforderlich machte. Im Zusammenhang mit den ermittelten Energieeinträgen zur Schlammumwälzung ist anzumerken, daß diese in ihrer Wirkung auf die beschriebenen Fadenfragmentierungen und Flockenzerkleinerungen beschränkt sind und mit Zellaufschlüssen nicht in Verbindung gebracht werden sollten, da sich der energetische Bedarf hierfür, wie entsprechende Verfahrenstechnologien für eine gezielte Schlammdeintegration zeigen, in Größenordnungen unterscheidet [14].

Im vorliegenden Bericht erfolgten die Auswertungen zunächst entsprechend der im Projekt vorgegebenen eingegrenzten Fragestellung zuzüglich der Darstellung weiterer Zusammenhänge (s. Anlage 3). Aufgrund der Fülle an Datenmaterial, das im Rahmen der Erhebung gesammelt werden konnte, ist jedoch beabsichtigt, in einem weiteren Untersuchungsabschnitt auch komplexere Beziehungsmuster innerhalb des vorgegebenen Themenbereiches aufzudecken, wozu allerdings multifaktorielle Analysen notwendig sind.

## **9 Dank**

Wir danken dem Bayer. Staatministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (BayStMLU) für die finanzielle Unterstützung des Projektes. Unser weiterer Dank gilt den Betreibern der untersuchten Kläranlagen für die Zurverfügungstellung des für die Auswertungen benötigten Datenmaterials sowie die teilweise Übernahme von Analysekosten.

## 10 Literaturverzeichnis

[1] Temper, U., Lemmer, H.:

Abhängigkeit der Entwässerbarkeit von Faulschlamm von seiner mikrobiellen Populationsstruktur und Flockenbeschaffenheit. Abschlußbericht zu F/E-Vorhaben, BayStMLU, 1996.

[2] Nellenschulte, T.:

Modell zur Charakterisierung des Entwässerungsergebnisses von Klärschlämmen. Dissertation TU Braunschweig, 1996.

[3] ATV-Fachausschuß 3.1:

Entwässerungskennwerte. Arbeitsbericht des ATV / BDE / VKS-Fachausschusses 3.1. Korresp. Abw., 39 (1992), H. 3, 401-408.

[4] Kopp, J., Dichtl, N.:

Bestimmung großtechnischer Entwässerungsergebnisse in Dekantern. Wasser-Abwasser-Praxis, (2000), H. 1, 25-29.

[5] Schlegel, H.G.:

Allgemeine Mikrobiologie. 7. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1992.

[6] Veiga, M.C., Jain, M.K., Wu, W.-M., Hollingsworth, R.I., Zeikus, J.G.:

Composition and Role of Extracellular Polymers in Methanogenic Granules. Appl. Environm. Microbiol., 63 (1997), 403-407.

[7] Kopp, J., Dichtl, N.:

Influence of Surface Charge and Exopolysaccharides of the Conditioning Characteristics of Sewage Sludge. 8 th International Gothenburg Symposium on Chemical Treatment, 7.-9.9.1998, Prag, Tschechien.

[8] Eikelbohm, D.H., Van Buijsen, H.H.J.:

Handbuch für die mikroskopische Schlammuntersuchung. 3. Auflage, Hirthammer Verlag, München, 1992.

[9] Huser, B.A., Wuhrmann, K., Zehnder, A.J.B.:

*Methanothrix soehngenii* gen. nov. sp. nov., a New Acetotrophic Non-hydrogen-oxidizing Methane Bacterium. Arch. Microbiol., 132 (1982), 1-9.

[10] Nellenschulte, T., Dichtl, N.:

Das Entwässerungsverhalten des Mischschlammes der Kläranlage Berlin-Ruhleben - Optimierungsvorschläge - . Sammlung der Institutsarbeiten, Institut für Siedlungswasserwirtschaft, TU Braunschweig, 1994.

[11] Brockmann, M.:

Beitrag zur membranunterstützten biologischen Abwasserreinigung. Veröffentlichung des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, Universität Hannover, Heft 98, 1998.

[12] Delgado, A.:

Praxisempfehlungen zur Reduzierung der Scherwirkung durch Pumpen. Informationsmaterial des Lehrstuhls für Fluidmechanik und Prozeßautomation, TU München, 1999.

[13] Biedermann, A., Henzler, H.-J.:

Beanspruchung von Partikeln in Rührreaktoren. Chem.-Ing.-Techn., 66 (1994), H. 2, 209-211.

[14] ATV-Arbeitsgruppe 3.1.6:

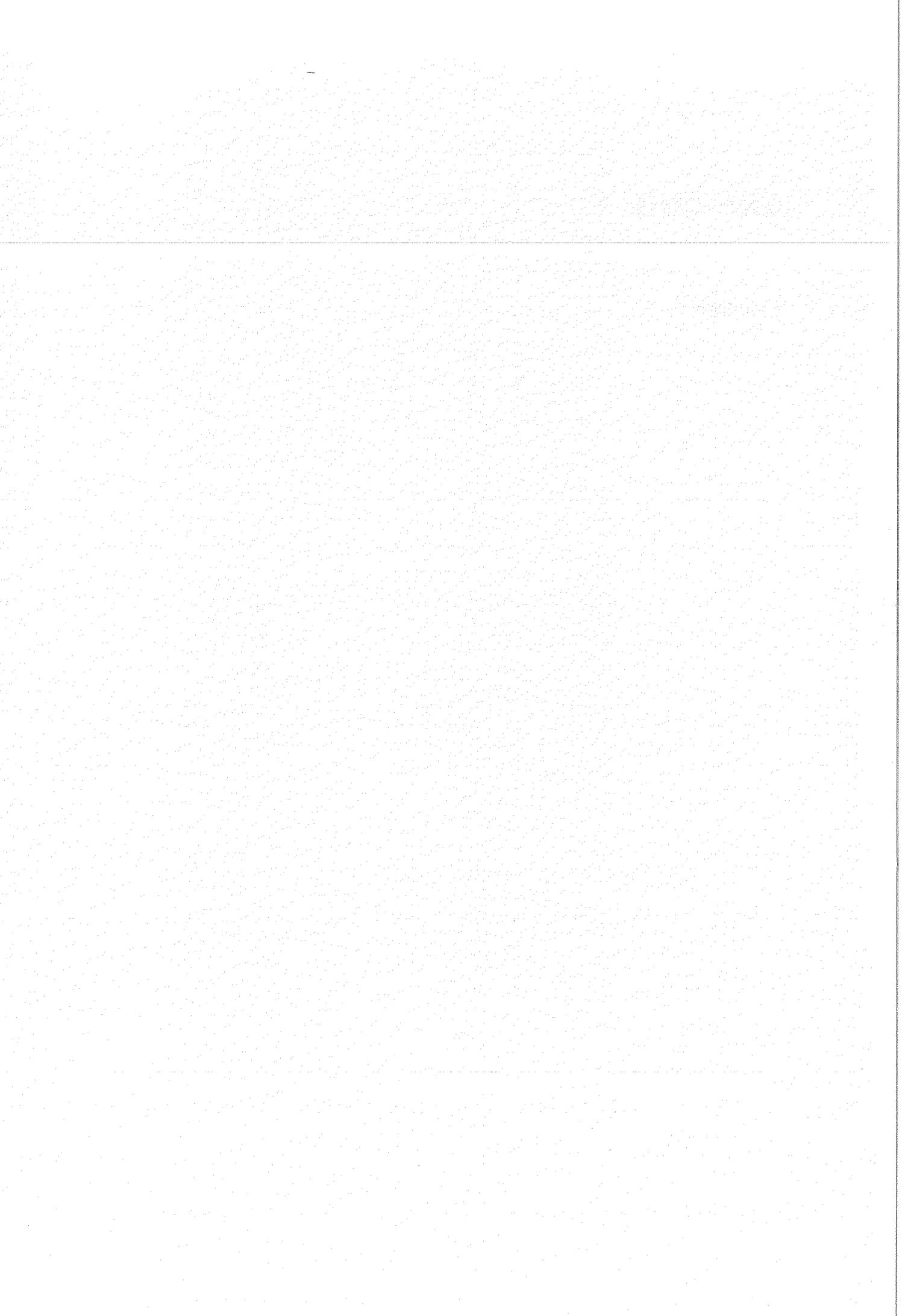
Verfahren und Anwendungsbeispiele der mechanischen Klärschlamm-Desintegration. Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 3.1.6. Korresp. Abw., 47 (2000), H. 4, 570-576.



# **ANHANG 1**

---

**Tabellen 1 - 3**



**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.1: Kläranlage Nr.: 1**

Anzahl Beprobungen: 2

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	20.10.1997
	2	02.06.1998

**Tabelle 1.1.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kenndaten Abwasserreinigung					
		Mitbehandlung	Industrieabw.	Kanalisation	Mechanische Reinigungsstufe		Biologische Reinigungsstufe		P - Fällung	
		% Anteil	Herkunft		Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Verf. Elemente	Reinig.proz.		Verf.weise
1	5	30	2,5,7,8/d	4	1/3,2/1,3,4	3	2/1	2	2/1	
2	5	30	2,5,7,8/d	4	1/3,2/1,3,4	3	2/1	2	2/2	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.1.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Anaerobe Schlammstabilisierung						Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise		Faulstufen	Beschickungsmodus FB		FS - Temperierung	Durchmischung FB		
	PS	ÜS		PS	ÜS		Systeme	Modus	
1	1/1	1/2	1/1	3	3	1/1	1/8	1	2/1/1*
2	1/1	1/2	1/1	3	3	1/1	1/8	1	2/1/1*

Anmerkungen: \* Gemeinsame Entwässerung der Faulschlämme aus KA 1 und 2 nach Erhöhung der Schlammtemperatur auf ca. 55 °C, Betrieb einer KS-Trocknungs- und -Verbrennungsanlage

**Tabelle 1.1.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlamm entwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Charakterisierung Rohschlamm							Maschin. FS - Entwäss.	
	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Mikrobielle Zuordnung ÜS			Gehalt		N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WS/Ä TR
		Herkunft	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR g/kg	GV %			
1	34,7	2	3	1	47,2	72,9	43,6	29*	5,5*
2	40,0	2	3	1	51,3	75,0	46,7	29*	5,5*

Anmerkungen: Ergebnisse der gemeinsamen Entwässerung der Faulschlämme aus KA.1 und 2

**Tabelle 1.1.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	Ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
					5	6	7	8		9	10
1	1(PN)	36	15	2,27	14,8	14,8	12,6/2	202	1,7	39,0	53,2
2	1(PN)	40	19	2,02	14,8	12,8	15,9/2	254	4,1	43,9	58,4

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.2: Kläranlage Nr.: 2**

Anzahl Beprobungen: 2

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	20.10.1997
	2	02.06.1998

**Tabelle 1.2.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung			
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Biologische Reinigungsstufe Durchfl.zeit VB	Verf. Elemente	Reinig.proz.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5	30	2,5,7,8/d	4	1/3,2/2,3,4	4	2/1*	2	2/3
2	5	30	2,5,7,8/d	4	1/3,2/2,3,4	4	2/1*	3	2/3

Anmerkungen: \*Mit nachgeschalteter Sandfilteranlage

**Tabelle 1.2.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	ÜS		Beschickungsmodus FB PS	ÜS	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1/1	1/2	1/1	3	3	1/1	1/6	1	2/1/1
2	1/1	1/2	1/1	3	3	1/1	1/6	1	2/1/1

Anmerkungen: \*Gemeinsame Entwässerung der Faulschlämme aus KA 1 und 2 nach Erhöhung der Schlammtemperatur auf ca. 55 °C Betrieb einer KS- Trocknungs- und -Verbrennungsanlage

**Tabelle 1.2.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammentwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm				Gehalt			Maschin. FS - Entwäss.	
		Herkunft	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR g/kg	GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	39,6	2	3	1	55,3	74,0	51,6	29*	5,5*	
2	40,0	2	3	1,5	56,3	72,5	45,7	29*	5,5*	

Anmerkungen: \*Ergebnisse der gemeinsamen Entwässerung der Faulschlämme aus KA 1 und 2

**Tabelle 1.2.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	a	Auss. Pump.	Schr sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(PN)	38	23	1,78	4,1	4,1	3,3/1	334	1,6	41,1	55,9
2	1(PN)	38	24	1,67	4,1	4,1	3,6/1	356	1,6	37,9	52,4

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.3: Kläranlage Nr.: 3**

Anzahl Beprobungen: 2

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	06.10.1997
	2	08.06.1998

**Tabelle 1.3.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				P - Fällung Verf.weise
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	5	5	8,21	2	1/3, 2/2, 3, 4	3	1/1*	4	2/2	
2	5	5	8,21	2	1/3, 2/2, 3, 4	3	1/1*	4	2/2	

Anmerkungen: \*Belebungsanlage mit Aufwuchskörpern (Ringlage)

**Tabelle 1.3.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Anaerobe Schlammstabilisierung				Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	ÜS	Faulstufen	Beschickungsmodus PS	ÜS	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1/1	2/2	2/1	2	2	2/1	1/7	1/3	2/2/1
2	1/1*	2/2*	2/1	2	2	2/1	1/7	1/3	2/2/1

Anmerkungen: \*Im Zeitraum vor Beprobung teilweise Einleitung von ÜS in VB und gemeinsamer Abzug mit PS

**Tabelle 1.3.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammentwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm				Gehalt			Maschin. FS - Entwäss.	
		Herkunft	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR	GV	N	Entw. Ergebnis	PE - Einsatz	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	16,4*	1	1	1	51,0	74,6	38,2	20	5	
2	22,7	1	1	1	58,0	74,1	45,4	20	5	

Anmerkungen: \*Angabe ÜS-Menge wahrscheinlich zu gering (tatsächlicher Anteil wahrscheinlich bei ca. 25%)

**Tabelle 1.3.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. (h)	Abbauleistung	
					max.	σ	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(PN)	35	13	2,89	12	3,7	18,7/1	-	16,7	39,3	52,7
1	2(PN)	34	26	1,45	12	1,9	18,7/1	-	-	43,7	58,6
2	1(PN)	35	14	3,11	12	3,7	20,2/1	-	16,7	31,9	43,3
2	2(PN)	34	26	1,56	12	1,9	20,2/1	-	-	36,4	49,4

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.4: Kläranlage Nr.: 4**

Anzahl Beprobungen: 4

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	10.11.1997

**Tabelle 1.4.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	P - Fällung Verf.weise
1	4	30	1/d,3,21	4	5	6	7	8	9	
					1/3*,2/2,3,4	5	1/1	3	2/3	

Anmerkungen: \*Einrichtung zur Rechengutzerkleinerung

**Tabelle 1.4.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbh. Verfahrensweise		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	PS	ÜS		Beschickungsmodus	FS - Temperierung	Systeme	Modus		
1	1	2	3	PS	ÜS	Temperierung	Systeme	Modus	9
	1/1	2/2*	1/1	2	1	1/1	1/1	1	2/3/2

Anmerkungen: \*Förderung von zerkleinertem Rechengut über ÜS-Pumpe in Faulung

**Tabelle 1.4.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammentwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm				Gehalt GV %	N g/kg TR	Maschin. FS - Entwäss.	
		Herkunft	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR g/kg			Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA/TR
1	45,6	2	3	4	5	6	7	8	9
		1	1	3	47,0	66,5	28,4	37	-
								30*	9,2*

Anmerkungen: \*Versuchsergebnisse mit Hochleistungsdekanter

**Tabelle 1.4.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m <sup>3</sup> d	Energieeintrag W/m <sup>3</sup>		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	Ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
1	1(PN)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		36	68	0,46	5,6	5,6	139/1	-	11,7	42,8	64,2

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.5: Kläranlage Nr.: 5**

Anzahl Beprobungen: 2

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	08.10.1997
	2	08.06.1998

**Tabelle 1.5.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	P - Fällung Verf.weise
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	4	40	1,2,7/d,8	4	1/2;2/2,3,4	4	1/1	4	2/2	
2	4	40	2,7/d,8	4	1/2;2/2,3,4	4	1/1	4	2/2	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.5.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorb. Verfahrensweise		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl. entw. Systeme
	PS	US		Beschickungsmodus PS	US	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1/1*	2/1	1/1	3	2	1/1	1/1	1	2/1/1
2	1/1*	2/1	1/1	3	2	1/1	1/1	1	2/1/1

Anmerkungen: \*Zerkleinerung von PS mit Monomuncher in Schlamm-Abzugsteilung VB

**Tabelle 1.5.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlamm entwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse US/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm						Maschin. FS - Entwäss.		
		Herkunft	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR	Gehalt GV	N	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	46,0	1	1	1,5	52,4	74,5	47,2	24	11	
2	49,9	1	1	2,5	51,3	75,1	50,4	25	8	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.5.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m <sup>3</sup> d	Energieeintrag W/m <sup>3</sup>		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(PN)	36	41	0,94	8,3	8,3	44/1	-	22,5	42,9	57,6
2	1(PN)	36	44	0,88	8,3	8,3	47/1	-	22,5	41,0	54,5

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.6: Kläranlage Nr.: 6**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	09.02.1998

**Tabelle 1.6.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kenndaten Abwasserreinigung				
		Mitbehandlung Industrieabw. % Anteil	Herkunft	Kanalisation	Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	P - Fällung Verf.weise
1	4	20	3/d,14,16	1	5 1/3,2/2,3,4	6 4	7 1/1	8 2	9 2/2
Anmerkungen:									

**Tabelle 1.6.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	ÜS		Beschickungsmodus FB PS	ÜS	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
1	1/1	2/2	2/2	3	5 3	6 2/1	7 2/6	8 1/4	9 2/1/1*
Anmerkungen: *Vor Entwässerung Abtrennung von Grobstoffen mit Strain-Press, Betrieb einer KS-Trocknungsanlage									

**Tabelle 1.6.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlamm entwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS (%)	Charakterisierung Rohschlamm					Maschin. FS - Entwäss.			
		Herkunft	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WS/TR	
1	34,0	1	1	3	43,7	72,6	34,1	30	12	
Anmerkungen:										

**Tabelle 1.6.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m <sup>2</sup> d	Energieeintrag W/m <sup>3</sup>		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	Ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
1	1(kPN)	34	17,5	1,80	5,4	4,0	13,4/1	63	5,5	nb	nb
1	2(PN)	32	>=35	0,90	5,4	2,0	13,4/1	63	-	39,6	54,6
Anmerkungen:											

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.7: Kläranlage Nr.: 7**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	02.02.1998

**Tabelle 1.7.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse 0 1 5	Kenndaten allgemein		Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung			P - Fällung Verf. weise	
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft		Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchlaufzeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente		Reinig.proz.
1	5	60	1/d,2,8	4	5	6	7	8	9
					1/2,2/2,3,4	2	2/1	2	2/2

Anmerkungen:

**Tabelle 1.7.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Anaerobe Schlammstabilisierung				Durchmischung FB		Schl. entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	ÜS	Faulstufen	Beschickungsmodus FB PS	ÜS	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1/1	2/2	2/2	3	3	2/1	2/7	3/4	2/1/1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.7.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammentwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm				Gehalt			Maschin. FS - Entwäss.	
		Herkunft	Mikrobielle Zuordnung ÜS Schl.belastung	Fäll.kategorie	TR	GV	N	Entw. Ergebnis	PE - Einsatz	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	45,0	2	3	2,5	39,9	70,2	45,9	27	8,5	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.7.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m <sup>2</sup> d	Energieeintrag W/m <sup>2</sup>		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	Ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(PN)	36	23,7	1,18	13,4	2,9	5,9/1	-	48*	33,7	48,1
1	2(PN)	34	>=38,4	0,73	13,4	1,8	5,9/1	-	-	40,1	57,2

Anmerkungen: \*Ohne Berücksichtigung der Gaseinpressung

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.8: Kläranlage Nr.: 8**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	09.02.1998

**Tabelle 1.8.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Kenndaten allgemein				Kenndaten Abwasserreinigung				
	Größenklasse KA 1	Mitbehandlung Industrieabw. % Anteil 2	Herkunft 3	Kanalisation 4	Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente 5	Durchf.zeit VB 6	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente 7	Reinig.proz. 8	P - Fällung Verf.welse 9
1	4	25	3,8,15,22	4	1/3,2/2,3,4	2	1/1	3	2/2
Anmerkungen:									

**Tabelle 1.8.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Anaerobe Schlammstabilisierung					Schl.entw. Systeme 9	
	Verfahrensweise PS 1	ÜS 2	Faulstufen 3	Beschickungsmodus FB PS 4	ÜS 5	FS - Temperierung 6	Durchmischung FB Systeme 7		Modus 8
1	1/1	1/1	2/2	3	3	2/1	1/1	1/3	2/1/1
Anmerkungen:									

**Tabelle 1.8.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammentwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Charakterisierung Rohschlamm							Maschin. FS - Entwäss.	
	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%] 1	Herkunft 2	Mikrobielle Zuordnung ÜS Schl.belastung 3	Fäd.kategorie 4	TR g/kg 5	Gehalt GV % 6	N g/kg TR 7	Entw. Ergebnis % TR 8	PE - Einsatz kg WS/TR TR 9
1	39,1	1	1	2,5	38,0	70,0	43,9	26	11
Anmerkungen:									

**Tabelle 1.8.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe 1	Faultemp. °C 2	HRT d 3	Raumbelast. kg oTR/m³d 4	Energieeintrag W/m³ 5		Pumpendurchläufe n/HRT 7		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h] 9	Abbauleistung 10	
					max. 5	6	Auss. Pump. 7	Schr.sch. 8		TR %	oTR %
1	1(PN)	37	27	0,99	13,8	7,6	64/1	-	10*	30,7	42,7
1	2(PN)	30	>=35	0,76	13,8	7,0	81/1	-	-	34,0	47,6
Anmerkungen: *Ohne Berücksichtigung der Gaselpressung											

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.9 Kläranlage Nr.: 9**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	10.11.1997

**Tabelle 1.9.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Kenndaten allgemein				Kenndaten Abwasserreinigung				
	Größenklasse KA	Mitbehandlung Industrieabw. % Anteil	Industrieabw. Herkunft	Kanalisation	Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	P - Fällung Verf.weise
1	1	35*	3,16/d,18,20	1	5	6	7	8	9
	4				1/2,2/1,4	2	1/1	4	2/2

Anmerkungen: \*Anteil bezogen auf CSB: ca. 70% (sehr hohes CSB/BSB5-Verhältnis)

**Tabelle 1.9.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Anaerobe Schlammstabilisierung				Durchmischung FB		Schl. entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	US	Faulstufen	Beschickungsmodus PS	US	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1/1*	1/1*	1/1	3	3	1/1	1/2	3	2/1/1**

Anmerkungen: \*Zerkleinerung von PS und US mit Monomucher in Schlammabzugsleitung VB  
\*\*Entwässerung nach Schlammwärmerwärmung auf ca. 60 °C, Betrieb einer KS-Trocknungsanlage

**Tabelle 1.9.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammmentwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse US/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm				Gehalt			Maschin. FS - Entwäss.	
		Herkunft	Mikrobielle Zuordnung US Scht.belastung	Fäd.kategorie	TR g/kg	GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR	
1	37,1	1	1	2	45,0	71,5	44,2	22	12,5	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.9.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m <sup>3</sup> d	Energieeintrag W/m <sup>3</sup>		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	a	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
1	1 (PN)	38	29	1,10	8,0	4,2	49/1	-	14,1	30,9	43,3

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.10: Kläranlage Nr.: 10**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	18.05.1997

**Tabelle 1.10.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Kenndaten allgemein				Kenndaten Abwasserreinigung				
	Größenklasse KA	Mitbehandlung Industrieabw. % Anteil	Industrieabw. Herkunft	Kanalisation	Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	P - Fällung Verf.weise
1	4	45	2,8,10,16/d	4	1/2,2/2,3,4	4	7	2	2/3
Anmerkungen:									

**Tabelle 1.10.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl. entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	ÜS		Beschickungsmodus FB PS	ÜS	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
1	1/1	1/1	2/2	3	3	6	2/1	8	2/3/2
Anmerkungen:									

**Tabelle 1.10.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm					Maschin. FS - Entwäss.		
		Herkunft	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA/TR
1	64,1*	2	2	4	37,0	67,0*	42,8	42	-
Anmerkungen: *Leichte Beeinflussung von ÜS-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus Faulung									

**Tabelle 1.10.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB - Durchm. Dauer f. 1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	σ	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
1	1(kPN)	36	18	1,34	4,5	4,5	32/1	-	14	nb	nb
1	2(PN)	30	>=37	0,67	4,5	2,3	32/1	-	-	29,5	48,0
Anmerkungen:											

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.11: Kläranlage-Nr.: 11**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	17.11.1997

**Tabelle 1.11.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				P - Fällung Verf.weise
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	
1	1 4	2 75	3 4/d,8,12	4 3	5 1/3,2/2,3,4	6 4	7 2/2	8 2	9 2/2	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.11.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	US		Beschickungsmodus PS	US	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
1	1 1/1	2 1/1	3 1/2	4 3	5 3	6 1/1	7 1/1	8 3	9 1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.11.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammmentwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse US/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm						Maschin. FS - Entwäss.	
		Herkunft	Mikrobielle Zuordnung US		TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR
			Schl.belastung	Fäd.kategorie					
1	55,6*	2	3	4 1	45,0	65,0*	36,5	-	-

Anmerkungen \*Leichte Beeinflussung von US-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus Faulung:

**Tabelle 1.11.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m <sup>3</sup> d	Energieeintrag W/m <sup>3</sup>		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
1	1(PN)	34	33	0,90	16,9	10,5	65/1	-	12	32,2	49,5

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.12: Kläranlage Nr.: 12**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	17.11.1997

**Tabelle 1.12.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Kenndaten allgemein				Kenndaten Abwasserreinigung				
	Größenklasse KA 1	Mitbehandlung % Anteil 2	Industrieabw. Herkunft 3	Kanalisation 4	Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente 5	Reinigungsstufe Durchf.zeit VB 6	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente 7	Reinigungsstufe Reinig. proz. 8	P - Fällung Verf.weise 9
1	5	20	1,2,8/d,18	4	1/3,2/2,3,4	4	2/2	3	2/4

Anmerkungen:

**Tabelle 1.12.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen 3	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl. entw. Systeme 9
	Verfahrensweise PS 1	ÜS 2		Beschickungsmodus PS 4	ÜS 5	FS - Temperierung 6	Systeme 7	Modus 8	
1	1/1	1/1	2/2	3	3	2/1	1/6	1/3	2/1/1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.12.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlamm entwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%] 1	Charakterisierung Rohschlamm				Gehalt GV % 6	N g/kg TR 7	Maschin. FS - Entwäss.	
		Herkunft 2	Schl.belastung 3	Fäd.kategorie 4	TR g/kg 5			Entw. Ergebnis % TR 8	PE - Einsatz kg WSA TR 9
1	23,0*	2	2	1	38,7	64,6*	32,2	33	5,5

Anmerkungen: \*Beeinflussung von ÜS-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus Faulung (tatsächlicher ÜS-Anteil wahrscheinlich bei ca. 40%)

**Tabelle 1.12.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe 1	Faultemp. °C 2	HRT d 3	Raumbelast. kg oTR/m³d 4	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f. 1-mal. Durchm. [h] 9	Abbauleistung	
					max. 5	o 6	Auss. Pump. 7	Schr.sch. 8		TR % 10	oTR % 11
1	1(PN)	33	13	1,95	9,8	9,8	14,2/1	166	1,7	nb	nb
1	2(PN)	31	>=26	0,97	9,8	5,8	14,2/1	255	-	31,8	49,2

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.13: Kläranlage Nr.: 13**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum, Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	26.01.1998

**Tabelle 1.13.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe		Biologische Reinigungsstufe		P - Fällung
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	4	35	3,8/d	4	1/2, 2/2, 3, 4	4	1/1	3*	2/3	

Anmerkungen: \*Dosierung von Hilfsstoffen (Aquasan) in die Belebung bzw. das VB

**Tabelle 1.13.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl. entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	ÜS		Beschickungsmodus PS	ÜS	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1/1	1/1	2/2	3	3	2/1	2/7	1/4	1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.13.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm				Gehalt GV %	N g/kg TR	Maschin. FS - Entwäss.	
		Herkunft	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR g/kg			Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	34,3*	1	1	1	35,0	71,0*	31,5	-	-

Anmerkungen: \*Leichte Beeinflussung von ÜS-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus der Faulung

**Tabelle 1.13.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m <sup>3</sup> d	Energieeintrag W/m <sup>3</sup>		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	a	Auss.Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(kPN)	32	26	0,97	15,3	5,6	41/1	-	15*	nb	nb
1	2(PN)	26	>=51	0,49	15,3	2,8	41/1	-	-	54,1	64,6

Anmerkungen: \*Ohne Berücksichtigung der Gaselmpressung

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

Tabelle 1.14: Kläranlage Nr.: **14**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	26.01.1998

**Tabelle 1.14.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA 1	Kenndaten allgemein			Kenndaten Abwasserreinigung				
		Mitbehandlung Industrieabw. % Anteil 2	Herkunft 3	Kanalisation 4	Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente 5	Durchfl.zeit VB 6	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente 7	Reinig.proz. 8	P - Fällung Verf.weise 9
1	5	25	1,8,16	3	1/1,2/2,3,4	3	1/1	3	2/2

Anmerkungen:

**Tabelle 1.14.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Anaerobe Schlammstabilisierung				Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme 9
	Verfahrensweise PS 1	ÜS 2	Faulstufen 3	Beschickungsmodus FB PS 4	ÜS 5	FS - Temperierung 6	Systeme 7	Modus 8	
1	1/1*	2/2	2/2	3	5	2/1	2/6	1/4	2/3/1

Anmerkungen: \*Zerkleinerung von PS mit Mazerator in Schlammabzugsleitung VB

**Tabelle 1.14.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%] 1	Charakterisierung Rohschlamm				Gehalt			Maschin. FS - Entwäss.	
		Mikrobielle Zuordnung ÜS			TR	GV	N	Entw. Ergebnis	PE - Einsatz	
	Herkunft 2	Schl.belastung 3	Fäd.kategorie 4	g/kg 5	% 6	g/kg TR 7	% TR 8	kg WSA TR 9	6	
1	40,0*	1	3	55,0	67,0*	31,6	27	6		

Anmerkungen: \*Leichte Beeinflussung von ÜS-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus Faulung

**Tabelle 1.14.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe 1	Faultemp. °C 2	HRT d 3	Raumbelast. kg oTR/m³d 4	Energieeintrag W/m³ 5		Pumpendurchläufe n/HRT 7		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h] 9	Abbauleistung	
					max. 6	σ 8	Auss. Pump. 7	Schrsch. 8		TR %	oTR %
1	1(PN)	35	27	1,36	6,3	6,3	23,8/1	272	2,1	38,8	57,6
1	2(kPN)	31	>=40	0,91	6,3	4,2	23,8/1	272	-	nb	nb

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.15: Kläranlage Nr.: 15**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	19.01.1998

**Tabelle 1.15.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				P - Fällung Verf.weise	
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.		
1	5	35	3	1/d,8,8	4	3	5	6	7	8	9
							1/2,2/2,3,4	2	2/2	4*	2/4

Anmerkungen \*Nutzung des Vorklärbeckens zur DN und biologischen P-Elimination, gezielte Prozesswasserbehandlung (biologisch):

**Tabelle 1.15.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbh. Verfahrensweise		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	PS	US		Beschickungsmodus	FS - Temperierung	Systeme	Modus		
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1/1*	1/1*	1/1	3	3	1/1	1/0	1	2/3/2

Anmerkungen: \*Zerkleinerung von PS und US mit Mazerator in Schlammabzugsleitung VB

**Tabelle 1.15.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse US/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm						Maschin. FS - Entwäss.	
		Mikrobielle Zuordnung US			TR	Gehalt GV	N	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA/TR
		Herkunft	Schl.belastung	Fäd.kategorie					
1	46,6	2	2	1	43,0	71,5	42,9	40	-

Anmerkungen:

**Tabelle 1.15.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT	Raumbelast. kg oTR/m <sup>3</sup> d	Energieeintrag W/m <sup>3</sup>		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	e	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR	oTR
					5	6	7	8		10	11
1	1(PN)	37	25	1,23	5,8	4,8	10,8/1	259	2,2	41,3	57,7

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.16: Kläranlage-Nr.: 16**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	11.05.1998

**Tabelle 1.16.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA 1	Kenndaten allgemein			Kenndaten Abwasserreinigung				
		Mitbehandlung Industrieabw. % Anteil 2	Herkunft 3	Kanalisation 4	Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente 5	Durchlaufzeit VB 6	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente 7	Reinig.proz. 8	P - Fällung Verf.weise 9
1	5	55	1,2,8/d	4	1/3,2/2,3,4	2	2/2	2	2/4
Anmerkungen:									

**Tabelle 1.16.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Anaerobe Schlammstabilisierung					Schl. entw. Systeme	
	Verfahrensweise PS 1	ÜS 2	Faulstufen 3	Beschickungsmodus FB PS 4	ÜS 5	FS - Temperierung 6	Durchmischung FB Systeme 7	Modus 8	9
1	1/1	1/1	2/2	1	1	2/1	2/1	1/4	2/3/1
Anmerkungen:									

**Tabelle 1.16.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%] 1	Charakterisierung Rohschlamm					Maschin. FS - Entwäss.		
		Mikrobielle Zuordnung ÜS			TR g/kg 5	Gehalt GV %	N g/kg TR 7	Entw. Ergebnis % TR 8	PE - Einsatz kg WS/t TR 9
Herkunft 2	Schl.belastung 3	Fäd.kategorie 4	TR g/kg 5	Gehalt GV %					
1	60,0*	2	3	2	40,5	60,5*	32,5	32	6
Anmerkungen: *Leichte Beaufassung von ÜS-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus Faulung angegebener GV wahrscheinlich um einige Prozentpunkte zu niedrig									

**Tabelle 1.16.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe 1	Faultemp. °C 2	HRT d 3	Raumbelast. kg oTR/m <sup>3</sup> d 4	Energieeintrag W/m <sup>3</sup>		Pumpendurchläufe n/HRT		FB-Durchm. Dauer f.1-mat. Durchm. [h] 8	Abbauleistung	
					max. 5	σ 6	Auss. Pump. 7	Schr.sch. 8		TR % 10	oTR % 11
1	1(PN)	42	18	1,35	5	5	36/1	-	12	29,5	48,9
1	2(PN)	41	>=36	0,68	5	2,5	36/1	-	-	32,5	53,7
Anmerkungen:											

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.17: Kläranlage Nr.: 17**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	12.01.1998

**Tabelle 1.17.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				P - Fällung Verf.weise
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	5	25	1,2,8,12/d,14/d	4	1/3,2/2,3,4	3	1/1	4	2/2	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.17.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh. Verfahrensweise		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	PS	ÜS		Beschickungsmodus	FS - Temperierung	Systeme	Modus		
	1	2	3	PS	ÜS	6	7	8	9
1	1/1	1/2	2/1	1	1	2/1	1/6	1/1	2/3/1*

Anmerkungen: \*Vor Entwässerung Vakuumentgasung und stationäre Schlammeindickung mit FHM (PE)

**Tabelle 1.17.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlamm entwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm					Maschin. FS - Entwäss.			
		Mikrobielle Zuordnung		US			Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR
	Herkunft	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR g/kg	TR %	TR %				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	49,4*	1	1	2	39,7	74,9	44,9	25	7	

Anmerkungen: \*Erhöhter US-Anteil wegen Mitbehandlung von externem US

**Tabelle 1.17.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m <sup>3</sup> d	Energieeintrag W/m <sup>3</sup>		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	Ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(PN)	38	18	1,65	6,5	6,5	21,6/1	173	2,2	40,0	53,4
1	2(PN)	37	27	1,15	6,5	5,2	21,6/1	262	-	42,2	56,9

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.18: Kläranlage Nr.: 18**

Anzahl Beprobungen: 2

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	27.10.1997
	2	06.04.1998

**Tabelle 1.18.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Kenndaten allgemein				Kenndaten Abwasserreinigung				R - Fällung Verf.weise
	Größenklasse KA	Mitbehandlung Industrieabw.		Kanalisation	Mechanische Reinigungsstufe		Biologische Reinigungsstufe		
		% Anteil	Herkunft		Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Verf. Elemente	Reinig.proz.	
1	4	5	21	4	1/2,2/2,3,4	4	1/1	4	2/2

Anmerkungen:

**Tabelle 1.18.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbef.		Anaerobe Schlammstabilisierung					Schl.entw. Systeme	
	Verfahrensweise		Faulstufen	Beschickungsmodus FB		FS - Temperierung	Durchmischung FB		Systeme
	PS	ÜS		PS	ÜS		Modus		
1	2/2*	2/2	1/1	3	1	1/1	1/7	1	1
2	2/2*	2/2	1/1	3	1	1/1	1/7	1	1

Anmerkungen: \*Förderung unterschiedlicher Anteile an PS aus VB direkt in Faulung

**Tabelle 1.18.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammentwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Charakterisierung Rohschlamm							Maschin. FS - Entwäss.	
	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS (%)	Mikrobielle Zuordnung ÜS			TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WS/TR
		Herkunft	Schl.belastung	Fäd.kategorie					
1	39,4	1	1	3	64,0	71,8	36,2	-	-
2	39,4	1	1	3	88,0	73,8	41,1	-	-

Anmerkungen:

**Tabelle 1.18.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	Ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
					1	2	3	4		5	6
1	1(PN)	37	55	0,84	17,8	7,5	54/2	-	24*	42,3	58,9
2	1(PN)	37	75	0,87	17,8	7,5	72/2	-	24*	42,6	57,8

Anmerkungen: \*Ohne Berücksichtigung der Gaseinpressung

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.19: Kläranlage Nr.: 19**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	06.04.1998

**Tabelle 1.19.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Kenndaten allgemein				Kenndaten Abwasserreinigung				
	Größenklasse KA	Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft	Kanalisation	Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	P - Fällung Verf.weise
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4	5	6,21	4	1/2,2/2,3,4	4	1/1	3	2/2

Anmerkungen:

**Tabelle 1.19.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Anaerobe Schlammstabilisierung				Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	US	Faulstufen	Beschickungsmodus PS	US	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1/1	1/1	2/2	3	3	2/1	2/1	1/4	1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.19.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammmentwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Charakterisierung Rohschlamm							Maschin. FS - Entwäss.	
	Verhältnis Trockenmasse US/RS [%]	Herkunft	Mikrobielle Zuordnung Schl.belastung	US	Fäd.kategorie	TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	37,0*	1	1	3	30,3	72,0*	46,9	-	-

Anmerkungen: \*Leichte Beeinflussung von US-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus Faulung (tatsächlicher US-Anteil wahrscheinlich bei ca. 45%)

**Tabelle 1.19.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer (1-mal. Durchm. [h])	Abbauleistung	
					max.	σ	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(kPN)	32	20	1,08	6,9	6,9	40/1	-	12	nb	nb
1	2(PN)	29	>=40	0,54	6,9	3,5	40/1	-	-	38,4	53,4

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.20: Kläranlage Nr.: 20**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	25.05.1998

**Tabelle 1.20.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA 1	Kenndaten allgemein			Kenndaten Abwasserreinigung				
		Mitbehandlung Industrieabw. % Anteil 2	Herkunft 3	Kanalisation 4	Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente 5	Durchfl.zeit VB 6	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente 7	Reinig.proz. 8	P - Fällung Verf.weise 9
1	5	25	6,8/d,18/d	4	1/3*,2/2,3,4	4	2/3	3	2/2

Anmerkungen: \*Einrichtung zur Rechengutzerkleinerung (Förderung in VB)

**Tabelle 1.20.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen 3	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme 9
	Verfahrensweise PS 1	ÜS 2		Beschickungsmodus FB PS 4	ÜS 5	FS - Temperierung 6	Systeme 7	Modus 8	
1	1/1	2/2	1/1	3	3	1/1	1/1	1	2/3/1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.20.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlamm entwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%] 1	Charakterisierung Rohschlamm					Maschin. FS - Entwäss.			
		Herkunft 2	Schl.belastung 3	Fäd.kategorie 4	TR g/kg 5	Gehalt GV % 6	N g/kg TR 7	Entw. Ergebnis % TR 8	PE - Einsatz kg WS/t TR 9	
1	24,6*	2	1	2,5	90,2	65,7	31,4	31	7	

Anmerkungen: \*ÜS-Anteil wahrscheinlich über 30%

**Tabelle 1.20.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe 1	Faultemp. °C 2	HRT d 3	Raumbelast. kg oTR/m³d 4	Energieeintrag W/m³ 5		Pumpendurchläufe n/HRT 7		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h] 9	Abbauleistung TR % 10		oTR % 11
					max. 5	ø 6	Auss. Pump. 7	Schr.sch. 8		% 10	% 11	
1	1(PN)	37	37	1,60	4,4	4,4	28,4/1	-	31	39,6	60,3	

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.21: Kläranlage Nr.: 21**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	25.05.1998

**Tabelle 1.21.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalsation	Kenndaten Abwasserreinigung				P - Fällung Verf.weise
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	5	40	2/d,3,15,19	4	1/3,2/1,4	4	2/3*	3**	2/2	

Anmerkungen \*Mit nachgeschalteter Sandfilteranlage;  
\*\*Dosisierung von externer C-Quelle zur DN

**Tabelle 1.21.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Anaerobe Schlammstabilisierung					Schl.entw. Systeme	
	Verfahrensweise PS	ÜS	Faulstufen	Beschickungsmodus PS	ÜS	FS - Temperierung	Durchmischung FB Modus		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1/1	1/1	2/2	1	1	2/1	2/1	1/4	2/1/1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.21.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm						Maschin. FS - Entwäss.		
		Herkunft	Mikrobielle Zuordnung ÜS		TR	Gehalt GV	N	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR	
	1	2	Schl.belastung	Fäd.kategorie	g/kg	%	g/kg TR	7	8	9
1	44,1*	2	1	2	51,2	68,2*	30,0	31	8	

Anmerkungen: \*Leichte Beeinflussung von ÜS-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus Faulung

**Tabelle 1.21.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	s	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(PN)	37	15	2,34	4,0	4,0	13/1	-	28	30,5	44,7
1	2(PN)	35	>=32	1,10	4,0	1,9	13/1	-	-	34,6	50,7

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.22: Kläranlage Nr.: 22**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	22.06.1998

**Tabelle 1.22.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				
		Mitbehandlung Industrieabw.	% Anteil	Herkunft		Mechanische Reinigungsstufe	Biologische Reinigungsstufe	P - Fällung		
	1	2	3	4	Verf. Elemente	Durchfl.zer VB	Verf. Elemente	Reinig.proz.	Verf.weise	
1	5	65	6,8,9/d,17,18	3	5	3	7	8	9	
					1/2,2/2,3,4		2/3*	3**	2/3	

Anmerkungen: \*Mit nachgeschalteter Sandfilteranlage  
\*\*Dosierung von externer C-Quelle zur DN

**Tabelle 1.22.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	ÜS		Beschickungsmodus PS	ÜS	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1/1	1/2	2/1	3	3	2/1	1/6	3/3	2/1/1*

Anmerkungen: \*Betrieb einer KS-Trocknungsanlage

**Tabelle 1.22.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm					Maschin. FS - Entwäss.			
		Mikrobielle Zuordnung ÜS			TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA/TR	
	Herkunft	Schl.belastung	Fad.kategorie	TR						Gehalt
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	49,8*	2	1	2	39,4	70,8	42,8	24	6,5	

Anmerkungen: \*Erhöhter ÜS-Anteil wegen Mitbehandlung von externem ÜS

**Tabelle 1.22.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-maf. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(PN)	39	20	1,38	5,3	1,4	3,2/1	68	1,5	31,3	44,2
1	2(PN)	38	27	1,03	5,3	1,1	4,2/1	90	-	34,3	48,4

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.23: Kläranlage Nr.: 23**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	23.03.1998

**Tabelle 1.23.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalsation	Kenndaten Abwasserreinigung				P - Fällung Verf.weise
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	
1	4	35	3	2/d,3	4	5	6	7	8	9
						1/1,2/2,3,4	4	1/1	3	2/2

Anmerkungen:

**Tabelle 1.23.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	ÜS		Beschickungsmodus FB	FS - Temperierung	Systeme	Modus		
1	1	2	3	PS	ÜS	FS - Temperierung	7	8	9
	1/1	1/1	1/2	4	5	6	1/1	3	2/2/1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.23.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm					Maschin. FS - Entwäss.		
		Herkunft	Mikrobielle Zuordnung ÜS		Gehalt	N	Entw. Ergebnis	PE - Einsatz	
	1	2	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR	GV	g/kg TR	% TR	kg WS/TR
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	37,0*	1	1	2	22,5	71,0*	48,5	22	5,5

Anmerkungen: \* Beeinflussung von ÜS-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) in Faulung (tatsächlicher ÜS-Anteil wahrscheinlich bei ca. 45%)

**Tabelle 1.23.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	g	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(PN)	35	42	0,38	4,0	2,0	18,4/1	-	27	33,7	47,4

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.24: Kläranlage Nr.: 24**

Anzahl Beprobungen: 2

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	27.10.1997
	2	06.04.1998

**Tabelle 1.24.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchf.zeit VB 6	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz. 8	P - Fällung Verf.weise 9
1	4	100	3	1/d	1	5	6	7	8	9
						1/2,2/2,3	5	1/1	4	2/2

Anmerkungen:

**Tabelle 1.24.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	US		Beschickungsmodus FB PS	FS - Temperierung US	Systeme	Modus		
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		2/2	1/1	-	2	1/1	1/4	1	2/1/1
2	-	2/2	1/1	-	2	1/1	1/4	1	2/1/1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.24.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS (%)	Charakterisierung Rohschlamm					Maschin. FS - Entwäss.			
		Herkunft	Schl.belastung	Fad.kategorie	TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WS/1 TR	
1	100	1	1	3	64,5	72,5	61,1	19,0	40	
2	100	1	1	3	64,5	72,5	66,0	19,0	35	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.24.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer für 1mal Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	ø	A. Pump.	Schr. sch.		TR %	oTR %
1	1	36	28	1,68	15	15	-	-	-	27,7	38,2
2	1(PN)	36	28	1,68	15	15	-	-	-	27,7	38,2

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.25: Kläranlage Nr.: 25**

Anzahl Beprobungen: 2

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	03.11.1997
	2	08.08.1998

**Tabelle 1.25.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größtklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung			
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig. proz.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4	20	3,8/d, 13*, 17,20	1	1/2, 2/2, 3, 4	4	2/2	3	2/4
2	4	20	3,8/d, 13*, 17,20	1	1/2, 2/2, 3, 4	4	2/2	3	2/4

Anmerkungen: \*Einleitung von Leim

**Tabelle 1.25.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbh. Verfahrensweise		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	PS	US		Beschickungsmodus FB	FS - Temperierung	Systeme	Modus		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1/1*	1/1*	2/1**	2**	2**	2/1	2/7	1/4	2/1/1
2	1/1*	1/1*	2/1**	2**	2**	2/1	2/7	1/4	2/1/1

Anmerkungen: \*Zerkleinerung von PS und US mit Mazerator in Schlammzulaufleitung ATS-Anlage  
\*\*Der Faulung vorgeschaltete ATS-Anlage

**Tabelle 1.25.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse US/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm						Maschin. FS - Entwäss.	
		Herkunft	Mikrobielle Zuordnung US		Gehalt		Entw. Ergebnis	PE - Einsatz	
	1	2	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR g/kg	GV %	N g/kg TR	% TR	kg WSA TR
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	47,7	2	2	2,5	40,0	72,5	33,6	30	8
2	47,7	2	2	1	40,0	72,5	37,9	30	8

Anmerkungen:

**Tabelle 1.25.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer 1.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	a	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(PN)	38	21	0,98*	8,7	2,3	7,8/2	-	65**	40,0***	55,1***
1	2(PN)	25	31	0,68*	8,7	1,6	7,8/2	-	-	nb	nb
2	1(PN)	38	21	0,98*	8,7	2,3	7,8/2	-	65**	38,2***	52,7***
2	2(PN)	25	31	0,68*	8,7	1,6	7,8/2	-	-	39,1***	54,0***

Anmerkungen: \*Raumbelastung nach ATS-Anlage, \*\*Ohne Berücksichtigung der Gaseinpressung  
\*\*\*Abbau einschl. ATS-Anlage, Abbau ATS-Anlage ( PN 2): 20,2 %TR, 27,8 %oTR (HRT ca. 1d)

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.26: Kläranlage Nr.: 26**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	24.11.1997

**Tabelle 1.26.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				P - Fällung Verf.weise
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	4	50	1/d,6,8	4	1/2,2/2,3	5	1/1	3	2/2	
Anmerkungen:										

**Tabelle 1.26.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	US		Beschickungsmodus FB PS	US	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	2/2	1/1	-	1	1/1	1/1	1	2/1/1
Anmerkungen:									

**Tabelle 1.26.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlamm entwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse US/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm					Maschin. FS - Entwäss.			
		Herkunft	Mikrobielle Zuordnung US		TR	Gehalt GV	N	Entw. Ergebnis	PE - Einsatz	
	1	2	Schl.belastung	Fäd.kategorie	g/kg	%	g/kg TR	% TR	kg WSA/ TR	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	100	1	1	2	50,0	73,0	44,7	20	7,5	
Anmerkungen:										

**Tabelle 1.26.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f. 1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(PN)	37	33	1,12	15,9	4,0	83/2	-	9,5*	33,7	46,1
Anmerkungen: *Ohne Berücksichtigung der Gaseinpressung											

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.27: Kläranlage Nr.: 27**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	24.11.1997

**Tabelle 1.27.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				P - Fällung Verf.weise
		Mitbehandlung	% Anteil	Industrieabw. Herkunft		Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchf.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	4	45	3,20/d,21	4	1/2,2/2,3,4	4	1/1	2	2/2	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.27.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh. Verfahrensweise		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	PS	ÜS		Beschickungsmodus PS	ÜS	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1/1	1/1	2/2	3	3	2/1	2/1	1/4	1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.27.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm						Maschin. FS - Entwäss.		
		Herkunft	Mikrobielle Zuordnung ÜS			TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR
			Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	35,0*	1	1	1	40,0	70,0*	34,0	-	-	

Anmerkungen: \*Leichte Beeinflussung von ÜS-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus Faulung

**Tabelle 1.27.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m <sup>2</sup> d	Energieeintrag V/m <sup>3</sup>		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer 1.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	Ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(PN)	33	24	1,11	4,7	4,7	29/1	-	20	34,8	50,0
1	2(kPN)	30	>=31	0,83	4,7	3,5	29/1	-	-	nb	nb

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.28: Kläranlage Nr.: 28**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	11.05.1998

**Tabelle 1.28.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA 1	Kenndaten allgemein			Kenndaten Abwasserreinigung					
		Mitbehandlung Industrieabw. % Anteil	Herkunft	Kanalisation	Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchf.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	P - Fällung Verf.weise	
		2	3	4	5	6	7	8	9	
1	5	55	2/d,9/d	4	1/2,2/2,3	5	1/1*	2**	2/2	

Anmerkungen: \*Belebungsanlage mit Sauerstoffbegasung  
\*\*Teil-Nitrifikation

**Tabelle 1.28.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entrw. Systeme
	Verfahrensweise PS 1	ÜS 2		Beschickungsmodus FB PS 4	ÜS 5	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
			3				7	8	9
1	1	1/2	1/1	-	3	1/1	1/7	3	2/3/2

Anmerkungen:

**Tabelle 1.28.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm						Maschin. FS - Entwäss.	
		Mikrobielle Zuordnung ÜS			Gehalt				
		Herkunft	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR g/kg	GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA/TR
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	100	1	2	2	30,5	69,0	46,0	38	-

Anmerkungen:

**Tabelle 1.28.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f. 1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(PN)	36	21	1,02	12,5	6,1	1,8/1	-	288*	27,3	40,1

Anmerkungen: \*Ohne Berücksichtigung der Gaseinpressung

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.29: Kläranlage Nr.: 29**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	01.12.1997

**Tabelle 1.29.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Kenndaten allgemein				Kenndaten Abwasserreinigung				
	Größenklasse KA 1	Mitbehandlung % Anteil 2	Industrieabw. Herkunft 3	Kanalisation 4	Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente 5	Durchfl.zeit VB 6	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente 7	Reinig.proz. 8	P - Fällung Verf.weise 9
1	4	40	1/d,8/d,19	2	1/3,2/2,3,4	2	1/1	3	2/2
Anmerkungen:									

**Tabelle 1.29.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Anaerobe Schlammstabilisierung					Schl.entw. Systeme 9	
	Verfahrensweise PS 1	ÜS 2	Faulstufen 3	Beschickungsmodus PS 4	ÜS 5	FS - Temperierung 6	Durchmischung Systeme 7		Modus 8
1	1/1	2/2	1/1	3	3	1/1	1/7	1	2/2/1
Anmerkungen:									

**Tabelle 1.29.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Charakterisierung Rohschlamm							Maschin. FS - Entwäss.	
	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%] 1	Herkunft 2	Mikrobielle Zuordnung Schl.belastung 3	Fäd.kategorie 4	TR g/kg 5	Gehalt GV % 6	N g/kg TR 7	Entw. Ergebnis % TR 8	PE - Einsatz kg WSR TR 9
1	41,0	1	1	1,5	39,6	74,0	46,3	19	6
Anmerkungen:									

**Tabelle 1.29.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe 1	Faultemp. °C 2	HRT d 3	Raumbelast. kg oTR/m³d 4	Energieeintrag W/m³ 5		Pumpendurchläufe n/HRT 7		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. (h) 9	Abbauleistung 10	
					max. 6	σ 8	Auss. Pump. 7	Schr.sch. 8		TR % 10	oTR % 11
1	1(PN)	37	22	1,37	12,5	11,0	33/1	-	11	38,6	52,0
Anmerkungen:											

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.30: Kläranlage Nr.: 30**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	09.03.1998

**Tabelle 1.30.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA 1	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				P - Fällung Verf.weise 9
		Mitbehandlung % Anteil 2	Industrieabw. 3	Herkunft 4		Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente 5	Durchfl.zeit VB 6	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente 7	Reinig.proz. 8	
1	5	55	1/d,2,8	4	1/3,2/2,3,4	3	2/2	3	2/2	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.30.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme 9
	Verfahrensweise PS 1	ÜS 2		Beschickungsmodus FB PS 4	ÜS 5	FS - Temperierung 6	Systeme 7	Modus 8	
1	1/1	2/2	2/1	1	1	1/1	1/6	1/1	2/3/2

Anmerkungen:

**Tabelle 1.30.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%] 1	Charakterisierung Rohschlamm					Maschin. FS - Entwäss.		
		Mikrobielle Zuordnung ÜS			TR g/kg 5	Gehalt GV % 6	N g/kg TR 7	Entw. Ergebnis % TR 8	PE - Einsatz kg WSR TR 9
Herkunft 2	Schl.belastung 3	Fäd.kategorie 4	TR g/kg 5	Gehalt GV % 6					
1	45,0	2	3	0,5	45,0	69,0	41,3	45	-

Anmerkungen:

**Tabelle 1.30.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe 1	Faultemp. °C 2	HRT d 3	Raumbelast. kg oTR/m <sup>3</sup> d 4	Energieeintrag W/m <sup>3</sup>		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h] 9	Abbauleistung	
					max. 5	Ø 6	Auss. Pump. 7	Schr.sch. 8		TR % 10	oTR % 11
1	1(PN)	37	19	1,64	4,5	4,5	15,4/1	175	2,4	37,4	54,2
1	2(PN)	37	38	0,82	4,5	4,5	31,0/1	350	-	40,7	58,9

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.31: Kläranlage Nr.: 31**

Anzahl Beprobungen 1:  
 Datum Probenahme (PN):

PN	Datum
1	19.01.1998

**Tabelle 1.31.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Kenndaten allgemein				Kenndaten Abwasserreinigung				
	Größenklasse KA	Mitbehandlung Industrieabw. % Anteil	Herkunft	Kanalisation	Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchlaufzeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	P - Fällung Verf.weise
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5	70	8,24/d	4	1/2,2/2,3,4	3	1/1*	3	3

Anmerkungen: \*Mit nachgeschalteter Sandfilteranlage

**Tabelle 1.31.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung				Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	US		Beschickungsmodus PS	US	FS - Temperatur	Systeme	Modus		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	1/1	2/2	2/1	2	2	2/1	1/6	1/1	2/3/2	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.31.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Charakterisierung Rohschlamm							Maschin. FS - Entwäss.	
	Verhältnis Trockenmasse US/RS [%]	Herkunft	Mikrobielle Zuordnung US Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	53,5	1	1	3	64,5	72,2	42,3	40	-

Anmerkungen:

**Tabelle 1.31.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(PN)	37	23	2,0	6,3	6,3	6,0/1	333	2,5	32,9	45,5
1	2(PN)	33	47	1,0	6,3	5,0	6,0/1	666	-	39,7	54,9

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.32: Kläranlage Nr.: 32**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	16.02.1998

**Tabelle 1.32.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				P - Fällung Verf.weise
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zzeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	
1	5	55	3	1,8,11/1*	4	5	6	7	8	9
						1/1,2/1,4	4	2/1	2	2/1

Anmerkungen: \*Einleitung hoher Frachten an Calciumchlorid

**Tabelle 1.32.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	ÜS		Beschickungsmodus FB PS	ÜS	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1/1	1/1	2/2	1	1	2/1	2/1	1/3	2/3/3*

Anmerkungen: \*Entwässerung nach thermischer Schlammkonditionierung

**Tabelle 1.32.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlamm entwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm						Maschin. FS - Entwäss.	
		Mikrobielle Zuordnung ÜS				Gehalt GV	N	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WS/ TR
		Herkunft	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	30,0*	2	2	2	43,5	66,8*	44,3	54	-

Anmerkungen: \*Leichte Beeinflussung von ÜS-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus Faulung

**Tabelle 1.32.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	σ	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
1	1(kPN)	33	18	1,57	7,1	5,3	26,0/1	-	12,7	nb	nb
1	2(PN)	32	37	0,79	7,1	3,5	35,0/1	-	-	38,0	56,9

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.33: Kläranlage Nr.: 33**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	16.02.1998

**Tabelle 1.33.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Kenndaten allgemein				Kenndaten Abwasserreinigung				
	Größenklasse	Mitbehandlung	Industrieabw.	Kanalisation	Mechanische Reinigungsstufe		Biologische Reinigungsstufe		P - Fällung
	KA	% Anteil	Herkunft		Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Verf. Elemente	Reinig.proz.	Verf.weise
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4	80	1/d	3	1/2,2/1,4	3	1/1	2	2/2

Anmerkungen:

**Tabelle 1.33.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise			Beschickungsmodus FB	FS - Temperierung	Systeme	Modus		
	PS	US							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1/1	2/2	1/1	3	3	1/1	1/2	1	1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.33.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Charakterisierung Rohschlamm							Maschin. FS - Entwäss.	
	Verhältnis Trockenmasse US/RS [%]	Herkunft	Mikrobielle Zuordnung US		TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR
			Schl.belastung	Fäd.kategorie					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	79,4	1	1	3	73,0	64,4	42,0	-	-

Anmerkungen:

**Tabelle 1.33.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m <sup>3</sup> d	Energieeintrag W/m <sup>3</sup>		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer für 1mal Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	Ø	A. Pump.	Schr. sch.		TR %	oTR %
					5	6	7	8		10	11
1	1(PN)	38	42	1,04	12,7	12,7	84/2	-	12	31,7	49,2

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.34: Kläranlage Nr.: 34**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	02.03.1998

**Tabelle 1.34.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Kenndaten allgemein				Kenndaten Abwasserreinigung				
	Größenklasse KA	Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft	Kanalisation	Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	P - Fällung Verf.weise
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4	5	21		1/1,2/2,3,4	4	1/2	2	2/3*

Anmerkungen: \*Intensive Vorfällung mit Kalk und Eisenchlorid

**Tabelle 1.34.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Anaerobe Schlammstabilisierung					Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	US	Faulstufen	Beschickungsmodus PS	US	FS - Temperierung	Systeme	Modus		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	1/1	1/1	2/2*	3	3	2/1	2/1	1/4	2/3/2	

Anmerkungen: \*Schlammeindickung und Trübwasserabzug auch in Faulstufe 1

**Tabelle 1.34.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlamm entwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse US/RS (%)	Charakterisierung Rohschlamm					Maschin. FS - Entwäss.		
		Mikrobielle Zuordnung US			TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WS/n TR
Herkunft	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR	Gehalt					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	13,4*	1	1	2	29,0	73,0*	28,2	40	-

Anmerkungen: \*Leichte Beeinflussung von US-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus Faulung  
Relativ geringer US-Anteil durch starke Vorfällung (s.Tab. 1.34.1)

**Tabelle 1.34.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. (h)	Abbauleistung	
					max.	e	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(PN)	35	>=25	0,85	2,3	2,3	22,5/1	-	27	49,1	67,3
1	2(kPN)	30	>=38	0,56	2,3	1,5	22,5/1	-	-	nb	nb

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.35: Kläranlage Nr.: 35**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	02.03.1998

**Tabelle 1.35.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kenndaten Abwasserreinigung					
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft	Kanalisation	Mechanische Reinigungsstufe		Biologische Reinigungsstufe		P - Fällung	
					Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Verf. Elemente	Reinig. proz.	Verf.weise	Verf.weise
1	4	5	8,21	4	1/2,2/2,3,4	4	1/1	2	2/2	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.35.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbh.		Anaerobe Schlammstabilisierung						Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	ÜS	Faustufen	Beschickungsmodus FB		FS - Temperierung	Durchmischung FB		
				PS	ÜS		Systeme	Modus	
1	1/1	1/1	2/2*	3	3	2/1	2/4	2/4	2/2/1

Anmerkungen: \*Der Faulung vorgeschaltete ATS-Anlage

**Tabelle 1.35.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlamm entwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm						Maschin. FS - Entwäss.	
		Herkunft	Mikrobielle Zuordnung ÜS		TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSR TR
			Schl.belastung	Fäd.kategorie					
1	26,7*	1	1	3	30,0	67,5*	50,0	27	7

Anmerkungen: \*Beeinflussung von ÜS-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus Faulung (tatsächlicher ÜS-Anteil wahrscheinlich bei ca. 35%)

**Tabelle 1.35.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m <sup>3</sup> d	Energieeintrag W/m <sup>3</sup>		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	e	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
					5	6	7	8		10	11
1	1(kPN)	37	17	1,16*	1,3	0,8	-	-	-	nb	nb
1	2(PN)	33	>=33	0,61*	1,3	0,4	-	-	-	27,6**	43,8**

Anmerkungen: \*Raumbelastung nach ATS-Anlage  
\*\*Abbau einschl. ATS-Anlage (während Beprobungszeitraum praktisch kein Abbau in ATS-Anlage, HRT: ca. 1d)

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.36: Kläranlage Nr.: 36**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	06.04.1988

**Tabelle 1.36.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				P - Fällung Verf.weise
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Verf. Elemente	Reinigungsstufe Durchfl.zeit VB	Biologische Verf. Elemente	Reinigungsstufe Reinig.proz.	
1	4	40	0/d,8,16	4	1/3,2/1,4	4	1/1	3	2/3	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.36.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	ÜS		Beschickungsmodus PS	ÜS	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
1	1/1	1/1	2/2	3	3	2/1	2/1	1/4	1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.36.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm						Maschin. FS - Entwäss.	
		Mikrobielle Zuordnung ÜS			Gehalt			Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WS/TR
	Herkunft	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR g/kg	GV %	N g/kg TR			
1	40,0*	1	1	2	28,5	71,5*	34,0	-	-

Anmerkungen: \*Leichte Beeinflussung von ÜS-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus Faulung

**Tabelle 1.36.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	Ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
1	1(kPN)	30	23	0,89	3,2	3,2	35/1	-	16	nb	nb
1	2(PN)	25	>=46	0,44	3,2	1,6	35/1	-	-	45,3	83,3

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.37: Kläranlage Nr.: 37**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	16.03.1998

**Tabelle 1.37.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Kenndaten allgemein				Kenndaten Abwasserreinigung				
	Größenklasse	Mitbehandlung	Industrieabw.	Kanalisation	Mechanische Reinigungsstufe		Biologische Reinigungsstufe		P - Fällung
	KA	% Anteil	Herkunft		Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Verf. Elemente	Reinig.proz.	
1	4	25	1,8/d	4	1/3,2/2,3,4	3	2/2	2	2/2

Anmerkungen:

**Tabelle 1.37.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise			Beschickungsmodus FB		FS - Temperierung	Systeme	Modus	
	PS	ÜS		PS	ÜS				
1	1/1	2/1	1/2	3	3	1/1	1/6	3	2/3/2

Anmerkungen:

**Tabelle 1.37.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlamm entwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Charakterisierung Rohschlamm							Maschin. FS - Entwäss.		
	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Herkunft	Mikrobielle Zuordnung ÜS			TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR
			Schl.belastung	Fäd.kategorie						
1	38,5*	2	2	1	46,9	58,7*	32,5	43	35**	

Anmerkungen: \*Beeinflussung von ÜS-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus Faulung, außerdem starker Vorabbau in Kanalnetz durch sehr lange Fließstrecken (tatsächlicher ÜS-Anteil wahrscheinlich bei ca. 45 %)  
\*\*Versuchsergebnisse mit Hochleistungsdekantern

**Tabelle 1.37.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	a	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
					5	6	7	8		9	11
1	1(PN)	34	35	0,78	5,5	1,9	20,0/1	71	9	29,3	50,0

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.38: Kläranlage Nr.: 38**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	16.03.1998

**Tabelle 1.38.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				P - Fällung Verf.weise
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	
1	4	50	1/d,14,18	4	5	6	7	8	9	
					1/2,2/2,3,4	4	1/1	3	2/2	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.38.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	ÜS		Beschickungsmodus PS	ÜS	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1/1	1/1	2/1	3	3	2/1	2/1	1/4	2/2/1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.38.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm						Maschin. FS - Entwäss.	
		Herkunft	Mikrobielle Zuordnung ÜS		Gehalt		N	Entw. Ergebnis	PE - Einsatz
1	29,0*	2	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR g/kg	GV %	g/kg TR	% TR	kg WS/TR
	1	3	4	5	6	7	8	9	
		1	1	2,5	28,8	67,0	37,2	18	4,5
Anmerkungen: *Angewiesene Rohschlamm-Menge wahrscheinlich zu hoch (tatsächlicher ÜS-Anteil wahrscheinlich bei ca.40%)									
**Versuchsergebnisse mit Hochleistungdekantern									

**Tabelle 1.38.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	σ	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1(PN)	26*	18	1,08	1,7	1,7	25,0/1	-	18	34,1	50,8
	2(kPN)	25*	36	0,54	1,7	0,8	25,0/1	-	-	nb	nb

Anmerkungen: \*Sehr niedrige Faultemperaturen

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.39: Kläranlage Nr.: 39**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	23.03.1998

**Tabelle 1.39.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Kenndaten allgemein				Kenndaten Abwasserreinigung				
	Größenklasse KA	Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft	Kanalisation	Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	P - Fällung Verf.weise
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	4	25	10/3,22	4	1/2,2/2,3,4	2	1/1	3	2/2

Anmerkungen:

**Tabelle 1.39.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Anaerobe Schlammstabilisierung					Schl.entw. Systeme	
	Verfahrensweise PS	US	Faulstufen	Beschickungsmodus PS	US	FS - Temperierung	Durchmischung FB Systeme		Modus
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1/1	2/2	1/2	3	3	1/1	1/1	3	1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.39.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammentwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Charakterisierung Rohschlamm							Maschin. FS - Entwäss.	
	Verhältnis Trockenmasse US/RS [%]	Herkunft	Mikrobielle Zuordnung US		TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	36,5*	1	1	3	45,5	69,0*	39,7	-	-

Anmerkungen: \*Beeinflussung von US-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus Faulung (tatsächlicher US-Anteil wahrscheinlich bei ca. 45%)

**Tabelle 1.39.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f. 1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	a	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1(PN)	34	32	1,00	2,7	1,4	15,0/1	-	50	31,8	46,0

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.40: Kläranlage Nr.: 40**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	18.05.1998

**Tabelle 1.40.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalsation	Kenndaten Abwasserreinigung				P - Fällung Verf.weise
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft	Herkunft		Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig. proz.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	4	20	8/d	4	1/2,2/2,3,4	3	1/1	4	2/2	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.40.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh. Verfahrensweise		Anaerobe Schlammstabilisierung					Durchmischung FB Systeme		Schl.entw. Systeme
	PS	OS	Faulstufen	Beschickungsmodus PS	OS	FS - Temperierung	Systeme	Modus		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	1/1	1/1	2/2	3	3	2/1	2/1	1/4	1	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.40.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammentwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse US/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm					Maschin. FS - Entwäss.		
		Mikrobielle Zuordnung US			TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR
Herkunft	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR g/kg	Gehalt GV %					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	45,8*	1	1	0,5	37,6	72,6*	40,9	-	-

Anmerkungen: \*Leichte Beeinflussung von US-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus Faulung, außerdem leichte Verfälschung des Glühverlustes durch zu hohe Glühtemperatur

**Tabelle 1.40.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. (h)	Abbauleistung	
					max.	a	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(kPN)	34	12	2,27	2,0	2,0	23,0/1	-	13	nb	nb
1	2(PN)	31	>=24	1,14	2,0	1,0	23,0/1	-	-	29,3	58,6

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.41: Kläranlage Nr.: 41**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	20.04.1998

**Tabelle 1.41.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Kenndaten allgemein				Kenndaten Abwasserreinigung				
	Größenklasse KA	Mitbehandlung Industrieabw.		Kanalisation	Mechanische Reinigungsstufe		Biologische Reinigungsstufe		P - Fällung Verf.weise
		% Anteil	Herkunft		Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Verf. Elemente	Reinig.proz.	
1	4	65	1/d,8,25	2	1/1,2/2,3*,4	4	1/1	3	2/2

Anmerkungen: \*Verflüssigung (Verseifung) von flotiertem Fett durch Natronlauge

**Tabelle 1.41.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung				Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise			Beschickungsmodus FB		FS - Temperierung	Systeme	Modus		
	PS	US		PS	US					
1	1/1	2/2	1/1	3	3	1/1	1/1	1	2/1/1	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.41.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammentwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Charakterisierung Rohschlamm							Maschin. FS - Entwäss.	
	Verhältnis Trockenmasse US/RS [%]	Mikrobielle Zuordnung US			TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR
		Herkunft	Schl.belastung	Fad.kategorie					
1	35,6*	1	1	3	53,8	66,8*	37,2	27	9

Anmerkungen: \*Beeinflussung von US-Anteil und Rohschlamm-GV durch Milbehandlung von Kieselgur aus Brauerei (unbeeinflusste Verhältnisse: US-Anteil ca. 42%, Rohschlamm-GV ca. 70,5%)

**Tabelle 1.41.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer 1.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	Ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
					5	6	7	8		9	10
1	1(PN)	35	25	1,43	4,0	4,0	65/1	-	9	38,4	57,4

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.42: Kläranlage Nr.: 42**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	15.06.1998

**Tabelle 1.42.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				P - Fällung Verf.weise 9
		Mitbehandlung % Anteil 2	Industrieabw. Herkunft 3	Herkunft 4		Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente 5	Reinigungsstufe Durchfl.zeit VB 6	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente 7	Reinigungsstufe 8	
1	3	25	21	1	1/2,2/2,4	2'	1/1	4	2/2	

Anmerkungen: \*Wegen Strömungskreislauf zwischen VB und AN-Bekken reduzierte Funktionswirkung für PS-Abscheidung

**Tabelle 1.42.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh. Verfahrensweise		Anaerobe Schlammstabilisierung					Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme 9
	PS 1	ÜS 2	Faulstufen 3	Beschickungsmodus PS 4	ÜS 5	FS - Temperatur 6	Systeme 7	Modus 8		
1	1/1	1/1	2/1	3	3	1/2	1/1	1/3	1	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.42.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%] 1	Charakterisierung Rohschlamm					Maschin. FS - Entwäss.		
		Mikrobielle Zuordnung ÜS			Gehalt		N g/kg TR 7	Entw. Ergebnis % TR 8	PE - Einsatz kg WSA TR 9
Herkunft 2	Schl.belastung 3	Fäd.kategorie 4	TR g/kg 5	GV % 6					
1	43,0*	1	1,5	18,7	58,3**	37,7	-	-	

Anmerkungen: \*Tatsächlicher ÜS-Anteil wahrscheinlich deutlich höher (s. Tab. 1.42.1, Spalte 6)  
\*\*Durch Schlammalter > 150d während Beprobungszeitraum Förderung von aerob stabilisierten Schlamm in Faulung

**Tabelle 1.42.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe 1	Faultemp. °C 2	HRT d 3	Raumbelast. kg oTR/m³d 4	Energieeintrag W/m³ 5		Pumpendurchläufe n/HRT 7		FB- Durchm. Dauer f. 1-mal Durchm. [h] 9	Abbauleistung 10	
					max. 5	σ 6	Auss. Pump. 7	Schr.sch. 8		TR % 10	oTR % 11
1	1(PN)	60	2*	6,10	38	38	30,0/1	-	1,5	8,8*	15*
1	2(PN)	36	6*	1,84	38	13	40,0/1	-	-	11,9*	20,2*

Anmerkungen: Durch betriebliche Störungen im Beprobungszeitraum fehlerhafter Betrieb der Faulung mit unzulässig kurzen Verweilzeiten und dadurch bedingten Abbaufiziten (kein Gleichgewichtszustand)

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.43: Kläranlage Nr.: 43**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	15.06.1998

**Tabelle 1.43.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Kenndaten allgemein				Kenndaten Abwasserreinigung				
	Größenklasse KA	Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft	Kanalisation	Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchlaufzeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	P - Fällung Verf.weise
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	3	15	1,4,8,25*	4	1/2,2/2,3,4	4	2/3	2	2/2

Anmerkungen: \*Zusätzliche Annahme von methanolhaltigem Abwasser (Dosierung direkt in Faulung)

**Tabelle 1.43.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Anaerobe Schlammstabilisierung					Schl.entw. Systeme	
	Verfahrensweise PS	US	Faultstufen	Beschickungsmodus PS	US	FS - Temperierung	Durchmischung Systeme		Modus
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1/1	1/1	2/1	3	3	1/2	1/1	1/1	1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.43.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammentwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Charakterisierung Rohschlamm							Maschin. FS - Entwäss.	
	Verhältnis Trockenmasse US/RS [%]	Herkunft	Mikrobielle Zuordnung US Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	30,0*	2	1	2,5	48,1	64,0*	32,4	-	-

Anmerkungen: \*Beeinflussung von US-Anteil und Rohschl.-GV durch vermehrte Einschüttung von Fäkalschlamm im Beprobungszeitraum

**Tabelle 1.43.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faultstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1(PN)	58	5	6,16	33,0	33,0	40/1	-	3	26,1	40,9
	2(PN)	38	21	1,58	33,0	16,7	175/1	-	-	32,6	51,0

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.44: Kläranlage Nr.: 44**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	22.06.1998

**Tabelle 1.44.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein		Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				P - Fällung Verf. weise
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft		Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchfl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig. proz.	
1	3	10	3/21	4 3	5 1/2, 2/2, 3, 4	6 4	7 2/2	8 2	9 1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.44.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh. Verfahrensweise		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl. entw. Systeme
	PS	US		Beschickungsmodus PS	US	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
1	1 1/1	2 1/1	3 1/1*	4 3*	5 3*	6 1/1	7 1/1	8 2	9 1

Anmerkungen: \*Der Faulung vorgeschaltete ATS-Anlage

**Tabelle 1.44.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse US/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm				TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Maschin. FS - Entwäss.	
		Herkunft	Schl. belastung	Fäll. kategorie	Mikrobielle Zuordnung US				Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR
1	33,3	2	2	2	33,0	73,0	43,2	-	-	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.44.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f. 1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	Ø	Auss. Pump.	Schr. sch.		TR %	oTR %
1	1(PN)	42	27	0,69*	6,5	6,5	44/1	-	14	43,2**	59,1**

Anmerkungen: \*Raumbelastung nach ATS-Anlage  
\*\*Abbau einschl. ATS-Anlage, Abbau ATS-Anlage: 16,6 %TR, 22,7 %oTR (HRT: ca. 1d)

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.45: Kläranlage Nr.: 45**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	27.04.1998

**Tabelle 1.45.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalsation	Kenndaten Abwasserreinigung			
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchf.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	4	40	1/d,8/d,18	3	1/1,2/2,3,4	3	1/1	2	2/2

Anmerkungen:

**Tabelle 1.45.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh. Verfahrensweise		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	PS	US		PS	US	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1/1	1/1	2/2	3	3	2/1	1/7	1/3	2/3/2

Anmerkungen:

**Tabelle 1.45.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammentwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse US/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm					Maschin. FS - Entwäss.			
		Herkunft	Mikrobielle Zuordnung US		Gehalt	N	Entw. Ergebnis	PE - Einsatz		
	1	2	3	4	TR <td>GV <td>% <td>g/kg TR <td>% TR <td>kg WSA TR </td></td></td></td></td>	GV <td>% <td>g/kg TR <td>% TR <td>kg WSA TR </td></td></td></td>	% <td>g/kg TR <td>% TR <td>kg WSA TR </td></td></td>	g/kg TR <td>% TR <td>kg WSA TR </td></td>	% TR <td>kg WSA TR </td>	kg WSA TR
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	32,3*	1	2	2	39,1	64,8*	32,0	40		

Anmerkungen: \*Leichte Beeinflussung von US-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus Faulung

**Tabelle 1.45.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m <sup>3</sup> d	Energieeintrag W/m <sup>3</sup>		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f. 1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	σ	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(PN)	36	17	1,47	19,0	12,0	20,4/1	-	20	30,5	47,1
1	2(kPN)	35	>=34	0,74	19,0	5,0	20,4/1	-	-	33,7*	52,0*

Anmerkungen: \*Abbauberechnung über angegebene Gasproduktion

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.46: Kläranlage Nr.: 46**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	27.04.1998

**Tabelle 1.46.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchl.zeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	P - Fällung Verf.weise
1	5	25	1,2,6,8/d	4	1/3,2/1,3,4	2	1/1	3	2/3	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.46.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	ÜS		Beschickungsmodus FB PS	ÜS	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
1	1/1	1/1*	3	4	5	6	7	8	9
			2/2	3	3*	2/1	2/1	1/4	2/3/2

Anmerkungen: \*ÜS nach maschineller Entwässerung in Verbrennung,  
fallweise Rohschlamm-Beimischung von ÜS-Anteilen und gemeinsame Ausfällung

**Tabelle 1.46.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlamm entwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm						Maschin. FS - Entwäss.	
		Mikrobielle Zuordnung ÜS			Gehalt			Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSR/TR
	Herkunft	Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR g/kg	GV %	N g/kg TR			
1	15,0*	1	1	2,5	41,0	66,0	41,9	40	-

Anmerkungen: \*ÜS-Anteil im Beprobungszeitraum (ca. 50% von Ges.ÜS, s. Tab. 1.46.2, Spalte 2)

**Tabelle 1.46.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	o	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
1	1(PN)	35	9,5	2,9	6,4	4,4	10,0/1	-	17	28,8	43,6
1	2(kPN)	33	>=19	1,4	6,4	2,2	10,0/1	-	-	31,8*	48,1*

Anmerkungen: \*Abbauberechnung über angegebene Gasproduktion

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.47: Kläranlage Nr.: 47**

Anzahl Beprobungen: 1  
 Datum Probenahme (PN):

PN	Datum
1	02.06.1998

**Tabelle 1.47.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Kenndaten allgemein				Kenndaten Abwasserreinigung				
	Größenklasse	Mitbehandlung	Industrieabw.	Kanalisation	Mechanische Reinigungsstufe		Biologische Reinigungsstufe		P - Fällung
	KA	% Anteil	Herkunft		Verf. Elemente	Durchfl.zzeit VB	Verf. Elemente	Reinig.proz.	Verf.weise
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5	20	3,21,22	1	1/2,2/2,3,4	3	1/1	3	2/2

Anmerkungen:

**Tabelle 1.47.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Anaerobe Schlammstabilisierung					Schl.entw. Systeme	
	Verfahrensweise		Faulstufen	Beschickungsmodus FB		FS - Temperierung	Durchmischung FB		
	PS	ÜS		PS	ÜS		Systeme		Modus
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1/1	1/2	3/2	2	3	2/1	2/7	1/1/4	1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.47.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Charakterisierung Rohschlamm							Maschin. FS - Entwäss.	
	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS (%)	Herkunft	Mikrobielle Zuordnung ÜS			Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR
			Schl.belastung	Fäd.kategorie	TR g/kg				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	43,4	1	1	1	25,0	72,0	44,3	-	-

Anmerkungen:

**Tabelle 1.47.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
					5	6	7	8		10	11
1	1(PN)	42	14	1,30	6,6	4,3	20,1/1	-	16	30,8	42,8
1	2(PN)	35	21	0,87	6,6	4,1	41,0/1	-	-	34,0	47,3
1	3(PN)	28	>=28	0,65	6,6	3,1	41,0/1	-	-	38,1	50,2

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.48: Kläranlage Nr.: 48**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	22.06.1998

**Tabelle 1.48.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				
		Mitbehandlung Industrieabw.	% Anteil	Herkunft		Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchlaufzeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig. proz.	P - Fällung Verf.weise
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	5	75	8/d,10,14/d,16	3	1/1,2/2,3,4	4	1/1	4	2/2	

Anmerkungen:

**Tabelle 1.48.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl. entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	ÜS		Beschickungsmodus FB PS	ÜS	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1/1	2/2	3/2	3	3	2/1	2/8	1/3/4	1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.48.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Charakterisierung Rohschlamm						Maschin. FS - Entwäss.	
		Mikrobielle Zuordnung ÜS			Fäd.kategorie	TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR
Herkunft	Schl.belastung		1	2					
1	44,2	1	1	2	33,7	65,5	36,4	25*	7*

Anmerkungen: \*Ergebnisse mit Mobilpresse (Sommer-Werte, Winter-Werte: ca. 20% TR max., ca. 14 kg PE-WS/TR)

**Tabelle 1.48.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. (h)	Abbauleistung	
					max.	σ	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(PN)	36	17	1,27	3,6	2,7	16,9/1	78	4,4	31,3	47,7
1	2(PN)	34	>=35	0,63	3,6	1,4	16,9/1	79	-	33,3	50,7
1	3(KPN)	28	>=44	0,50	3,6	1,1	16,9/1	79	-	nb	nb

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.49: Kläranlage Nr.: 49**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	30.03.1998

**Tabelle 1.49.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Kenndaten allgemein				Kenndaten Abwasserreinigung				
	Größenklasse	Mitbehandlung	Industrieabw.	Kanalisation	Mechanische Reinigungsstufe		Biologische Reinigungsstufe		P - Fällung
	KA	% Anteil	Herkunft		Verf. Elemente	Durchflzeit VB	Verf. Elemente	Reinig.proz.	
1	4	60	1,6/d*18	4	5	6	7	8	9
					1/3,2/2,3,4	2	2/2	2	2/3

Anmerkungen: \*Herstellung von Soßen, Emulgatoren

**Tabelle 1.49.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Anaerobe Schlammstabilisierung					Schl.entw. Systeme	
	Verfahrensweise		Faulstufen	Beschickungsmodus FB		FS - Temperierung	Durchmischung FB		
	PS	US		PS	US		Systeme		Modus
1	1/1	1/1	2/2	3	3	1/1	1/1	2/3/2	
Anmerkungen:									

**Tabelle 1.49.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Charakterisierung Rohschlamm							Maschin. FS - Entwäss.	
	Verhältnis Trockenmasse US/RS [%]	Herkunft	Mikrobielle Zuordnung US		TR g/kg	Gehalt GV %	N g/kg TR	Entw. Ergebnis % TR	PE - Einsatz kg WSA TR
			Schl.belastung	Fäd.kategorie					
1	69,1*	2	2	1	34,0	67,0*	38,5	40	-
Anmerkungen: *Beeinflussung von US-Anteil und Rohschlamm-GV durch Einleitung von Trübwasser (TR) aus Faulung									

**Tabelle 1.49.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m³d	Energieeintrag W/m³		Pumpendurchläufe nHRT		FB- Durchm. Dauer 1.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
					5	6	7	8		9	10
1	1(PN)	35	10	2,18	9,1	9,1	42/1	-	6	28,4	42,4
1	2(PN)	35	>=21	1,09	9,1	6,9	63/1	-	-	35,2	52,5

Anmerkungen:

**Tabelle 1: Spezifikation Kläranlage - Herkunft und Behandlung der untersuchten Schlämme**

**Tabelle 1.50: Kläranlage Nr.: 50**

Anzahl Beprobungen: 1

Datum Probenahme (PN):	PN	Datum
	1	20.04.1998

**Tabelle 1.50.1: Basisdaten Kläranlage - Abwasserreinigung**

PN	Größenklasse KA 1	Kenndaten allgemein			Kanalisation	Kenndaten Abwasserreinigung				
		Mitbehandlung % Anteil	Industrieabw. Herkunft			Mechanische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Durchlaufzeit VB	Biologische Reinigungsstufe Verf. Elemente	Reinig.proz.	P - Fällung Verf.weise
		2	3		4	5	6	7	8	9
1	5	30	1,8,14,23		4	1/2,2/2,4	4	1/1	2	2/2

Anmerkungen:

**Tabelle 1.50.2: Basisdaten Kläranlage - Schlammbehandlung**

PN	Mechan. Schlammvorbeh.		Faulstufen	Anaerobe Schlammstabilisierung			Durchmischung FB		Schl.entw. Systeme
	Verfahrensweise PS	US		Beschickungsmodus FB PS	US	FS - Temperierung	Systeme	Modus	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1/1	2/2	1/1	1	1	1/1	1/5	1	2/3/1

Anmerkungen:

**Tabelle 1.50.3: Rohschlammbeschaffenheit und Schlammentwässerung während Beprobungszeitraum**

PN	Charakterisierung Rohschlamm							Maschin. FS - Entwäss.	
	Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS [%]	Herkunft	Mikrobielle Zuordnung ÜS		TR	Gehalt GV	N	Entw. Ergebnis	PE - Einsatz
	1	2	Schl.belastung	Fäd.kategorie	g/kg	%	g/kg TR	% TR	kg WS/t TR
			3	4	5	6	7	8	9
1	42,8	1	2	3	51,2	73,3	44,5	27	7,5

Anmerkungen:

**Tabelle 1.50.4: Betriebskennwerte der Schlammfäulung während Beprobungszeitraum**

PN	Faulstufe	Faultemp. °C	HRT d	Raumbelast. kg oTR/m <sup>3</sup> d	Energieeintrag W/m <sup>3</sup>		Pumpendurchläufe n/HRT		FB- Durchm. Dauer f.1-mal. Durchm. [h]	Abbauleistung	
					max.	ø	Auss. Pump.	Schr.sch.		TR %	oTR %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1(PN)	35	22	1,72	5,0	5,0	-	-	-	34,2	46,6

Anmerkungen:

Tabelle 2: Chemisch / physikalische Schlammmuntersuchungen - Ergebnisse

Tabelle 2.1: Allgemeine Schlamm- und Entwässerungskennwerte, Teil 1

KA	PN	Fauststufe	pH	ei: LF mS/cm	Org. Säuren mg/l	TR g/kg	GV %	NH <sub>4</sub> -N mg/l	org. geb. N		NH <sub>4</sub> -N/Ges. %	P ges. g P/kg TR	CST s	spez. CST s/% TR	spez. FW 10 <sup>3</sup> ml/kg	Viskosität	
									g N/kg TR	g N/kg oTR						dyn.	kinem. %
1	2	3	7,4	7,7	398	28,83	55,84	1,125	32,4	58,0	54,6	34,1	544	189	3,590	nb	nb
1	2	1	7,42	10,2	208	28,81	55,47	1,381	35,2	53,5	57,7	37,3	448	156	3,330	0,1168	5,88
2	1	1	7,51	9,0	102	28,12	55,44	1,421	37,3	67,3	57,5	37,9	495	176	2,770	nb	nb
2	2	1	7,34	10,7	<50	37,44	55,58	1,485	33,9	61,0	53,9	39,0	556	149	2,710	0,1078	6,70
3	1	1	7,17	5,4	<50	29,36	56,16	703	39,7	86,3	37,6	32,4	116	40	714	nb	nb
	2	2	7,28	6,1	<50	31,40	54,90	873	38,3	89,8	42,1	37,1	86	27	634	nb	nb
2	1	1	7,22	7,1	77	35,00	61,24	1,010	36,7	59,9	44,2	40,4	489	136	2,970	0,2477	6,63
	2	2	7,29	8,4	<50	32,48	58,49	1,136	37,6	64,3	48,2	44,2	311	96	1,890	0,1611	6,58
4	1	1	7,14	5,8	<50	26,90	41,67	654	25,4	60,9	48,9	30,8	115	43	883	0,0434	nb
5	1	1	7,30	7,3	111	26,80	55,41	1,013	44,9	81,0	45,7	37,2	321	120	1,940	nb	nb
2	2	1	7,40	8,1	<50	24,42	57,93	948	46,7	80,6	45,4	44,5	400	164	2,530	0,1276	6,41
6	1	2	7,00	6,7	162	34,74	54,55	807	25,9	47,5	54,1	56,2	119	34	1,250	0,0164	2,66
7	1	1	7,42	6,3	<50	26,44	54,92	1,124	26,8	48,8	61,3	46,3	475	180	3,940	0,1576	12,84
	2	2	7,46	6,3	<50	19,05	50,13	779	23,4	46,7	63,6	49,0	187	98	1,240	0,0398	3,48
8	1	1	7,15	6,3	146	21,60	57,87	818	34,0	58,8	47,7	44,9	78	36	1,100	0,1009	3,70
	2	2	7,15	6,1	207	25,08	55,62	850	30,8	55,4	52,4	45,2	101	40	1,180	0,1594	3,48
9	1	1	7,25	5,7	52	25,28	58,74	656	38,0	64,7	40,6	43,7	304	120	2,270	0,1075	nb
10	1	2	7,16	9,2	91	41,94	49,39	878	27,1	54,9	55,4	26,8	262	62	1,610	nb	nb
11	1	1	7,00	7,8	<50	51,61	48,51	880	25,0	51,5	53,6	28,3	326	63	1,610	nb	nb
12	1	1	7,04	4,6	<50	31,85	47,33	580	26,0	54,9	41,6	32,4	153	48	1,040	nb	nb
	2	2	7,09	5,2	<50	35,18	48,10	736	25,5	53,0	45,1	32,3	184	52	1,270	nb	nb
13	1	2	7,03	6,5	73	43,75	46,45	802	16,0	34,4	72,7	29,8	225	51	1,500	0,3415	3,01
14	1	1	7,30	8,1	165	33,64	46,58	1,158	17,2	36,9	66,7	31,9	226	67	1,420	0,1545	8,28
15	1	1	7,32	9,2	<50	30,02	51,50	1,302	27,2	52,8	61,4	45,9	426	142	2,490	0,1843	10,43
16	1	1	7,43	6,6	<50	29,30	43,90	621	23,5	53,6	47,4	37,2	356	122	1,990	0,0574	6,01
	2	2	7,42	6,9	<50	34,67	41,50	849	19,4	46,8	60,9	34,6	302	87	1,660	nb	4,98
17	1	1/1	7,22	7,4	53	23,82	58,10	1,038	44,3	76,2	49,6	38,9	476	200	3,830	0,1433	6,56
	1/2	2	7,14	6,8	<50	23,31	57,98	970	32,7	56,4	55,5	32,2	410	176	2,640	0,1020	9,33
	2	2	7,25	8,2	<50	22,94	55,80	1,135	28,2	50,5	63,7	34,0	413	180	2,640	0,0995	8,15
18	1	1	7,27	9,0	69	36,96	51,16	1,270	28,5	55,7	54,7	28,7	607	164	2,900	nb	nb
	2	1	7,46	10,7	<50	50,32	54,05	2,071	30,4	56,2	57,5	50,6	877	174	4,280	1,0873	12,16
19	1	2	7,02	5,9	201	33,89	54,91	900	27,9	50,8	63,3	45,5	263	78	2,470	0,3108	5,07
20	1	1	7,39	10,0	<50	49,40	43,24	1,404	23,7	54,8	54,5	26,7	620	126	2,570	0,2793	7,26
21	1	1	6,96	4,7	173	31,67	54,28	567	26,5	48,8	37,5	41,3	223	70	1,350	0,1383	3,49
	2	2	7,00	5,9	151	32,80	51,42	745	23,6	45,9	48,5	38,8	190	58	1,190	0,1921	3,83
22	1	1	7,15	6,6	<50	20,03	57,49	708	32,7	56,9	47,9	30,2	167	84	1,140	nb	3,82
	2	2	7,17	6,8	<50	22,27	55,57	730	32,1	57,8	50,2	31,0	189	85	1,450	0,0506	3,31
23	1	1	7,05	5,2	<50	28,91	56,42	843	34,4	61,0	52,9	43,6	171	59	2,000	0,1622	3,22
24	1	1	7,27	10,8	622	40,98	61,84	1,184	55,7	90,1	34,2	65,1	409	100	2,860	nb	nb
	2	1	7,29	11,9	608	40,76	61,94	1,698	50,1	80,9	45,4	62,7	1,370	335	9,430	2,4150	19,05

Tabelle 2: Chemisch / physikalische Schlammmuntersuchungen - Ergebnisse

Tabelle 2.1: Allgemeine Schlamm - und Entwässerungskennwerte , Teil 2

KA	PN	Faulstufe	pH	el. LF mS/cm	Org. Säuren mg/l	TR g/kg	GV %	NH <sub>4</sub> -N mg/l	org. geb. N		NH <sub>4</sub> -N/NGes. %	P ges. g P/kg TR	CST s	spez. CST s/% TR	spez. FW 10 <sup>3</sup> m/kg	Viskosität		
									g N/kg TR	g N/kg oTR						dyn. Pa·s	kinem. cm <sup>2</sup> /s	
25	1	1	7,28	6,5	<50	21,37	54,19	711	26,4	48,7	52,9	35,0	269	126	2,640	0,0126	nb	nb
		2	7,25	7,6	<50	12,07	55,84	788	28,2	50,5	53,8	33,1	229	190	2,870	0,1136	nb	nb
2	2	ATS	6,70	5,3	2,950	31,91	65,59	532	34,8	53,1	32,4	33,3	324	164	4,670	0,1153	6,47	6,47
		1	7,29	6,5	<50	21,55	55,50	686	33,6	60,5	45,6	39,6	306	142	3,200	0,0580	3,76	3,76
26	1	2	7,31	6,6	<50	23,86	54,82	770	30,0	54,7	51,3	39,9	276	115	2,940	0,0840	3,39	3,39
		1	7,37	8,0	114	32,55	59,29	1,173	31,4	53,0	53,4	37,0	212	66	1,860	0,4044	9,34	9,34
27	1	1	7,12	4,9	<50	16,33	53,97	538	31,5	58,4	39,6	36,3	127	78	793	0,0281	2,80	2,80
28	1	1	6,93	4,8	150	16,24	56,90	510	40,3	70,8	36,4	36,6	39	24	1,100	0,0221	4,04	4,04
29	1	1	7,16	6,3	52	25,91	57,83	779	45,3	78,3	39,9	36,9	324	125	2,510	0,0853	6,60	6,60
30	1	1	7,32	9,1	<50	28,18	50,50	1,154	24,9	49,3	62,2	62,7	515	183	4,240	0,1344	6,81	6,81
31	1	2	7,37	9,7	<50	24,54	47,76	1,286	21,9	44,8	69,3	65,9	460	187	3,300	0,0723	4,94	4,94
		1	7,32	9,1	90	32,40	56,72	1,225	34,0	57,9	45,4	35,2	594	183	2,960	0,2815	7,46	7,46
32	1	2	7,55	10,1	<50	30,17	54,09	1,342	34,5	63,8	51,3	38,4	410	136	2,180	0,1926	7,39	7,39
		1	7,25	10,4	<50	33,25	46,41	1,261	24,7	53,2	65,4	60,0	66	14	308	0,1579	2,69	2,69
33	1	1	7,46	11,1	<50	38,98	47,87	1,805	25,3	52,9	58,9	57,3	730	152	2,350	0,4893	7,89	7,89
34	1	1	6,97	5,6	51	52,34	46,96	490	22,3	47,5	59,8	41,4	140	27	612	0,2131	1,86	1,86
35	1	ATS	6,60	4,6	1,200	25,08	71,74	550	42,3	59,0	49,9	20,4	372	143	2,400	0,0486	9,80	9,80
		2	7,04	6,4	61	37,19	52,38	862	29,4	56,1	57,4	39,2	214	58	1,170	0,2367	2,43	2,43
36	1	2	6,86	4,2	238	32,25	47,92	620	22,3	46,5	64,0	34,1	92	29	829	nb	nb	nb
37	1	1	7,23	6,5	<50	39,19	41,52	812	21,4	51,5	53,4	29,3	153	39	774	0,1336	2,55	2,55
38	1	1	7,02	5,1	70	21,10	49,95	579	29,0	58,1	48,6	61,8	53	25	749	0,0685	2,87	2,87
39	1	1	7,04	4,8	76	28,05	54,55	679	34,0	62,3	41,6	40,2	83	30	1,030	0,1285	4,79	4,79
40	1	2	7,04	5,8	266	33,42	52,32	756	29,4	56,2	49,2	41,6	165	49	1,120	nb	nb	nb
41	1	1	7,29	8,1	124	29,87	46,11	867	31,0	67,2	48,9	45,1	153	51	1,190	0,1348	4,44	4,44
42	1	1	6,94	2,3	84	19,01	54,27	195	27,2	50,1	27,3	49,5	50	26	507	0,0481	2,82	2,82
		2	6,93	2,7	<50	16,51	52,72	227	28,6	54,2	32,5	49,1	41	25	322	0,0307	1,63	1,63
43	1	2	7,28	3,5	<50	35,54	51,18	489	31,1	60,8	30,7	23,4	610	172	3,360	0,0731	4,07	4,07
		1	7,23	5,3	<50	32,83	48,63	638	27,1	55,7	41,8	22,5	266	81	1,590	0,0778	3,00	3,00
44	1	1	6,93	2,5	780	16,67	67,63	225	45,2	66,8	17,0	14,0	420	282	3,950	0,0283	7,15	7,15
45	1	1	7,17	5,6	<50	16,52	52,48	615	35,2	67,1	51,4	20,4	257	166	2,350	0,0189	3,06	3,06
46	1	1	7,17	5,9	289	16,55	49,37	472	20,8	42,1	57,8	26,5	90	54	880	0,0174	2,76	2,76
47	1	1	6,97	5,9	<50	31,10	52,29	616	39,1	74,8	33,6	29,2	157	51	1,080	0,1127	3,53	3,53
		2	6,95	4,3	<50	16,88	59,51	508	34,1	57,3	46,2	37,4	251	149	1,930	0,0204	5,06	5,06
48	1	2	7,02	4,6	<50	16,18	57,54	545	35,0	60,8	48,6	39,6	204	112	1,390	0,0213	4,10	4,10
		3	6,92	5,0	<50	45,16	56,16	749	38,8	69,1	54,7	38,7	147	33	794	0,3408	2,62	2,62
49	1	1	7,04	4,9	<50	25,81	49,90	636	28,4	56,9	46,5	34,4	114	44	994	0,1061	3,05	3,05
		2	7,04	6,1	<50	33,00	48,42	666	27,9	57,6	48,8	35,0	104	32	1,110	0,2006	2,79	2,79
50	1	1	6,95	6,2	176	16,65	53,93	619	25,6	47,5	49,8	28,9	223	134	3,030	0,0397	3,45	3,45
		2	6,97	6,9	187	39,53	49,08	814	25,7	52,4	59,0	31,3	226	57	1,470	0,3167	3,43	3,43
50	1	1	7,15	8,1	370	33,68	59,47	1,015	37,5	63,1	44,6	37,3	442	131	3,630	0,1771	7,84	7,84

**Tabelle 2: Chemisch / physikalische Schlammuntersuchungen - Ergebnisse**  
**Tabelle 2.2: Ergebnisse spezifischer Untersuchungen zur Schlammwässerbarkeit, Teil 1**  
 (Durchführung am Institut für Siedlungswasserwirtschaft, TU Braunschweig)

KA	PN	Faulstufe	TR g/Kg	Schlammfällungsmenge			Partikelgrößenbestimmung mit Laser-scanner			Xm µm	Polymerdosierung			Erwässerungsversuche mit Laborzentrifuge			LM		
				% 6	%/TR 6	%/TR 6	n% ges. 7	n% TR 8	n% TR 11		counts < 1µm 9	counts < 1µm 10	n% TR 11	Prod. 13	GW/Kg TR 14	TR 15		AFS mg/l 16	TE(f) 17
1	1	1	29,01	-496	-171	35,225	12,413	5,686	16,1	1,960	66,7	9,0	10,20	8	51	-2,0	-6,5	-3,4	-8
	2	1	28,19	-170	-60	39,618	14,054	7,733	19,5	2,743	60,7	12,5	10,64	<5	89	-1,1	-4,0	k	k
2	1	1	27,87	-457	-164	38,602	13,651	6,065	15,7	2,177	62,7	11,5	10,67	5	62	-2,5	-1,4	-1,6	-7
	2	1	36,23	-261	-72	40,205	11,097	7,215	18,0	1,992	64,2	11,0	12,14	<5	66	-2,1	-0,8	k	k
3	1	1	30,71	-436	-142	31,455	10,243	2,914	9,3	949	87,4	3,5	10,07	44	54	-6,7	-15,2	-13	-10
	2	2	32,84	-519	-158	32,781	9,982	3,388	10,3	1,032	80,8	4,5	9,32	<5	26	-5,8	-13,2	-9	-9
	2	1	34,98	-238	-68	42,855	12,251	7,420	17,3	2,121	59,3	6,8	10,66	16	79	-6,2	-10,1	-3	-3
4	1	1	25,38	-198	-78	36,770	14,488	4,872	13,3	1,920	63,1	7,5	13,33	<5	17	-0,4	-4,0	-9	-9
5	1	1	27,27	-581	-213	34,548	12,669	5,296	15,3	1,942	70,3	7,5	8,25	<5	33	-7,4	-16,7	-14	-14
	2	1	25,50	-556	-218	39,465	15,084	6,077	15,8	2,383	63,9	9,5	10,57	<5	55	-3,2	-4,9	-2	-2
6	1	2	34,88	-328	-94	45,458	13,033	8,010	17,6	2,296	56,2	5,9	10,91	109	84	-3,1	-10,1	-5	-5
7	1	1	26,59	-300	-113	36,177	13,605	4,636	12,8	1,743	67,9	11,0	9,34	31	63	-0,5	-3,4	-2	-2
	2	2	19,29	-125	-65	27,913	14,470	2,084	7,5	1,080	75,2	9,2	10,46	<5	38	-0,3	-6,4	-2	-2
8	1	1	21,87	-374	-171	36,126	16,519	4,980	13,8	2,282	68,5	6,0	8,17	8	51	-2,0	-6,9	-10	-10
	2	2	26,49	-209	-79	37,101	14,006	5,709	15,4	2,155	68,2	5,8	8,70	<5	30	-1,8	-5,1	-2	-2
9	1	1	25,15	-246	-98	47,752	18,987	8,813	18,5	3,504	52,0	8,5	9,79	<5	14	-1,3	-3,3	-5	-5
10	1	2	40,51	-267	-66	46,482	11,474	8,502	18,3	2,999	55,4	5,0	15,09	60	76	-4,9	-14,9	-5	-5
11	1	1	53,60	-456	-85	45,411	8,478	9,702	21,4	1,810	55,5	5,5	12,98	<5	18	-3,2	-7,7	-25	-25
12	1	1	33,45	-308	-92	38,325	11,457	5,375	14,0	1,607	64,3	2,5	16,35	<5	29	-5,2	-10,2	-4	-4
	2	2	37,14	-342	-92	40,490	10,902	5,959	14,7	1,604	61,8	3,0	14,31	5	37	-4,7	-8,9	-4	-4
13	1	2	43,54	-414	-95	41,527	9,538	8,444	20,3	1,939	63,0	6,4	12,38	47	26	-4,5	-9,0	-12	-12
14	1	1	34,53	-335	-97	36,742	10,641	5,882	16,0	1,703	72,1	8,3	13,47	128	49	-3,0	-7,6	-22	-22



**Tabelle 2: Chemisch / physikalische Schlammuntersuchungen - Ergebnisse**  
**Tabelle 2.2: Ergebnisse spezifischer Untersuchungen zur Schlammwässerbarkeit, Teil 3**  
 (Durchführung am Institut für Siedlungswasserwirtschaft, TU Braunschweig)

KA	PN	Faulstufe	TR d/kg d	Schlammladungsmenge			Partikelgrößenbestimmung mit Laserscanner				Xm µm	Entwässerungsversuche mit Laborzentrifuge				LM % 20			
				% 5	%/TR 6	%/TR 8	counts 7	counts 9	counts 10	n%/TR 11		n%/TR 12	Prod. 13	pH/kg TR 14	TR % 15		AFS mg/l 16	TE(f) 17	Zp-0 mV 18
30	1	3	28,61	-134	-47	35,781	12,508	5,113	14,3	1,787	67,7	1	8,0	11,68	<5	44	-5,2	-8,7	-6
		2	24,67	-121	-49	36,416	14,761	5,048	13,9	2,046	64,2	2	9,0	12,39	<5	56	-5,5	-12,1	-2
31	1	1	32,40	-408	-126	37,324	11,520	5,759	15,4	1,777	68,1	2	10,5	10,99	<5	31	-2,6	-0,9	-8
		2	30,77	-317	-103	40,518	13,188	6,252	15,4	2,032	62,3	1	10,0	9,84	62	49	-2,0	-2,6	-3
32	1	2	32,29	-262	-81	41,034	12,708	8,651	21,1	2,680	61,3	2	11,5	9,73	<5	70	-0,5	-1,7	-14
		1	40,29	-483	-120	34,837	8,647	5,451	15,7	1,353	75,6	2	11,8	9,21	<5	63	-3,5	-3,6	-27
33	1	1	50,74	-320	-63	46,425	9,150	9,297	20,0	1,832	52,2	2	6,0	8,79	<5	55	-0,1	-1,2	-4
		2	25,63	-338	-132	44,339	17,300	8,989	20,3	3,507	52,1	2	3,5	15,90	315	124	-0,4	-9,4	-4
34	1	2	38,07	-430	-113	49,442	12,987	10,859	22,2	2,879	50,0	2	16,0	12,49	68	100	-2,3	-5,5	-24
		1	34,71	-236	-68	47,525	13,692	9,348	19,7	2,693	51,4	2	17,5	21,61	34	54	-2,8	-4,6	-5
35	1	1	38,33	-295	-77	38,849	10,135	6,337	16,3	1,653	53,1	2	4,5	15,45	<5	30	-0,8	-6,6	-3
		2	21,10	-154	-73	36,832	17,456	4,494	12,0	2,063	62,1	2	4,8	15,18	<5	32	-2,7	-10,5	-2
36	1	1	29,79	-191	-64	44,615	14,977	7,845	17,6	2,634	56,1	2	5,0	10,29	29	53	-0,3	-7,2	-2
		2	32,44	-217	-67	42,016	12,952	7,808	18,6	2,407	60,7	2	5,3	10,46	<5	nb	-1,3	-4,3	-2
37	1	1	29,87	-131	-44	35,342	11,832	4,529	12,8	1,516	71,7	2	5,5	11,52	8	58	-1,3	-6,4	-3
		2	18,89	-111	-59	37,934	20,082	5,203	13,7	2,755	66,3	2	4,7	11,72	8	35	-2,2	-8,9	-8
38	1	2	17,54	-111	-63	38,442	21,917	5,251	13,7	2,993	64,3	2	7,5	11,88	8	87	-2,0	-9,1	-1
		1	31,93	-182	-57	51,691	16,189	11,869	23,0	3,718	45,7	2	8,5	11,59	<5	65	-0,8	-3,7	-1
39	1	1	18,89	-111	-59	37,934	20,082	5,203	13,7	2,755	66,3	2	6,3	8,66	<5	48	-1,6	-8,1	-1
		2	17,54	-111	-63	38,442	21,917	5,251	13,7	2,993	64,3	2	7,5	8,77	<5	31	-0,9	-6,9	-1
40	1	1	31,93	-182	-57	51,691	16,189	11,869	23,0	3,718	45,7	2	4,5	9,13	<5	19	-1,8	-5,2	-1
		2	17,54	-111	-63	38,442	21,917	5,251	13,7	2,993	64,3	2	4,5	9,13	<5	19	-1,8	-5,2	-1
41	1	1	18,89	-111	-59	37,934	20,082	5,203	13,7	2,755	66,3	2	9,6	13,87	<5	34	-0,5	-0,1	-1
		2	34,74	-198	-57	47,807	13,761	9,658	20,2	2,780	50,1	2	11,3	14,45	<5	52	-1,6	-2,4	0
42	1	1	14,52	-87	-60	38,189	26,301	6,203	16,2	4,273	92,9	2	5,7	16,88	10	48	-2,5	-6,8	-1
		2	16,29	-119	-73	39,936	24,516	5,182	13,0	3,187	56,7	2	6,9	11,87	26	24	-3,3	-7,0	-1
43	1	1	16,29	-119	-73	39,936	24,516	5,182	13,0	3,187	56,7	2	7,9	12,20	13	31	-3,0	-10,7	-1
		2	31,10	-277	-89	39,956	12,828	6,379	16,0	2,032	62,7	2	5,0	12,15	34	61	-0,8	-5,4	-3
44	1	1	16,29	-119	-73	39,936	24,516	5,182	13,0	3,187	56,7	2	5,5	12,39	18	56	-0,2	-5,0	-1
		2	31,10	-277	-89	39,956	12,828	6,379	16,0	2,032	62,7	2	4,5	12,73	57	82	-3,4	-8,6	-2
45	1	1	16,29	-119	-73	39,936	24,516	5,182	13,0	3,187	56,7	2	5,7	11,95	26	71	-1,0	-5,0	-1
		2	31,10	-277	-89	39,956	12,828	6,379	16,0	2,032	62,7	2	5,7	11,95	26	71	-1,0	-5,0	-1

Tabelle 2: Chemisch / physikalische Schlämmentersuchungen - Ergebnisse

Tabelle 2.2: Ergebnisse spezifischer Untersuchungen zur Schlämmentwässerbarkeit, Teil 4  
(Durchführung am Institut für Siedlungswasserwirtschaft, TU Braunschweig)

KA	PN	Fallstuf	TR g/kg	Schlämmladungsmenge		Partikelgrößenbestimmung mit Laserscanner				Xm µm	Entwässerungsversuche mit Laborzentrifuge				LM %				
				%	%/TR	counts ges.	n%	n%	n%		n%	TR	AFS	TE(f)		Zp - 0	Zp - 0.5		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
47	1	1	15,82	-103	-55	35.880	22.866	4.617	12,9	2,920	66,5	7,0	10,59	<5	34	-2,2	-4,1	-18	-2
		3	45,00	-329	-73	42.570	9.460	8.667	20,4	1,926	62,7	8,5	10,55	<5	32	-1,2	-3,2	-18	-1
48	1	1	25,84	-155	-80	36.149	14.764	5.149	13,5	1,993	62,0	5,8	9,76	55	45	-2,0	-6,4	-18	-1
		2	30,70	-278	-90	39.304	12.803	5.491	14,0	1,789	62,7	6,7	10,12	125	36	-2,2	-9,3	-18	-1
49	1	1	17,10	-109	-84	35.176	20.571	4.396	12,5	2,571	66,4	7,5	9,67	<10	63	-0,2	-6,4	-18	-2
		2	39,93	-236	-59	42.470	10.636	8.130	19,1	2,036	59,2	8,0	9,66	<10	65	-1,5	-4,3	-18	-1
50	1	1	33,60	-228	-68	41.488	12.351	7.026	16,9	2,091	59,8	5,5	14,12	<10	42	-3,5	-6,9	-18	-3
		2	8,5	12,55	<10	<10	112	113	-1,3	-0,2	-5,0	-1							

**Tabelle 3: Mikrobiologische Schlammuntersuchungen - Ergebnisse**

**Tabelle 3.1: Vorkommen, Häufigkeit und Zuordnung aerober Fadenbakterien in den untersuchten Beleb- und Faulschlamm, Teil 1**

KA	PN	Untersuchter Schlamm		Typ 1851	M. parv.	Typ.0041	N. lim. II	N. lim III	Actinom.	Typ.0092	H. hydr.	Typ.0981	Sphaer.sp.	Typ.1701	Typ.1863	Typ.021 N	Typ.0914	Thio. sp.	Begg. sp.	Cyanob.	"Isosphi."	Flexib.	"Strept"	gram +		
		Art	Stufe	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
1	1	BS	1																							
		BS	2			x	o					o														
		FS	1				o									o								x		
	2	BS	1					o							o	o			o						a	
		BS	2				x					o							o						o	
		FS	1											o												
2	1	BS	1			o								o	o	x				o						
		BS	2				x																			
		FS	1				o																	x		
	2	BS	1											o	o	x					o					
		BS	2				x					o														
		FS	1																						o	
3	1	BS	1	o		x	o			o	o							o			o					
		FS	1				o	o		o						o						o				
		FS	2				o	o														o				
	2	BS	1			o	o												o						a	
		FS	1			o	o		o															x		
		FS	2			o																		x		
4	1	BS	1	o	x	x	o			o							o	o	o		o					
		FS	1		x	o	o			o												o				
5	1	BS	1	o	o	o	o	o		x	o							o	o	o						
		FS	1	o	o	o	o	o		x																
	2	BS	1	o	x	o			o	o							o	o				o				
		FS	1		x	o			o																	
6	1	BS	1		x				o		o															
		FS	1		o					o																
7	1	BS	1					o					o	o				o	x					a		
		BS	2			o	o	o	o									x	o	o					a	
		FS	1			o	o	o	o																a	
		FS	2			o	o	o																	a	
8	1	BS	1	o	x	o			o									o								
		FS	1		o	o																				
		FS	2		o	o																				
9	1	BS	1		x	o	o			x						o					o			a		
		FS	1		x	o	o				x														a	
10	1	BS	1		x	o						o				o	o							a		
		TK	2		x	o						o				o	o							a		
		FS	2		o																				a	
11	1	BS	1				o							x				x	o					a		
		TK	2					o						o	o			x	o	o				a		
		FS	1																						a	
12	1	BS	1					o						o	o			o							a	
		TK	2				o				o				o	o									a	
		FS	1																							
		FS	2																							
13	1	BS	1			o																				
		FS	1																							
14	1	BS	1	o	x	o	o																			
		FS	1		x			o																		
15	1	BS	1					o					o	o		x		o						a		
		TK	2										o			x		o	o	o						
		FS	1																						a	
16	1	BS	1		o		o	x					o	o												
		TK	2		o		o	x					o		o											
		FS	1		o		o																			
		FS	2				o																			
17	1	BS	1/1		x	x	o											o						a		
		BS	1/2		o	x	o							o					o						a	
		BS	1/e															x								
		FS	1/1		o	o	o																			
		FS	1/2		o	o																				
		FS	2		o	o												o								





Tabelle 3: Mikrobiologische Schlammmuntersuchungen - Ergebnisse

Tabelle 3.2: Vorkommen, Häufigkeit und Zuordnung anaerober Fadenbakterien (Methanbakterien) in den untersuchten Faulschlammern, Teil 1

KA Nr.	PN	Faulstufe	Fäd. Kat.	Methanoseta concilli			Methanobacterium sp.			Methanospirillum hungatei			Gensond.		
				Häuf.	Fädenlänge Ø	max. (µm)	Häuf.	Fädenlänge Ø	max. (µm)	Häuf.	Fädenlänge Ø	max. (µm)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1	1	1,5	x	m	100	+	-	-	-	-	o	k/e	15	+
	2	1	0	-	e	-	+	-	-	-	-	o	k/e	12	+
2	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	e	-	+
	2	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	e	-	+
3	1	1	0,5	o	k	80	nb	-	-	-	nb	-	e	-	+
	2	2	0,5	o	k	120	nb	-	-	-	nb	-	e	-	nb
	2	1	0,5	o	k	80	nb	-	-	-	nb	-	e	-	nb
	2	2	0,5	o	k	70	+	-	-	-	nb	-	e	-	nb
4	1	1	1,5	x	m	80	+	o	k	25	+	-	e	-	+
5	1	1	0,5	o	k/e	100	nb	-	-	-	nb	o	k/e	12	nb
	2	1	0,5	o	k/e	50	+	-	-	-	-	o	k/e	12	+
6	1	1	1	o	k/e	80	+	o	k	30	-	-	e	-	+
7	1	1	1	-	-	-	-	o	k/e	15	-	x	k/e	70	+
	2	2	1	o	k	40	+	o	k	15	-	x	k/e	50	+
8	1	1	2	x	k	100	+	o	k	40	-	-	e	-	+
	2	2	2	x	k	80	+	o	k	50	-	-	e	-	+
	2	2	2	x	k	50	+	o	k	30	+	-	e	-	+
9	1	1	1,5	x	k	80	+	o	k	40	-	-	e	-	+
10	1	2	1,5	x	k/e	80	+	o	k	60	+	-	e	-	+
11	1	1	1,5	o	k/e	60	+	o	k	40	-	-	e	-	+
12	1	1	2	o	k	50	+	o	k	40	+	-	e	-	+
	2	2	2	o	k	50	+	o	k	40	-	-	e	-	+
13	1	1	1,5	o	k/e	30	+	o	k/e	60	-	-	e	-	+
14	1	1	2	x	k	80	+	o	k/e	20	-	-	e	-	+
15	1	1	1	x	m	60	+	-	-	-	+	-	e	-	+
16	1	1	1	o	k/e	25	nb	o	k/e	30	nb	-	e	-	nb
	2	2	1	o	k/e	40	+	o	k/e	50	-	-	e	-	+
17	1	1/1	2	x	m	100	nb	-	-	-	nb	-	e	-	+
	2	1/2	2	x	m	120	nb	-	-	-	nb	-	e	-	nb
	2	2	2	x	m	100	+	-	-	-	nb	-	e	-	+
18	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	e	-	+
	2	1	0	-	-	-	nb	-	-	-	nb	-	e	-	nb
19	1	1	1,5	x	k/e	30	+	o	k	40	+	-	e	-	+
20	1	1	0,5	o	k	20	+	o	k/e	15	+	-	e	-	+
21	1	1	1	o	k/e	40	nb	o	k/e	40	nb	-	e	-	+
	2	2	1	o	k/e	40	+	o	k/e	40	+	-	e	-	+
22	1	1	2,5	x	k/e	120	nb	o	k/e	15	nb	o	k/e	12	nb
	2	2	2,5	x	k/e	120	+	o	k/e	15	nb	o	k/e	12	+
23	1	1	1	o	k/e	25	+	o	k/e	30	+	-	e	-	+
24	1	1	1,5	x	k	80	+	o	k/e	15	+	-	e	-	+
	2	1	1,5	x	k	50	nb	o	k/e	15	nb	-	e	-	nb

Tabelle 3: Mikrobiologische Schlammuntersuchungen - Ergebnisse

Tabelle 3.2: Vorkommen, Häufigkeit und Zuordnung anaerober Fadenbakterien (Methanbakterien) in den untersuchten Faulschlamm, Teil 2

KA Nr.	PN	Faulstufe	Fäd. Kat.	Methanosaeta concillii			Methanobacterium sp.			Methanospirillum hungatei			Gensond.			
				Häuf.	Fädenlänge max. (µm)	Gensond.	Häuf.	Fädenlänge max. (µm)	Gensond.	Häuf.	Fädenlänge max. (µm)	Gensond.				
				5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18
25	1	1	2	x	m	80	+	-	-	-	-	-	ø	-	-	+
		2	2,5	x	m	100	+	-	-	-	-	-	ø	-	-	+
	2	1	2	x	m	100	nb	-	-	-	nb	-	ø	-	-	+
		2	2,5	x	m	100	+	-	-	-	+	-	ø	-	-	+
26	1	1	1	x	k/e	60	x	o	k	60	+	-	ø	-	-	+
27	1	1	2,5	o	k/e	50	x	x	k/e	60	+	-	ø	-	-	+
28	1	1	1,5	x	k/e	30	x	x	k/e	20	+	-	ø	-	-	+
29	1	1	0,5	o	k/e	30	x	-	-	-	-	-	ø	-	-	+
30	1	1	2,5	x	k/e	80	x	-	-	-	-	-	ø	-	-	+
		2	2,5	x	k/e	70	x	-	-	-	+	-	ø	-	-	+
31	1	2	2	x	k/e	70	nb	-	-	-	nb	-	ø	-	-	nb
		2	2	x	k/e	70	x	-	-	-	+	-	ø	-	-	+
32	1	1	2,5	x	k/e	80	x	o	k/e	50	-	-	ø	-	-	+
33	1	1	0,5	o	k/e	20	x	-	-	-	-	-	ø	-	-	+
34	1	1	2,5	o	k/e	60	x	x	k/e	30	+	-	ø	-	-	+
35	1	1	2	x	l	120	x	o	m	80	+	-	ø	-	-	+
36	1	1	1	o	k/e	30	x	o	k	30	-	-	ø	-	-	+
37	1	1	1,5	x	k/e	40	x	o	k	15	+	-	ø	-	-	+
38	1	1	2	-	-	-	x	x	k	30	+	-	-	-	-	-
39	1	1	2	x	m	80	x	x	k	50	+	-	ø	-	-	+
40	1	2	1,5	o	k/e	50	x	o	k	30	+	-	ø	-	-	+
41	1	1	2,5	x	l	100	x	o	k	30	+	-	ø	-	-	+
42	1	1	0,5	-	-	-	nb	o	k	25	nb	-	-	-	-	nb
		2	0,5	-	-	-	-	o	k	20	+	-	-	-	-	-
43	1	1	0	-	-	-	nb	-	-	-	nb	-	-	-	-	nb
		2	0,5	o	k	20	+	-	-	-	-	-	ø	-	-	+
44	1	1	1	o	k/e	20	-	o	k/e	20	-	-	ø	-	-	+
45	1	1	1,5	o	k/e	30	+	x	k/e	50	+	-	ø	-	-	+
46	1	1	1	o	k/e	15	+	x	k/e	25	+	-	ø	-	-	+
47	1	1	1,5	o	k/e	40	nb	x	k/e	50	nb	-	ø	-	-	nb
		2	1,5	o	k/e	50	nb	x	k/e	50	nb	-	ø	-	-	nb
		3	1,5	o	k/e	50	+	x	k/e	50	+	-	ø	-	-	+
48	1	1	1	o	k/e	30	nb	x	k/e	30	nb	-	ø	-	-	nb
		2	1	o	k/e	30	+	x	k/e	30	+	-	ø	-	-	+
49	1	1	2,5	o	k/e	50	+	x	k/e	40	+	-	ø	-	-	+
		2	2	o	k/e	40	+	x	k/e	30	+	-	ø	-	-	+
50	1	1	2,5	x	l	100	+	o	m	80	+	-	ø	-	-	+

**Tabelle 3: Mikrobiologische Schlammuntersuchungen - Ergebnisse**

**Tabelle 3.3: Vergleich der Fädiigkeitskategorie zusammengehöriger Belebt- und Faulschlämme, Teil 1**

KA	PN	Untersuchter Schlamm		Schlammfädiigkeit					
		Art	Stufe	gesamt Fäd. Kat.	davon Methanbakterien		davon Fadenbakt.aus ÜS		Diff. zu ÜS
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	BS	1	1	-	-	-	-	-
		BS	2	2	-	-	-	-	-
		FS	1	2	1,5	75	0,5	75	0,5
	2	BS	1	1	-	-	-	-	-
		FS	1	0	0	0	0	0	1
2	1	BS	1	1	-	-	-	-	-
		BS	2	0,5	-	-	-	-	-
		FS	1	0,5	0	0	0,5	100	0,5
	2	BS	1	1,5	-	-	-	-	-
		FS	1	0	0	0	0	0	1,5
3	1	BS	1	1	-	-	-	-	-
		FS	1	1	0,5	50	0,5	50	0,5
		FS	2	1	0,5	50	0,5	50	0,5
	2	BS	1	1	-	-	-	-	-
		FS	1	1	0,5	50	0,5	50	0,5
4	1	1	1	0,5	50	0,5	50	0,5	
4	1	BS	1	3	-	-	-	-	-
		FS	1	2,5	1,5	60	1	40	2
5	1	BS	1	1,5	-	-	-	-	-
		FS	1	1	0,5	50	0,5	50	1
	2	BS	1	2,5	-	-	-	-	-
FS		1	3	0,5	17	2,5	83	0	
6	1	BS	1	3	-	-	-	-	-
		FS	1	1,5	1	67	0,5	33	2,5
7	1	BS	1	2,5	-	-	-	-	-
		BS	2	2	-	-	-	-	-
		FS	1	2	1	50	1	50	1,5
		FS	2	1,5	1	67	0,5	33	2
8	1	BS	1	2,5	-	-	-	-	-
		FS	1	3	2	67	1	33	1,5
		FS	2	3	2	67	1	33	1,5
9	1	BS	1	2	-	-	-	-	-
		FS	1	2,5	1,5	60	1	40	1
10	1	BS	1	4	-	-	-	-	-
		TK	2	4	-	-	-	-	-
		FS	2	2	1,5	60	0,5	40	3,5
11	1	BS	1	1	-	-	-	-	-
		TK	2	1	-	-	-	-	-
		FS	1	1,5	1,5	100	0	0	1
12	1	BS	1	1	-	-	-	-	-
		TK	2	0	-	-	-	-	-
		FS	1	2	2	100	0	0	1
		FS	2	2	2	100	0	0	1
13	1	BS	1	1	-	-	-	-	-
		FS	1	1,5	1,5	100	0	0	1
14	1	BS	1	3	-	-	-	-	-
		FS	1	3	2	67	1	33	2
15	1	BS	1	1	-	-	-	-	-
		TK	2	2	-	-	-	-	-
		FS	1	1	1	100	0	0	1
16	1	BS	1	2	-	-	-	-	-
		TK	2	2	-	-	-	-	-
		FS	1	1,5	1	67	0,5	33	1,5
		FS	2	1,5	1	67	0,5	33	1,5

### Tabelle 3: Mikrobiologische Schlammentersuchungen - Ergebnisse

Tabelle 3.3: Vergleich der Fädigkeitskategorie zusammengehöriger Belebt - und Faulschlämme, Teil 2

KA	PN	Untersuchter Schlamm		Schlammfädigkeit			davon Fadenbakt.aus ÜS		
		Art	Stufe	gesamt Fäd. Kat.	davon Methanbakterien Fäd. Kat.	%	Fäd. Kat.	%	Diff. zu ÜS
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	1	BS	1/1	2	-	-	-	-	-
		BS	1/2	1,5	-	-	-	-	-
		BS	1/e	1,5	-	-	-	-	-
		FS	1/1	3	2	67	1	33	1
		FS	1/2	3	2	67	1	33	1
		FS	2	3	2	67	1	33	1
18	1	BS	1	3	-	-	-	-	-
		FS	1	2,5	0	0	2,5	100	0,5
	2	BS	1	3	-	-	-	-	-
		FS	1	3	0	0	3	100	0
19	1	BS	1	3	-	-	-	-	-
		FS	2	3	1,5	50	1,5	50	1,5
20	1	TK	1	2	-	-	-	-	-
		BS	2	2,5	-	-	-	-	-
		FS	1	1,5	0,5	33	1	67	1
21	1	TK	1	1	-	-	-	-	-
		BS	2	1	-	-	-	-	-
		FS	1	1	1	100	0	0	1
		FS	2	1	1	100	0	0	1
22	1	TK	1	1	-	-	-	-	-
		BS	2	2	-	-	-	-	-
		BS	1/e	0	-	-	-	-	-
		FS	1	3	2,5	83	0,5	17	1,5
		FS	2	3	2,5	83	0,5	17	1,5
		FS	1	3	2,5	83	0,5	17	1,5
23	1	BS	1	2	-	-	-	-	-
		FS	1	2,5	1	40	1,5	60	0,5
24	1	BS	1	3	-	-	-	-	-
		FS	1	3	1,5	50	1,5	50	1,5
	2	BS	1	2	-	-	-	-	-
		FS	1	2,5	1,5	60	1	40	1
25	1	BS	1	2,5	-	-	-	-	-
		FS	1	2,5	2	80	0,5	20	2
		FS	2	3	2,5	83	0,5	17	2
	2	BS	1	1	-	-	-	-	-
		TK	2	0	-	-	-	-	-
		ATS	1	1	-	-	-	-	-
		FS	1	2	2	100	0	0	1
		FS	2	2,5	2,5	100	0	0	1
26	1	BS	1	2	-	-	-	-	-
		FS	1	2	1	50	1	50	1
27	1	BS	1	1	-	-	-	-	-
		FS	1	2,5	2,5	100	0	0	1
28	1	BS	1	2	-	-	-	-	-
		FS	1	3	1,5	50	1,5	50	0,5
29	1	BS	1	1,5	-	-	-	-	-
		FS	1	1	0,5	50	0,5	50	1
30	1	BS	1	0,5	-	-	-	-	-
		TK	2	0	-	-	-	-	-
		FS	1	3	2,5	83	0,5	17	0
		FS	2	3	2,5	83	0,5	17	0
31	1	BS	1	3	-	-	-	-	-
		FS	1	3	2	67	1	33	2
		FS	2	3	2	67	1	33	2
32	1	BS	1	2	-	-	-	-	-
		BS	2	1	-	-	-	-	-
		FS	2	2,5	2,5	100	0	0	2

### Tabelle 3: Mikrobiologische Schlammuntersuchungen - Ergebnisse

Tabelle 3.3: Vergleich der Fädigkeitskategorie zusammengehöriger Belebt - und Faulschlämme, Teil 3

KA	PN	Untersuchter Schlamm		Schlammfädigkeit					
		Art	Stufe	gesamt Fäd. Kat.	davon Methanbakterien		davon Fadenbakt. aus ÜS		
1	2	3	4	5	Fäd. Kat.	%	Fäd. Kat.	%	Diff. zu ÜS
33	1	BS	1	3	-	-	-	-	-
		FS	1	1	0,5	50	0,5	50	2,5
34	1	TK	1	2	-	-	-	-	-
		FS	1	2,5	2,5	100	0	0	2
35	1	BS	1	3	-	-	-	-	-
		ATS	1	3	-	-	-	-	-
		FS	2	2,5	2	80	0,5	20	2,5
36	1	BS	1	2	-	-	-	-	-
		FS	2	1,5	1	67	0,5	33	1,5
37	1	BS	1	1	-	-	-	-	-
		TK	2	0,5	-	-	-	-	-
		FS	1	1,5	1,5	100	0	0	1
38	1	BS	1	2,5	-	-	-	-	-
		FS	1	2,5	2	80	0,5	20	2
39	1	BS	1	3	-	-	-	-	-
		FS	1	2,5	2	80	0,5	20	2,5
40	1	BS	1	0,5	-	-	-	-	-
		FS	2	1,5	1,5	100	0	0	0,5
41	1	BS	1	3	-	-	-	-	-
		FS	1	4	2,5	63	1,5	37	1,5
42	1	BS	1	1,5	-	-	-	-	-
		FS	1	2	0,5	25	1,5	75	0
		FS	2	1,5	0,5	33	1	67	0,5
43	1	TK	1	0,5	-	-	-	-	-
		BS	2	2,5	-	-	-	-	-
		FS	1	2,5	0	0	2,5	100	0
		FS	2	2,5	0,5	20	2	80	0,5
44	1	BS	1	2	-	-	-	-	-
		TK	2	1	-	-	-	-	-
		ATS	1	2,5	-	-	-	-	-
		FS	1	1,5	1	67	0,5	33	1,5
45	1	BS	1	2	-	-	-	-	-
		FS	1	2	1,5	75	0,5	25	1,5
46	1	FS	1	2,5	1	40	1,5	60	1
47	1	BS	1	1	-	-	-	-	-
		FS	1	2	1,5	75	0,5	25	0,5
		FS	2	2	1,5	75	0,5	25	0,5
		FS	3	2	1,5	75	0,5	25	0,5
48	1	BS	1	2	-	-	-	-	-
		FS	1	2	1	50	1	50	1
		FS	2	2	1	50	1	50	1
49	1	BS	1	1	-	-	-	-	-
		TK	2	1	-	-	-	-	-
		FS	1	3	2,5	83	0,5	17	0,5
		FS	2	2,5	2	80	0,5	20	0,5
50	1	BS	1	3	-	-	-	-	-
		FS	1	3,5	2,5	71	1	29	2

## Legende zu Tabellen 1.(1-50).(1-4):

Allgemein: Grau unterlegte Spalten mit Nummernschlüssel

### Legende zu Tabelle 1.(1-50).1:

#### Spalten 1 - 4: Kenndaten allgemein

<b>Spalte 1:</b>	<b>Größenklasse KA (Kläranlage)</b>
Zuordnung	
Größenklasse	Zulaufbelastung (EW 60)
1	< 1.000
2	1.000 - 5.000
3	5.000 - 20.000
4	20.000 - 100.000
5	> 100.000

#### Spalten 2 u.3: Mitbehandlung Industrieabwasser

**Spalte 2:** % Anteil  
Mittlerer Frachtanteil an Zulaufbelastung (gerundete Werte, Bezug: BSB<sub>5</sub>)

<b>Spalte 3:</b>	<b>Herkunft</b>	
Zuordnung		
Milchverarbeitung		1
Schlachthof		2
Fleischverarbeitung, Metzgereien		3
Stärkeindustrie		4
Speisefettgewinnung		5
Lebensmittelindustrie sonst.		6
Erfrischungsgetränke-/ Fruchtsaftindustrie		7
Brauwesen		8
Hefeindustrie		9
Tiermehlerzeugung		10
Knochenverwertung		11
Papierfabrikation		12
Kartonagenherstellung		13
Textilindustrie, Färbereien		14
Lackproduktion /-verarbeitung		15
Chemische/Pharmazeutische Industrie		16
Elektroindustrie		17
Metallverarbeitung, Galvanik		18
Leiterplattenherstellung, Halbleiterindustrie		19
Großwäscherei		20
Kleingewerbe allgemein		21
Mülldeponie		22
Bioabfallvergärung		23
Organische Enteisungsmittel (Flughafen)		24
Einleitungen sonst.		25

Dominante Industrieeinleiter mit abwasserprägender Wirkung /d

<b>Spalte 4:</b>	<b>Kanalisation</b>	
Zuordnung		
ganz Trennsystem		1
überwiegend Trennsystem		2
ganz Mischsystem		3
überwiegend Mischsystem		4

#### Spalten 5 - 9: Kenndaten Abwasserreinigung

##### Spalten 5 u.6: Mechanische Reinigungsstufe

<b>Spalte 5:</b>	<b>Vorhandene Verfahrenselemente</b>	
Zuordnung		
Rechen		1
Grobrechen		1/1
Feinrechen		1/2
Kombination Grob-/ Feinrechen		1/3
Sandfang		2
unbelüfteter Sandfang		2/1
belüfteter Sandfang		2/2

Fettscheidenvorrichtung		3
Vorklärbecken		4
<b>Spalte 6:</b>	<b>Durchflußzeit VB (Vorklärbecken) bei Trockenwetterzulauf</b>	
Zuordnung		
Durchflußzeit bei $Q_t$	< 0,5 h	1
"	0,5 - 1 h	2
"	1 - 1,5 h	3
"	> 1,5 h	4
KA ohne VB		5
<b>Spalten 7 u.8:</b>	<b>Biologische Reinigungsstufe</b>	
<b>Spalte 7:</b>	<b>Verfahrenselemente</b>	
Zuordnung		
1-stufiges Verfahren		1
Belebung		1/1
Tropfkörper		1/2
2-stufiges Verfahren		2
Kombinationen:		
1.Stufe	2.Stufe	
Belebung	Belebung	2/1
Belebung	Tropfkörper	2/2
Tropfkörper	Belebung	2/3
<b>Spalte 8:</b>	<b>Reinigungsprozesse</b>	
Zuordnung		
Kohlenstoff-Abbau (C)		1
plus Nitrifikation (C/Ni)		2
plus Denitrifikation (C/Ni/DN)		3
plus gezielte biologische P-Elimination in vorgeschaltetem Anaerob-Becken(C/Ni/DN/Bio-P)		4
<b>Spalte 9:</b>	<b>P (Phosphor)-Fällung/Verfahrensweise</b>	
Zuordnung		
keine P-Fällung		1
P-Fällung ,als		2
Vorfällung		2/1
Simultanfällung		2/2
Kombination Vor-/Simultanfällung		2/3
Kombination Simultan-/Nachfällung		2/4

## Legende zu Tabelle 1.(1-50).2:

### Spalten 1 u.2: Mechanische Schlammvorbehandlung

#### Spalte 1/2: PS (Primärschlamm) / ÜS (Überschußschlamm)

Zuordnung		
statische Eindickung		1
maschinelle Eindickung		2
ohne Flockungshilfsmittel		/1
mit Flockungshilfsmittel		/2

### Spalten 3 - 8: Anaerobe Schlammstabilisierung

#### Spalte 3: Faulstufen

Zuordnung		
1-stufige Faulung (1 Faulbehälter oder Parallelschaltung von Faulbehältern)		1
2-stufige Faulung		2
3-stufige Faulung		3
Alle Faulbehälter als Durchlaufreaktoren		/1
Funktion von Faulbehältern als Eindicker mit Trübwasserabzug (bei mehrstufigen Anlagen zumindest letzte Faulstufe sowie bei 1-stufigen Anlagen mit Parallelbetrieb und wechselweiser Schlammbeschickung)		/2

### Spalten 4 u.5: Beschickungsmodus FB (Faulbehälter)

#### Spalte 4/5: PS (Primärschlamm) / ÜS (Überschußschlamm)

Zuordnung		
Beschickung kontinuierlich (24 Stunden, 7 Tage)		1

Beschickung quasikontinuierlich (Zeit zwischen 2 Beschickungsvorgängen < 1 Stunde sowie kontinuierliche Beschickungsdauer von > 15 Stunden/Tag)	2
Beschickung diskontinuierlich (Zeit zwischen 2 Beschickungsvorgängen > 1 Stunde)	3

**Spalte 6: FS (Faulschlamm)-Temperierung**

(FS-Temperierung bei allen untersuchter Anlagen durch außenliegende Wärmetauscher)

Zuordnung	
Temperierung aller Faulbehälter	1
Temperierung nur der 1. Faulstufe bei mehrstufigen Anlagen	2
Betrieb aller Faulstufen im mesophilen Temperaturbereich (ca 25 - 45 °C)	/1
Betrieb Faulstufe 1: thermophil, Betrieb Faulstufe 2: mesophil	/2

**Spalten 7 u.8: Durchmischung FB (Faulbehälter)****Spalte 7: Systeme**

Zuordnung	
Alle Faulbehälter mit aktuell genutzten Umwälzeinrichtungen	1
Bei mehrstufigen Anlagen wenigstens letzte Stufe ohne bzw. nicht genutzte Umwälzeinrichtungen	2
Installierte und genutzte Umwälzeinrichtungen:	
Außenliegende Kreiselpumpen	/1
Außenliegende Verdrängerpumpen, Schraubenzentrifugalpumpen o.ä.	/2
Schraubenschaufler (Rotationspumpen)	/3
Innenliegende Propellerrührwerke (Schaufelrührer)	/4
Gaseinpreßsysteme	/5
Kombination /1 (bzw. /2) und /3	/6
Kombination /1 (bzw. /2) und /5	/7

**Spalte 8: Modus**

Zuordnung	
Faulstufe 1:	
Durchmischung kontinuierlich (24 Stunden, 7 Tage)	1
Durchmischung quasikontinuierlich (max. Pausen < 1 Stunde)	2
Durchmischung diskontinuierlich (max. Pausen > 1 Stunde)	3
Kombination mit Faulstufe 2:	
Durchmischung kontinuierlich	/1
Durchmischung quasikontinuierlich	/2
Durchmischung diskontinuierlich	/3
Ohne Durchmischung (Funktion als Eindicker)	/4
Kombination mit Faulstufe 3: sinngemäß Faulstufe 2 (/1, /2, /3, /4)	

**Spalte 9: Maschinelle Schlammwässerung / Eingesetzte Systeme**

Zuordnung	
Keine maschinelle Schlammwässerung (stationäre Einrichtung)	1
Vorhandene und genutzte maschinelle Schlammwässerung, Art:	2
Dekanterzentrifuge	2/1
Bandfilterpresse	2/2
Kammerfilterpresse	2/3
Einsatz von organischen Konditionierungsmitteln (Polyelektrolyte)	/1
Einsatz von anorganischen Konditionierungsmitteln (Kalk, Eisen etc.)	/2
Entwässerung ohne Konditionierungsmittel	/3

**Legende zu Tabelle 1. (1-50).3****Spalten 1 - 7: Charakterisierung Rohschlamm****Spalte 1: Verhältnis Trockenmasse ÜS/RS (%)**

ÜS: Überschußschlamm

RS: Rohschlamm (Summe aus Primär- und Überschußschlamm)

**Spalten 2 - 4: Mikrobielle Zuordnung ÜS (Überschußschlamm)****Spalte 2: Herkunft**

Zuordnung	
1-stufige Anlagen	1
2-stufige Anlagen	2

**Spalte 3: Charakterisierung über Schlammbelastung**

Zuordnung		
Niedrige Belastung	$B_{TS} < 0,15$ g BSB <sub>s</sub> / g TS x d	1
Mittlere Belastung	$B_{TS} 0,15 - 0,4$ "	2
Hohe Belastung	$B_{TS} > 0,4$ "	3
Bei 2-stufigen Anlagen für Zuordnung maßgebend: Behandlungsstufe mit dominierendem Massenanteil ÜS		

**Spalte 4: Fädigkeitskategorie**

Zuordnung

Kategorien 0 - 4: s. Tabellen 3.1 und 3.3

bei 2-stufigen Anlagen für Zuordnung maßgebend: Behandlungsstufe mit dominierendem Massenanteil ÜS

**Spalten 5 - 7: Gehalt****Spalte 5: TR (Trockenrückstand)**

Trockenrückstand des Schlammes in g/kg

**Spalte 6: GV (Glühverlust)**

Organischer Anteil des Trockenrückstandes in %

**Spalte 7: N (Stickstoff)**Organisch gebundener Stickstoff als Anteil an Trockenrückstand in gN/ kg TR  
(rechnerisch ermittelt aus dem Stickstoffgehalt des Faulschlammes (NH<sub>4</sub>-N plus org. geb. N)  
unter Berücksichtigung des TR-Abbaugrades)**Spalten 8 u.9: Maschinelle FS (Faulschlamm)-Entwässerung****Spalte 8: Entwässerungsergebnis**

Endfeststoffgehalt des entwässerten Schlammes in %TR (Angaben KA-Betreiber)

bei Einsatz von anorganischen Konditionierungsmitteln (s. Tab. 1. (1-50). 2, Spalte 9) einschl. betreffender Menge

**Spalte 9: PE-Einsatz**

Zur Schlammkonditionierung eingesetzte Polymermenge in kg Wirksubstanz/ t TR (Angaben KA-Betreiber)

**Legende zu Tabelle 1. (1-50). 4****Spalte 1: Faulstufe**

Angabe vorhandener Faulstufen

PN: durchgeführte Probenahme, kPN: keine Probenahme im Rahmen des F/E-Vorhabens

**Spalte 2: Faultemperatur**

Angabe als mittlere Schlammtemperatur in den Fauleinheiten

**Spalte 3: HRT (Schlammverweilzeit)**

Angabe als mittlere Hydraulische Verweilzeit des Schlammes in der Faulanlage in Tagen (d)

Bei mehrstufigem Betrieb ab 2. Faulstufe HRT-Angabe als Gesamt-Verweilzeit, bei Funktion von Faulbehältern als Eindicker mit Trübwasserabzug Entkopplung von hydraulischer und Feststoff-Verweildauer: Angabe "&gt; (HRT)"

**Spalte 4: Raumbelastung**Angabe als mittlere organische Raumbelastung B<sub>R</sub> der Faulanlage in kg oTR/m<sup>3</sup> x dBei mehrstufigen Faulanlagen ab 2. Faulstufe B<sub>R</sub>-Angabe als Gesamt-Raumbelastung**Spalten 5 u.6: Energieeintrag**Energieeintrag in W/m<sup>3</sup> Faulraum durch Umwälz-/Durchmischungsaggregate

Angabe von Maximal- und Durchschnittswerten (Unterschiede bei intermittierendem Umwälzbetrieb), bei mehrstufigem Betrieb ab 2. Faulstufe Bezug des mittleren Energieeintrages auf Gesamt-Faulvolumen

**Spalten 7 u.8: Pumpendurchläufe**

Anzahl Pumpendurchläufe (Umwälzpumpen) des Schlammes bezogen auf mittlere HRT des Schlammes als Rechenwert aus Fördermenge und Faulvolumen

**Spalte 7: Auss.Pump. (Aussenliegende Pumpen)**

Zuordnung

Kreiselumpen

Verdrängerumpen, Schraubenzentrifugalpumpen o.ä.

/1

/2

**Spalte 8: Schr.sch. (Schraubenschaufler/Rotationspumpe)****Spalte 9: Dauer 1 FB (Faulbehälter)-Durchmischung**

Dauer für 1-malige Umwälzung des Faulbehälterinhaltes als Rechenwert aus Fördermenge Umwälzpumpe und Faulvolumen, bezogen auf die 1. Faulstufe (keine Angabe bei Gaseinpressung)

**Spalten 10 u.11: Abbauleistung**

Abbauleistung für TR (Trockenrückstand) und oTR (organischer Trockenrückstand) in %, ermittelt aus den Faulschlamm-Eigenmessungen für TR/oTR unter Bezugnahme auf den Glühverlust des Rohschlammes (Angabe KA-Betreiber)

Angabe "nb": nicht bestimmt

## Legende zu Tabelle 2.1

**Spalte 1: KA (Kläranlage)**

Laufende Nummer der untersuchten Kläranlage (KA-Zuordnung s. Tabelle 1)

**Spalte 2: PN (Probenahme)**

Nummernzuordnung Probenahme (Probenahmedatum s. Tabelle 1)

**Spalte 3: Faulstufe**

Beprobte Faulstufe

Angabe "ATS": Aerob thermophile Schlammstabilisierung (der Faulstufe vorgeschaltet)

Angabe bei KA 17: "1/1,1/2" Parallelbetrieb der 1. Faulstufe mit unterschiedlicher Substratzusammensetzung ("1/2": Mitbehandlung von ÜS aus externer Anlage)

**Spalte 4: pH**

pH-Wert des Schlammes (Vor-Ort-Bestimmung)

**Spalte 5: el. LF**

Elektrische Leitfähigkeit des Schlammes (Vor-Ort-Bestimmung) in mS/cm

**Spalte 6: Org. Säuren**

Flüchtige organische Säuren C1 - C6 im Schlammwasser in mg/l

**Spalte 7: TR**

Trockenrückstand des Schlammes in g/kg

**Spalte 8: GV**

Glühverlust (organischer Anteil) des Trockenrückstandes in %

**Spalte 9: NH<sub>4</sub>-N**

Ammonium-Stickstoff im Schlammwasser in mg/l

**Spalte 10 u. 11: Org. geb. N**

Organisch gebundener Stickstoff

Massenanteil an Trockenrückstand und organischem Trockenrückstand in g N/kg TR (kg oTR)

**Spalte 12: NH<sub>4</sub>-N / Nges.**

Anteil Ammonium-Stickstoff an Gesamt-Stickstoff im Schlamm in %

Gesamt-Stickstoff: Summe aus Ammonium-Stickstoff und organisch gebundenem Stickstoff (s. Spalten 9 - 11)

**Spalte 13: Pges.**

Gesamt-Phosphor, Anteil an Trockenrückstand in mg P/kg TR

**Spalte 14: CST**

Saugspannung (Capillary Suction Time) des unkonditionierten Schlammes (CST-Papier: Sorte Whatman No. 17) in s

**Spalte 15: Spez. CST**

CST bezogen auf % Trockenrückstand

**Spalte 16: Spez FW**

Spezifischer Filtrationswiderstand bei Filtrationsdruckdifferenz von 10 bar in 10<sup>12</sup> m/kg

**Spalte 17: Viskosität dyn.**

Dynamische Viskosität des Schlammes bei Scherrate 10 s<sup>-1</sup> in Ps, nb: nicht bestimmt

**Spalte 18: Viskosität kinem.**

Kinematische Viskosität des Schlammfiltrates, Ergebnisangabe: prozentuale Abweichung des Filtrates gegenüber Wasser  
nb: nicht bestimmt

## Legende zu Tabelle 2.2

**Spalte 1: KA (Kläranlage)**

Laufende Nummer der untersuchten Kläranlage (KA-Zuordnung s. Tabelle 1)

**Spalte 2: PN (Probenahme)**

Nummernzuordnung Probenahme (Probenahmedatum s. Tabelle 1)

**Spalte 3: Faulstufe**

Beprobte Faulstufe

Angabe "ATS": Aerob thermophile Schlammstabilisierung (der Faulstufe vorgeschaltet)

Angabe bei KA 17: "1/1,1/2" Parallelbetrieb der 1. Faulstufe mit unterschiedlicher Substratzusammensetzung ("1/2": Mitbehandlung von ÜS aus externer Anlage)

**Spalten 5 u.6: Schlammladungsmenge**

Bestimmung mittels Strömungspotentialmessung über ladungskompensierende Elektrolyttitration

Ergebnisangabe: in Prozent umgerechnete Bedarfsmenge an Elektrolyt-Standardlösung (s. Methodenbeschreibung)

Minus-Vorzeichen: Negative Schlammladung

**Spalten 7 - 12: Partikelgrößenbestimmung mit Laserscanner****Spalten 7 u.8: counts ges.**je Meßzyklus (3 s) gezählte Partikel im Größenbereich 1,9 - 1.000  $\mu\text{m}$ **Spalten 9 - 11: counts < 11  $\mu\text{m}$** je Meßzyklus (3 s) gezählte Partikel im Größenbereich 1,9 - 11  $\mu\text{m}$  (feinpartikulärer Anteil)

% - Angabe: bezogen auf counts ges.

**Spalte 12:  $X_m$** Mittlerer Partikeldurchmesser (Äquivalentdurchmesser) in  $\mu\text{m}$ **Spalten 13 - 20: Entwässerungsversuche mit Laborzentrifuge****Spalten 13 u.14: Polymerdosierung**

Prod. (Eingesetztes Polymerprodukt):

Produkt 1: Zetag 87 (Fa. Ciba), Produkt 2: BC 655 (Fa. Stockhausen)

Ergebnisangabe als Polymerbedarf in g WS/ kg TR (g Wirksubstanz pro kg Trockenrückstand) zur Erreichung des isoelektischen Punktes (beide Polymere Festprodukte mit 100 % Wirksubstanz; 0.1 % Gebrauchslösung)

**Spalte 15:  $TR_e$** 

Trockenrückstand des abzentrifugierten Schlammes nach Laborentwässerung in %

**Spalte 16: AFS**

Abfiltrierbare Stoffe im Zentrat nach Laborentwässerung in mg/l

**Spalte 17:  $TE(f)$** 

Trübungseinheiten im Zentrat nach Laborentwässerung, bezogen auf Formazin (Extinktion bei 860 nm)

**Spalte 18:  $Z_{p-0}$** 

Zetapotential des Zentrates nach Laborentwässerung in mV

**Spalte 19:  $Z_{p-0,5}$** 

Zetapotential des Zentrates nach Laborentwässerung und Verdünnung mit destilliertem Wasser auf 0,5 mS/cm in mV

**Spalte 20: LM**

Restladungsmenge des Zentrates nach Laborentwässerung in % (vgl. Spalte 5)

k: kationisch

**Spalten 16 - 20:**

Verwendung als Kontrollparameter bzw. Hilfsgrößen

## Legende zu Tabelle 3.1:

**Spalte 1:** KA (Kläranlage)  
Laufende Nummer der untersuchten Kläranlage (KA-Zuordnung s. Tabelle 1)

**Spalte 2:** PN (Probenahme)  
Nummernzuordnung Probenahme (Probenahmedatum s. Tabelle 1)

**Spalten 3 u.4:** Untersuchter Schlamm

**Spalte 3:** Art  
BS Belebtschlamm  
TK Schlamm von Tropfkörper  
ATS Schlamm aus ATS-Anlage (Aerobe thermophile Schlammstabilisierung)  
FS Faulschlamm

**Spalte 4:** Stufe  
Behandlungsstufe (Schlammherkunft)  
Angabe bei KA 17: "BS 1/1, 1/2": Belebungsstraßen 1 und 2, "BS 1/e": in Faulung mitbehandelter ÜS aus externer Anlage (ebenso bei KA 22), "FS 1/1, FS 1/2": Parallelbetrieb der 1. Faulstufe mit unterschiedlicher Substratzusammensetzung ("FS 1/2": Mitbehandlung von ÜS aus externer Anlage)

**Spalten 5 - 25:** Aerobe Fadenbakterien

Zuordnung:

Spalte 5	Typ 1851
" 6	M. parv. ( <i>Microthrix parvicella</i> )
" 7	Typ 0041 (Zusammenfassung Typ 0041/0675)
" 8	N. lim. II ( <i>Nostocoida limicola</i> II)
" 9	N. lim. III ( <i>Nostocoida limicola</i> III)
" 10	Actinom. ( <i>Nocardioforme Actinomyceten</i> )
" 11	Typ 0092
" 12	H. hydr. ( <i>Haliscomenobacter hydrossis</i> )
" 13	Typ 0961
" 14	Sphaer. sp. ( <i>Sphaerotilus</i> sp.)
" 15	Typ 1701
" 16	Typ 1863
" 17	Typ 021 N
" 18	Typ 0914 (Zusammenfassung Typ 0914/0803)
" 19	Thio. sp. ( <i>Thiothrix</i> sp.)
" 20	Begg. sp. ( <i>Beggiatoa</i> sp.)
" 21	Cyanob. (Cyanobakterien)
" 22	"Isosph" ( <i>Isosphaera</i> -ähnliche Mikroorganismen)
" 23	Flexib.sp. ( <i>Flexibacter</i> sp.)
" 24	"Strept." ( <i>Streptococcus</i> -ähnliche Mikroorganismen)
" 25	gram + (gram + Bakterien einschl. nicht-fädige Mikroorganismen)

Ergebnisangabe:

**Spalten 5 - 24:**

X dominantes Vorkommen  
O untergeordnetes Vorkommen  
freies Feld abwesend

**Spalte 25:**

a auffällig (auffallende Häufigkeit)

## Legende zu Tabelle 3.2:

**Spalte 1:** KA (Kläranlage)  
Laufende Nummer der untersuchten Kläranlage (KA-Zuordnung s. Tabelle 1)

**Spalte 2:** PN (Probenahme)  
Nummernzuordnung Probenahme (Probenahmedatum s. Tabelle 1)

**Spalte 3:** Faulstufe  
Untersuchte Faulstufe  
Angabe bei KA 17: "1/1,1/2" Parallelbetrieb der 1. Faulstufe mit unterschiedlicher Substratzusammensetzung ("1/2": Mitbehandlung von ÜS aus externer Anlage)

**Spalte 4: Fäd. Kat. (Fädigkeitskategorie)**  
 Durch anaerobe Mikroorganismen bewirkte Fädigkeit des Schlammes  
 Ergebnisangabe (Fädigkeitskategorie 0 - 4, mit Zwischenstufen):

Kategorie 0	keine Fädigkeit
Kategorie 1	geringer Fädigkeitsgrad
Kategorie 2	mittlerer Fädigkeitsgrad
Kategorie 3	hoher Fädigkeitsgrad
Kategorie 4	sehr hoher Fädigkeitsgrad

**Spalten 5, 9, 13: Häuf. (Häufigkeit)**  
 Häufigkeit der bezeichneten Methanbakterien in fädiger Ausprägung  
 Ergebnisangabe:

X	dominantes Vorkommen
O	untergeordnetes Vorkommen
-	ohne Nachweis einer fädigen Ausprägung

**Spalten 6/7, 10/11, 14/15: Fadenlänge**  
 Mittlere ( $\emptyset$ ) und maximale (max. in  $\mu\text{m}$ ) Fadenlänge der bezeichneten Methanbakterien  
 Ergebnisangabe (durchschnittliche Fadenlänge):

k	kurze Fäden (10 - 30 $\mu\text{m}$ )
m	mittellange Fäden (30 - 50 $\mu\text{m}$ )
l	lange Fäden (> 50 $\mu\text{m}$ )
e	Einzelzellen und/oder Fadenfragmente < 10 $\mu\text{m}$

**Spalten 8, 12, 16: Gensond. (Gensondenuntersuchungen)**  
 Gensondennachweis der bezeichneten Methanbakterien  
 Ergebnisangabe:

+	Nachweis
-	ohne Nachweis
nb	Probe nicht bestimmt

### Legende zu Tabelle 3.3:

**Spalte 1: KA (Kläranlage)**  
 Laufende Nummer der untersuchten Kläranlage (KA-Zuordnung s. Tabelle 1)

**Spalte 2: PN (Probenahme)**  
 Nummernzuordnung Probenahme (Probenahmedatum s. Tabelle 1)

**Spalten 3 u.4: Untersuchter Schlamm**

**Spalte 3: Art**

BS	Belebtschlamm
TK	Schlamm von Tropfkörper
ATS	Schlamm aus ATS-Anlage (Aerobe thermophile Schlammstabilisierung)
FS	Faulschlamm

**Spalte 4: Stufe**  
 Behandlungsstufe (Schlammherkunft)  
 Angabe bei KA 17: "BS 1/1, 1/2": Belebungsstraßen 1 und 2, "BS 1/e": in Faulung mitbehandelter ÜS aus externer Anlage (ebenso bei KA 22), "FS 1/1, FS 1/2": Parallelbetrieb der 1. Faulstufe mit unterschiedlicher Substratzusammensetzung ("FS 1/2": Mitbehandlung von ÜS aus externer Anlage)

**Spalten 5 - 7: Schlammfädigkeit**  
 Angegeben als Fädigkeitskategorie, bei Faulschlämmen als Summe (Spalte 5) fadenförmiger Methanbakterien (Spalte 6) und Fadenorganismen aus Überschußschlamm (Spalte 8).

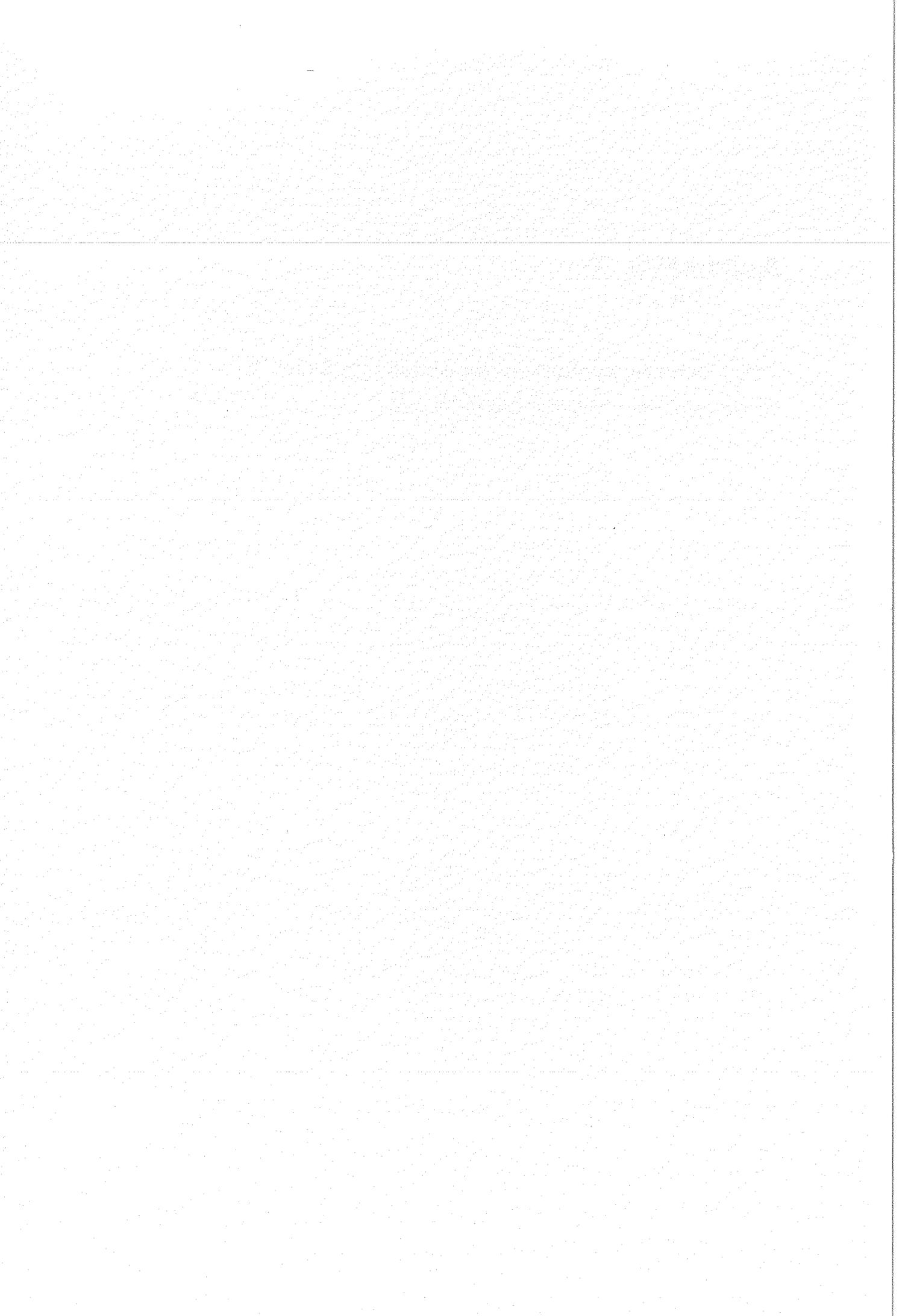
Ergebnisangabe (Fädigkeitskategorie 0 - 4, mit Zwischenstufen):

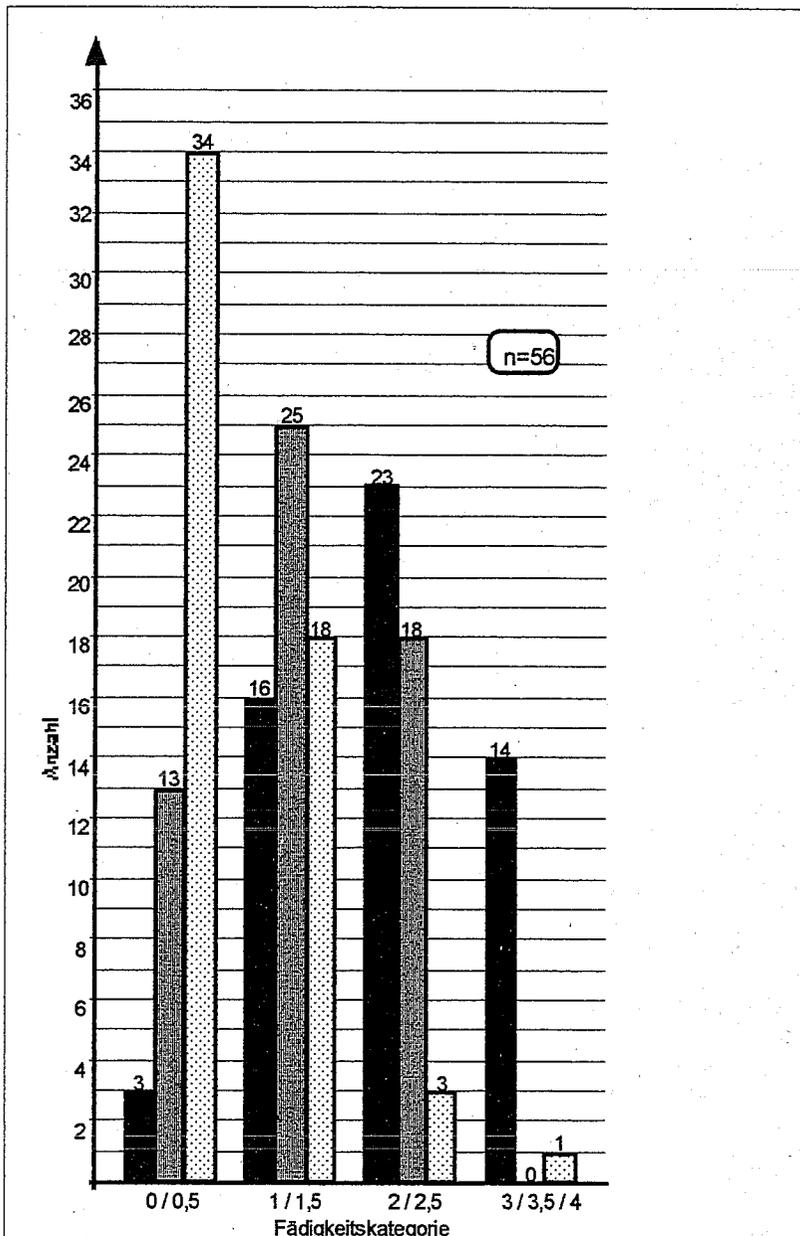
Kategorie 0	keine Fädigkeit
Kategorie 1	geringer Fädigkeitsgrad
Kategorie 2	mittlerer Fädigkeitsgrad
Kategorie 3	hoher Fädigkeitsgrad
Kategorie 4	sehr hoher Fädigkeitsgrad

# **ANHANG 2**

## **Graphische Auswertungen für Abschnitte 5 und 6**

(Blockdiagramme mit Häufigkeitsverteilungen)





### Legende

Fädigkeitskategorie

- Gesamtfädigkeit
- Fädigkeitsanteil Anaerobe Schlammbiozönose (ANF)
- Fädigkeitsanteil Überschulßschlamm (AEF)

Abb. 1 : Fädigkeitskategorie Faulschlamm, Häufigkeitsverteilung

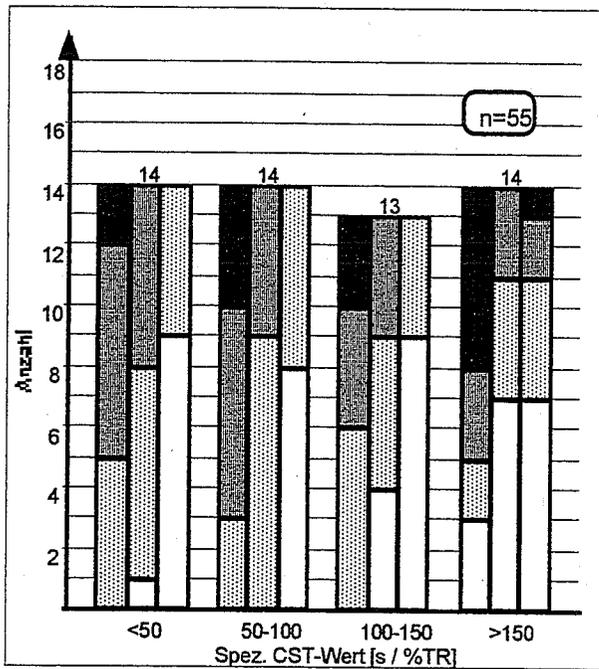


Abb. 2.1 : Fädigkeitskategorie Faulschlamm / spez. CST-Wert

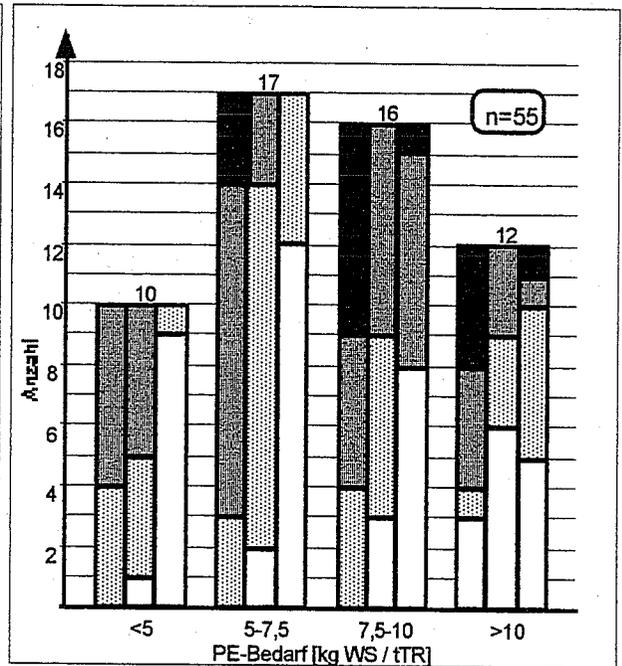


Abb. 2.2 : Fädigkeitskategorie Faulschlamm / PE-Bedarf

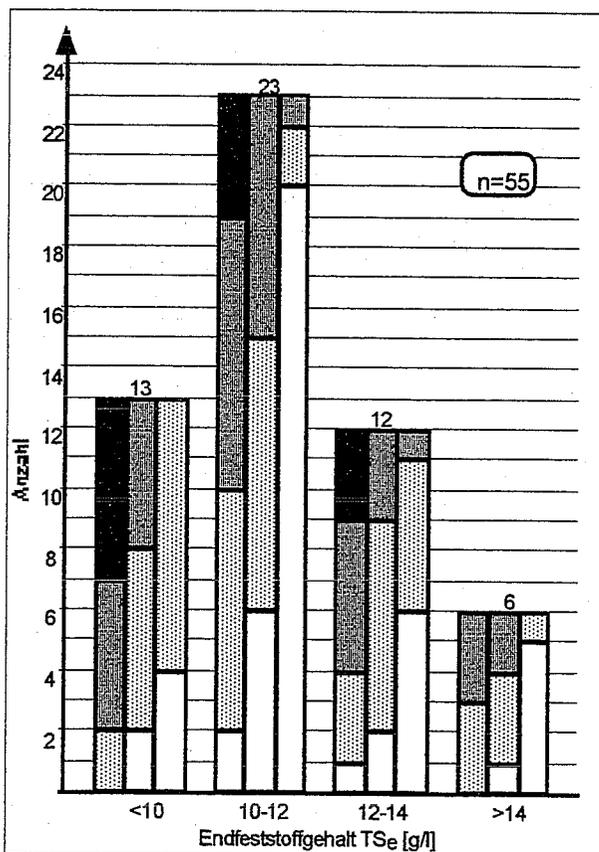


Abb. 2.3 : Fädigkeitskategorie Faulschlamm / Endfeststoffgehalt TSe

### Legende

#### Fädigkeitskategorie

- 0 / 0,5
- 1 / 1,5
- 2 / 2,5
- 3 / 3,5 / 4

jeweils linke Säule: Gesamtfädigkeit

jeweils mittlere Säule: Fädigkeitsanteil Anaerobe Schlammbiozönose (ANF)

jeweils rechte Säule: Fädigkeitsanteil Überschußschlamm (AEF)

Abb. 2: Beziehung zwischen Fädigkeitsgrad Faulschlamm und verschiedenen Entwässerungskennwerten, Häufigkeitsverteilung

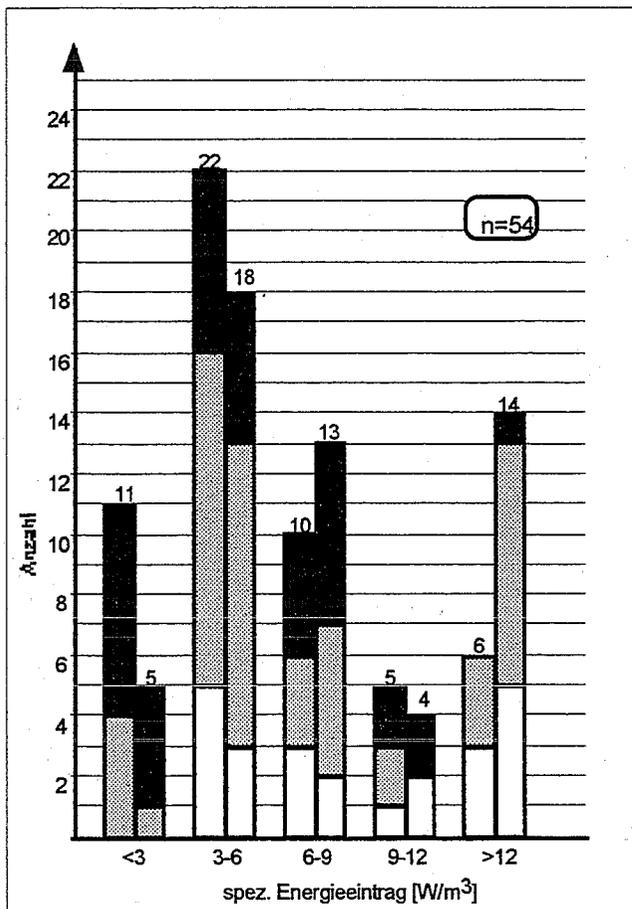


Abb. 3.1 : Fädigkeitskategorie Anaerobe Schlamm-biozönose / Spez. Energieeintrag

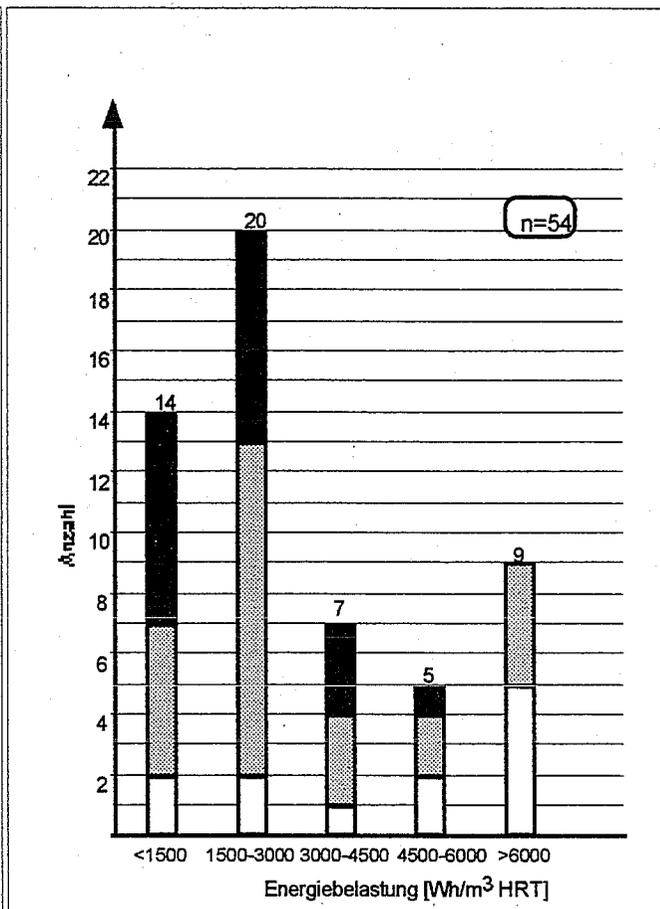


Abb. 3.2 : Fädigkeitskategorie Anaerobe Schlamm-biozönose / Energiebelastung Faulschlamm

### Legende

Fädigkeitskategorie

□ 0 / 0,5

▨ 1 / 1,5

■ 2 / 2,5

Abb. 3.1 :

jeweils linke Säule: mittlerer Energieeintrag

jeweils rechte Säule: maximaler Energieeintrag

Abb. 3: Beziehung zwischen Fädigkeitsgrad der anaeroben Schlamm-biozönose (ANF) und dem Energieeintrag zur Schlammumwälzung, Häufigkeitsverteilung

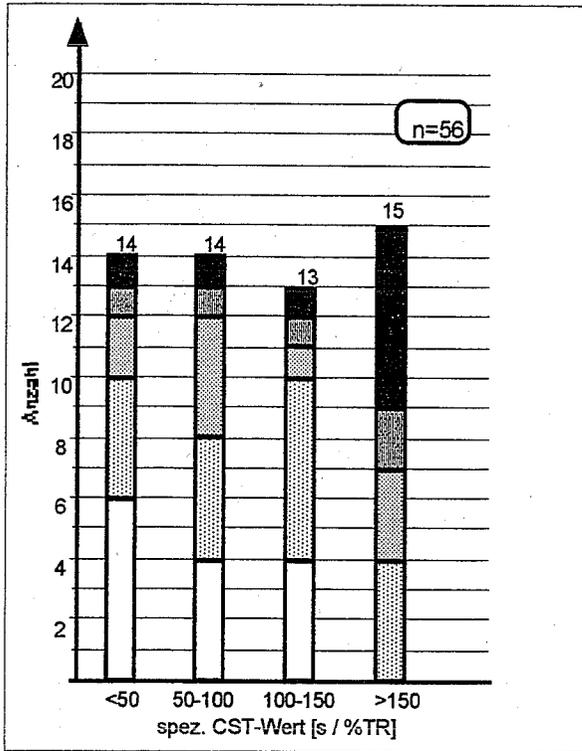


Abb. 4.1 : Energiebelastung Faulschlamm / spez. CST-Wert

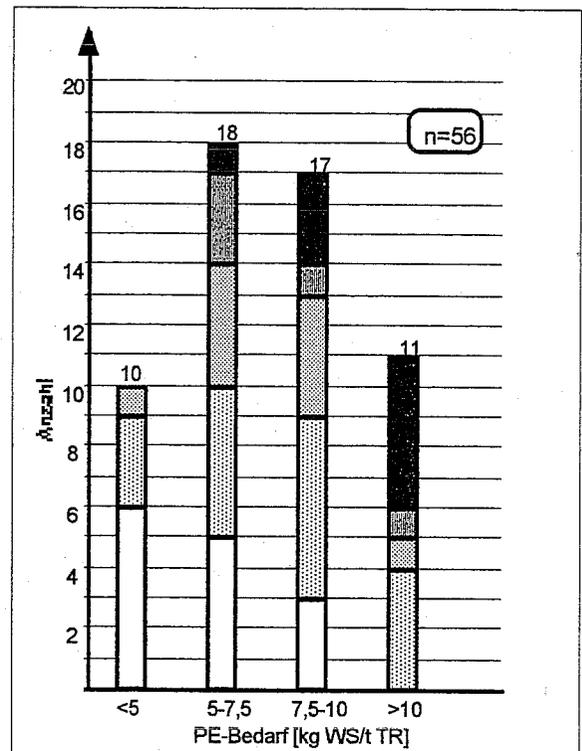


Abb. 4.2 : Energiebelastung Faulschlamm / PE-Bedarf

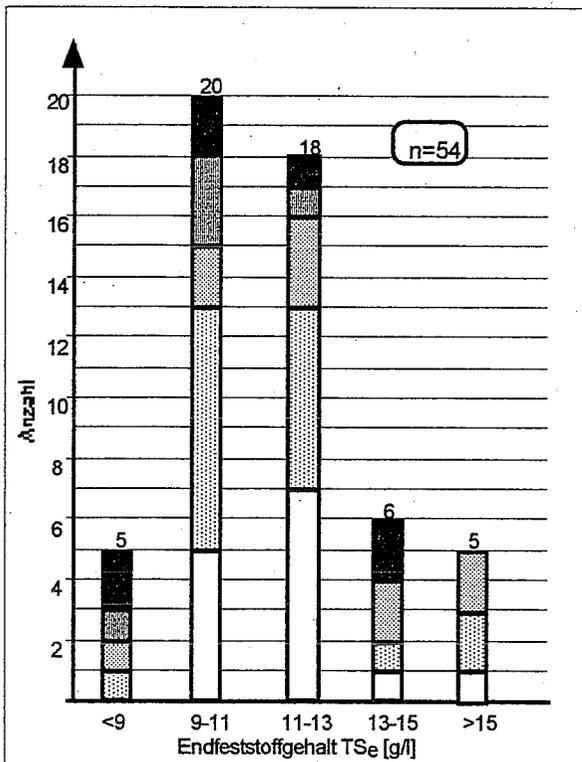


Abb. 4.3 : Energiebelastung Faulschlamm / Endfeststoffgehalt TSe

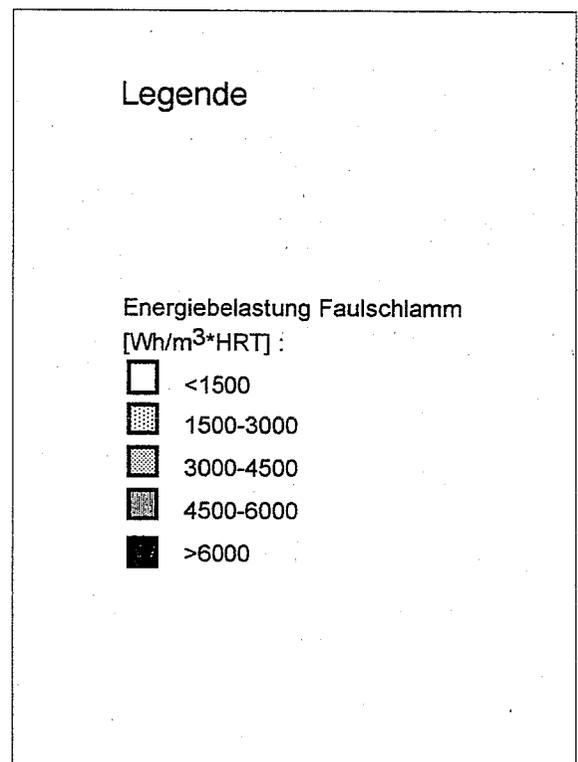


Abb 4. : Beziehung zwischen Energiebelastung Faulschlamm und verschiedenen Entwässerungskennwerten, Häufigkeitsverteilung

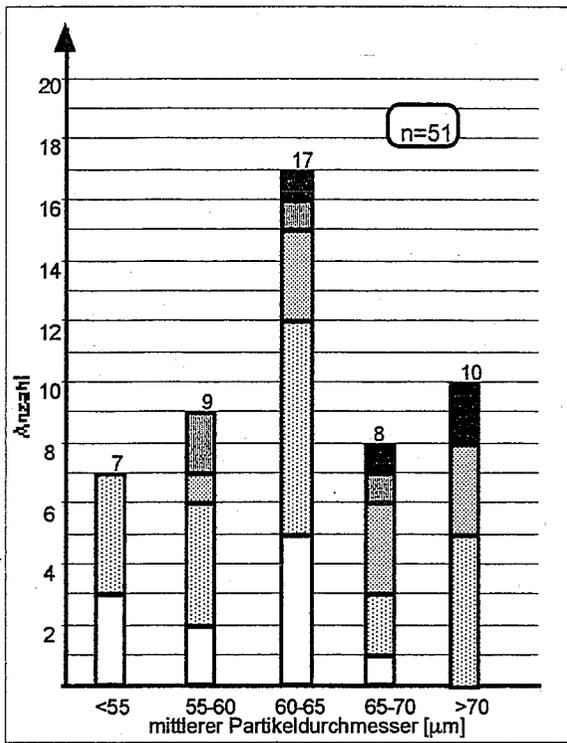


Abb. 5.1 : Spez. Energieeintrag / mittlerer Partikeldurchmesser

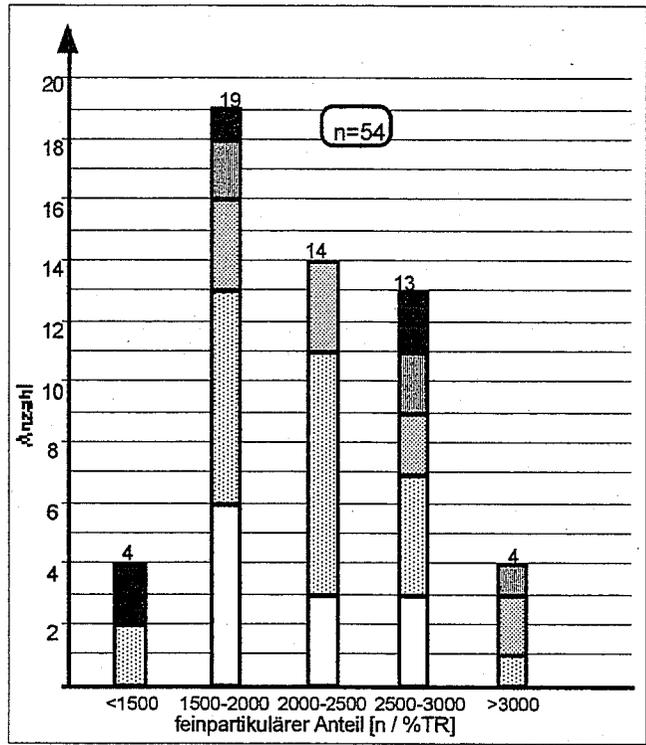


Abb. 5.2 : Spez. Energieeintrag / feinpartikulärer Anteil

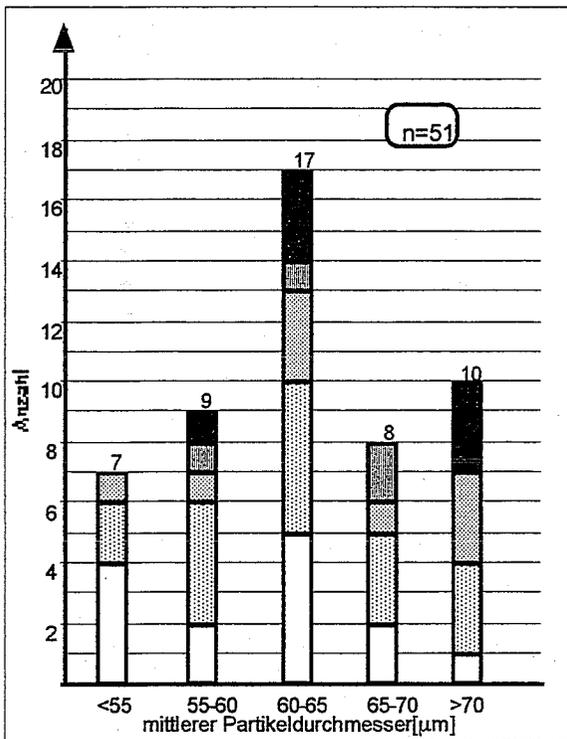


Abb. 5.3 : Energiebelastung Faulschlamm / mittlerer Partikeldurchmesser

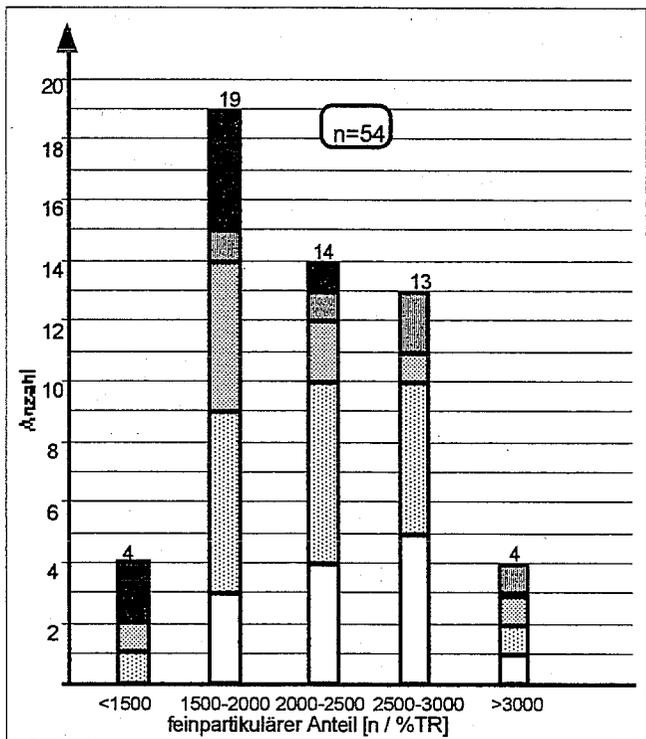


Abb. 5.4 : Energiebelastung Faulschlamm / feinpartikulärer Anteil

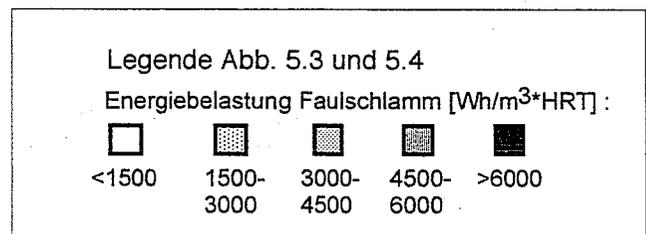
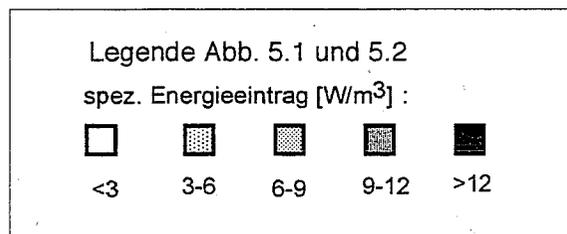


Abb. 5 : Beziehung zwischen Energieeintrag und Schlammteilchengrößen, Häufigkeitsverteilung

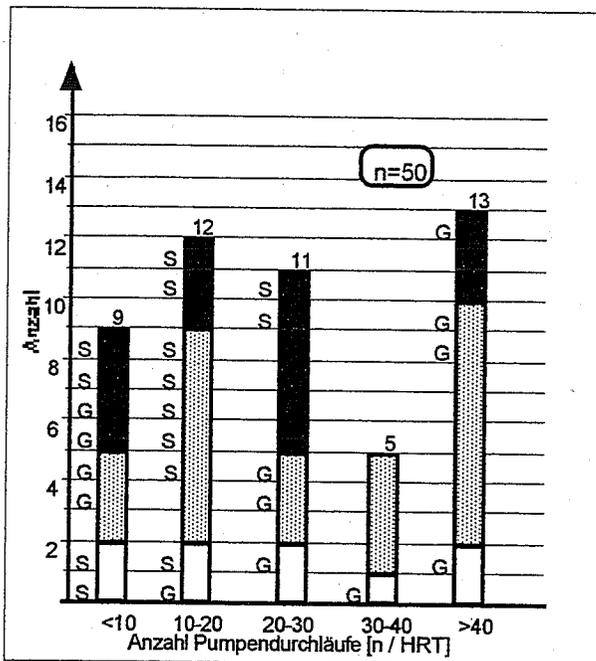


Abb. 6.1 : Anzahl Pumpendurchläufe / Fähigkeitsgrad Anaerobe Schiambiozönose (ANF)

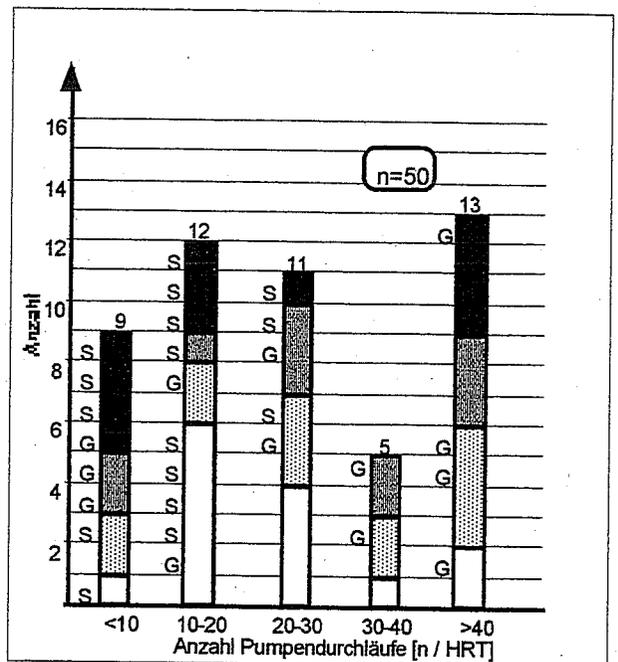


Abb. 6.2 : Anzahl Pumpendurchläufe / Spez. CST-Wert

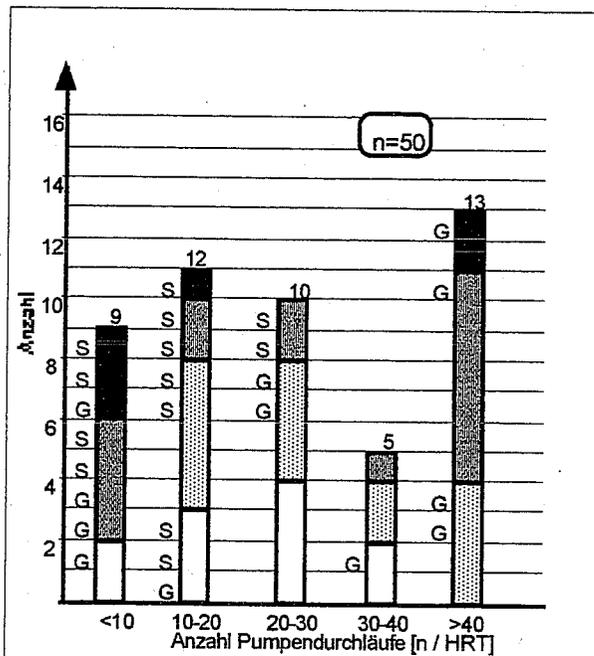
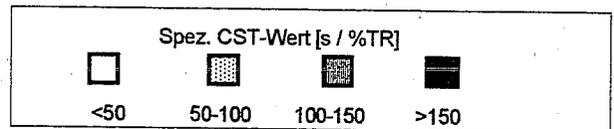
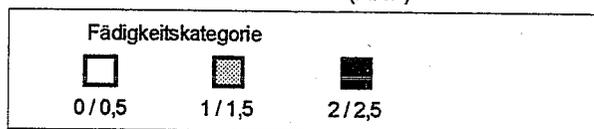
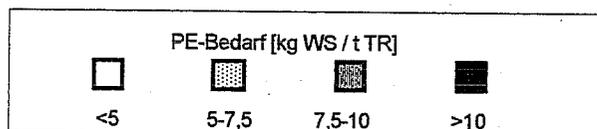


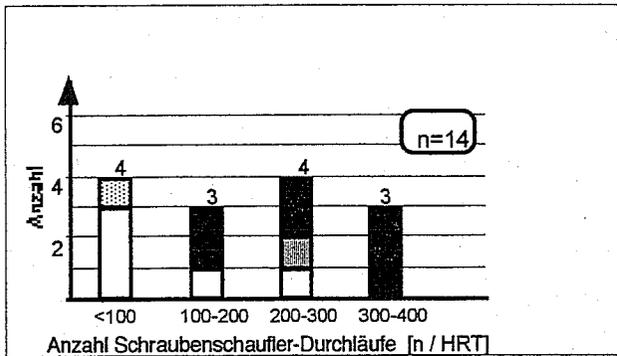
Abb. 6.3 : Anzahl Pumpendurchläufe / PE-Bedarf



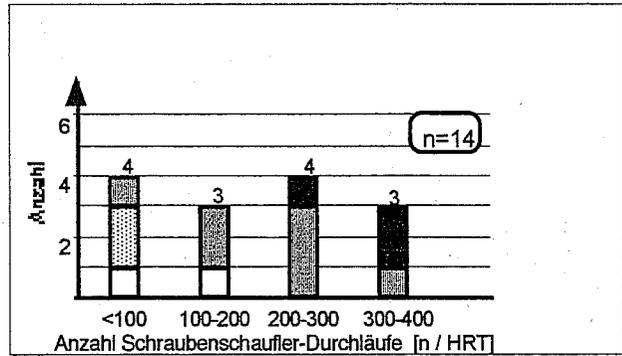
### Legende

G: Gaseinpressung  
S: Schraubenschaufler

Abb.6: Beziehung zwischen Anzahl der Pumpendurchläufe und verschiedenen Schlammkennwerten, Häufigkeitsverteilung



**Abb. 7.1 :** Anzahl Schraubenschaufler-Durchläufe / spez. CST-Wert



**Abb. 7.2 :** Anzahl Schraubenschaufler-Durchläufe / PE-Bedarf

**Legende Abb. 7.1**

Spez. CST-Wert [s / %TR]

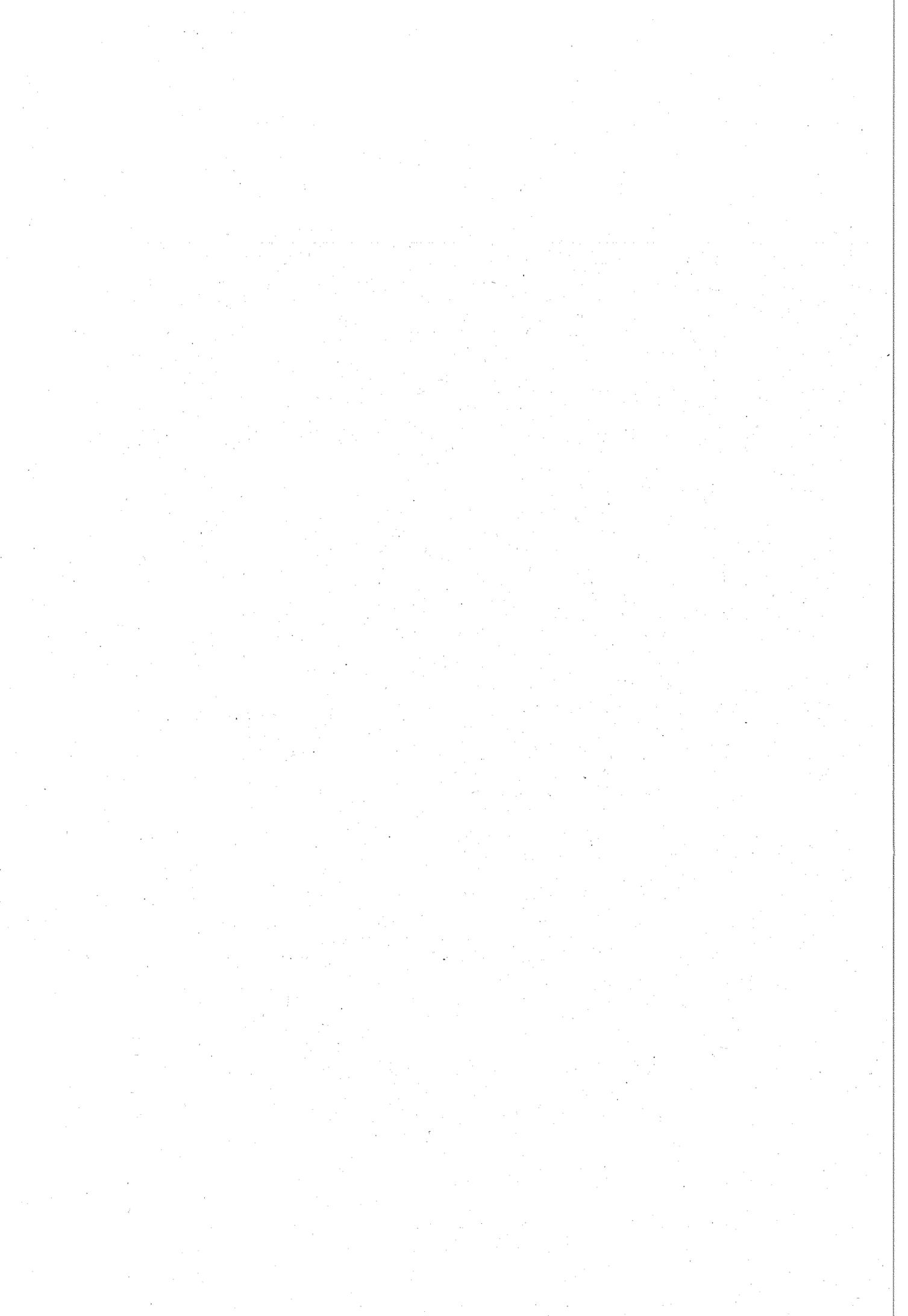
- <50
- 50-100
- 100-150
- >150

**Legende Abb. 7.2**

PE-Bedarf [kg WS/t TR]

- <5
- 5-7,5
- 7,5-10
- >10

**Abb. 7:** Beziehung zwischen Anzahl der Schraubenschaufler-Durchläufe und Schlammentwässerungsverhalten, Häufigkeitsverteilung



# **ANHANG 3**

## **Graphische Auswertungen**

Beziehungsmuster verschiedener Schlamm- und Betriebskennwerte aus der Datenerhebung



In den Abb. 8.1 bis 12.3.2 sind Beziehungsmuster verschiedener Schlamm- und Betriebskennwerte in Form von Punktediagrammen dargestellt, die folgende Zusammenhänge erkennen lassen:

Parameterbeziehung:

ohne ersichtliche Korrelation:	0
angedeutete Korrelation:	1
schwache Korrelation:	2
mittlere Korrelation:	3
deutliche Korrelation:	4

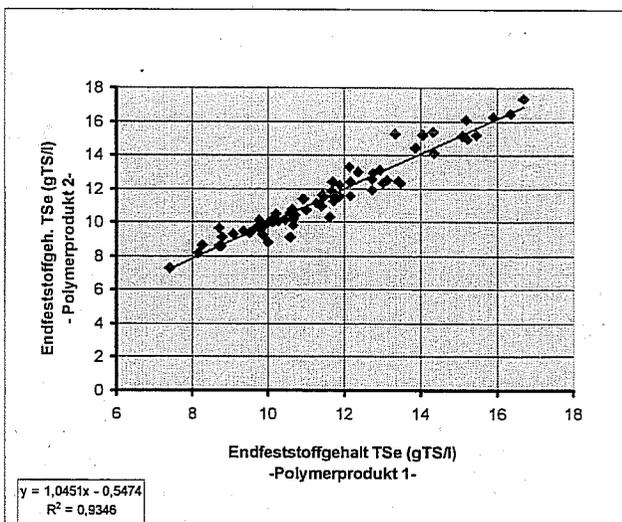
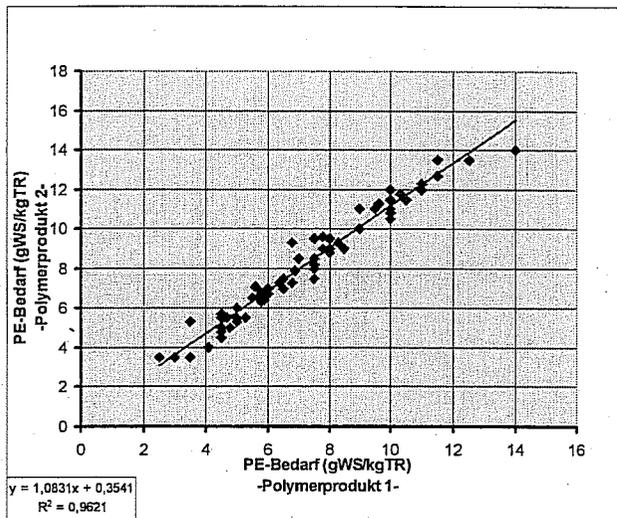
positive Korrelation: pK

negative Korrelation: nK

Korrelationskoeffizient  $R^2$  : auf 2 Kommastellen gerundet

Abb.	Parameterkombination	Beziehung	$R^2$
8.1	PE-Bedarf Polymerprodukte 1/2	4 / pK	0,96
8.2	Endfeststoffgehalt Polymerprodukte 1/2	4 / pK	0,93
9.1	CSTsp./PE-Bedarf	3 / pK	0,61
9.2	CSTsp./Spezif. Filtrationswiderstand	4 / pK	0,81
9.3	CSTsp./Endfeststoffgehalt	1 / nK	0,04
9.4	PE-Bedarf/Endfeststoffgehalt	2 / nK	0,15
10.1.1	Glühverlust Faulschlamm/CSTsp.	2 / pK	0,10
10.1.2	Glühverlust Faulschlamm/PE-Bedarf	2 / pK	0,09
10.1.3	Glühverlust Faulschlamm/Endfeststoffgeh.	3 / nK	0,45
10.2.1	Stickstoffgeh. Faulschlamm/CSTsp.	1 / pK	0,05
10.2.2	Stickstoffgeh. Faulschlamm/PE-Bedarf	1 / pK	0,08
10.2.3	Stickstoffgeh. Faulschl./Endfeststoffgeh.	3 / nK	0,31

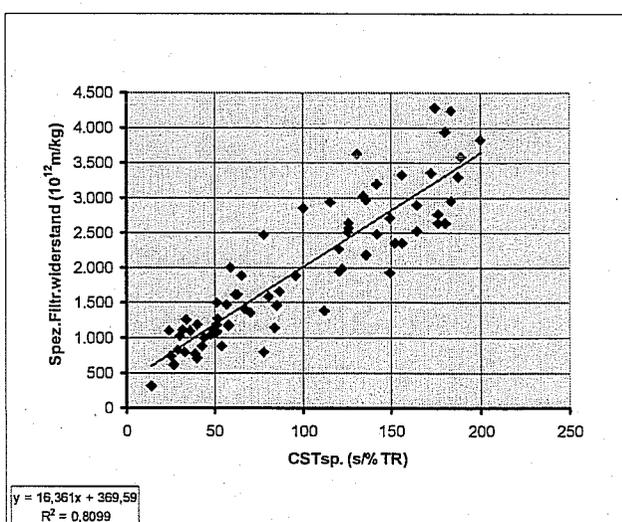
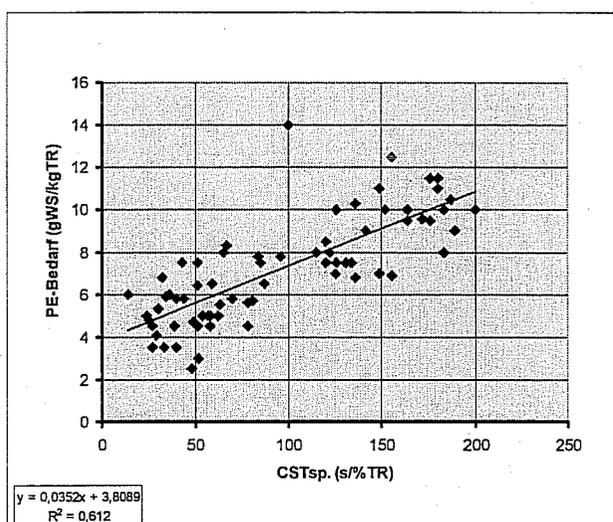
10.3.1	Phosphorgeh. Faulschlamm/CSTsp.	0	0,00
10.3.2	Phosphorgeh. Faulschlamm/PE-Bedarf	1 / pK	0,06
10.3.3	Phosphorgeh. Faulschl./Endfeststoffgeh.	2 / nK	0,17
10.4.1	Anteil ÜS/Rohschlamm/CSTsp.	1 / pK	0,02
10.4.2	Anteil ÜS/Rohschlamm/PE-Bedarf	2 / pK	0,14
10.4.3	Anteil ÜS/Rohschlamm/Endfeststoffgeh.	1 / nK	0,08
10.5.1	Mittl. Partikeldurchmesser/PE-Bedarf	1 / pK	0,05
10.5.2	Mittl. Partikeldurchm./Endfeststoffgeh.	3 / nK	0,23
10.6.1	Feinpart. Anteil (%) / PE-Bedarf	0	0,01
10.6.2	Feinpart. Anteil (%) / Endfeststoffgeh.	3 / pK	0,22
10.7.1	Feinpart. Anteil (n/%TR) / PE-Bedarf	0	0,00
10.7.2	Feinpart. Ant. (n/%TR) / Endfeststoffgeh.	0	0,00
11.1.1	Dynam. Viskosität/PE-Bedarf	0	0,00
11.1.2	Dynam. Viskosität/Endfeststoffgehalt	0	0,00
11.2.1	Kinem. Viskosität Filtrat/PE-Bedarf	3 / pK	0,53
11.2.2	Kinem. Viskos. Filtrat/Endfeststoffgeh.	1 / nK	0,07
11.3.1	Elektr. Leitfähigkeit/PE-Bedarf	3 / pK	0,45
11.3.2	Elektr. Leitfähigkeit/Endfeststoffgehalt	1 / nK	0,04
11.4.1	Ammonium-Stickstoff/PE-Bedarf	3 / pK	0,42
11.4.2	Ammonium-Stickstoff/Endfeststoffgehalt	1 / nK	0,04
11.5.1	Anteil NH <sub>4</sub> -N/Nges./PE-Bedarf	1 / pK	0,02
11.5.2	Anteil NH <sub>4</sub> -N/Nges./Endfeststoffgehalt	0	0,01
11.6.1	pH-Wert/PE-Bedarf	3 / pK	0,48
11.6.2	pH-Wert/Endfeststoffgehalt	1 / nK	0,02
12.1.1	Industrieabwasseranteil/Anteil ÜS/RS	3 / pK	0,46
12.1.2	Industrieabwasseranteil/PE-Bedarf	1 / pK	0,09
12.1.3	Industrieabwasseranteil/Endfeststoffgeh.	1 / nK	0,08
12.2	Abw. Verweilzeit in VB bei Qt/Anteil ÜS/RS	2 / nK	0,19
12.3.1	Glühverlust Rohschlamm/PE-Bedarf	2 / pK	0,12
12.3.2	Glühverlust Rohschlamm/Endfeststoffgeh.	3 / nK	0,33



**Abb. 8.1:** Spezifischer PE-Bedarf

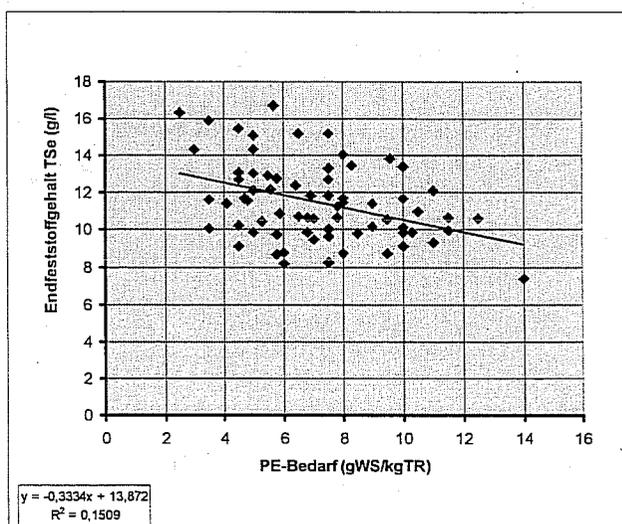
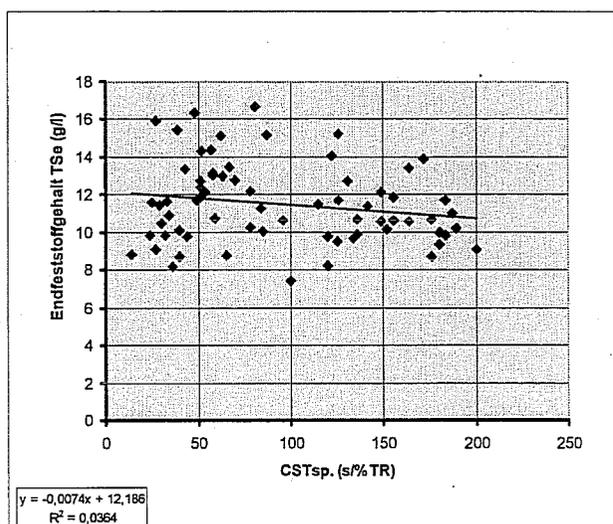
**Abb. 8.2:** Endfeststoffgehalt

**Abb. 8:** Vergleich der Polymerprodukte 1 und 2 hinsichtlich spezifischem PE-Bedarf und Endfeststoffgehalt nach Laborentwässerung



**Abb. 9.1:** CSTsp./PE-Bedarf

**Abb. 9.2:** CSTsp./Spezif. Filtrationswiderstand



**Abb. 9.3:** CSTsp./Endfeststoffgehalt TSe

**Abb. 9.4:** PE-Bedarf/Endfeststoffgehalt TSe

**Abb. 9:** Beziehung zwischen verschiedenen Entwässerungskennwerten

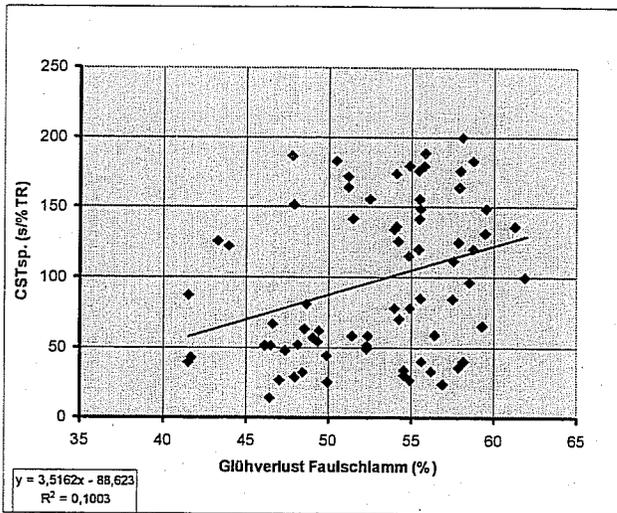


Abb. 10.1.1: Glühverlust Faulschlamm/CSTsp.

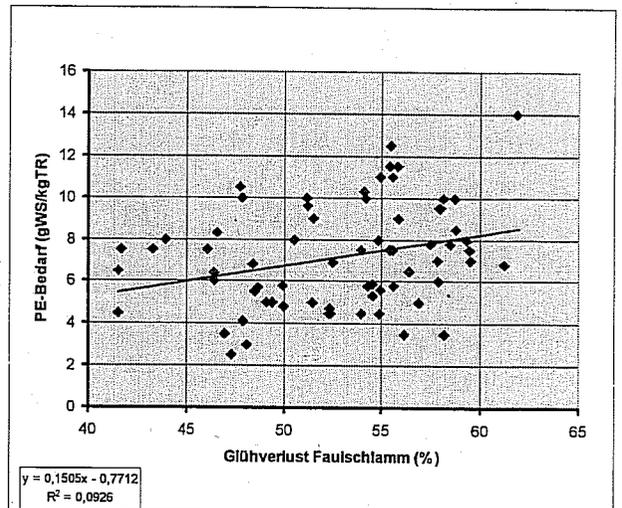


Abb. 10.1.2: Glühverlust Faulschlamm/PE-Bedarf

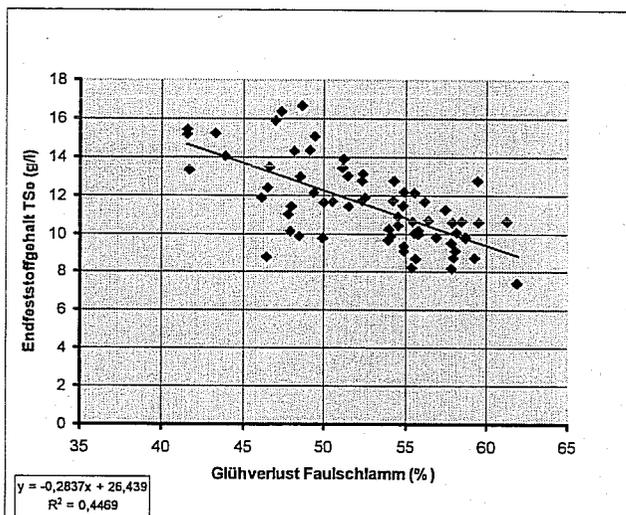


Abb. 10.1.3: Glühverlust Faulschl./Endfeststoffgeh.

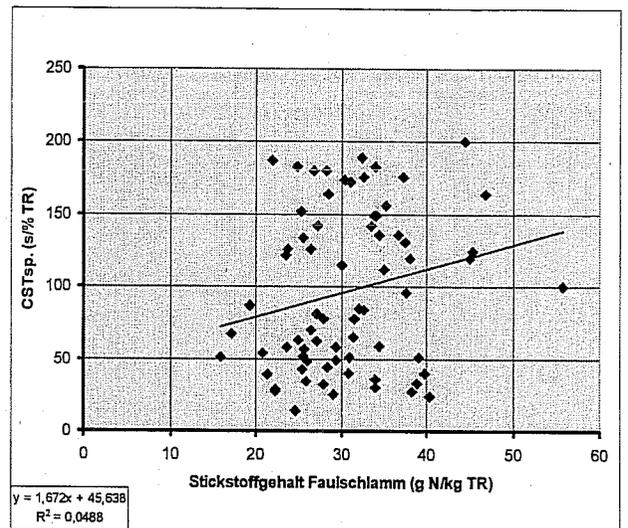


Abb. 10.2.1: Stickstoffgehalt Faulschlamm/CSTsp.

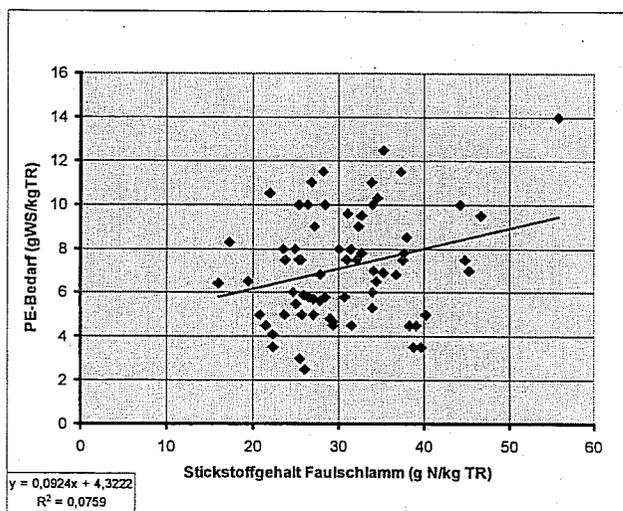


Abb. 10.2.2: Stickstoffgehalt Faulschl./PE-Bedarf

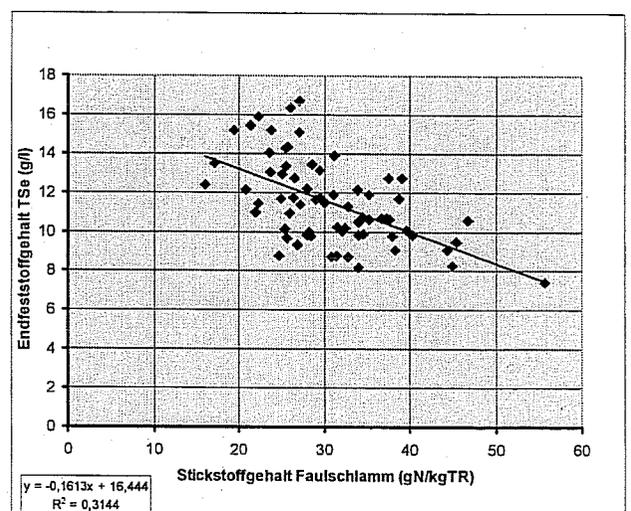


Abb. 10.2.3: Stickstoffgehalt Faulschl./Endfeststoffgeh.

Abb. 10: Beziehung zwischen partikulären Stoffeigenschaften und verschiedenen Entwässerungskennwerten

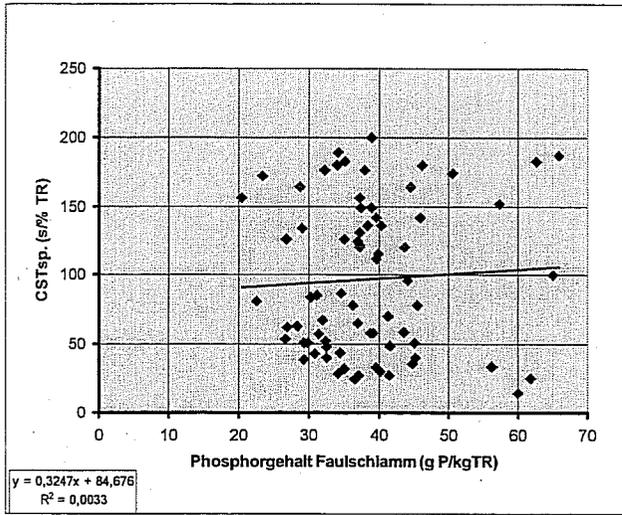


Abb. 10.3.1: Phosphorgehalt Faulschlamm/CSTsp.

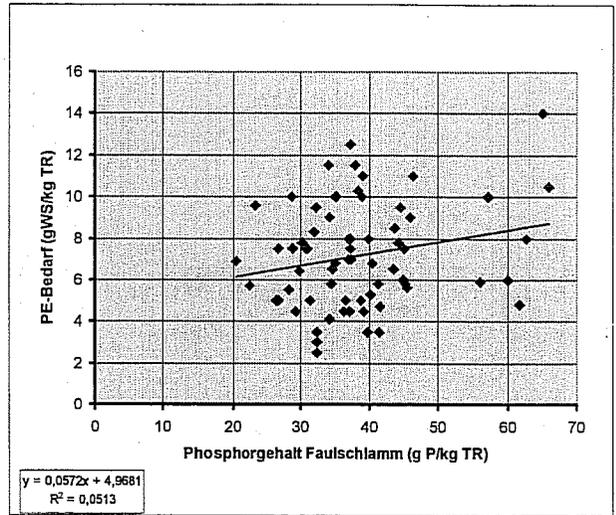


Abb. 10.3.2: Phosphorgehalt Faulschl./PE-Bedarf

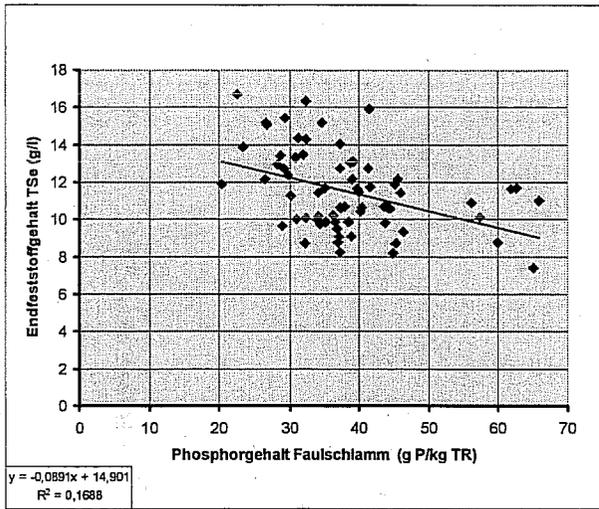


Abb. 10.3.3: Phosphorgeh. Faulschl./Endfeststoffgeh.

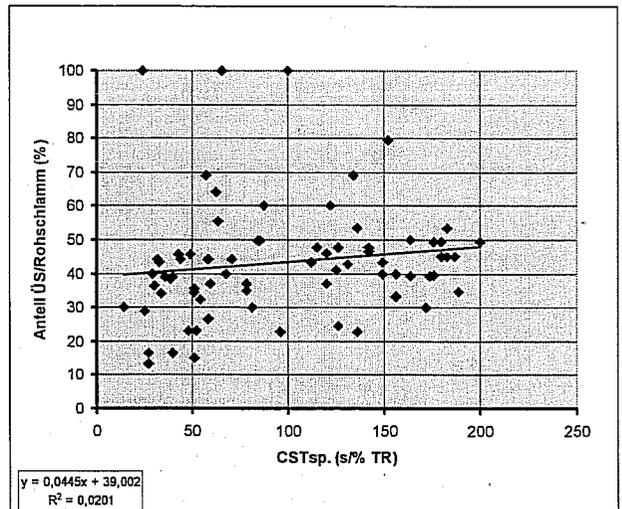


Abb. 10.4.1: Anteil ÜS am Rohschlamm/CSTsp.

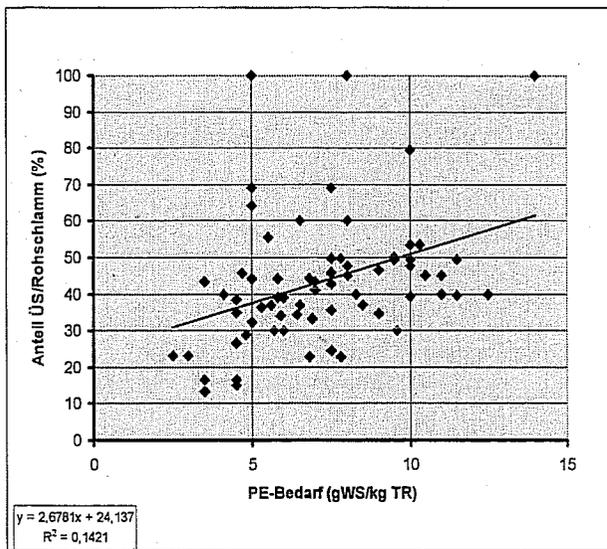


Abb. 10.4.2: Anteil ÜS am Rohschl./PE-Bedarf

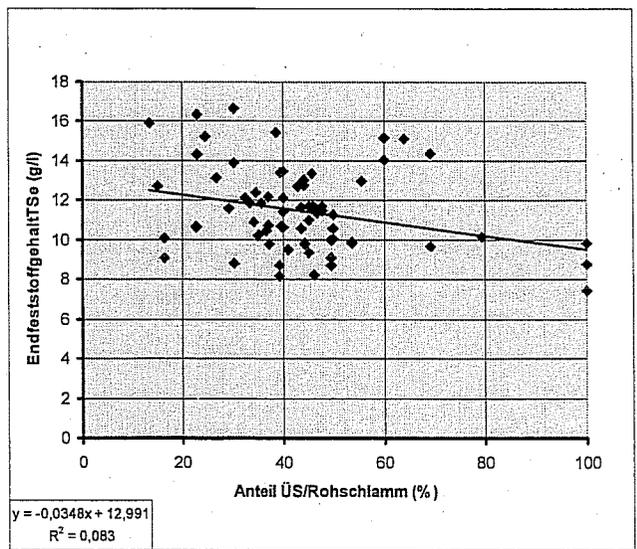


Abb. 10.4.3: Anteil ÜS am Rohschl./Endfeststoffgehalt

Abb. 10: Beziehung zwischen partikulären Stoffeigenschaften und verschiedenen Entwässerungskennwerten

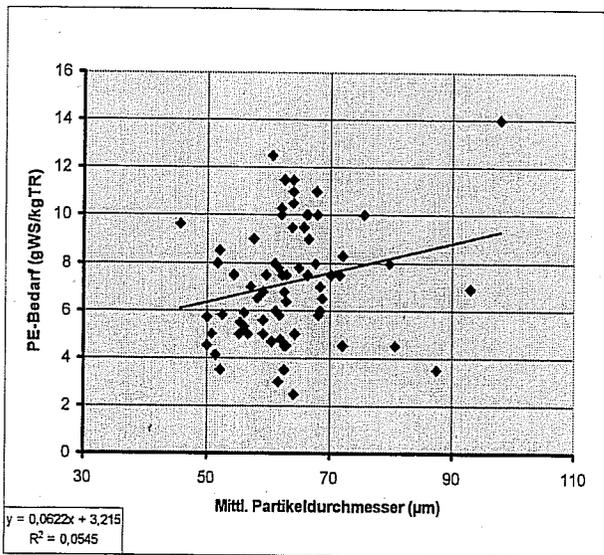


Abb. 10.5.1: Mittl. Partikeldurchmesser/PE-Bedarf

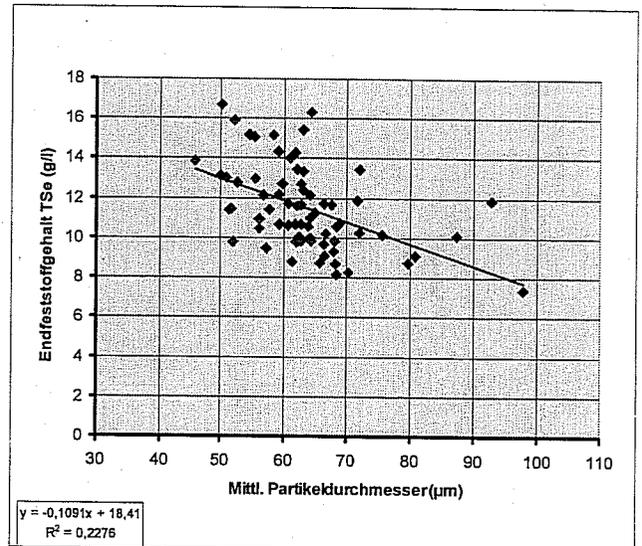


Abb. 10.5.2: Mittl. Partikeldurchm./Endfeststoffgehalt

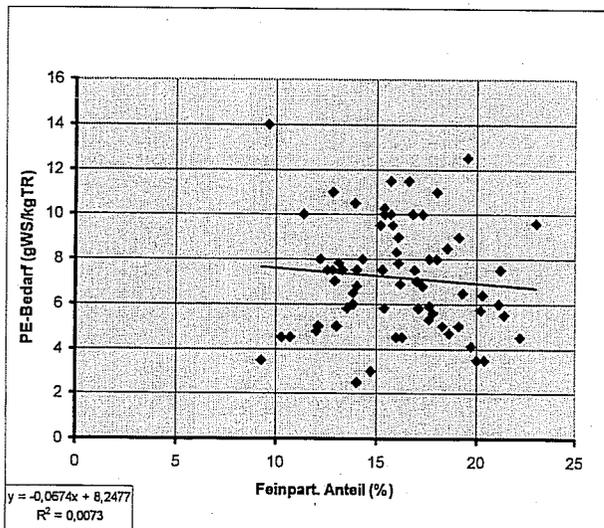


Abb. 10.6.1: Feinpart. Anteil (%) / PE-Bedarf

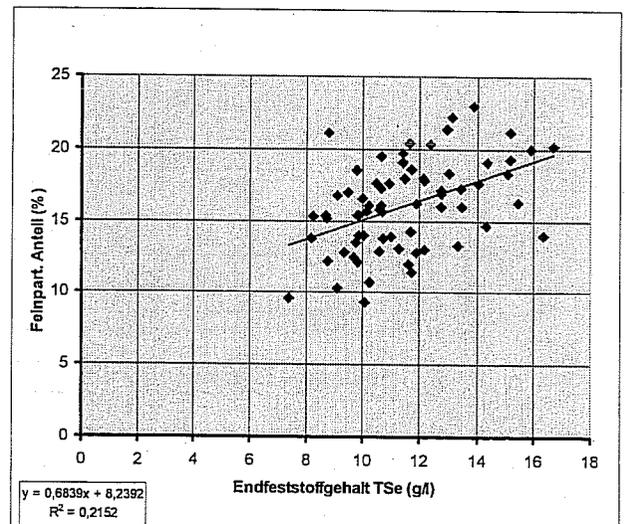


Abb. 10.6.2: Feinpart. Anteil (%) / Endfeststoffgehalt

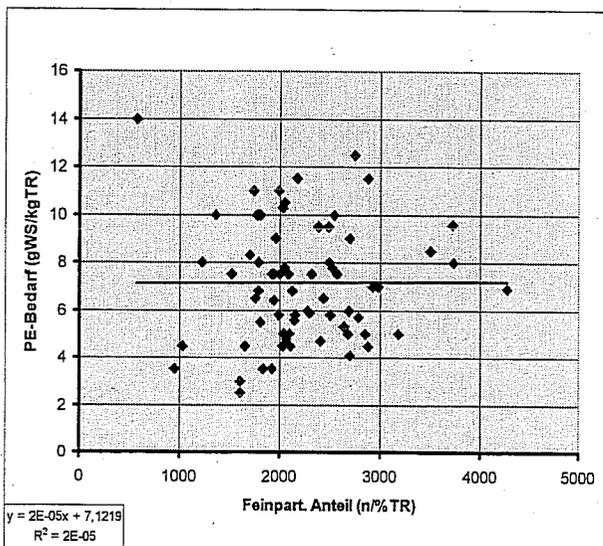


Abb. 10.7.1: Feinpart. Anteil (n/%TR) / PE-Bedarf

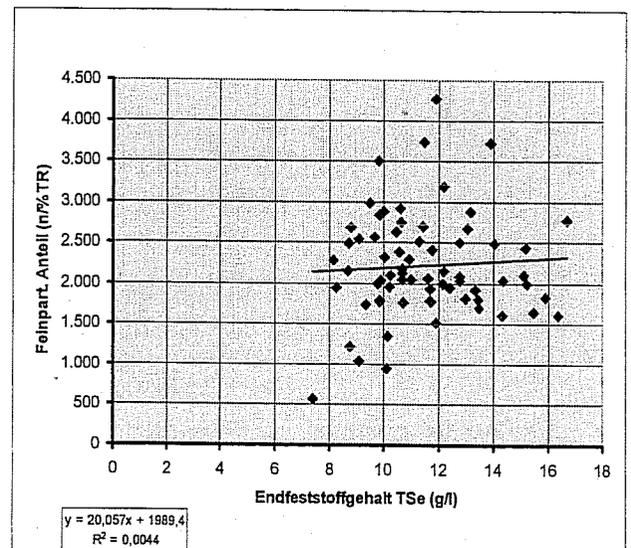


Abb. 10.7.2: Feinpart. Anteil (n/%TR) / Endfeststoffgeh.

Abb. 10: Beziehung zwischen partikulären Stoffeigenschaften und verschiedenen Entwässerungskennwerten

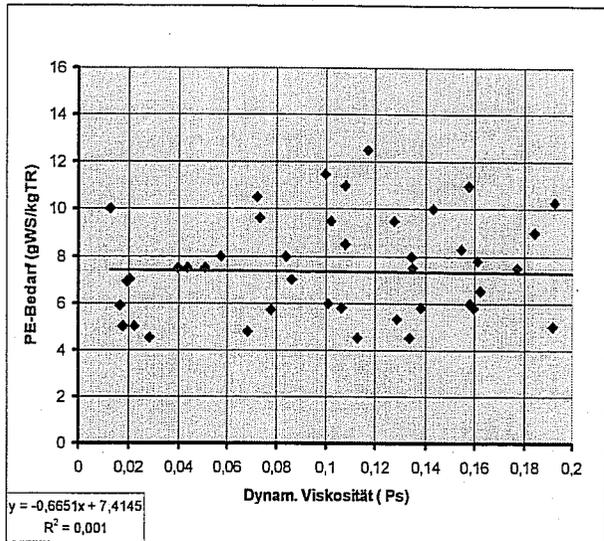


Abb. 11.1.1: Dynam. Viskosität/PE-Bedarf

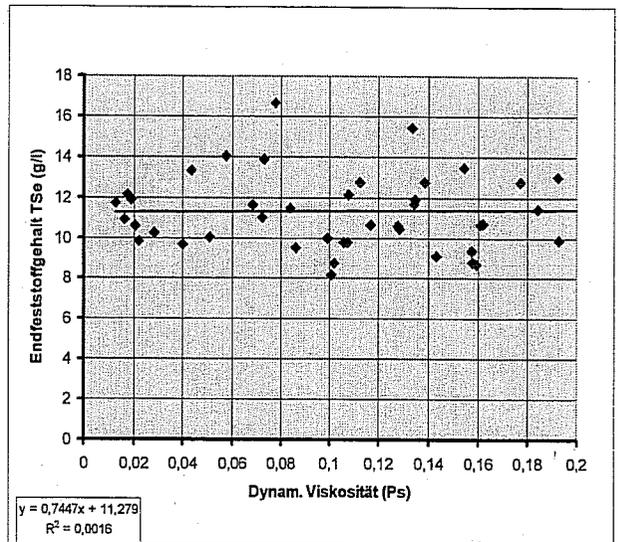


Abb. 11.1.2: Dynam. Viskosität/Endfeststoffgehalt

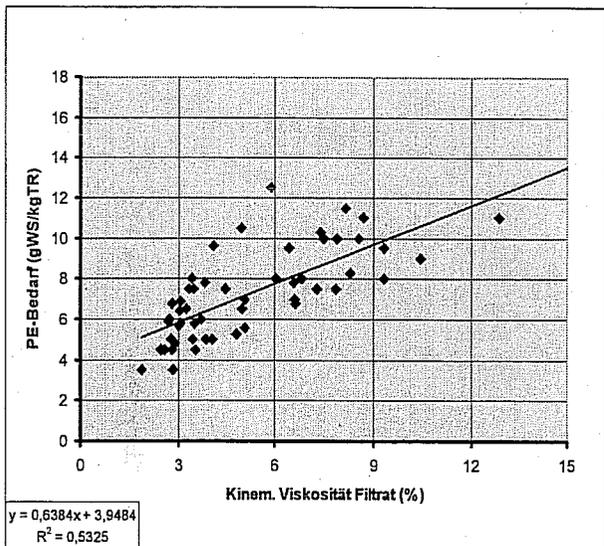


Abb. 11.2.1: Kinem. Viskosität Filtrat/PE-Bedarf

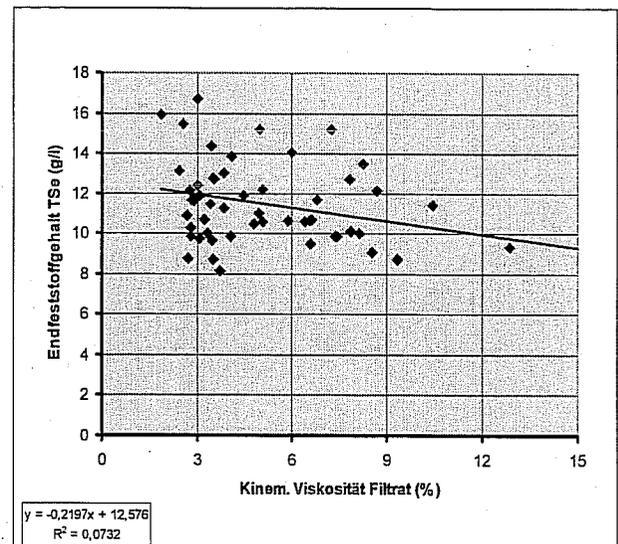


Abb. 11.2.2: Kinem. Viskosität/Endfeststoffgehalt

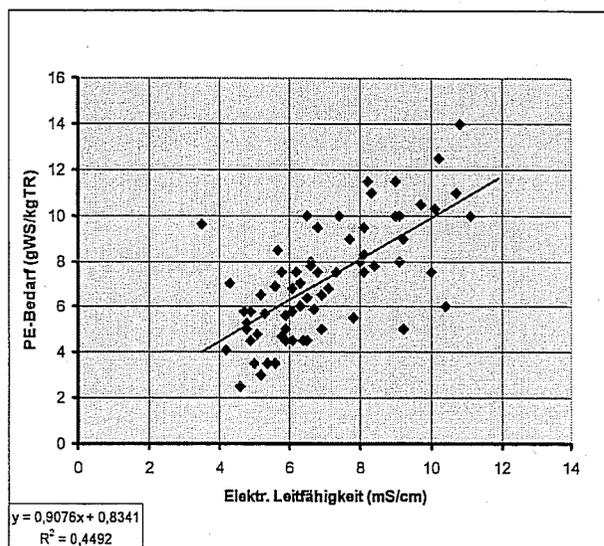


Abb. 11.3.1: Elektr. Leitfähigkeit/PE-Bedarf

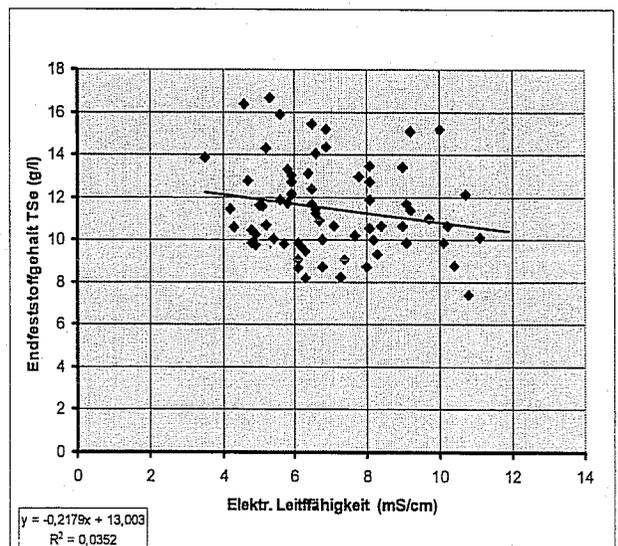


Abb. 11.3.2: Elektr. Leitfähigkeit/Endfeststoffgehalt

Abb. 11: Beziehung zwischen verschiedenen Schlamm- und Entwässerungskennwerten

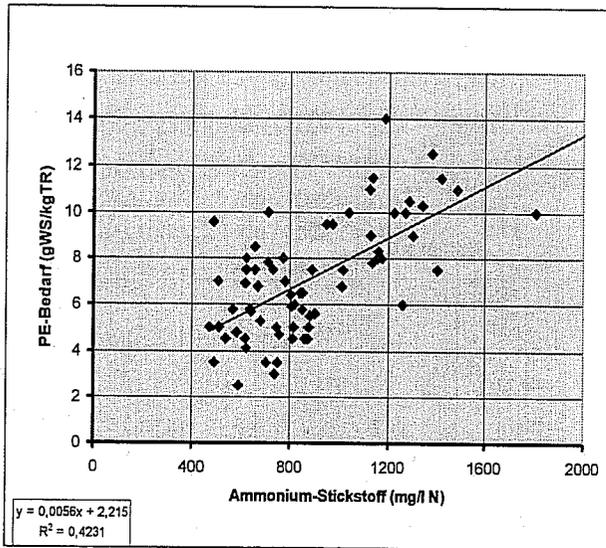


Abb. 11.4.1: Ammonium-Stickstoff/PE-Bedarf

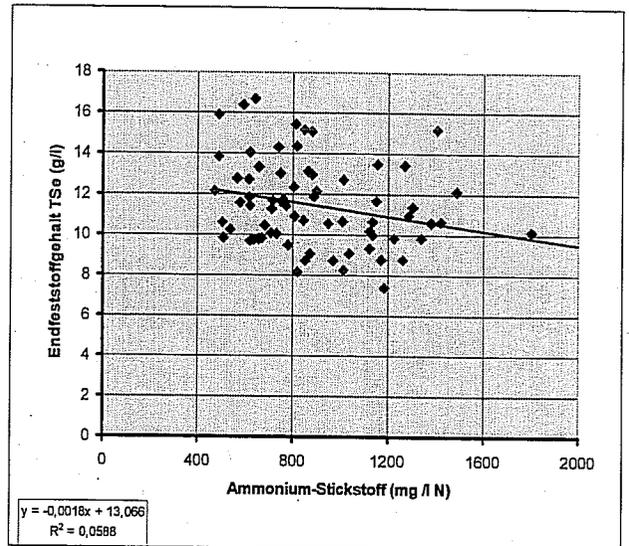


Abb. 11.4.2: Ammonium-Stickstoff/Endfeststoffgehalt

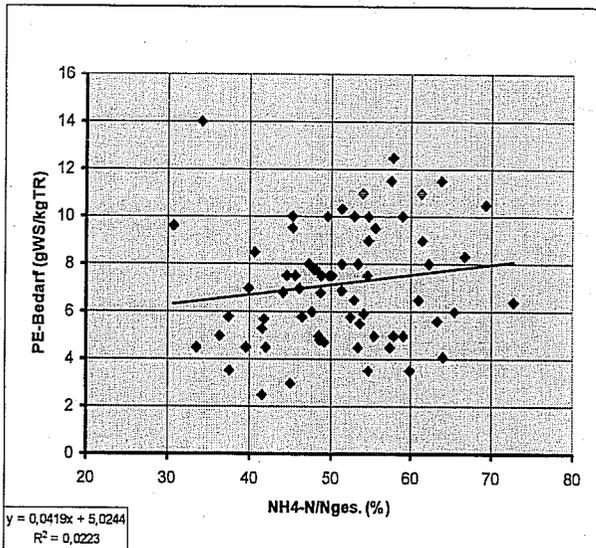


Abb. 11.5.1: Anteil NH<sub>4</sub>-N/Nges./PE-Bedarf

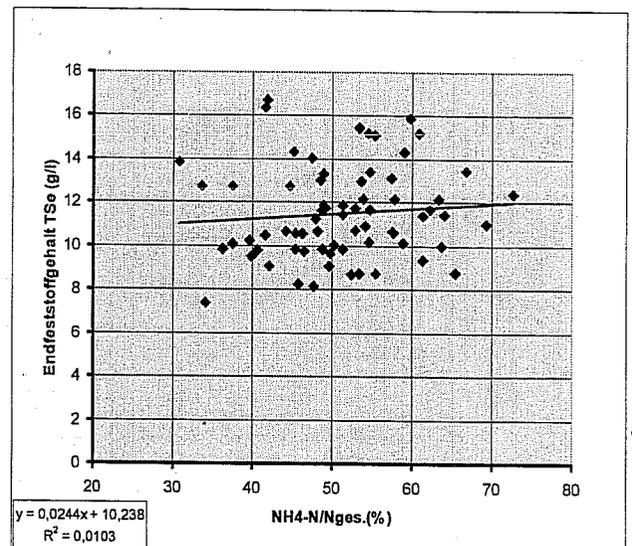


Abb. 11.5.2: Anteil NH<sub>4</sub>-N/Nges./Endfeststoffgehalt

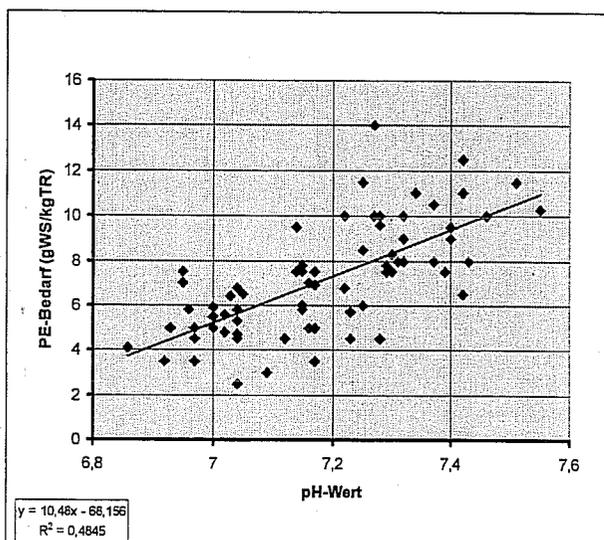


Abb. 11.6.1: pH-Wert/PE-Bedarf

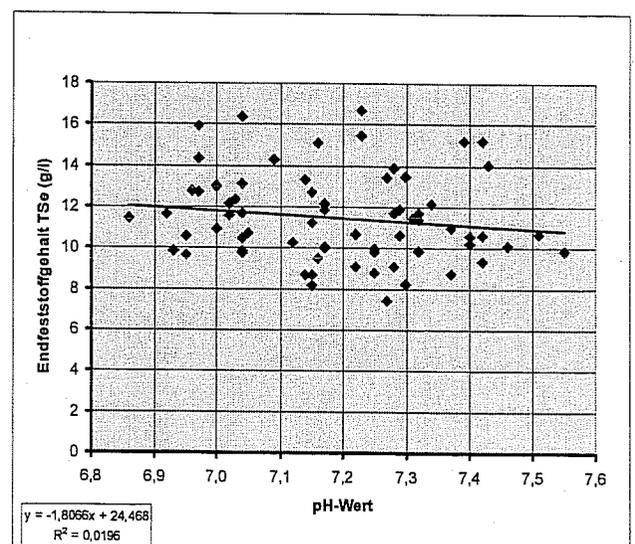


Abb. 11.6.2: pH-Wert/Endfeststoffgehalt

Abb. 11: Beziehung zwischen verschiedenen Schlamm- und Entwässerungskennwerten

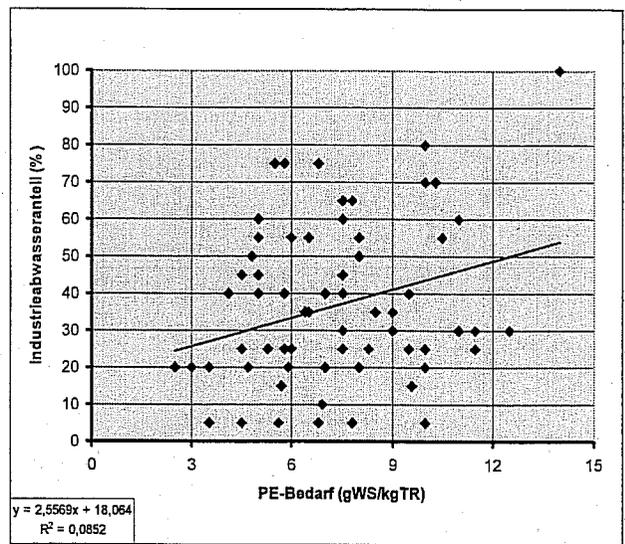
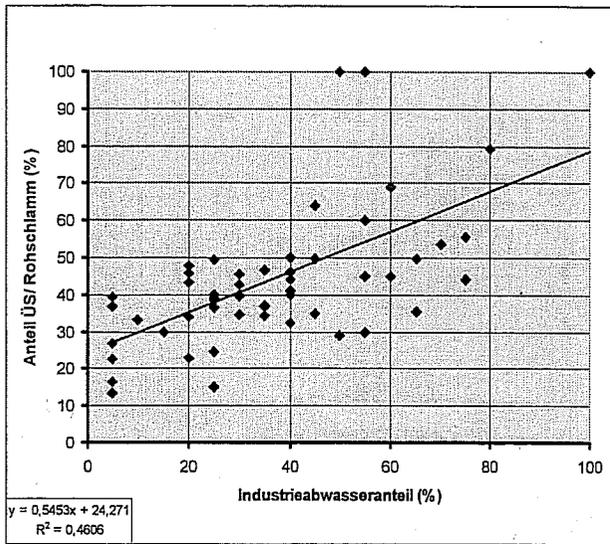


Abb. 12.1.1: Industrieabwasseranteil/Anteil ÜS/RS

Abb. 12.1.2: Industrieabwasseranteil/PE-Bedarf

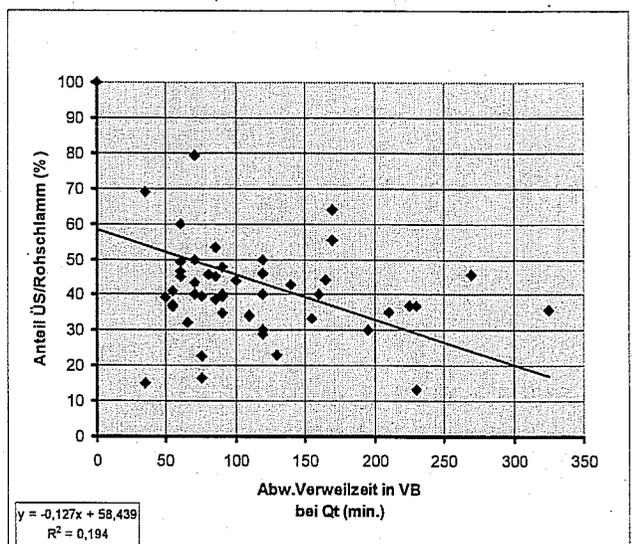
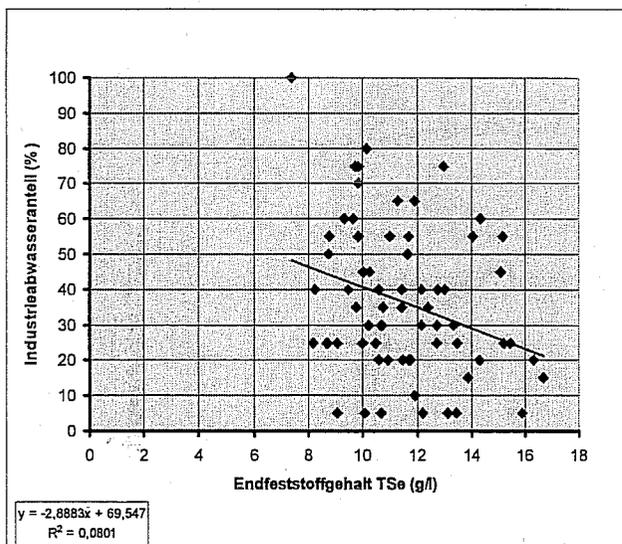


Abb. 12.1.3: Industrieabwasseranteil/Endfeststoffgeh.

Abb. 12.2: Abw.Verweilz. in VB bei Qt/Anteil ÜS/RS

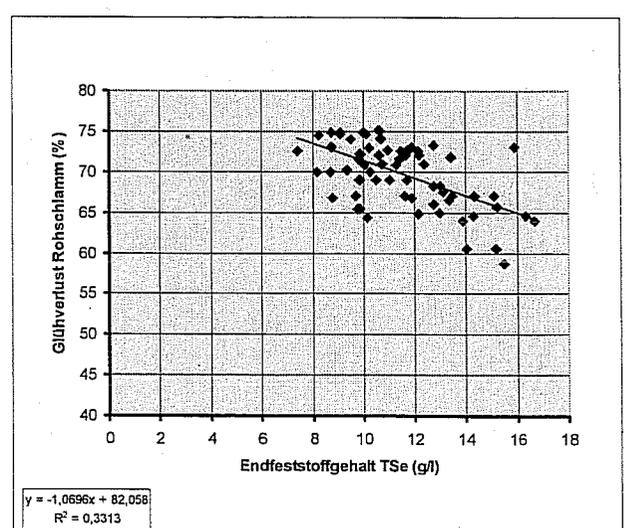
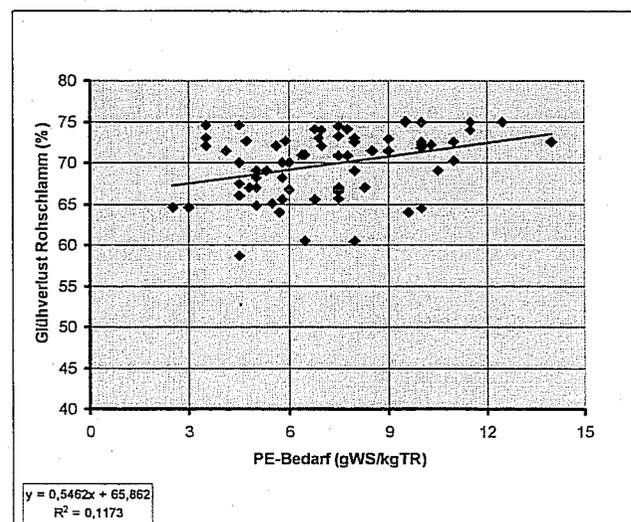
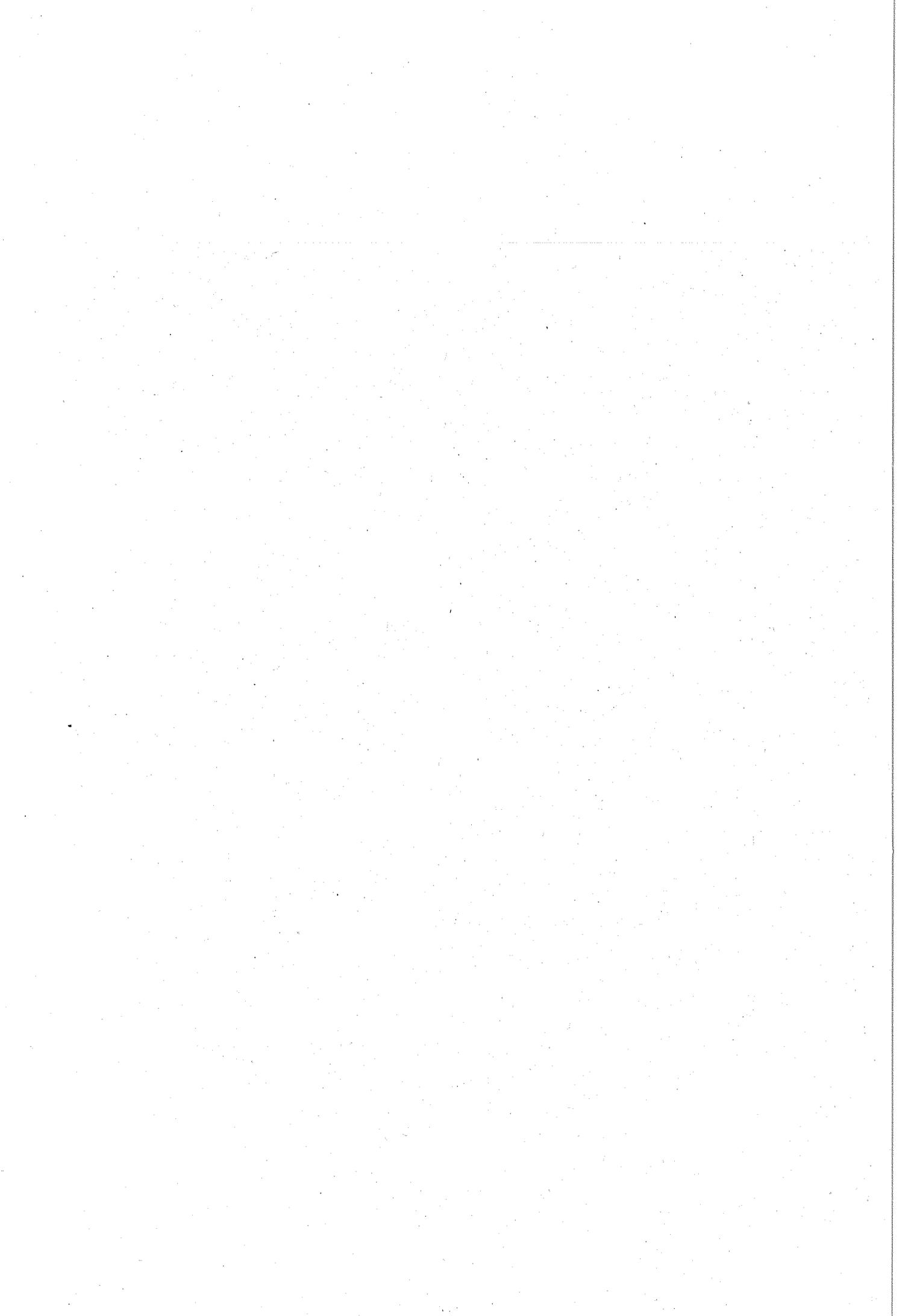


Abb. 12.3.1: Glühverlust Rohschlamm/PE-Bedarf

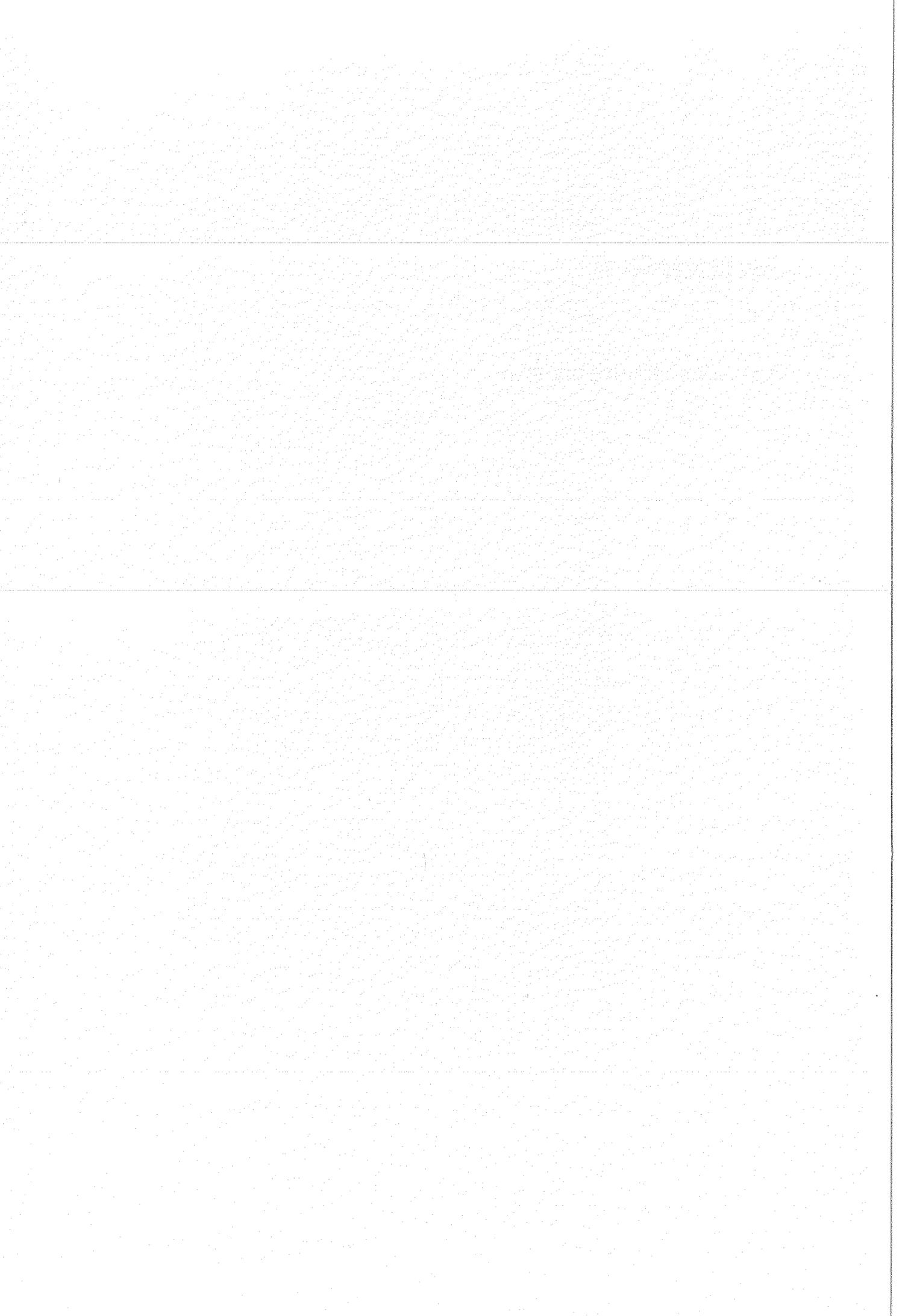
Abb. 12.3.2: Glühverlust Rohschlamm/Endfeststoffgeh.

Abb. 12: Sonstige Beziehungen



# **ANHANG 4**

## **Methodenbeschreibung**



# Zusammenstellung spezieller im Rahmen des F/E-Vorhabens zur Anwendung gekommener Untersuchungs- und Analysenverfahren

---

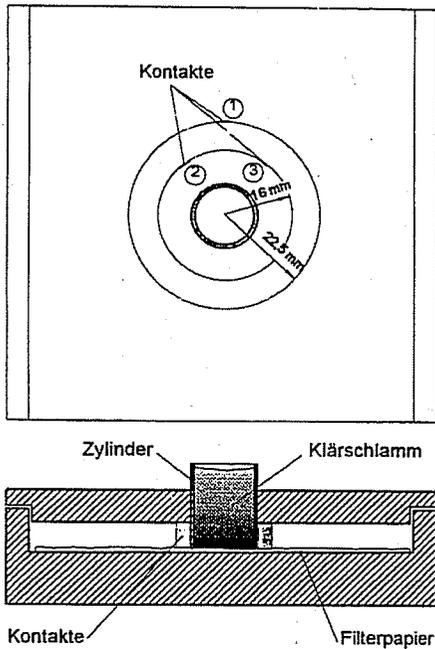
## 1 Kapillare Fließzeit

Der CST-Test (CST = capillary suction time) ist die heute gebräuchlichste Methode zur Bestimmung des Entwässerungsverhaltens bzw. des Wasserabgabevermögens von Schlämmen. Das Prinzip der Meßmethode besteht darin, daß der Filtrationseffekt nicht wie beim spezifischen Filtrationswiderstand durch Über- oder Unterdruck, sondern durch die kapillare Saugkraft eines standardisierten Filterkartons bewirkt wird. Grundsätzlich gilt die Beziehung: Je höher der Ausgangswert, d.h. CST des unkonditionierten Schlammes, desto höher ist der spezifische Konditionierungsmittelbedarf und desto schlechter ist auch das Entwässerungsverhalten des betreffenden Schlammes. Da bei dieser Bestimmungsmethode, anders als beim spezifischen Filtrationswiderstand, neben dem eigentlichen Filtrationsvorgang auch andere physikalische Eigenschaften des Schlammes eine Rolle spielen, stellt sich der CST-Wert als vergleichsweise universeller Entwässerungskennwert dar, der neben seiner prinzipiellen Eignung im Zusammenhang mit Filtrationsverfahren in beschränktem Maß auch Aussagen zur Entwässerbarkeit mittels Zentrifugen zuläßt.

Die Messung der kapillaren Fließzeit wurde nach den Empfehlungen des ATV - Fachausschusses 3.1 vorgenommen [3]. Zur Verwendung kam der Schlammbehälter Typ A (Innendurchmesser 18 mm, Abb. A 4.1) sowie das Chromatographiepapier der Sorte Whatman Nr. 17.

Da das Meßergebnis vom Feststoffgehalt der Schlammprobe beeinflusst wird, wird die kapillare Fließzeit auch als spezifischer CST (CST<sub>sp.</sub>, Quotient aus CST-Wert und Trockenrückstand in s/ % TR) angegeben. Als Richtwerte zur Beurteilung der Wasserabgabegeschwindigkeit können angegeben werden:

Entwässerungsverhalten	CST	CSTsp.
	s	s/ % TR
gut	< 80	< 30
mittelmäßig	80 - 400	30 - 150
schlecht	> 400	> 150



**Abb. A 4.1:** Meßkopf des CST-Gerätes

## 2 Spezifischer Filtrationswiderstand

Der spezifische Filtrationswiderstand stellt ebenso wie der CST-Test ein Standardverfahren zur Bestimmung des Entwässerungsverhaltens von Schlämmen dar. Die Methode ist allerdings nicht genormt, was die Vergleichbarkeit von Ergebnissen erschwert, die mit unterschiedlichen Drücken und Filtrationspapieren ermittelt werden.

Dem spezifischen Filtrationswiderstand liegt die Bestimmung der Filtrationsgeschwindigkeit eines Schlammes unter definierten Bedingungen zugrunde. Durch den Überdruck, der auf die Schlammprobe aufgebracht wird, bildet sich eine Feststoffschicht auf dem Filtermittel. Verfahrenstechnisch betrachtet ist dies der kuchenbil-

denden Filtration ähnlich, die durch die sog. Carman-Kozeny-Gleichung beschrieben werden kann. Da beim spezifischen Filtrationswiderstand die Abtrennung des Schlammwassers durch Filtration vorgenommen wird, kennzeichnet dieser Kennwert eindeutig die Filtrationsfähigkeit und ist für Aussagen bezüglich der Entwässerung mit Zentrifugen nur eingeschränkt geeignet.

Die meßtechnische Bestimmung des Filtrationswiderstandes wurde nach den Empfehlungen des ATV - Fachausschusses 3.1 [3] vorgenommen. Zur Verwendung kam Filterpapier der Fa. Schleicher & Schüll Nr. 589/2 (Weißband), die Filtrationsdruckdifferenz betrug 10 bar. Entgegen den Empfehlungen wurde zwischen Gefäßboden und Filterpapier keine Kunststoffgaze eingelegt, da diese häufig zum Verrutschen des Filterpapiers führt. Zur Vereinfachung wurde das Meßverfahren automatisiert, dabei auch das Volumen durch das Gewicht substituiert sowie die Dichte des Filtrats der von Wasser gleichgesetzt. Die Abnahme der Meßwerte erfolgte von der digitalen Waage mit Hilfe eines PC in Zeitintervallen von 15 Sekunden, als Meßdauer wurde nach Vorversuchen eine Zeit von 20 Minuten gewählt.

Als Richtwerte für die Beurteilung des Entwässerungsverhaltens können nach [3] angegeben werden:

Entwässerungsverhalten	Spezif. Filtrationswiderstand $r_{10}$ $10^{12} \times \text{m/kg}$
gut	< 500
mittelmäßig	500 - 3.000
schlecht	> 3.000

### 3 Partikelgrößenbestimmung mit Laserscanner

Zur Partikelmessung wurde ein Laserscanner vom Typ PARTEC 1000 der Fa. Lasentec / MTS eingesetzt. Der Scanner besitzt eine Laserdiode als Lichtquelle, von der aus ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von  $\lambda = 810 \text{ nm}$  in die Schlammsus-

pension gerichtet ist. Dabei fokussiert eine schnell rotierende Linse den Strahl so, daß in der abzuscannenden Ebene ein Brennfleck mit einer Grundfläche von  $0,8 \mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$  entsteht. Die Sehnennlänge der Partikel und Partikelsysteme, die sich in der Meßebebene befinden, werden hier abgetastet. Unterhalb des Meßfensters wird die Suspension durch einen Magnetrührer in Bewegung versetzt. Die Rotationsgeschwindigkeit der fokussierenden Linse ist so hoch, daß die Fließgeschwindigkeit keinen Einfluß auf die Anzahl der gemessenen Partikel hat. Die Fließgeschwindigkeit sorgt aber für eine ständige Erneuerung und damit für eine hohe Vielfalt der zu messenden Partikel.

Die durch Partikel hervorgerufenen diskreten Reflexionen als Teil der Streulichtstrahlung werden über eine Frequenzweiche, den sog. Beamsplitter, von einer Photozelle bzw. Photodiode registriert. Die Dauer des Lichtimpulses in der Photodiode wird mittels elektronischer Datenverarbeitung ausgewertet und als Äquivalentdurchmesser  $X$  des jeweiligen Teilchens ausgedrückt. Es werden nur solche Teilchen gemessen, die sich in der Scannerebene des Laserstrahles befinden und einen definierten Lichtpulsanstieg und -abstieg auf der Photodiode hervorrufen. Als Ergebnis erhält man eine Anzahlverteilung oder wahlweise eine Anzahldichteverteilung.

Der Meßbereich des eingesetzten Gerätes liegt zwischen  $1,9 - 1.000 \mu\text{m}$  mit einer Aufteilung in 38 Meßkanäle bzw. Durchmesserklassen. Als Meßdauer wurden 3 Sekunden gewählt (zur Theorie der Meßmethode und der physikalischen Grundlagen vgl. [2], Funktionsprinzip s. Abb. A 4.2).

Zuordnung der Meßergebnisse:

Mittlerer Partikeldurchmesser  $X_m$  in  $\mu\text{m}$

- $X_m < 30 \mu\text{m}$                     feine Partikel (häufig bei aufgeschlossenen Schlämmen)
- $X_m \text{ ca. } 50\text{-}70 \mu\text{m}$             mittelgroße Partikel (häufig bei Faulschlämmen mit üblicher ÜS/PS-Zusammensetzung)
- $X_m > 100 \mu\text{m}$                     große Partikel (häufig bei Überschlußschlämmen)

Feinpartikulärer Anteil (Anzahl counts  $< 11 \mu\text{m}$ )

- Anteil  $< 10 \%$                     geringer Anteil (häufig bei Überschußschlämmen)
- Anteil ca.  $15 \%$                     mittlerer Anteil (häufig bei Faulschlämmen mit üblicher  
ÜS/PS-Zusammensetzung)
- Anteil  $> 30 \%$                     hoher Anteil (häufig bei aufgeschlossenen Schlämmen)

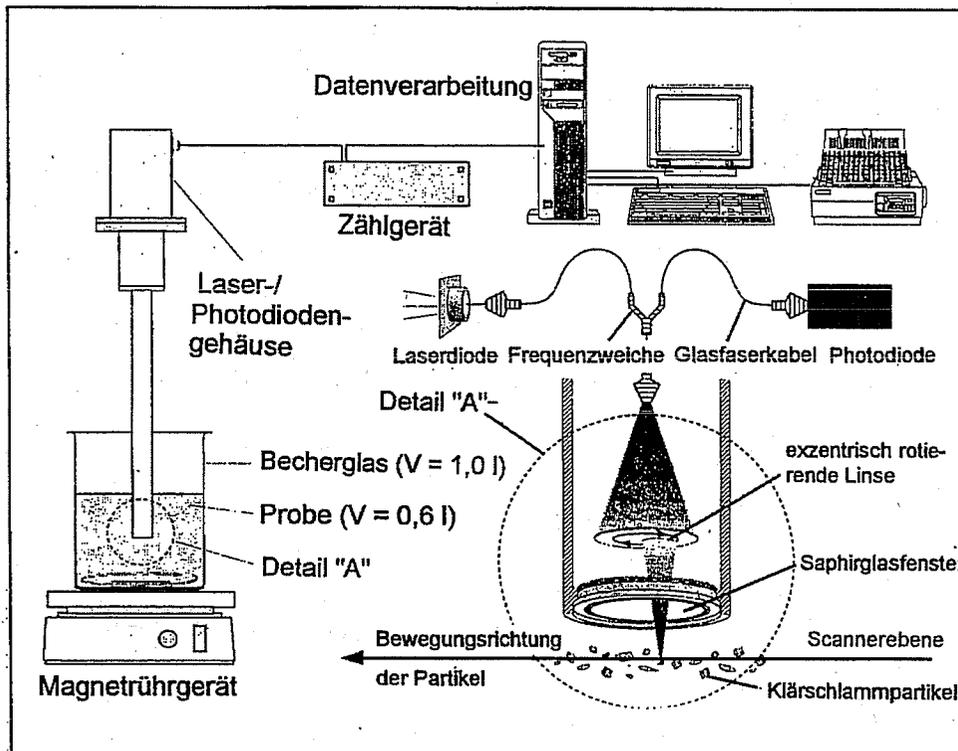


Abb. A 4.2: Funktionsprinzip Laserscanner

#### 4 Bestimmung der Schlammladungsmenge

Die Messung der Ladungsmenge wurde mit einem Partikelladungsdetektor Typ PCD-02 der Fa. Mütek vorgenommen. Allgemein wird mit Hilfe dieses Meßgerätes qualitativ und quantitativ die Gesamtladungsdichte einer wässrigen Dispersion bestimmt. Die Aufgabe des Detektors besteht darin, bei einer ladungskompensierenden Polyelektrolyttitration den Ladungsneutralpunkt, d.h. den isoelektrischen Punkt, zu detektieren. Die Polyelektrolyttitration besteht darin, daß ionische oder ionisierbare Gruppen mit entgegengesetzt geladenen Poly-Anionen oder Poly-Kationen einen Poly-

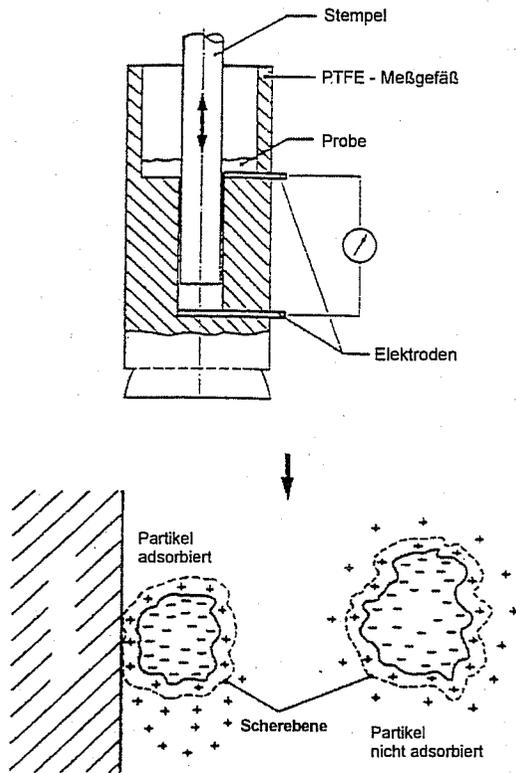
merkomplex ausbilden. Bei der Durchführung der Titration erhält man beim Erreichen des isoelektrischen Punktes den Verbrauch an zutitrierter Polyelektrolytlösung.

Voraussetzung für die Messung nach der Methode der streaming current detection (Strömungspotentialbestimmung) ist die Induzierung eines Strömungspotentials. Es bildet sich aus, wenn die Partikel bzw. Makromoleküle in einer Flüssigkeit eine Gegenionen-Doppelschicht aufbauen und beschreibt die Ladungsverschiebung oder Polarisierung, wenn eine geladene Oberfläche einer Flüssigkeitsströmung ausgesetzt wird und der diffuse Teil der Doppelschicht relativ zum Partikel verschoben wird. Mit Hilfe einer Elektrode kann die durch diese Ladungsverschiebung entstandene Spannung gemessen werden.

Abb. A 4.3 verdeutlicht den Aufbau des Strömungspotentials in dem verwendeten Gerät. Im Partikelladungsdetektor wird in einem zylindrischen Probengefäß aus PTFE, in der sich die zu untersuchende Probe befindet, ein eingepaßter Verdrängungskolben mit einer konstanten Frequenz von 4 Hz bewegt. Durch die Auf- und Abwärtsbewegung des Kolbens wird in dem Probenvolumen ein sinusförmiges Strömungspotential induziert, das mit zwei Goldelektroden abgegriffen wird. In Abhängigkeit von der Zugabemenge an Titrationsreagenz wird die Signaländerung bis zum Meßwert  $\pm 0$  mV verfolgt und aufgezeichnet.

Zur Bestimmung der Ladungsmenge wird als kationischer Standard eine definierte Polyelektrolytlösung (Poly-DADMAC = Poly-Di-Allyl-Di-Methyl-Ammoniumchlorid, Nr. 1697 Magnafloc) eingesetzt. Aus dem Verbrauch dieser Titrationslösung zur Neutralisation von 10 ml Probenvolumen ergibt sich die probenspezifische Ladungsmenge von Suspensionen mit negativer Oberflächenladung. Das Titrationsvolumen an Poly-DADMAC, das dazu benötigt wird, um 10 ml einer anionischen Standardlösung (PES-Na-Lösung = Poly-Ethen-Sulfonsaures Natrium) zu neutralisieren, entspricht einer Ladungsmenge von 100 %. Für Suspensionen mit Partikeln negativer Oberflächenladung ergibt sich damit die zu bestimmende Ladungsmenge aus dem erhaltenen kationischen Polyelektrolytbedarf (Poly-DADMAC-Menge) bezogen auf 100 %. Die Messung der Schlammladungsmenge erfolgt in der auf 0,2 g / l TS verdünnten

Schlamm suspension. Das aus mindestens vier Meßwerten gemittelte Ergebnis ist die Äquivalentladungsmenge, bezogen auf Prozent TR und den anionischen Standard PES.



**Abb. A 4.3:** Meßprinzip zur Bestimmung der Ladungsmenge mit Hilfe des Strömungspotentials

## 5 Bestimmung des Zetapotentials

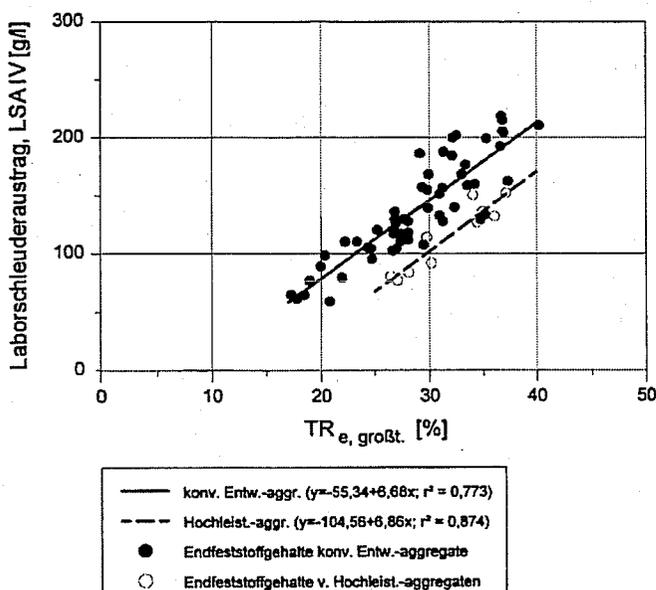
Die klassische experimentelle Methode zur Ermittlung von Partikeloberflächenladungen ist die Messung des Zetapotentials, das in etwa dem Potential an der Grenze starre / diffuse Doppelschicht (Abb. A 4.4) entspricht.

Das Zetapotential wurde im Zentrat eines jeden zentrifugierten, polymerkonditionierten Schlammes mit einem Analysengerät Typ Zetamaster der Fa. Malvern bestimmt. Gemessen wird dabei die elektrophoretische Mobilität von geladenen Teilchen in ei-



## 6 Bestimmung des Endfeststoffgehaltes mit Laborzentrifuge

Die Entwässerung der untersuchten Schlämme erfolgte mit einer Labor-Becherglaszentrifuge (Labofuge A, Fa. Heraeus). Die Umdrehungsgeschwindigkeit betrug konstant 3.000 U/min., die Zentrifugationszeit jeweils 5 Minuten. Unter diesen Randbedingungen wird etwa die 900-fache Erdbeschleunigung erreicht. Es wurde darauf geachtet, daß eine gleichmäßige Befüllung aller vier Bechergläser stattfand, um annähernd gleiche Sedimentationsbedingungen während der Entwässerung herzustellen. Am Ende des Entwässerungsvorganges wurde das Zentrat dekantiert und die sedimentierte Feststoffmasse zur Bestimmung des Feststoffgehaltes  $TR_e$  vom Becherglasboden mit einem Spatel in eine Porzellanschale gegeben und in einem Trockenschrank bei 105 °C getrocknet. Der als  $TR_e$  angegebene Feststoffgehalt ist immer der Mittelwert aus der Messung bei optimalem Polymereinsatz und der dazugehörigen Wiederholungsmessung. Abb. A 4.5 zeigt den Zusammenhang der Laborwerte mit den Ergebnissen technischer Entwässerungsaggregate aus Vergleichsuntersuchungen.

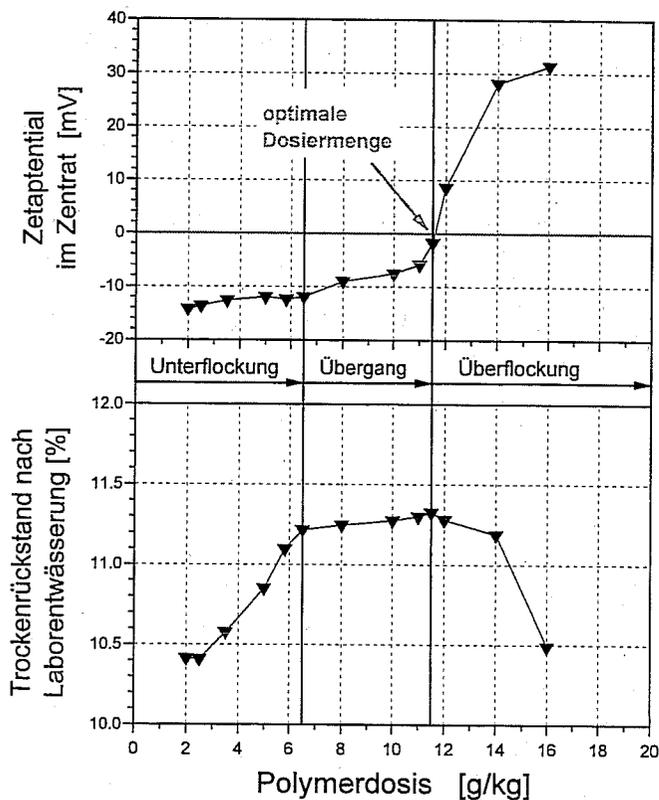


**Abb. A 4.5:** Zusammenhang zwischen Endfeststoffgehalten von in Becherglaszentrifugen und verschiedenen Entwässerungsaggregaten entwässerten Klärschlämmen

## 7 Ermittlung des Polymerbedarfes

Der optimale Polymerbedarf wurde in Versuchsreihen ermittelt. Dabei wurde die Polymermenge sukzessive gesteigert, bis das Zetapotential im Zentrat zwischen -3 mV bis +/- 0 mV lag, d.h. zwischen den Schlammteilchen keine elektrostatischen Abstoßungskräfte mehr wirksam waren. Der Verlauf des Zetapotentials und des dazugehörigen Feststoffgehaltes nach der Laborentwässerung sind aus Abb. A 4.6 zu ersehen. Die Kurvenverläufe können in die Bereiche Unterflockung, optimale Flockung und Überflockung eingeteilt werden. Für die Untersuchungen kamen zwei in der Praxis verbreitete Polymerprodukte auf Polyacrylamid-Basis (kationisch, linear) zur Verwendung:

- Zetag Z - 87, Fa. Ciba (Polymerprodukt 1)
- BC 655, Fa. Stockhausen (Polymerprodukt 2)



**Abb. A 4.6:** Abhängigkeit des Zetapotentials und des Entwässerungsergebnisses von der Polymerdosiermenge

## 8 Viskositätsmessungen

Die Viskositätsuntersuchungen wurden zur rheologischen Charakterisierung der Schlämme vorgenommen. Die Viskosität des nativen Schlammes wurde mit Hilfe eines Rotationsviskosimeters bestimmt, wobei eine Aufnahme der Fließkurve von  $10 \text{ s}^{-1}$  bis  $1.000 \text{ s}^{-1}$  erfolgte (Vortemperierung:  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , Vorscherung:  $100 \text{ s}^{-1}$  für 2 min.) Das angegebene Ergebnis ist der Mittelwert einer Doppelbestimmung. Das Filtrat wurde mit einem Ubbelohde-Viskosimeter gemessen, da für dieses Medium die Meßfehler im Rotationsviskosimeter größer sein können als die zu erwartenden Viskositätsänderungen. Die in Tab. 2.1 aufgelisteten Ergebnisse berücksichtigen nur einen Teil der Viskositätsuntersuchungen, für die eine separate Auswertung beabsichtigt ist.

## 9 Gensondenuntersuchungen

Die Gensondentechnik wurde als Ergänzung zu den mikroskopischen Untersuchungen zur Identifizierung und Quantifizierung fadenförmiger Methanbakterien in den Faulschlämmen eingesetzt.

Bei der Oligonukleotid-Sondentechnik dient die ribosomale Ribonukleinsäure (rRNS), die als Bestandteil des Proteinbiosyntheseapparates in allen Organismen vorhanden ist, als Identifikationshilfe für phylogenetische Aussagen zu den Verwandtschaftsbeziehungen der untersuchten Organismen. Die Identifikation wird dadurch ermöglicht, daß die rRNS für jeden Organismus sowohl hochkonservierte als auch hochvariable Abschnitte aufweist und durch einen Vergleich bestimmter Teilsequenzen der rRNS über die Berechnung von Ähnlichkeitswerten eine eindeutige stammesgeschichtliche Einordnung der zu untersuchenden Organismen vorgenommen werden kann. Anhand vorliegender rRNS-Datensätze wird somit eine Identifizierung bereits beschriebener Organismen ermöglicht.

Zur Anwendung kommen dabei sog. Gensonden bzw. Nukleinsäuresonden. Diese sind einzelsträngige Oligonukleotide, die während einer in situ Hybridisierung komplementäre rRNS-Abschnitte im Zielorganismus erkennen und spezifisch an diese binden. Über eine Markierung der Gensonden durch spezielle Fluoreszenzfarbstoffe (Fluoreszenz-in situ-Hybridisierung, FISH) wird unter dem Fluoreszenzmikroskop eine optische Differenzierung und damit eine Identifizierung möglich.

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden insgesamt acht CY3 (Fluoreszenz-Farbstoff) markierte Sonden unterschiedlicher Spezifität (universelle als auch hochspezifische Oligonukleotidsonden) eingesetzt, darunter auch eine spezifische Sonde für die Gattung *Methanosaeta* (MX 825) als dem bislang einzig bekannten Methanbakterium ohne Autofluoreszenz-Eigenschaft.

Wegen der sehr speziellen Thematik wird auf eine detaillierte Methodenbeschreibung an dieser Stelle verzichtet und bei Interesse an weitergehender Information auf die in Abschnitt 2 angegebene Untersuchungsstelle verwiesen.