

WIENER MITTEILUNGEN

WASSER · ABWASSER · GEWÄSSER

Universitätsbibliothek der
Technischen Universität Wien

ENTLEHNBAR

A. BEGERT

KLEINE BELEBUNGSANLAGEN
MIT EINEM ANSCHLUSSWERT
BIS 500 EINWOHNERGLEICHWERTE

BAND 63 - WIEN

WIENER MITTEILUNGEN

WASSER · ABWASSER · GEWÄSSER

BAND 63

A. BEGERT

KLEINE BELEBUNGSANLAGEN
MIT EINEM ANSCHLUSSWERT
BIS 500 EINWOHNERGLEICHWERTE

HERAUSGEBER :
PROF. DDR.-ING. W.v.d.EMDE
INSTITUT FÜR WASSERGÜTE UND
LANDSCHAFTSWASSERBAU
TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN



Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. <u>ALLGEMEINER TEIL</u>	1
1. <u>EINLEITUNG</u>	1
2. <u>ZUSAMMENSETZUNG DES ABWASSERS</u>	2
3. <u>CHEMISCHE GRUNDLAGEN DER ABWASSER- REINIGUNG</u>	4
3.1 Elemente und Verbindungen	4
3.2 Chemische Reaktionen	6
3.2.1 Neutralisationsreaktion	6
3.2.2 Fällungsreaktionen	8
3.2.3 Redox-Reaktionen	8
3.2.4 Farbreaktionen	9
3.3 Die wesentlichsten Abwasserparameter und ihre Bestimmung	9
3.3.1 Bestimmung des Gehaltes an organischen Substanzen	9
3.3.1.1 Messung des BSB ₅	10
3.3.1.2 Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	11
3.3.1.3 Organischer Kohlenstoffgehalt (TOC)	12
3.3.1.4 Zusammenhang zwischen BSB ₅ , CSB und TOC	12
3.3.2 Stickstoffverbindungen	14
3.3.3 Phosphatverbindungen	15
3.3.4 pH-Wert	16
3.3.5 Grenzflächenaktive Stoffe (Detergentien)	16
3.3.6 Giftstoffe	16
4. <u>BIOLOGISCHE GRUNDLAGEN DER ABWASSER- REINIGUNG</u>	16
4.1 Stoffwechsel der Mikroorganismen	16
4.1.1 Energiestoffwechsel	17
4.1.2 Baustoffwechsel	17
4.1.3 Einflußfaktoren auf den Stoffwechsel	17



	Seite	
4.1.3.1	Sauerstoffgehalt	17
4.1.3.2	pH-Wert	18
4.1.3.3	Temperatur	18
4.1.3.4	Giftstoffe	19
4.2	Mikroorganismen	19
4.3	Biologische Verfahren mit festhaftenden und mit freischwebenden Bakterien	19
4.3.1	Festhaftende Bakterien	20
4.3.2	Freischwebende Bakterien	21
5.	<u>ALLGEMEINES ÜBER KLÄRANLAGEN</u>	22
5.1	Mechanische Reinigung	22
5.1.1	Absetzanlagen ohne besonderem Schlamm- faulraum	23
5.1.2	Absetzanlagen mit besonderem Schlamm- faulraum	24
5.1.3	Vergrößerte Faulanlagen	25
5.2	Biologische Reinigung	26
5.2.1	Natürliche Verfahren	26
5.2.1.1	Allgemeines	26
5.2.1.2	Bodenfiltration	26
5.2.1.3	Abwasserteiche	28
5.2.2	Technische Verfahren	28
5.2.2.1	Allgemeines	28
5.2.2.2	Tropfkörper	28
5.2.2.3	Tauchtropfkörper	30
5.2.2.4	Belebungsanlagen	31
5.3	Weitergehende Reinigung	31
II.	<u>BESTEHENDE NORMEN UND RICHTLINIEN FÜR DIE BEMESSUNG UND DEN BAU VON KLEINBE- LEBUNGSANLAGEN MIT EINEM ANSCHLUSSWERT BIS 500 EGW</u>	34
1.	<u>NORMEN UND RICHTLINIEN</u>	34
2.	<u>BEMESSUNGSGRUNDLAGEN</u>	34
2.1	Abwasseranfall und organische Ver- schmutzung	34

	Seite	
2.2	Einwohnergleichwerte	35
3.	<u>BEMESSUNG</u>	40
3.1	Mechanische Kleinkläranlage	40
3.2	Biologische Kleinkläranlage	42
3.3	Sickeranlagen	45
4.	<u>BAUGRUNDSÄTZE</u>	45
4.1	Allgemeines	45
4.1.1	Aufstellung auf dem Grundstück	46
4.1.2	Werkstoffe	46
4.1.3	Zu- und Ablaufleitungen	47
4.1.4	Zugänglichkeit und Abdeckung	47
4.1.5	Lüftung	47
4.1.6	Einleiten von Fremdwasser	48
4.1.7	Elektrische Einrichtungen	48
4.1.8	Maschinelle Einrichtungen	48
4.1.9	Unfallverhütung	48
4.2	Mechanische Kleinkläranlagen	48
4.3	Biologische Kleinkläranlagen (Belebungs- anlagen)	50
III.	<u>AUSFÜHRUNGSFORMEN VON KLEINBELEBUNGS- ANLAGEN</u>	52
1.	<u>VORBEMERKUNG</u>	52
2.	<u>ALLGEMEINES</u>	52
3.	<u>SYSTEM AKTUAL</u>	56
4.	<u>SYSTEM HORNBACH</u>	57
5.	<u>SYSTEM KK-SL</u>	58
6.	<u>SYSTEM MENK - ROTOX</u>	59
7.	<u>SYSTEM MENZEL</u>	60
8.	<u>SYSTEM OMS</u>	61
9.	<u>SYSTEM PURAPLAST</u>	62

	Seite
10.	<u>SYSTEM PUTOX</u> 65
11.	<u>SYSTEM SALZKOTTEN</u> 67
12.	<u>SYSTEM SCHREIBER</u> 68
13.	<u>SYSTEM STEINMANN & ITTIG</u> 70
IV.	<u>BETRIEB, WARTUNG, ÜBERWACHUNG UND PRÜFUNG VON KLEINBELEBUNGSANLAGEN</u> 71
1.	<u>ALLGEMEINES</u> 71
2.	<u>BETRIEB UND WARTUNG</u> 71
2.1	Eigenkontrolle während des Betriebes 73
2.1.1	Tägliche Kontrollen 73
2.1.2	Wöchentliche Kontrollen 73
2.1.3	Monatliche Kontrollen 73
2.2	Wartung 73
3.	<u>REINIGUNGSWIRKUNG UND ÜBERWACHUNG</u> 77
3.1	Anforderungen an die Reinigungswirkung (nach ÖNORM B 2502) 77
3.2	Überwachung der Reinigungswirkung 78
4.	<u>PRÜFUNGEN VON KLEINBELEBUNGSANLAGEN NACH DIN 4261, TEIL 2</u> 80
4.1	Praktische Prüfung 80
4.1.1	Art und Umfang der praktischen Prüfung 80
4.1.2	Technische Überwachung 81
4.1.3	Reinigungsleistung und Betriebswerte 82
4.2	Prüfbericht 83
V.	<u>BETRIEBSERGEBNISSE VON KLEINBELEBUNGSANLAGEN</u> 84
1.	<u>MECHANISCHE KLEINKLÄRANLAGEN</u> 84
2.	<u>KLEINBELEBUNGSANLAGEN</u> 85

		Seite
VI.	<u>BETRIEBSSTÖRUNGEN BEI KLEINBELEBUNGS- ANLAGEN UND DEREN BESEITIGUNG</u>	93
1.	<u>VORBEMERKUNGEN</u>	93
2.	<u>EINARBEITUNG VON KLEINKLÄRANLAGEN</u>	93
3.	<u>BETRIEBSSTÖRUNGEN BEIM NORMALBETRIEB VON KLEINBELEBUNGSANLAGEN</u>	97
VII.	<u>EINSATZ VON KLEINBELEBUNGSANLAGEN BEI ERHOLUNGS- UND FREMDENVERKEHRSEIN- RICHTUNGEN</u>	111
1.	<u>CAMPING- UND ZELTPLÄTZE</u>	111
2.	<u>RESTAURANTS, GASTSTÄTTEN, AUSFLUGSLOKALE</u>	119
3.	<u>AUTOBAHNRASTSTÄTTEN</u>	121
4.	<u>FERIENDÖRFER, HOTELS, HEIME</u>	122
VIII.	<u>GEMEINSAME C- UND N-ENTFERNUNG BEI KLEINBELEBUNGSANLAGEN</u>	124
1.	<u>GRUNDLAGE</u>	124
2.	<u>VERSUCHSERGEBNISSE</u>	126
3.	<u>SCHLUSSFOLGERUNG FÜR DIE PRAXIS</u>	139
IX.	<u>SCHLAMMBESEITIGUNG</u>	141
1.	<u>ART UND MENGE</u>	141
2.	<u>MÖGLICHKEITEN DER SCHLAMMBESEITIGUNG</u>	141
2.1	Flüssigschlammverwertung in der Land- wirtschaft	141
2.2	Einbringen in den Faulraum einer zentralen Kläranlage	142
2.3	Einbringen unmittelbar in den Zulauf einer zentralen Kläranlage	144
2.4	Einbringen in das Kanalnetz	144

	Seite	
2.5	Unterbringung in Müllkompostanlagen	145
2.6	Aerobe Stabilisierung	145
2.7	Ablagerung in Schlampteichen	146
X.	<u>NEUERE ENTWICKLUNGEN</u>	147
XI.	<u>LITERATUR</u>	153

I. ALLGEMEINER TEIL

1. EINLEITUNG

In England wurde zu Beginn des 19. Jahrhunderts mit dem Ausbau der Kanalisation von London begonnen. Bald danach folgten viele andere Großstädte in Europa.

Durch diese Maßnahmen konnte zwar die akute Seuchengefahr gebannt werden, das Abwasserproblem wurde aber lediglich von der Straße in die Gewässer verlagert. Infolge der Städtekanalisation, verbunden mit einer stark zunehmenden Industrialisierung, wurden immer größere Abwassermengen abgeleitet. Die Verschmutzung der Flüsse und Seen erreichte dabei bald einen Grad, der im Hinblick auf die Erhaltung eines Wasservorrates für Trink- und Brauchwasserzwecke, sowie für den Gemeingebrauch (Baden, Waschen etc.) nicht länger geduldet werden konnte.

Zum Schutze der Gewässer wurden um die Mitte des letzten Jahrhunderts Verfahren zur Abwasserreinigung entwickelt. Durch Verrieselung des Abwassers auf den geeigneten Landflächen konnte Abwasser erstmals gereinigt werden. Bei der sogenannten Landbehandlung wurde dabei gleichzeitig der Düngewert des Abwassers ausgenützt.

Die Nachteile dieses Verfahrens wären jedoch die hierfür notwendigen großen Landflächen; auch hygienisch war es nicht unbedenklich.

Die Grundlagen für die biologische Abwasserreinigung wurden in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts erarbeitet. Voraussetzung für deren Entwicklung war die Erkenntnis, daß Mikroorganismen fähig sind, die im Abwasser enthaltenen, fäulnisfähigen organischen Substanzen ab- bzw. umzubauen. So erfand CORBETT in Salford 1893 das Tropfkörperverfahren. Das Belebungsverfahren wurde 1913/14 in Manchester von ARDERN und LOCKETT entwickelt.

Während die biologische Abwasserreinigung bei Großanlagen bald zum Standardverfahren wurde, bediente man sich bei der Abwasserreinigung in kleinen Verhältnissen vielfach noch Anlagen ohne Abwasserbellüftung. Diese Anlagen (Faulanlage, vergrößerte Faulanlage) bewirken ein Zurückhalten der Grobstoffe und eine biologische Teilreinigung. Der Reinigungseffekt ist jedoch gering. Das Abwasser ist nach der Anlage angefault. Eine solche Anlage kann nur dort verwendet werden, wo das Abwasser in einen Vorfluter mit entsprechender Wasserführung abgeleitet wird. Durch Nachschalten einer Untergrundverrieselung, eines Sandfiltergrabens oder eines Tropfkörpers läßt sich eine vollbiologische Reinigung des Abwassers erzielen.

Einen wesentlichen besseren Reinigungseffekt liefern Kleinkläranlagen mit biologischer Reinigungsstufe. Wurde hierfür früher das Tropfkörperverfahren bevorzugt verwendet, werden seit etwa 10 Jahren überwiegend Kleinkläranlagen gebaut, die nach dem Belebungsverfahren arbeiten.



Fehlerhafte Planung, schlechte Bauausführung und unzureichende Wartung waren Gründe, die einen schlechten Ruf der Kleinkläranlagen verursachten. In den Augen der Behörden stellen sie vielfach eine nur in Ausnahmefällen tolerierbare, insgesamt jedoch nur provisorische Lösung des Abwasserproblems dar. Dennoch wird man bei Streusiedlungen, abseits gelegenen Wohnhausanlagen, Ausfluggaststätten, Autobahnstationen, Ferienheimen und dergleichen auch in Zukunft nicht ohne Kleinkläranlagen auskommen.

Nach einer Untersuchung von BÖHNKE (25) können in der Bundesrepublik Deutschland 10 % der Gesamtbevölkerung infolge der Siedlungsart, der topographischen Verhältnisse oder der Nutzungsart einzelner weit abgelegener Anwesen auch in Zukunft mit wirtschaftlich vertretbaren Mitteln nicht an einer zentrale Kanalisation angeschlossen werden. In diesen Fällen müssen Kleinkläranlagen als Dauerlösung zum Schutze der Gewässer eingesetzt werden.

Bei der Häuser- und Wohnungszählung 1971 in Österreich wurde festgestellt, daß die Abwässer von rund 16 % der Wohnbevölkerung über Hauskläranlagen abgeleitet werden. Wird die Wohnbevölkerung von Wien außer Betracht gelassen, so erhöht sich dieser Prozentsatz auf 21 %. Dies bedeutet, daß das Abwasser jedes fünften Österreicher, der nicht in Wien lebt, über eine Hauskläranlage abgeleitet wird.

2. ZUSAMMENSETZUNG DES ABWASSERS

Wer Abwasser reinigen will, muß wissen, welche Stoffe in diesem enthalten sind. Dabei muß zunächst zwischen Industrie- und häuslichem Abwasser unterschieden werden. Während Industrieabwasser je nach Betrieb und Produktionsprogramm ganz unterschiedlich zusammengesetzt ist und daher nicht auf einen gemeinsamen Nenner gebracht werden kann, besitzt häusliches Abwasser eine ganz spezifische Beschaffenheit. Es setzt sich im wesentlichen aus den Abortabwässern, den Küchenabwässern, sowie den Wasch-, Reinigungs- und Badewässern zusammen. Diese unterschiedlichen Anfallsorte des häuslichen Abwassers bedingen die Vielfalt seiner Verschmutzung, die ihm seine typischen Eigenschaften verleiht. Frisches häusliches Abwasser ist eine gelblich bis braune, trübe, muffig riechende Flüssigkeit, die Kotteilchen, Speiseabfälle, Papier- und Kunststoffreste und ähnliches enthält.

Die Abwasserinhaltsstoffe können grob in folgende Gruppen unterteilt werden:

1) Ungelöste Stoffe:

hierher gehören absetzbare Stoffe, die schwerer als Wasser sind, Schwebstoffe, deren spezifisches Gewicht jenem von Wasser annähernd gleich ist, sowie Schwimmstoffe, mit einem unter 1,0 liegenden spezifischen Gewicht. Man kann sie auch weiter einteilen in organische und anorganische Bestandteile.

2) Gelöste bzw. kolloidal gelöste (= halb gelöste) Stoffe:
diese werden in organische und anorganische Verbindungen unterteilt.

3) Krankheitserreger:

Die Hauptmenge stellen dabei die aus der tierischen und menschlichen Darmflora herrührenden Kolibakterien dar. Sie werden bei der Trinkwasseranalyse als Indikator für eine fäkale Verunreinigung herangezogen. Eine Vielzahl anderer, teilweise vollkommen harmloser Bakterien findet man im häuslichen Abwasser. Viren, Wurmeier, Reizstoffe und dergleichen zählen ebenfalls zu dieser Gruppe.

Nach IMHOFF (Taschenbuch der Stadtentwässerung, 25. Aufl., 1979) kann je Einwohner und Tag mit folgender mittleren täglichen Schmutzmenge gerechnet werden: (Tabelle 1)

Tabelle 1: Tägliche Schmutzmenge je Einwohner und Tag

	min.	org.	gesamt	BSB ₅
Absetzbare Stoffe	10	30	40	20
Nichtabsetzbare Schwebstoffe	5	10	15	10
Gelöste Stoffe	75	50	125	30
				} 40
zusammen:	90	90	180	60 g/E.d

Nach Untersuchungen in Amerika (LAAK, 1976) verteilt sich dabei die im Haushalt anfallende Abwassermenge prozentual auf folgende Anfallorte:

- 45 % WC
- 5 % Handwaschbecken
- 20 % Bad
- 20 % Waschmaschine
- 10 % Küche

In Österreich ist die Wassermenge vom WC her geringer.
Man kann etwa mit

- 40 % WC
- 30 % Küche
- 30 % Bad inkl. Waschmaschine

rechnen.

Charakteristisch für häusliches Abwasser ist, wie die Tabelle zeigt, das Überwiegen der organischen Schmutzstoffe, die fast zwei Drittel der Gesamtverschmutzung ausmachen. Von diesen organischen Substanzen entfallen rund ein Drittel auf die absetzbaren Stoffe. Die Hauptverschmutzung ist aber auf die gelösten Verbindungen und nicht absetzbaren Stoffe zurückzuführen; das sind insgesamt 67 % der gesamten organischen Verschmutzung. Für die Reinhaltung unserer Gewässer ist es daher am wichtigsten, die gelösten organischen Verbindungen zu entfernen.

Sehr charakteristische Bestandteile des häuslichen Abwassers sind auch die Verbindungen des Stickstoffs und des Phosphors. Diese können sowohl anorganischer als auch organischer Natur sein. Sie werden bei der konventionellen, mechanisch-biologischen Abwasserreinigung nur zu einem geringen Prozentsatz entfernt und können bei Einleitung des Abwassers in einen See infolge ihrer düngenden Wirkung zur Eutrophierung (= übermäßiges Algenwachstum) führen. Will man diese Stoffe aus dem Abwasser entfernen, so muß man sich weitergehender Reinigungsverfahren (z.B. chemische Fällung) bedienen.

Aus dem bisher Gesagten erkennt man bereits, daß die Chemie und die Biologie bei der Abwasserreinigung eine zentrale Rolle spielen. Die Kenntnis der wesentlichsten Grundlagen dieser Naturwissenschaften ist Voraussetzung für ein Verstehen der modernen Abwasserreinigungsverfahren.

3. CHEMISCHE GRUNDLAGEN DER ABWASSERREINIGUNG

3.1 Elemente und Verbindungen

Die Chemie ist die Lehre von den Stoffen und ihren Veränderungen. Auch bei der Abwasserreinigung laufen chemische Prozesse ab. Das trübe, muffig riechende Abwasser wird in ein klares, geruchloses, fäulnisunfähiges Wasser umgewandelt.

Diese Vorgänge werden von Lebewesen (Bakterien) bewirkt. Daher spricht man auch von einem bio-chemischen Prozeß. Alle festen, flüssigen und gasförmigen Stoffe sind aus einigen wenigen Grundstoffen aufgebaut. Diese nennt man Elemente. Das kleinste Teilchen eines Elementes ist das Atom. Dieses kann mit herkömmlichen physikalischen und chemischen Methoden nicht weiter geteilt werden.

Es gibt mehr als 100 verschiedene Elemente, von denen 92 natürlich vorkommen. Sie werden mit Symbolen bezeichnet, wie z.B.: (Tabelle 2)

Tabelle 2 : Verschiedene Elemente

Element	Symbol	Atomgewicht
Wasserstoff	H	1
Sauerstoff	O	16
Kohlenstoff	C	12
Stickstoff	N	14
Schwefel	S	32,1
Chlor	Cl	35,5
Natrium	Na	23
Calcium	Ca	40,1
Mangan	Mn	54,9
Phosphor	P	31
Kalium	K	39,1
Eisen	Fe	55,8
Magnesium	Mg	24,3
Aluminium	Al	27
Chrom	Cr	52

Viele dieser Elemente gehen miteinander chemische Verbindungen ein, d.h. sie vereinigen sich miteinander. Diese Verbindungen besitzen andere Eigenschaften als die Elemente selbst. Sie sind aus Molekülen aufgebaut, die wieder aus zwei oder mehr Atomen bestehen. Vereinigen sich zwei Atome Wasserstoff (H) mit einem Atom Sauerstoff (O) so entsteht das Molekül Wasser, das die chemische Formel H_2O besitzt. Weitere Beispiele für solche chemische Verbindungen sind:

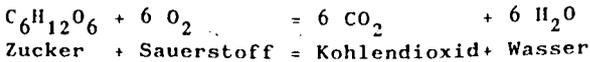
CO_2	Kohlendioxid
CH_4	Methan
NH_3	Ammoniak
HCl	Salzsäure
$NaCl$	Kochsalz
H_2S	Schwefelwasserstoff
$NaOH$	Natriumhydroxid
CH_3COOH	Essigsäure

Die chemische Formel bringt die Zahlenverhältnisse der Atome, sowie die Massenverhältnisse der Elemente zum Ausdruck. Die Zahl der Atome des gleichen Elementes wird durch eine tiefgestellte Zahl hinter dem Symbol (= "Index") angegeben. Dabei läßt man die Zahl 1 stets weg. Ein Beispiel soll dies verdeutlichen: CH_4 = Methan enthält die Elemente Kohlenstoff (C) und Wasserstoff (H). Auf ein Atom Kohlenstoff kommen 4 Atome Wasserstoff. Diese beiden Elemente stehen daher im Massenverhältnis 12 (Atomgewicht des Kohlenstoffs) : 4 x 1 (Atomgewicht des Wasserstoffs).

Chemische Verbindungen können in organische und anorganische eingeteilt werden. Zu den organischen Substanzen zählt man mit wenigen Ausnahmen (z.B. Kohlensäure und ihre Salze) alle Verbindungen des Kohlenstoffs. Zu den anorganischen Verbindungen rechnet man alle kohlenstoff-freien Substanzen und die chemischen Elemente einschließlich Kohlenstoff. Organische Substanzen zeichnen sich dadurch aus, daß sie beim Ausglühen verbrennen, während anorganische Stoffe (= mineralische Stoffe) meist in der Asche zurückbleiben.

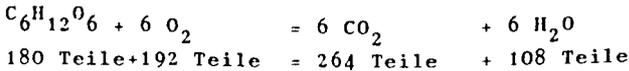
3.2 Chemische Reaktionen

Vereinigen sich zwei oder mehr chemische Verbindungen oder Elemente zu neuen Substanzen, dann spricht man von einer chemischen Reaktion. Diese lassen sich durch Gleichungen beschreiben, wie z.B.:



Eine solche Reaktionsgleichung gibt aber nicht nur an, welche Stoffe (Verbindungen oder Elemente) an einem Vorgang teilnehmen, sondern bringt auch die Massenverhältnisse zum Ausdruck.

Für das vorhergehende Beispiel gilt:



Es gibt viele verschiedene Arten chemischer Reaktionen. In der Abwasserreinigung werden Neutralisations-, Fällungs-, Redox- und Farbreaktionen vorwiegend angewendet.

3.2.1 Neutralisationsreaktion

Fügt man zu etwas Salzsäure Bromthymolblau hinzu und läßt man solange Natronlauge hinzutropfen, bis die Farbe des Indikators nach grün umschlägt, dann kann man bei einer Kostprobe einen deutlich salzigen Geschmack feststellen. Entfernt man den Farbindikator z.B. durch Adsorption an Aktivkohle (Aktivkohle ist eine sehr feinverteilte Kohle, die die Eigenschaft hat, an ihrer Oberfläche Farbstoffe und andere Substanzen binden zu können) und dampft das Wasser ab, so erhält man einen weißen Rückstand: Kochsalz. Die chemische Gleichung zu dieser Reaktion lautet:

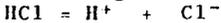


Die Umsetzung einer Säure mit einer Lauge nennt man Neutralisation.

Was sind nun Säuren bzw. Laugen?

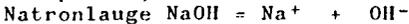
Säuren kann man als Verbindungen definieren, die im Wasser Wasserstoff-Ionen (H^+ = Protonen) abspalten. Unter einem Ion versteht man ein elektrisch geladenes Teilchen (Atom oder Molekül). Die Bezeichnung von Ionen erfolgt je nach elektrischer Ladung durch ein + (für positive Ladung) oder - (für negative Ladung) und der Angabe der Anzahl der Ladungen in Form einer Hochzahl (z.B. Fe^{3+} , Eisenion).

Salzsäure reagiert im Wasser nach folgender Gleichung:



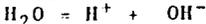
(Chemiker mögen die nicht ganz exakte Formulierung der Gleichung entschuldigen, aber auf die Bildung von Hydroniumionen soll hier nicht eingegangen werden).

Laugen sind Verbindungen, die im Wasser Hydroxylionen (OH^-) abspalten, z.B.:



Diese Abspaltung (Dissoziation) von H^+ bzw. OH^- -Ionen ist nicht immer vollständig. Salzsäure dissoziiert nahezu vollständig, man spricht daher auch von einer starken Säure. Essigsäure (CH_3COOH) spaltet nur wenige H^+ -Ionen ab, sie ist eine schwache Säure. Analog dazu unterscheidet man starke und schwache Laugen.

Neutrales Wasser enthält entsprechend der Gleichung



genau gleichviel H^+ und OH^- -Ionen. Gibt man zu diesem Wasser eine Säure hinzu, dann nimmt der Gehalt an H^+ -Ionen zu, während er bei Zugabe einer Lauge abnimmt. Der Gehalt an H^+ -Ionen gibt daher Auskunft über den sauren bzw. alkalischen Charakter einer Lösung.

So enthält z.B.:

ein stark saures Wasser	0,1 oder 10^{-1}	g/l H^+ -Ionen
ein neutrales Wasser	0,0000001 oder 10^{-7}	g/l H^+ -Ionen
ein stark alkalisches Wasser	0,00000000000001	
	10^{-14}	g/l H^+ -Ionen

Bildet man von diesen Zahlen den negativen Logarithmus (=Hochzahl ohne negatives Vorzeichen), so erhält man den pH-Wert:

stark sauer	pH-Wert = 1
neutral	pH-Wert = 7
stark alkalisch	pH-Wert = 14

Der pH-Wert sagt aus, ob eine Lösung sauren bzw. alkalischen Charakter besitzt. Die pH-Skala reicht von 0 bis 14.

pH-Wert	.0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14
Charakter der Lösung		stark sauer			schwach sauer			neutral		schwach alkalisch			stark alkalisch	

Bei der Neutralisationsreaktion vereinigen sich die H^+ -Ionen der Säure mit den OH^- -Ionen der Lauge zu einem Wassermolekül, wodurch die Lösung neutral reagiert. Das Entscheidende an dieser Reaktion ist also die Wasserbildung, die Entstehung des Salzes aus dem Säure- und Laugenrest ist die Nebenreaktion. Als Neutralisationsmittel werden in der Praxis vor allem Salzsäure (HCl), Schwefelsäure (H_2SO_4), Kalkmilch ($Ca(OH)_2$) und Natronlauge ($NaOH$) verwendet.

3.2.2 Fällungsreaktionen

Entsteht bei einer chemischen Reaktion eine im Lösungsmittel (z.B. Wasser) unlösliche Verbindung, so spricht man von einer Fällungsreaktion.

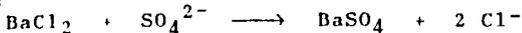
Ein Beispiel:



Nickel kann durch Zugabe von Lauge bei einem pH-Wert über 9,5 als Nickelhydroxid gefällt werden. Dadurch kann ein nickelhaltiges Galvanikabwasser entgiftet werden. Fällungsreaktionen dienen also z.B. zur Entfernung von Schwermetallen (Kupfer, Chrom, Zink usw.). Sie werden aber auch bei kritischen Vorfluterhältnissen zur Entfernung von Phosphorverbindungen aus dem Abwasser eingesetzt. So können Eisen- bzw. Aluminiumsalze bei entsprechendem pH-Wert Phosphate ausfällen.

In der analytischen Chemie spielen Fällungsreaktionen ebenfalls eine große Rolle. So kann der Gehalt einer Verbindung einfach durch Zugabe geeigneter Fällungschemikalien ermittelt werden. Der erhaltene Niederschlag wird gewaschen, getrocknet und ausgewogen. Bei Kenntnis der Zusammensetzung des Niederschlages kann dann der gesuchte Wert rechnerisch ermittelt werden.

Z.B.:

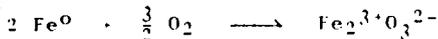


Bariumchlorid fällt im Wasser gelöste Sulfat (SO_4)-Ionen. Die Menge des sich bildenden Bariumsulfat-Niederschlages ist ein Maß für die Sulfationen-Konzentration.

3.2.3 Redox-Reaktionen

Die Vereinigung einer Substanz mit Sauerstoff wird Oxidation genannt. Das Oxidationsmittel ist der Stoff, welcher die Oxidation eines anderen bewirken kann. Am häufigsten verwendet man Luftsauerstoff als Oxidationsmittel, doch können auch Verbindungen, welche wie z.B. Kaliumdichromat oder Kaliumpermanganat leicht Sauerstoff abspalten, als Oxidationsmittel verwendet werden.

Z.B.:



Bei der Oxidation von Eisen entsteht Eisenoxid. Untersucht man das Eisenoxidmolekül näher, dann stellt man fest, daß im Molekül das zunächst ungeladene Eisen dreifach positiv und der Sauerstoff zweifach negativ geladen sind. Der Sauerstoff hat dem Eisen negativ Ladung (= Elektronen) entzogen. Außer dem Sauerstoff können noch viele andere Elemente (z.B. Chlor, Cl_2) Elektronen aufnehmen und als Oxidationsmittel dienen. Daher ist die letztere Definition (Oxidation = Elektronenwegnahme) die allgemein gültige. Die gegenläufige Reaktion ist die Reduktion. Bei der Reduktion wird der zu reduzierenden Substanz Sauerstoff entzogen. Gleichzeitig werden ihr Elektronen zugeführt. Ein Reduktionsmittel ist also ein Stoff, der einem anderen Elektronen abgeben kann. Da Reduktion und Oxidation immer miteinander gekoppelt sind, nennt man diese Reaktion "Redox-Reaktion". So wird im vorher angeführten Beispiel Eisen vom Sauerstoff oxidiert, gleichzeitig der Sauerstoff vom Eisen reduziert.

3.2.4 Farbreaktion

Reaktionen, bei denen gefärbte Verbindungen entstehen, spielen in der analytischen Chemie eine große Rolle. In vielen Fällen ist nämlich die Intensität der sich bildenden Färbung ein direktes Maß für die Konzentration der zu untersuchenden Substanz. Dies wird in der sogenannten Kolorimetrie, einem Teilgebiet der analytischen Chemie, ausgenutzt. Viele Abwasserinhaltsstoffe (wie z.B. Ammoniak (NH_3), Nitrit (NO_2), Nitrat (NO_3), Phosphat (PO_4) u.a.) können mit Hilfe dieser Methode bestimmt werden.

3.3 Die wesentlichsten Abwasserparameter und ihre Bestimmung

3.3.1 Bestimmung des Gehaltes an organischen Substanzen

Entsprechend der Vielzahl an organischen Verbindungen, die im Abwasser vorkommen, ist die analytische Erfassung jeder einzelnen Substanz nahezu unmöglich. Man muß sich daher summarischer Methoden, bei denen alle organischen Substanzen erfaßt werden, bedienen.

Hiefür werden folgende Meßparameter herangezogen:

BSB₅ (= biochemischer Sauerstoffbedarf):

Der biochemische Sauerstoffbedarf ist die Sauerstoffmenge, die die Mikroorganismen benötigen, um die im Wasser enthaltenen organischen Stoffe in 5 Tagen abzubauen.

CSB (= chemischer Sauerstoffbedarf; engl. COD: chemical oxygen demand):

Der chemische Sauerstoffbedarf ist die Sauerstoffmenge, die benötigt wird, um die im Wasser enthaltenen organischen Stoffe chemisch (mit Hilfe starker Oxidationsmittel, wie Chromschwefelsäure) zu oxidieren.

TOC (= total organic carbon):

Unter dem organischen Kohlenstoffgehalt versteht man den in den organischen Verbindungen enthaltenen Kohlenstoff.

3.3.1.1 Messung des BSB₅

Bei der BSB₅-Bestimmung wird jene Sauerstoffmenge gemessen, die die Mikroorganismen benötigen, um die im Wasser enthaltenen organischen Substanzen in 5 Tagen, bei 20° C und bei Dunkelheit abzubauen.

Prinzipiell kann der Sauerstoffverbrauch durch die Abnahme der Sauerstoffkonzentration in einer luftdichtverschlossenen Flasche (direkte Zehrung, Verdünnungsmethode) oder durch den Verbrauch von Sauerstoff aus dem Gasraum der zu messenden Probe (Warburg, Sapromat, Hach usw.) bestimmt werden.

Wegen der Einfachheit der Durchführung und dem geringen Aufwand an Geräten und Chemikalien ist die am meisten verwendete Methode die sogenannte Verdünnungsmethode:

Sättigt man die zu untersuchende Probe mit Sauerstoff, dann kann man bei 20° C maximal 9,1 mg Sauerstoff im Liter lösen.

Läßt man die Probe unter Luftabschluß 5 Tage bei Dunkelheit stehen und mißt man danach einen Sauerstoffgehalt von z.B. 2,5 mg/l, so beträgt der BSB₅ 9,1 - 2,5 = 6,6 mg/l. Da der BSB₅-Wert meist wesentlich höher ist (z.B. Rohabwasser 300 mg/l), wird der in der Probeflasche enthaltene Sauerstoffgehalt bereits nach kurzer Zeit verbraucht und nach 5 Tagen würde immer ein Sauerstoffgehalt von 0 mg/l gemessen werden, gleich, ob viel oder wenig Schmutz enthalten war. Damit nach 5 Tagen noch ein meßbarer Sauerstoffgehalt vorhanden ist, muß die Probe mit einem sauerstoffgesättigten Wasser, das keinen Sauerstoffverbrauch besitzt (sog. Verdünnungswasser), verdünnt werden.

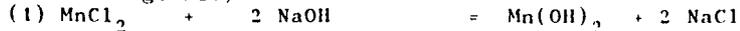
Verdünnt man z.B. 1 Teil einer Abwasserprobe, die einen BSB₅ von 65 mg/l besitzt mit 9 Teilen Verdünnungswasser (BSB₅ = 0 mg/l) dann hat die so erhaltene Mischung einen BSB₅ von 6,5 mg/l (10-fache Verdünnung). Diesen Wert kann man, wie vorher beschrieben, bestimmen.

Unerläßlich bei dieser Methode ist die Messung des Sauerstoffgehaltes. Diese kann nach 2 Methoden durchgeführt werden:

a) Titrimetrische Methode nach WINKLER

b) Messung des Sauerstoffgehaltes mittels Sauerstoffsonde

Die Methode nach WINKLER beruht auf folgenden Reaktionen: Mangan-(2)-hydroxid wird im alkalischen Milieu durch den im Wasser gelösten Sauerstoff oxidiert. Aus der Farbe des Niederschlages kann der Sauerstoffgehalt abgeschätzt werden (weiß - Sauerstoffgehalt: 0 mg/l; tiefbraun - hoher Sauerstoffgehalt).



Zur quantitativen Bestimmung wird der Niederschlag mit Schwefelsäure gelöst und das freiwerdende Jod mit Natriumthiosulfatlösung titriert.

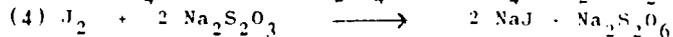
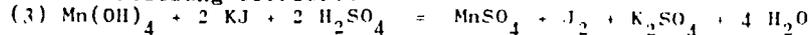
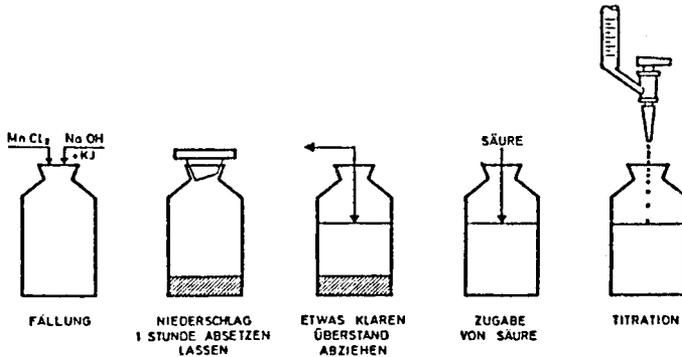


Abb. 1 zeigt das Verfahrensschema dieser Bestimmungsmethode.

Abb. 1: Sauerstoffbestimmung nach WINKLER

SAUERSTOFFBESTIMMUNG NACH WINKLER



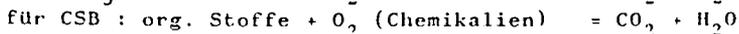
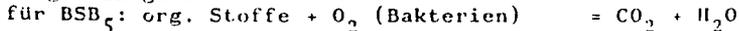
Aus obigen Reaktionsgleichungen erkennt man bereits, wie aufwendig diese Methode, sowohl in bezug auf Chemikalien, als auch Zeit, ist. Da diese auch mit einem Fehler von $\pm 0,2$ mg/l behaftet ist, empfiehlt es sich, diese Bestimmung mit Hilfe der Sauerstoffsonde durchzuführen.

Bei dieser wird ein geeignetes Elektrodensystem polarisiert. Bei Vorhandensein von Sauerstoff fließt zwischen den Elektroden ein elektrischer Strom, der dem Sauerstoffgehalt proportional ist. Dieser Strom wird vom Anzeigegerät (Meßverstärker) verstärkt. An einer Skala kann der Sauerstoffgehalt abgelesen werden. Voraussetzung für eine einwandfreie Messung ist eine gewissenhafte Kalibrierung der Elektrode und eine ausreichende Anströmgeschwindigkeit an der Elektrode.

3.3.1.2 Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)

Bei der Bestimmung des CSB werden die organischen Substanzen nicht von Mikroorganismen, sondern von chemischen Oxidationsmitteln oxidiert.

Allgemein gilt



Die Abwasserprobe wird bei der CSB-Messung mit einer schwefelsauren Lösung von Kaliumdichromat ($K_2Cr_2O_7$) versetzt und zum Sieden erhitzt. Bei der sich einstellenden hohen Temperatur (ca. $170^\circ C$) werden die organischen Substanzen in relativ kurzer Zeit (etwa 15 Minuten) vollständig oxidiert.

Zur Beschleunigung dieser Reaktion wird überdies Silber-sulfat (Ag_2SO_4) als Katalysator zugegeben. Durch Ermittlung des Verbrauches an Oxidationsmitteln kann der CSB errechnet werden.

3.3.1.3 Organischer Kohlenstoffgehalt (TOC)

Organische Verbindungen enthalten definitionsgemäß Kohlenstoff. Der Gehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff ist daher ein Maß für den Gesamtgehalt an organischen Substanzen.

Bei der Messung des TOC wird prinzipiell, wie bei den vorhergehenden Bestimmungen, vorgegangen:

Die organische Substanz wird oxidiert,
$$\text{org. Stoffe} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

nur wird für die Ermittlung des TOC-Wertes das sich bei dieser Reaktion bildende CO_2 herangezogen. Die Oxidation kann dabei entweder durch Oxidationsmittel in wäßriger Lösung (wie beim CSB) oder durch Verbrennung bei 900°C im Sauerstoffstrom erfolgen.

Da die Messung der sehr geringen CO_2 -Mengen empfindliche Meßgeräte erfordert, werden für diese Bestimmung sehr teure, technisch komplizierte Analysengeräte verwendet.

3.3.1.4 Zusammenhang zwischen BSB_5 , CSB und TOC

Je Einwohner und Tag kann heute mit folgenden BSB_5 -, CSB- und TOC-Frachten gerechnet werden: (s. Tab. 3)

Tabelle 3: Abwasserfrachten je Einwohner und Tag

	BSB_5 g/E.d	CSB g/E.d	TOC g/E.d
Gesamtschmutzmenge	60	100	32
davon gelöste Stoffe	20	35	11
davon ungelöste Stoffe	40	65	21
davon absetzbare Stoffe	20	30	10
davon Schweb- u. Schwimmstoffe	20	35	11

Rechnet man mit einem Abwasseranfall von 200 l je Einwohner und Tag, dann ergibt sich folgende mittlere Abwasserbeschaffenheit: (Tab. 4)

Tabelle 4: Mittlere Abwasserbeschaffenheit

	BSB_5 mg/l	CSB mg/l	TOC mg/l
Gesamtschmutzmenge	300	500	160
davon gelöste Stoffe	100	175	55
davon ungelöste Stoffe	200	325	105
davon absetzbare Stoffe	100	150	50
davon Schweb- u. Schwimmstoffe	100	175	55

Für die Beurteilung eines Abwassers ist es wichtig, Vorstellungen über die Zusammenhänge zwischen BSB_5 , CSB und TOC zu besitzen.

Obwohl bei allen 3 Bestimmungsmethoden das gleiche Grundprinzip - Oxidation der organischen Substanz - angewendet wird, besitzt doch jedes Verfahren seine eigenen Gesetzmäßigkeiten (BSB_5 : biologische Oxidation, CSB : chemische Oxidation und TOC : Bestimmung des sich bildenden CO_2). Dies bedeutet, daß man einen Meßwert nicht exakt in einen anderen umrechnen kann.

Bei einem bestimmten Abwasser - wie z.B. bei häuslichem Abwasser - können jedoch relativ feste Relationen zwischen diesen Parametern gefunden werden, womit eine Abschätzung einer Größe aus den beiden anderen möglich wird.

So wurden bei Untersuchungen verschiedener biologisch gereinigter häuslicher Abwässer folgende Verhältnisse gefunden: (Tab. 5)

Tabelle 5: Verhältniszahlen für häusliches Abwasser

	CSB/TOC	CSB/ BSB_5	BSB_5 /TOC
Wien-Gelbe Heide	3,4	1,8	1,8
Hauptsammler Wien	3,2	1,9	1,7
Hauptsammler Linz	3,3	1,7	2,0
Wien-Blumental	3,2	1,9	1,7
Zell/See	3,3	1,9	1,8
Trumau (Kleinkläranlage)	4,0	1,7	2,4

Das Verhältnis CSB/BSB_5 vergleicht die biochemische mit der chemischen Oxidierbarkeit. Die obere Grenze für diesen Wert ist erreicht, wenn der chemische und biochemische Sauerstoffbedarf gleich groß ist. Erst nach 20 Tagen biologischem Abbau sind bis auf eine kleine, biologisch nicht entfernbare, jedoch chemisch erfassbare Restverschmutzung sämtliche Wasserinhaltsstoffe in H_2O , CO_2 und neue Zellsubstanz umgewandelt. Der BSB_{20} entspricht in etwa dem CSB. Je mehr sich das Verhältnis CSB/BSB_5 dem Wert 1 nähert, desto leichter biologisch abbaubar ist das Abwasser, desto weniger biologisch nicht abbaubare, nur bei der CSB-Bestimmung erfassbare, organische Substanzen enthält es.

Wird der CSB mit dem TOC verglichen, so erhält man eine von der Absolutmenge an organischer Substanz unabhängige Größe. Je nach Oxidationsgrad der vorhandenen Verschmutzung und je nach Menge an organischem Kohlenstoff schwankt dieser Wert zwischen Null für Kohlendioxid (CO_2) und 5,33 für Methan (CH_4). Sind anorganische Reduktionsmittel im Abwasser enthalten, z.B. Sulfite, Sulfide, 2-wertige Eisenverbindungen etc., kann dieses Verhältnis auch höhere Werte annehmen. Die auf den organischen Kohlenstoffgehalt bezogene biologische Abbauwirkung gibt die Relation BSB_5 :TOC wider.

Eine große Zahl von Erfahrungswerten zeigt, daß bei rohem häuslichen Abwasser obige Verhältnisse nur in engen Grenzen schwanken:

CSB / TOC	3,2 - 3,5
CSB / BSB ₅	1,7 - 2,0
BSB ₅ / TOC ⁵	1,7 - 2,0

Während der biologischen Reinigung treten Veränderungen in Art und Zusammensetzung der Verschmutzung auf, wodurch Verschiebungen in den Verhältnissen CSB/BSB₅ bzw. BSB₅/TOC auftreten: (Tab. 6)

Tabelle 6: Verhältniszahlen für biologisch gereinigtes häusliches Abwasser

	CSB/TOC	CSB/BSB ₅	BSB ₅ /TOC
Wien-Gelbe Heide	3,4	5,5	0,7
Versuchsanlage, Haupt- sammler Wien	2,9	4,5	0,6
Wien-Blumental	3,1	3,1	0,8
Zell/See	3,4	6,8	0,5
Trumau (Kleinkläranlage)	3,2	4,0	0,8

Im Ablauf biologischer Kläranlagen sind verhältnismäßig mehr biologisch schwer abbaubare Substanzen enthalten. Für ein solches Abwasser (BSB₅ = 10-20 mg/l) können folgende Verhältniszahlen angegeben werden:

CSB / TOC	3,0 - 3,5
CSB / BSB ₅	3,0 - 6,0
BSB ₅ / TOC ⁵	0,5 - 1,0

Je geringer der BSB₅ ist, umso größer wird das Verhältnis CSB/BSB₅ bzw. umso kleiner der Wert für BSB₅/TOC.

3.3.2 Stickstoffverbindungen

Bei der Analyse von Abwasser sind folgende Stickstoffverbindungen von Bedeutung:

Ammon-Stickstoff	NH ₄ -N
Nitrit-Stickstoff	NO ₂ -N
Nitrat-Stickstoff	NO ₃ -N
organischer Stickstoff	org.N

Die Summe aller Stickstoffverbindungen nennt man Gesamtstickstoff.

Im häuslichen Abwasser kann man etwa mit folgenden Stickstoffwerten rechnen: (Tab. 7)

Tabelle 7: Stickstoffverbindungen im häuslichen Abwasser

	NH ₄ -N mg ⁴ /l	org.-N mg/l	Ges.-N mg/l	Ges.-N g/E.d
Gesamtschmutzmenge	30	20	50	10
davon gelöste Stoffe,				
Schweb- u. Schwimmstoffe	30	10	40	8
davon absetzbare Stoffe	--	10	10	2

Nitrit- und Nitratstickstoff kommen im rohen, häuslichen Abwasser nur sehr selten vor. Bei Ammon-Stickstoff und organischem Stickstoff handelt es sich um Stickstoff in reduzierter Form.

Bei der biologischen Reinigung werden diese Stickstoffverbindungen zu Nitriten bzw. Nitraten, bei entsprechend niedriger Belastung, aufoxidiert.

Die analytische Bestimmung der meisten Stickstoffverbindungen ist einfach. Fast alle Parameter können durch Farb-reaktion quantitativ erfaßt werden. Eine Ausnahme bildet der organisch gebundene Stickstoff, der erst nach einem recht aufwendigen, chemischen Aufschluß, analysiert werden kann (Kjeldahl-Aufschluß, daher auch Kjeldahl-Stickstoff genannt).

In den letzten Jahren wurden von mehreren Firmen sogenannte Schnellbestimmungssätze für verschiedene Parameter - darunter auch Ammon-, Nitrit-, Nitrat- und Phosphorgehalt - auf den Markt gebracht. Mit diesen Analysensätzen kann praktisch jeder ohne besondere Vorbildung die entsprechenden Bestimmungen durchführen.

Diese Analysensätze beruhen auf Farbreaktionen der zu messenden Inhaltsstoffe mit bestimmten Reagenzien. Die Konzentration ist proportional der Intensität der Färbung und kann mit Hilfe eines Fotometers ermittelt werden.

3.3.3 Phosphorverbindungen

Phosphor kommt im Abwasser als Orthophosphat (PO₄³⁻), Polyphosphat und organisch gebundenes Phosphat vor. Der große Teil des Phosphorgehaltes im Abwasser stammt von den Haushaltswaschmitteln.

Für häusliches Abwasser können folgende Gesamt-Phosphorwerte angegeben werden: (Tab. 8)

Tabelle 8: Phosphorverbindungen im häuslichen Abwasser

	Gesamt-Phosphor	
	mg/l	g/E.d
Gesamtmenge	20	4
davon gelöste Stoffe,		
Schweb- und Schwimmstoffe	15	3
davon absetzbare Stoffe	5	1

Die analytische Bestimmung dieser Verbindungen kann wieder einfach durch Farbreaktionen durchgeführt werden. Für die Bestimmung des organisch gebundenen Phosphors ist dabei ein chemischer Aufschluß erforderlich.

3.3.4 pH-Wert

Der pH-Wert kann am einfachsten mit Hilfe von Indikatorpapier bestimmt werden. Das Indikatorpapier wird dabei in die Probe eingetaucht, wobei es sich verfärbt. Durch Vergleich mit einer Farbskala kann der pH-Wert ermittelt werden.

Eine exakte Bestimmung erfolgt mit Hilfe elektrischer pH-Meter. Ein solches Gerät besteht im wesentlichen aus einer Glaselektrode und einem Anzeigegerät. Die Glaselektrode wird in die Probe getaucht und der pH-Wert am Anzeigegerät abgelesen.

3.3.5 Grenzflächenaktive Stoffe (Detergentien)

Je Einwohner und Tag kann man mit einem Anfall von 1,5 bis 4,5 g an Detergentien (= Waschmitteln) rechnen. Da heute fast ausschließlich biologisch abbaubare Detergentien verwendet werden, führen sie kaum mehr zu Problemen bei der Abwasserreinigung. Ihre analytische Erfassung ist relativ aufwendig. Daher soll diese hier nicht näher behandelt werden.

3.3.6 Giftstoffe

Im Abwasser kann das Vorhandensein von Giftstoffen zu großen Problemen bei der biologischen Abwasserreinigung führen. Bei Kleinkläranlagen ist dies jedoch nur selten der Fall, da meist rein häusliches Abwasser anfällt. Hingewiesen sei nur auf Abwässer von Photolabors, privaten chemischen Labors und ähnlichem, in denen Giftstoffe (Schwermetalle, Cyan etc.) enthalten sein können. Für die Bestimmung von Giftstoffen gibt es heute eine Vielzahl von Schnellbestimmungssätzen. So kann eine große Zahl von Schwermetallen (z.B. Kupfer, Nickel, Zink etc.) mittels Farbreaktionen analytisch erfaßt werden.

4. BIOLOGISCHE GRUNDLAGEN DER ABWASSERREINIGUNG

4.1 Stoffwechsel der Mikroorganismen

Zur Entfernung der organischen Verschmutzung aus häuslichen Abwässern bedient man sich einer biologischen Reinigungsstufe.

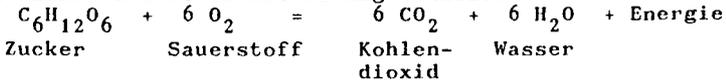
Bei der biologischen Abwasserreinigung werden dieselben Vorgänge, die sich in der Natur bei der Selbstreinigung der Gewässer abspielen, in technischen Anlagen ausgenützt.

Träger der Abbauprozesse sind Mikroorganismen. Diese verwenden die im Abwasser enthaltenen Schmutzstoffe als Nahrung. Dabei verwandeln sie die organischen Substanzen zum Teil in anorganische Endprodukte (z.B. Wasser, Kohlendioxid), zum Teil dienen sie als Baustoffe für die eigene Körpersubstanz.

Man unterscheidet daher zwischen dem Energiestoffwechsel und dem Baustoffwechsel.

4.1.1 Energiestoffwechsel

Hierbei werden die Nährstoffe unter Sauerstoffaufnahme bis zu anorganischen Endprodukten abgebaut, z.B. Zucker wird in Wasser und Kohlendioxid umgewandelt:



Die dabei freiwerdende Energie steht den Organismen zur Verfügung.

4.1.2 Baustoffwechsel

Hierbei werden mit Hilfe eines Teiles der im Energiestoffwechsel gewonnenen Energie die Nährstoffe zu körpereigenen Stoffen und zu Reservestoffen umgebaut. Die Organismen wachsen also und vermehren sich an Gewicht und Zahl. Beide Prozesse - Energiestoffwechsel und Baustoffwechsel - laufen in der Natur gleichzeitig und eng miteinander verbunden ab.

4.1.3 Einflußfaktoren auf den Stoffwechsel

Der Stoffwechsel und damit der biologische Abbau wird wesentlich von den Umweltbedingungen beeinflusst.

4.1.3.1 Sauerstoffgehalt

Je nachdem, ob die Reinigung im sauerstoffhaltigen oder sauerstofffreien Milieu vor sich geht, unterscheidet man zwischen aeroben bzw. anaeroben Verhältnissen.

Aerobe Organismen benötigen für den Ablauf ihrer Lebensvorgänge unbedingt freien Sauerstoff. Sie sind bei den aeroben Reinigungsverfahren (Tropfkörper, Belebungsverfahren usw.) von ausschlaggebender Bedeutung.

Anaerobe Organismen benötigen keinen freien Sauerstoff; für sie kann er sogar als Gift wirken.

Bei den aeroben Verfahren muß also immer ausreichend Sauerstoff vorhanden sein und dieser damit ständig zugeführt werden. Da die Energieausbeute im Energiestoffwechsel sehr hoch ist, wird aus einem Kilogramm organischer Substanz relativ viel Zellsubstanz gebildet und nur wenig in Kohlendioxid und Wasser umgewandelt.

Umgekehrt ist die Energieausbeute bei den anaeroben Prozessen oft sehr niedrig.

Daher wachsen anaerobe Organismen viel langsamer, wodurch nur wenig Zellsubstanz gebildet wird. Es entstehen aber viele gasförmige Restprodukte und zwar besonders das energiereiche Methangas.

Neue Zellsubstanz bedeutet bei der Abwasserreinigung Schlamm, der unter Aufwendung teils erheblicher Kosten behandelt werden muß. Was den Schlammanfall betrifft, sind anaerobe Verfahren günstiger als aerobe. Bei den aeroben Prozessen ist für die Sauerstoffversorgung Energie aufzuwenden, während bei den anaeroben Energie in Form von wertvollem Methangas anfällt. Also auch in dieser Hinsicht wären anaerobe Verfahren günstiger.

Diesen Vorteilen stehen jedoch erhebliche Nachteile entgegen: so arbeiten und vermehren sich anaerobe Bakterien wesentlich langsamer als aerobe. Man benötigt daher viel längere Behandlungszeiten und damit größere Behälter. Zum anderen ist der anaerobe Prozeß viel komplizierter, die Bakterien sind Umwelteinflüssen (z.B. schwankender Abwasseranfall, pH-Wert, schnell wechselnde Temperaturen usw.) gegenüber viel empfindlicher und sie bauen auch die organische Substanz nicht restlos ab. Deshalb werden heute anaerobe Verfahren nur mehr bei der Reinigung konzentrierter Industrieabwässer und bei der Behandlung des in den Absetzbecken anfallenden Schlammes eingesetzt.

4.1.3.2 pH-Wert

Der pH-Wert sollte in der biologischen Stufe zwischen 6,0 und 9,0 liegen. Starke pH-Wert-Schwankungen sollten vermieden werden. Belebter Schlamm kann Säuren bzw. Laugen sehr gut ausgleichen (abpuffern). So werden Laugen meist ausreichend durch das beim biologischen Abbau gebildete Kohlendioxid neutralisiert.

Organische Säuren werden abgebaut und auf diese Weise unschädlich gemacht. Lediglich anorganische Säuren (z.B. Salzsäure, Schwefelsäure usw.) in hoher Konzentration müssen durch Zugabe von Lauge neutralisiert werden.

4.1.3.3 Temperatur

Verschiedene Organismen haben bei unterschiedlichen Temperaturen optimale Lebensbedingungen. Die jahreszeitlich bedingten Temperaturschwankungen beeinträchtigen jedoch kaum den biologischen Abbau, da sich die Organismen bei langsamer Temperaturänderung gut an diese anpassen können. Schädlich wirken sich nur kurzfristige Temperaturwechsel aus.

4.1.3.4 Giftstoffe

Giftstoffe können den biologischen Abbau vollständig zum Erliegen bringen. Vor allem Schwermetalle und Produkte der chemischen Industrie (z.B. Desinfektionsmittel) sind hier zu nennen. Bakterien sind jedoch sehr anpassungsfähig und können sich in gewissen Grenzen allmählich an bestimmte Giftstoffe gewöhnen (adaptieren).

4.2 Mikroorganismen

Wie bereits angeführt, sind es vor allem Bakterien, die die im Wasser gelösten organischen Substanzen entfernen. Dabei handelt es sich um Mikroorganismen mit kugel-, stäbchen-, schrauben-, hantel- oder kommaförmiger Gestalt, die wegen ihrer Kleinheit (Durchmesser 1 μ , Länge im allgemeinen unterhalb 5 μ) nur im Mikroskop sichtbar sind. Sie sind meist von einer Schleimhülle umgeben, die für den Zusammenhalt der "Flocken" beim Belebungsverfahren und zur Bildung der Bakterien-schicht ("Rasen") am Tropfkörper wichtig ist.

Die Zellwand gibt der Bakterienzelle die Gestalt und besteht aus chemisch sehr stabilen Verbindungen, die meist biologisch nicht mehr abgebaut werden können. Im Inneren der Zelle befindet sich das Protoplasma mit dem Sitz der Enzyme, die die Stoffwechselreaktionen katalysieren (= beschleunigen). Im Protoplasma können auch Reservestoffe eingelagert werden, wenn das Nahrungsangebot hoch ist. Diese Reservestoffe werden bei geringem Nährstoffangebot wieder abgebaut.

Unangenehm ist die Eigenschaft mancher Bakterien lange Fäden zu bilden. Diese fadenbildenden Bakterien können das Absetzen des belebten Schlammes behindern. Man spricht dann von einem sogenannten "Blähschlamm".

Während die Bakterien die Hauptreinigungsarbeit verrichten, sorgen die Urtierchen oder Protozoen für die Feinreinigung. Dabei handelt es sich um einzellige Lebewesen mit einer Größe unter 1 mm, die durch ihr typisches Aussehen relativ leicht zu unterscheiden sind. Sie ernähren sich hauptsächlich von freischwebenden, d.h. nicht flockenbildenden Bakterien und bewirken dadurch, daß der Ablauf aus dem Nachklärbecken klar ist.

Zu den Protozoen gehören:

Wechseltierchen oder Amöben: diese besitzen Zellen ohne feste Gestalt und bewegen sich durch Scheinfüßchen fort.

Geißeltierchen oder Flagellaten: sie besitzen ein bis mehrere Geißeln, mit denen sie sich sehr rasch fortbewegen können. Die Geißeln sind auch im Lichtmikroskop sichtbar. Das massenweise Auftreten von Geißeltierchen deutet auf eine Überlastung der Kläranlage hin.

Wimpertierchen oder Ciliaten: sie sind ganz oder teilweise mit Wimpern bedeckt. Es gibt freischwimmende (z.B. Pantoffeltierchen) und an Stielen festsitzende Formen (z.B. Glockentierchen). In gut funktionierenden Anlagen sind sie häufig anzutreffen.

Neben Bakterien und Urtierchen kann man bei einer mikroskopischen Untersuchung von belebtem Schlamm noch eine Vielzahl anderer Lebewesen finden. So können Fadenwürmer oder Rädertierchen vorkommen, die zu den höher entwickelten Tieren zählen. Als Vertreter des Pflanzenreiches kann man Pilze, die im Wasser und Abwasser verzweigte Fäden bilden, die wesentlich dicker als Bakterienfäden sind und so leicht von diesen unterschieden werden können und Algen antreffen. Alle diese Lebewesen haben jedoch für den Abwasserreinigungsprozeß nur geringe Bedeutung.

4.3. Biologische Verfahren mit festhaftenden und mit freischwebenden Bakterien

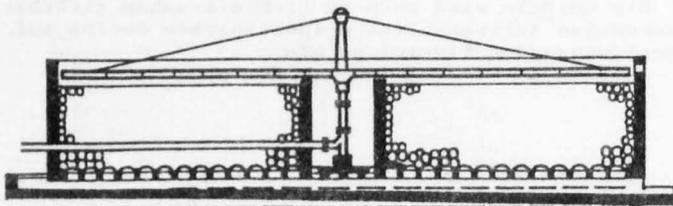
Bei den aeroben biologischen Verfahren kann man unterscheiden zwischen solchen, die mit festhaftenden Bakterien und solchen, die mit freischwebenden Bakterien arbeiten. Dies entspricht auch den Verhältnissen im natürlichen Gewässer, wo die Mikroorganismen einmal als Aufwuchs auf dem Gewässergrund, den Uferböschungen, Wasserpflanzen und künstlichen Einbauten vorkommen, zum anderen, als Einzelorganismen oder zu Flocken vereinigt, im freien Wasser schweben.

4.3.1 Festhaftende Bakterien

Begonnen hat die biologische Reinigung mit den Verfahren der festhaftenden Mikroorganismen, wie z.B. dem Tropfkörperverfahren. Während im Gewässer das Verhältnis der Bakterienmasse zu den darüber befindlichen Wasserkörper sehr niedrig ist, ist dieses Verhältnis beim Tropfkörperverfahren relativ groß.

Dies wird dadurch erreicht, daß das Abwasser in nur dünner Schicht über die Bakterien rieselt. Durch Schaffung einer großen Oberfläche, auf der sich die Bakterien ansiedeln können, erreicht man eine Abwasserreinigung bei kleinem Platzbedarf. Wichtig ist dabei, daß die Mikroorganismen immer ausreichend mit Luftsauerstoff versorgt werden.

Abb. 2: Tropfkörper, Verfahrensschema



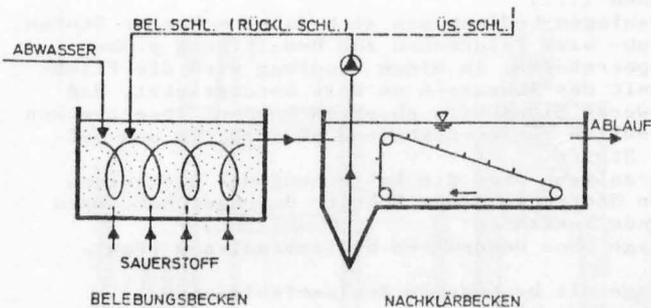
Tropfkörper bestehen im wesentlichen aus einem runden Behälter, der mit wetterfesten Steinen, Schlacken oder Kunststoffmaterial gefüllt ist. Das zuvor mechanisch gereinigte Abwasser wird mit einem Drehsprenger über dem Füllmaterial versprüht.

Auf dem Füllmaterial bildet sich nach einigen Wochen Betriebszeit eine schleimige Schicht, der sogenannte "Tropfkörper-Rasen". Er besteht im oberen Teil hauptsächlich aus Pilzen, Bakterien und Wimpertierchen, in der Mitte aus Bakterien, Wimper- und Rädertierchen und im unteren Teil aus Wimpertierchen und Würmern. Der Rasen wächst umso schneller, je größer das Angebot an Nährstoffen ist. Um ein Zuwachsen der Tropfkörper zu verhindern, verwendet man für Kleinkläranlagen nur niedrig belastete Anlagen.

4.3.2 Freischwebende Bakterien

Ein noch engerer Kontakt zwischen Nährstoff, Sauerstoff und Mikroorganismen ist bei frei im Wasser schwebenden Bakterien möglich. Schwieriger ist hierbei jedoch eine Anreicherung der Bakterienmasse. Sie wird aber möglich durch die Eigenschaft der Bakterien, im Wasser Flocken zu bilden, die so weit anwachsen, daß sie sich im ruhigen Wasser absetzen. Beim Belebungsverfahren hat man daher hinter dem Belüftungsbecken, in dem Bakterien, Abwasser und Luftsauerstoff durch starke Turbulenz in innigen Kontakt gebracht werden, ein Nachklärbecken nachgeschaltet, in dem sich die Bakterienflocken absetzen und vom gereinigten Wasser abgetrennt werden. Die abgesetzten Flocken führt man in das Belüftungsbecken zurück und kann dadurch die Bakterienmasse stark anreichern. Das gereinigte Abwasser fließt in den nächsten Bach oder Fluß (Vorfluter) ab. (s. Abb. 3)

Abb. 3: Belebungsanlage, Verfahrensschema



5. ALLGEMEINES ÜBER KLÄRANLAGEN

Ziel der Abwasserreinigung ist die weitgehende Entfernung aller im Abwasser enthaltenen Schadstoffe. Zur Erreichung dieses Zieles muß man sich mehrerer Reinigungsstufen bedienen und zwar:

1. Stufe: mechanische Reinigung
2. Stufe: biologische Reinigung
3. Stufe: eine 3. Reinigungsstufe ist nur bei extrem ungünstigen Vorflutverhältnissen erforderlich

In jeder dieser Reinigungsstufen wird ein bestimmter Prozentsatz an Schmutzstoffen beseitigt. Die mechanische Stufe umfaßt meist eine Grobreinigung, sowie das Abscheiden absetzbarer Stoffe. Damit werden etwa ein Drittel der organischen Substanzen, bezogen auf den BSB₅, zurückgehalten. Bei Vorhandensein eines leistungsfähigen Vorfluters begnügt man sich bei Kleinanlagen oft mit dieser Stufe, da der Vorfluter gefahrlos die restliche Reinigungsarbeit übernehmen kann.

In der biologischen Stufe werden je nach Verfahren 70 bis 95 % der verbleibenden organischen Substanz abgebaut.

Bis 80 % spricht man dabei von einer teilbiologischen und über 80 % von einer vollbiologischen Reinigung.

Nur bei sehr kritischen Vorflutverhältnissen (wie z.B. im Einzugsgebiet eines Badesees) wird eine dritte Reinigungsstufe angewendet.

5.1. Mechanische Reinigung

Mit Hilfe mechanischer (= physikalischer) Reinigungsprozesse können folgende Abwasserinhaltsstoffe beseitigt werden:

Grobe und feine Sperrstoffe (wie Holzstücke, Konservendosen, Papier etc.)

Schwere Sinkstoffe (wie Sand)

Absetzbare und aufschwimmbare Stoffe (wie Speisereste, Kotpartikelchen)

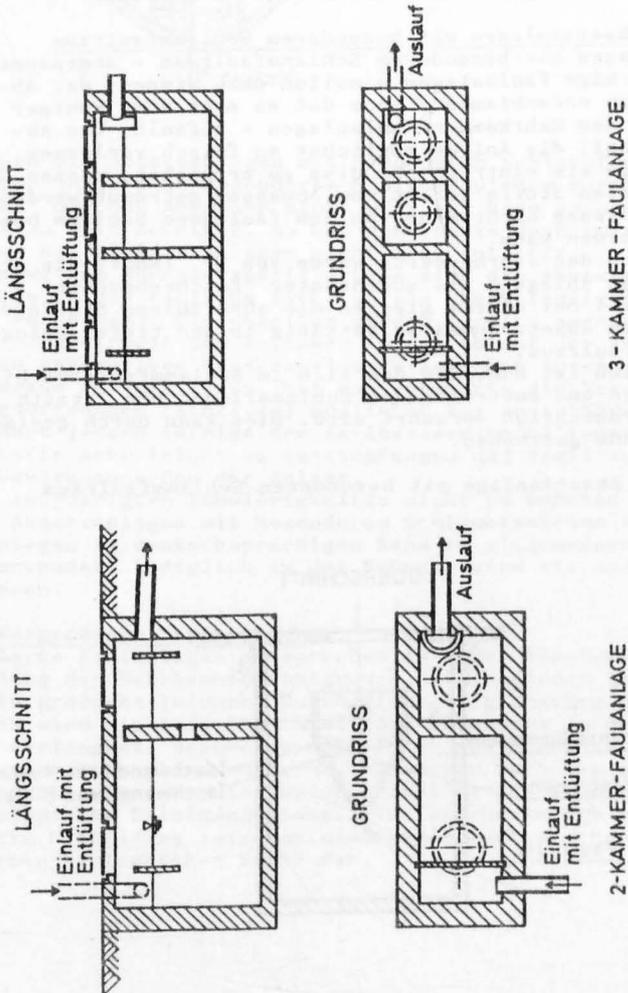
Bei Großkläranlagen bedient man sich dabei mehrerer Stufen. So dienen Grob- bzw. Feinrechen zur Beseitigung grober und feiner Sperrstoffe. In einem Sandfang wird die Fließgeschwindigkeit des Abwassers so weit herabgesetzt, daß sich die schweren Sinkstoffe absetzen können. Absetzbecken dienen schließlich zum Zurückhalten absetzbarer und aufschwimmbarer Stoffe.

Bei Kleinkläranlagen wird die Entfernung der mechanisch abcheidbaren Stoffe in einem Schritt durchgeführt. Dazu dienen folgende Verfahren:

1. Absetzanlage ohne besonderem Schlammfaulraum (Faualanlage)
2. Absetzanlage mit besonderem Schlammfaulraum
3. Vergrößerte Faulanlage

5.1.1 Absetzanlagen ohne besonderem Schlammfauerraum
Faulanlagen dienen zum Ausscheiden absetzbarer und aufschwimmbarer Stoffe. Um ein möglichst vollständiges Zurückhalten dieser Stoffe gewährleisten zu können, ist es erforderlich, daß Faulanlagen ohne besonderen Schlammfauerraum als Mehrkammer-Gruben ausgebildet sind. In der Regel sind es drei Kammern.
Kleine Anlagen können auch als Zweikammer-Faulgruben ausgelegt werden.

Abb. 4: Absetzanlage ohne besonderem Schlammfauerraum



Die Hauptmenge der absetzbaren Stoffe wird in der ersten Kammer zurückgehalten und fault am Boden der Kammer aus. Um diesen Faulprozeß aufrecht zu erhalten, wird bei der Räumung der Grube diese nicht vollkommen entleert, sondern immer etwas Impfschlamm in der Kammer belassen.

Die zweite Kammer ist als eine Art Sicherheit zu betrachten, um in die zweite Kammer eintretende gröbere Stoffe noch zurückzuhalten. Dies wird meist dann der Fall sein, wenn sich die erste Kammer allmählich mit Schlamm füllt. Die dritte Kammer stellt eine zusätzliche Sicherheit dar. Sie kann aber auch dafür verwendet werden, das beim Durchfließen der ersten und zweiten Kammer angefaulte Abwasser durch Belüftung von den Faulstoffen zu befreien.

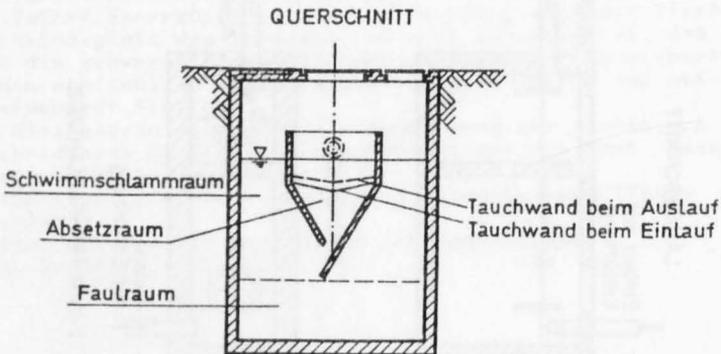
5.1.2 Absetzanlagen mit besonderem Schlammfaulraum

Faulanlagen mit besonderem Schlammfaulraum - sogenannte mehrstöckige Faulanlagen - sollen dazu dienen, das Abwasser zu entschlammern, ohne daß es mehr oder weniger - wie bei den Mehrkammer-Faulanlagen - anfault. Das Abwasser soll die Anlage möglichst so frisch verlassen, wie es in sie eintritt. Um dies zu erreichen, müssen die abgesetzten Stoffe sofort vom Abwasser getrennt werden, so daß dieses nicht mehr von dem faulenden Schlamm beeinflusst werden kann.

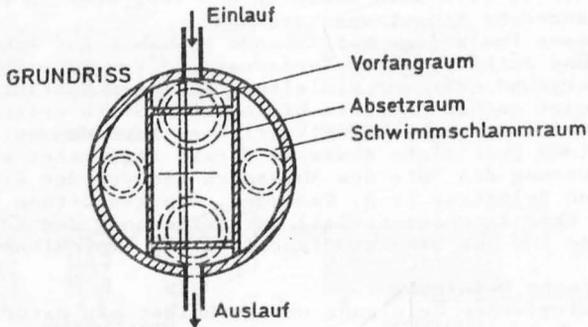
Zu Beginn des Jahrhunderts wurde von Dr. Imhoff die erste derartige Anlage - als sogenannter "Emscherbrunnen" - errichtet. Bei diesem gleiten die absetzbaren Stoffe vom Boden des Absetzraumes selbsttätig in den tiefer gelegenen Schlammfaulraum.

Wesentlich ist nun, daß den sich im Schlammfaulraum bildenden Gasen und auftreibenden Schlammfladen der Zutritt zum Abwasserdurchfluß verwehrt wird. Dies kann durch geeignete Tauchwände geschehen.

Abb. 5: Absetzanlage mit besonderem Schlammfaulraum



Zu Abb. 5



Wenn auch die Absetzanlagen mit besonderem Schlammfaulraum gegenüber jenen ohne besonderem Schlammfaulraum durch die Tatsache, daß das Abwasser nicht oder nur kaum anfaut, in Vorteil zu sein scheinen, so hat die Praxis doch gezeigt, daß dies bei kleinen Anlagen nicht mehr zutrifft.

Bei stoßweisem Abwasseranfall setzen sich die Abwasserstöße bis in den Faulraum fort, wo sie stark fauliges Abwasser verdrängen. Gleichzeitig werden bereits abgesetzte Stoffe aufgewirbelt und gelangen in den Ablauf der Anlage. Um einen ungewollten Wasseraustausch zwischen Absetz- und Schlammraum zu verhindern, hat man versucht, die Verbindungsöffnungen (Schlitze) möglichst eng auszuführen. Dies führt jedoch infolge der im Abwasser enthaltenen Sperrstoffe sehr leicht zu Verstopfungen und damit zu einem Unwirksamwerden der Anlage.

Da die aufgezeigten Schwierigkeiten nicht zu beheben sind, werden Absetzanlagen mit besonderem Schlammfaulraum für Kleinanlagen im deutschsprachigen Raum im allgemeinen nicht mehr verwendet. Lediglich in der Schweiz sind sie noch zugelassen.

5.1.3 Vergrößerte Faulanlagen

Vergrößerte Faulanlagen entsprechen in ihrer konstruktiven Ausbildung den Mehrkammer-Faulgruben, sie besitzen lediglich ein größeres Volumen. Durch diese Vergrößerung des Inhaltes wird die Aufenthaltszeit des Abwassers in der Faulanlage verlängert. Dadurch werden nicht nur die absetzbaren Stoffe sehr weitgehend entfernt, es werden auch die gelösten, organischen Substanzen teilweise reduziert. Es findet eine teilbiologische Reinigung statt. Eine solche Anlage stellt daher ein Mittelding zwischen einer rein mechanischen und einer rein biologischen Stufe dar.

Während die Vorgänge bei den mit Belüftung arbeitenden Verfahren (Belebungsverfahren, Tropfkörper etc.) aerober Natur sind, handelt es sich beim Abbau in der vergrößerten Faulanlage um anaerobe Zersetzungs Vorgänge.

Das aus dieser Faulanlage abfließende Abwasser ist sauerstofffrei und enthält Schwefelwasserstoff. Vor Einbringung in den Untergrund oder vor Einleitung in einen Vorfluter ist daher eine nachgeschaltete biologische Stufe erforderlich. Nur bei leistungsfähigen Vorflutern kann das nur teilbiologisch gereinigte Abwasser direkt abgeleitet werden. Zur Verbesserung der Güte des Abwassers ist vor der Einleitung eine Belüftung (z.B. Kaskaden, Druckbelüftung, Versprühen über Brockenmaterial) zur Entfernung des Schwefelwasserstoffs und zur Sauerstoffanreicherung empfehlenswert.

5.2 Biologische Reinigung

Bei der biologischen Reinigung unterscheidet man natürliche und technische Verfahren.

5.2.1 Natürliche Verfahren

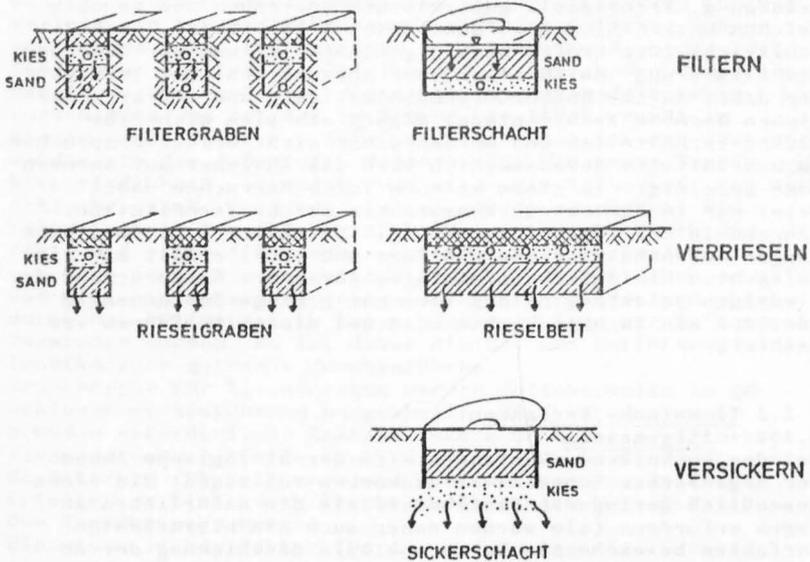
5.2.1.1 Allgemeines

Zu den natürlichen Verfahren zählen die Landbehandlung und die Abwasserteiche. Verfahren der Landbehandlung sind die Verregnung, die Rieselfelder und die Bodenfilter. Bei diesen 3 Verfahren wird das Abwasser land- oder forstwirtschaftlich genutzten Flächen zugeführt. Dabei wird der Boden angefeuchtet und die im Abwasser enthaltenen Verunreinigungen (org. Substanzen, Krankheitserreger) durch Lichteinstrahlung und durch die Bodenbakterien abgebaut. Gleichzeitig wird der Boden von den im Abwasser enthaltenen Pflanzennähr- und -wirkstoffen gedüngt. Man spricht daher auch von einer landwirtschaftlichen Abwasserwertung. Die moderne Abwasserreinigung hat mit den natürlichen Verfahren begonnen. Obwohl noch heute das Abwasser mehrere Millionen von Menschen nach diesen Methoden gereinigt wird, sind natürliche Verfahren bei uns selten. Dies liegt zum Teil am großen Platzbedarf (sie werden daher auch als großräumige Verfahren bezeichnet), den sie erfordern, zum Teil an den hygienischen Anforderungen, die teilweise gestellt werden. So gehen die Expertenmeinungen über Nutzen oder Schaden dieser Verfahren weit auseinander. Während die einen der Meinung sind, man dürfe Abwasser im Hinblick auf eine negative Beeinflussung der Grundwasserqualität auf keinen Fall versickern, meinen die anderen, man dürfe zukünftig die Vorfluter auch mit gereinigtem Abwasser nicht belasten.

5.2.1.2 Bodenfiltration

Mit Hilfe von Filtergraben, Filterschacht, Rieselgraben oder Rieselbett kann man eine vollbiologische Reinigung des Abwassers erzielen. Der Sickerschacht dient der punkweisen Einbringung bereits biologisch gereinigtem Abwassers in den Untergrund (Abb. 6).

Abb. 6: Verfahren der Bodenfiltration



Bei Filtergraben und Filterschacht wird das biologisch gereinigte Abwasser in einen Vorfluter abgeleitet bzw. über einen Sickerschacht in den Untergrund eingebracht. Der Filtergraben ist zum Unterschied zum Filterschacht mit Boden überdeckt und Wartungsarbeiten nicht zugänglich. Da der Filterschacht zwar abgedeckt, aber dennoch leicht gewartet werden kann, kann er wesentlich höher hydraulisch belastet werden, als der Filtergraben. Eine sich bildende Schmutzdecke kann jederzeit beseitigt werden. Daher wird das Abwasser beim Filtergraben über eine große Länge verteilt, während es beim Filterschacht punktförmig der Reinigung zugeführt wird.

Bei Rieselgraben und Rieselbett wird das biologisch gereinigte Abwasser direkt in den Untergrund versickert. Beide Anlagen sind mit Boden bedeckt und können nicht gewartet werden. Der Unterschied zwischen den beiden Verfahren besteht darin, daß beim Rieselgraben das Abwasser linienförmig und beim Rieselbett über eine zusammenhängende Fläche verteilt wird.

5.2.1.3 Abwasserteiche

Abwasserteiche zählen zu den ältesten Verfahren der Abwasserreinigung. Prinzipiell muß zwischen anaeroben und aeroben Teichen unterschieden werden. Anaerob betriebene Teiche - Faulteiche oder Erdfaulbecken genannt - dienen der anaeroben Stabilisierung von Abwasser oder Abwasserschläm. Infolge der dabei auftretenden Geruchsbelästigung und der erforderlichen aeroben Nachreinigung eignen sie sich nicht für kleine Verhältnisse und werden daher nicht weiter besprochen. Im unbelüfteten Abwasserteich wird das Abwasser auf aerobem Wege gereinigt. In einem solchen Teich herrschen dabei meist nur in den oberen Wasserzonen aerobe Verhältnisse, während in der Tiefe anaerobes Milieu vorherrscht. Bei sehr langen Aufenthaltszeiten (20 Tage und mehr) erhält man ein weitgehend biologisch gereinigtes Abwasser. Entsprechend der niedrigen Belastung bilden sich nur geringe Schlammengen aus. Auf ein Nachklärbecken wird bei diesen Verfahren verzichtet.

5.2.2 Technische Verfahren

5.2.2.1 Allgemeines

Bei den technischen Verfahren wird der biologische Abbau der organischen Substanz in Bauwerken vollzogen, die einen wesentlich geringeren Platzbedarf als die natürlichen Anlagen erfordern (sie werden daher auch als kleinräumige Verfahren bezeichnet). Durch optimale Beschickung der Anlage, Raumausnutzung (Raumbelastung), Sauerstoffzufuhr, Rücklaufschlammverhältnis, Überschußschlammmentnahme usw. erhält man eine intensivere und beschleunigte Entfernung der faulfähigen Substanzen auf engstem Raum. Eine gut funktionierende vollbiologische Kläranlage liefert jederzeit einen fäulnisunfähigen Ablauf. Zu den künstlichen Verfahren zählt man das Tropfkörper-, das Tauchtropfkörper- und das Belebungsverfahren.

5.2.2.2 Tropfkörper

Während das Belebungsverfahren sich bei Kleinkläranlagen erst in den letzten Jahren durchsetzte, stellt das Tropfkörper-Verfahren ein seit Jahrzehnten erprobtes System dar. Der Tropfkörper besteht im wesentlichen aus einem zylindrischen Behälter, der mit Gesteinsbrocken, Schlackematerial oder Kunststoffkörper gefüllt ist. Das mechanisch vorgereinigte Abwasser wird über dem Füllkörper gleichmäßig verteilt. Auf dem Füllmaterial bildet sich der hauptsächlich aus Bakterien bestehende Tropfkörper aus, der das Abwasser, während es über diesen rieselt, von den fäulnisfähigen organischen Substanzen befreit. Da der Abbau unter aeroben Verhältnissen stattfinden soll, muß für eine ständige Luftzufuhr gesorgt werden.

Der für die Lebensvorgänge der Mikroorganismen erforderliche Sauerstoff wird vom Abwasser beim Durchtropfen durch den Tropfkörper aufgenommen. Die hierfür notwendige Lüftung erzielt man durch die Erzeugung eines natürlichen Schornsteinzuges, also Luftbewegung in vertikaler Richtung. Die Temperatur der Luft im Tropfkörper ist durch die Temperatur des Abwassers bestimmt, diese ist im ganzen Jahr wenig verschieden und beträgt im Sommer bis 18° C, sinkt im Winter nicht unter $8 - 10^{\circ}$ C ab. Im Winter ist das Abwasser wärmer als die Außenluft, daher steigt die warme Tropfkörperluft hoch, entweicht und zieht die kalte Luft von der Sohle her nach. Im Sommer ist es gerade umgekehrt. Die kalte Luft im Tropfkörper sinkt ab, entweicht durch die Sohle und zieht die darüber befindliche wärmere Außenluft von oben nach. Die Bauart der Tropfkörper muß daher so sein, daß diese Luftbewegung zwangsläufig stattfindet und zwar durch das Füllmaterial. Kurzschlußströmungen der Luft müssen vermieden werden. Es ist daher die Be- und Entlüftung eines Tropfkörpers getrennt durchzuführen.

Tropfkörper für Kleinanlagen werden üblicherweise in geschlossener Ausführung hergestellt. Dies ist aus zwei Gründen erforderlich: Erstens werden beim Versprengen vom Abwasser Geruchsstoffe frei, die zu einer Belästigung der Bevölkerung führen können und zweitens kann es im Winter infolge von Eisbildung leicht zu Störungen beim Betrieb des Tropfkörpers kommen.

Ein wesentlicher Faktor für ein ordnungsgemäßes Funktionieren des Tropfkörpers ist eine gleichmäßige Verteilung des Abwassers. Dies ist deshalb oft problematisch, da meist eine kleine Menge, die noch dazu sehr starken Schwankungen unterliegt, auf eine relativ große Oberfläche verteilt werden soll. Häufig werden für die Beschickung einfache Rinnen verwendet. Diese haben jedoch den Nachteil, daß sie sehr schnell von einem Bakterienrasen überzogen werden, wodurch lokale Verstopfungen entstehen. Das Abwasser rinnt dann nur mehr an wenigen Stellen von den Rinnen auf den Tropfkörper. Dieser wird an einigen Stellen hoffnungslos überlastet, während ein Großteil des Tropfkörpervolumens überhaupt nicht ausgenutzt wird.

Auch die vielfach verwendeten Kippgefäße haben sich für die Tropfkörperbeschickung nicht sonderlich bewährt. Das in kleinen Mengen zufließende Abwasser wird in dem Kippgefäß gesammelt und dann auf einmal, also stoßweise auf den Tropfkörper entleert. Dadurch wird der Tropfkörper kurzfristig überlastet. Das Abwasser fließt viel zu schnell durch den Tropfkörper und wird nur unvollständig gereinigt. Man sollte daher für die Tropfkörperbeschickung bevorzugt Sprengdüsen oder Drehsprenger verwenden.

Diese gewährleisten am ehesten eine gleichmäßige Abwasser-
verteilung. Werden für die Beschickung dennoch Rinnen ver-
wendet, dann muß eine einwandfreie Wartung dieser gewähr-
leistet werden.

Beim Durchtropfen durch den Tropfkörper spült das Abwasser
einen Teil des Tropfkörperassens von den Gesteinsbrocken
ab. Die ausgespülten Stoffe müssen in dem nachfolgenden
Nachklärbecken zurückgehalten werden. Damit der Schlamm
gut abziehen kann, muß die Tropfkörpersohle ein genügendes
Gefälle aufweisen. Eine sorgfältige Ausbildung der Tropf-
körpersohle ist auch deshalb wichtig, damit ein gleich-
mäßiges Durchströmen der Luft eintritt (24,66,67,84,117,123).

5.2.2.3 Tauchtropfkörper

Tauchtropfkörper haben sich aus den Tauchkörpern entwickelt.
Letztere waren einfache Asbestzementplatten, die in ein vom
Abwasser durchflossenes Becken eingehängt und mit Druckluft
belüftet werden. Diese neigten leicht zur Verschlämzung und
auch erhebliche Geruchsbelästigungen traten dabei auf.

Der Tauchtropfkörper besteht aus kreisrunden Scheiben, die
in geringem Abstand auf einer Welle befestigt sind.

Diese werden bis fast zur Hälfte in das Abwasser getaucht
und in eine langsame Umdrehung versetzt. Dabei bildet sich
auf den Scheiben ein Tropfkörperassens. Durch die rotierende
Bewegung der Scheibe werden die Mikroorganismen während der
Aufbauphase mit Sauerstoff versorgt. Gleichzeitig wird
aber auch Sauerstoff in das Abwasser eingetragen.

Der erste Scheibentauchkörper der Welt wurde 1954/55 von
H. HARTMANN auf der Kläranlage Heilbronn in Betrieb ge-
nommen. Die Versuchsanlage bestand aus Eternitscheiben mit
einem Durchmesser von einem Meter.

Da der biologische Reinigungsprozeß der Scheibentauchkörper
identisch demjenigen der Tropfkörperanlage war, wurde das
neue Verfahren bald als Tauchtropfkörper benannt.

1958 baute A. STENGELIN den ersten Scheibentauchkörper.
Dieser bestand aus 45 Eternitscheiben mit einem Durchmesser
von zwei Meter. Größere Scheibentauchkörper konnten aus
Gewichtsgründen nicht gebaut werden, d.h. es mußte nach
einem leichteren Material gesucht werden. So erfolgte die
Entwicklung von Scheiben aus Styropor. Dieser Kunststoff
besitzt ein Gewicht von lediglich 50 kg/m³. Er ist so
leicht, daß die eingetauchten Scheiben im Abwasser schwimmen.
Dadurch werden die Wellenlager kaum belastet. Heute werden
auch andere Kunststoffe wie z.B. PVC verwendet.

Da der Tauchtropfkörper Witterungseinflüssen noch wesent-
lich stärker ausgesetzt ist, als der Tropfkörper, muß er
überbaut werden. Dabei ist zu beachten, daß in dem über-
bauten Raum für eine ausreichende Lüftung gesorgt wird
(12,37,38,44,81,88,103,106,133).

5.2.2.4 Belebungsanlagen

Beim Belebungsverfahren wird die Reinigungsarbeit von freischwebenden, flockenbildenden Mikroorganismen durchgeführt. Eine gute Durchmischung des Abwasser-Schlammgemisches, sowie eine ausreichende künstliche Sauerstoffzufuhr ist Voraussetzung für eine gute Reinigungsleistung. Das Belebungsbecken wird daher bei Kleinkläranlagen als vollständiges Mischbecken ausgebildet.

Die Belüftung kann entweder mit Druckluft (fein-, mittel- oder grobbläsiger), mit Oberflächenbelüftern oder mit Injektorbelüftern durchgeführt werden. Bei Kleinkläranlagen nimmt man fast ausschließlich Druckluft und hier vor allem die mittel- und grobbläsige Belüftung.

Das Belebtschlamm-Abwasser-Gemisch fließt vom Belebungsbecken in das Nachklärbecken. In diesem setzt sich der Schlamm ab und wird wieder dem Belebungsbecken zugeführt (Rücklaufschlamm). Durch diesen inneren Kreislauf wird eine ständige Zunahme des Schlammgehaltes erreicht. Wird dabei eine bestimmte Konzentration überschritten, so wird ein Teil des Schlammes als Überschussschlamm entfernt. Dies kann geschehen, indem von einem Grubendienst fallweise Schlamm direkt aus dem Belebungsbecken abgesaugt und abgefahren wird. Eine andere Möglichkeit besteht darin, daß der Überschussschlamm in das Vorklärbecken gepumpt wird, wo er zusammen mit den absetzbaren Stoffen eindickt. Er kann aber auch in einem eigenen Schlamm Speicher gesammelt werden. Beim Belebungsverfahren bilden das Belebungs- und das Nachklärbecken eine verfahrenstechnische Einheit. Ein Vorklärbecken, wie es beim Tropfkörper- bzw. Scheibentauchkörperverfahren unbedingt erforderlich ist, ist nicht notwendig. Zur Vermeidung von Verstopfungen und Ablagerungen im Belebungs- und Nachklärbecken sollte jedoch bei Kleinkläranlagen in jedem Falle eine Grobentschlammung vorgesehen werden (21,22,24,27,28,34,35,66,67,71,72,84,86,97,112,116,117,123,125,126,130).

5.3 Weitergehende Reinigung

Mit Hilfe der mechanisch-biologischen Abwasserreinigung können absiebbare und absetzbare Stoffe sowie gelöste, biologisch abbaubare organische Substanzen weitgehend aus dem Abwasser entfernt werden. Zur Entfernung der bei der mechanisch-biologischen Reinigung verbleibenden Verschmutzung muß man sich, falls der Vorfluter es erfordert, weiterer Reinigungsstufen bedienen. Die folgende Tab. 9 gibt einen Überblick über Substanzen, die bei der mechanisch-biologischen Reinigung nicht oder nur teilweise entfernt werden, deren mögliche Auswirkungen auf den Vorfluter und Verfahren zu deren Beseitigung.

Tabelle 9: Weitgehende Reinigung

<u>Stoffgruppe</u>	<u>Auswirkung im Vorfluter</u>	<u>Reinigungsverfahren</u>
1. Schwebstoffe im Ablauf biologischer Anlagen	Sauerstoffentzug	Mikrosiebung Sandfiltration Flotation chem. Flockung
2. Pflanzennährstoffe (N- und P-Verbindungen)	Düngewirkung Eutrophierung	Stickstoff: Nitrifikation- Denitrifikation Phosphor: chem. Fällung
3. Gelöste biologisch nicht abbaubare organische Substanzen	Erschwerung der Trinkwasseraufbereitung Akkumulation in Nahrungsketten	Adsorption chem. Oxidation (Ozon) Strippen chem. Fällung bzw. Flockung
4. Gelöste anorg. Stoffe (Salze)	Erschwerung der Trinkwasseraufbereitung Akkumulation in Nahrungsketten	Ionenaustausch Elektrodialyse Umgekehrte Osmose chem. Fällung Destillation Verbrennung
5. Krankheits-erreger	Verschlechterung der hygienischen Beschaffenheit (vor allem bei Einbringung in das Grundwasser)	Desinfektion

Von diesen 5 Gruppen spielen bei der Abwasserreinigung in kleineren Verhältnissen lediglich die Gruppen 2 und 5 eine gewisse Rolle und bei Gruppe 1 die Sandfiltration. Die Entfernung der gelösten biologisch nicht abbaubaren organischen Substanzen, sowie der gelösten anorganischen Salze, wird bei Kleinkläranlagen einerseits wegen der geringen Menge und andererseits wegen der hohen Behandlungskosten nicht durchgeführt. Bei Einleitung des gereinigten Abwassers in ein stehendes Gewässer kann bereits eine kleine Menge an düngenden Stoffen zu einem übermäßigen Pflanzenwachstum führen.

Wenn man bedenkt, daß 1 g Phosphor (pro Einwohner fallen pro Tag 3 g gelöster Phosphor an) unter günstigen Bedingungen zum Wachstum von 1 kg Algen (Frischgewicht) ausreicht, wird man verstehen, daß die Entfernung von P-Verbindungen, aber auch von N-Verbindungen selbst bei Kleinanlagen von Bedeutung sein kann.

Häusliches Abwasser kann stets Krankheitserreger enthalten, vor allem die Erreger übertragbarer Darmkrankheiten, wie Typhus, Paratyphus, Enteritis und Ruhr, sowie Tuberkelbakterien, verschiedene Virusarten, wie die Erreger der Kinderlähmung, der infektiösen Gelbsucht, Wurmeier u.a.m.

In einer niedrig belasteten mechanisch biologischen Reinigungsanlage werden diese zu 95 - 99 % aus dem Abwasser entfernt. Eine zusätzliche Entkeimung des Abwassers ist daher aus seuchenhygienischen Gründen in der Regel nicht erforderlich und auch nicht üblich.

Nur dort, wo das biologisch gereinigte Abwasser versickert wird, ist bei ungünstigen Boden- und Grundwasserverhältnissen eine Chlorung zweckmäßig. Normalerweise ist dies jedoch infolge der hohen Reduktion an Keimen in der Sickerschicht nicht erforderlich.

Mitunter wird sie auch bei sehr schwachen Vorflutern (z.B. Gerinne, die zeitweise trocken liegen) verwendet.

II. BESTEHENDE NORMEN UND RICHTLINIEN FÜR DIE BEMESSUNG UND DEN BAU VON KLEINBELEBUNGSANLAGEN MIT EINEM ANSCHLUSSWERT BIS 500 EGW

1. NORMEN UND RICHTLINIEN

Der Einbau von Kleinkläranlagen ist genehmigungspflichtig. Beim Wasserrechtsverfahren ist von der Behördenseite darauf zu achten, daß durch den Betrieb der Kläranlage weder das Grundwasser noch der Vorfluter in unzulässiger Weise verunreinigt werden.

Eine gute Funktion einer Kleinkläranlage kann nur durch eine ausreichende Bemessung gewährleistet werden. Für die Bemessung solcher Abwasserreinigungssysteme gibt es im deutschsprachigen Raum eine Reihe von Normen und Richtlinien.

Es sind dies im einzelnen:

Österreich

ÖNORM B 2502, Kleinkläranlagen (Hauskläranlagen), Richtlinien für Anwendung, Bemessung, Bau und Betrieb, 1. April 1981.

Bundesrepublik Deutschland

DIN 4261, Teil 1, Kleinkläranlagen, Anlagen ohne Abwasserbelüftung, Anwendung, Bemessung und Ausführung, Oktober 1983.

DIN 4261, Teil 2, Kleinkläranlagen, Anlagen mit Abwasserbelüftung, Anwendung, Bemessung, Ausführung und Prüfung, Juni 1984

DIN 4261, Teil 3, Kleinkläranlagen, Anlagen ohne Abwasserbelüftung, Betrieb und Wartung, Oktober 1983

DIN 4261, Teil 4, Kleinkläranlagen, Anlagen mit Abwasserbelüftung, Betrieb und Wartung, Juni 1984.

Schweiz

Verband Schweizerischer Abwasserfachleute (VSA):

Richtlinien für die Entwässerung von Liegenschaften, 3. Teil: Abwasser-Einzelreinigungsanlagen, Ausgabe 1980. Die in den einzelnen Normen bzw. Richtlinien enthaltenen Bemessungsvorschläge unterscheiden sich teilweise sehr stark.

In den folgenden Abschnitten werden für Kleinbelebungsanlagen maßgebliche Werte tabellarisch gegenübergestellt und diskutiert.

2. BEMESSUNGSGRUNDLAGEN

2.1 Abwasseranfall und organische Verschmutzung

In der folgenden Tabelle 10 sind die Bemessungswerte für den Abwasseranfall und die organische Verschmutzung, wie sie in den deutschsprachigen Ländern verwendet werden, zusammengestellt.

Tabelle 10: Abwasseranfall und organische Verschmutzung

	1/E.d	1/E.h	Rohabwasser (g BSB ₅ /EGW)	Abgesetztes Abwasser (g BSB ₅ /EGW)
ÖNORM B 2502	200	20	60	40
DIN 4261	150	15	60	40
VSA	170	--	75	50

Auffallend in dieser Tabelle ist, daß in Österreich der Abwasseranfall 25 % höher angesetzt werden muß, als in der BRD, während die Werte für die organische Verschmutzung in beiden Ländern gleich sind. Die schweizer Richtlinien unterscheiden sich sowohl hinsichtlich des Abwasseranfalles, als auch hinsichtlich der organischen Verschmutzung von den übrigen Normen.

Nach ÖNORM B 2502 ist in allen Fällen, in denen das Schmutzwasser vorwiegend stoßweise anfallen kann, wie z.B. in Kasernen, sanitären Anlagen in Betrieben, Beherbergungsbetrieben mit Wäschereien, Versammlungsstätten, Abend- und Ausfluggrestaurants udgl., der Bemessung der maximale Schmutzwasseranfall zugrunde zu legen, sowie auf die Dauer und die Häufigkeit der einzelnen Abwasserstöße zu achten. Hierfür ist ein Ausgleichsvolumen in der Anlage oder ein getrenntes Ausgleichsbecken vorzusehen und deren Abfluß durch entsprechende Vorrichtungen auszugleichen. Bei vorgeschalteten Schmutzwasserhebeanlagen ist eine gleichmäßige Beschickung der Anlage mit max. 1/20 des Tagesanfalles pro 30 min. zu gewährleisten. Dies kann z.B. durch eine Kreiselpumpe mit teilweisem Rücklauf für Rohabwasser und/oder eine Drucklufthebeanlage für mechanisch vorgereinigtes Abwasser und Zeitschaltung bzw. Ablaufregler mit Schwimmer (nur für Anlagen über 50 EGW) erzielt werden.

Bei Wäschereien von Beherbergungsbetrieben udgl. ist neben der Abwassermenge auch die Temperatur auszugleichen (Zulauftemperatur zur Kleinkläranlage kleiner als 40° C). Nach DIN 4261, Teil 2, kann bei kleineren Ausbaugrößen der erhöhte Zufluß aus Badewannen (200 l Schmutzwasser je angeschlossene Badewanne in 3 Minuten) die Bemessung und Ausführung der Kleinkläranlage beeinflussen.

2.2 Einwohnergleichwerte

Kläranlagen für Wohngebäude sind generell nach der Anzahl der darin wohnenden oder voraussichtlich unterzubringenden Einwohner zu bemessen. Je Familienwohnung ist jedoch mit mindestens 4 EGW zu rechnen, je Appartement (mit einer Wohnfläche bis 35 m²) - nach DIN 4261 - mit mindestens 2 EGW. Bei speziellen Abwasseranfallstellen ist die Anzahl an Einwohnergleichwerten, gemäß der folgenden Tab. 11 zu berechnen.

Tabelle 11: Einwohnergleichwerte

Abwasseranfallstelle	ÖNORM B 2502	DIN 4261	VSA
Beherbergungsbetrieb mit Wäscherei	1 Bett = 2 EGW 1) 2)		
Beherbergungsbetrieb ohne Wäscherei	1 Bett = 1 EGW 1) 2)	1 Bett = 1-3 EGW (je nach Ausstattung)	1 Bett = 1 EGW
Internate, Heime	1 Bett = 1 EGW 1)	1 Bett = 1-3 EGW (je nach Ausstattung)	
Gaststätten ohne Küchenbetrieb	3 Sitzplätze = 1 EGW	3 Sitzplätze = 1 EGW	
Gaststätten mit kalter Küche	2 Sitzplätze = 1 EGW		
Gaststätten mit warmer Küche, Kantinen (mit durchgehendem Küchenbetrieb)	1 Sitzplatz = 1-2 EGW		
Gaststätten mit durchgehendem Küchenbetrieb	1 Sitzplatz = 2-5 EGW		
Ausfluggaststätten ohne Küchen- betrieb	10 Sitzplätze = 1 EGW		
Gaststätten mit Küchenbetrieb und höchstens dreimaliger Ausnutzung eines Sitzplatzes in 24 Stunden		1 Sitzplatz = 1 EGW	
Zuschlag: je weitere dreimalige Ausnutzung in 24 Stunden		1 Sitzplatz = 1 EGW	

Tabelle 11 : Einwohnergleichwerte

Abwasseranfallstelle	ÖNORM B 2502	DIN 4261	VSA
Gartenlokal ohne Küchenbetrieb		10 Sitzplätze = 1 EGW	
Restaurants			3 Sitzplätze = 1 EGW
Zuschlag für Saal und Garten			20 Sitzplätze = 1 EGW
Stark frequentierte Gaststätten, wie Autobahnraststätten, Berg- gasthöfe			1 Sitzplatz = 1 EGW
Versammlungsstätten (z.B. Kino, Theater) ohne Küchenbetrieb	30 Sitzplätze = 1 EGW 1)		40 Sitzplätze = 1 EGW
Sportstätten	50 Besucher = 1 EGW 1) 5 Ausübende = 1 EGW	30 Besucher- plätze = 1 EGW (ohne Gaststätte und Vereinshaus)	
Frei- und Hallenbäder	5 Benützer = 1 EGW 3)		
Campingplätze	2 Benützer = 1 EGW 1)	2 Personen = 1 EGW	1 ha Zeltplatz- fläche = 80 EGW

Tabelle 11: Einwohnergleichwerte

Abwasseranfallstelle	ÖNORM B 2502	DIN 4261	VSA
<p>Fabriken, Werkstätten (ohne Küchenbetrieb)</p> <p>(mit geringer Schmutzbelastung)</p> <p>(mit starker Schmutzbelastung)</p> <p>ohne Wohlfahrtseinrichtung</p> <p>mit Wohlfahrtseinrichtung</p>	<p>3 Betriebsangehörige = 1 EGW 1)</p> <p>2 Betriebsangehörige = 1 EGW 1)</p>	<p>2 Betriebsangehörige = 1 EGW</p>	<p>3 Betriebsangehörige = 1 EGW</p> <p>2 Betriebsangehörige = 1 EGW</p>
<p>Büros, Geschäftshäuser, Fabriken (ohne industriellem Abwasser)</p> <p>ohne Wohlfahrtseinrichtung</p> <p>mit Wohlfahrtseinrichtung</p>	<p>3 Betriebsangehörige = 1 EGW 1)</p>	<p>3 Betriebsangehörige = 1 EGW (ohne Küchenbetrieb)</p>	<p>3 Betriebsangehörige = 1 EGW</p> <p>2 Betriebsangehörige = 1 EGW</p>
<p>Schulen, Kindergärten (nach Unterrichtsdauer)</p> <p>Schulhäuser ohne Turnhalle</p> <p>Schulhäuser mit Turnhalle (in der Regel mit Dusche) bei zusätzlicher Benützung durch Vereine außerhalb der Schulzeit</p>	<p>3-5 Personen = 1 EGW 1)</p>		<p>4 Schüler = 1 EGW</p> <p>3 Schüler = 1 EGW</p>

Tabelle 11: Einwohnergleichwerte

Abwasseranfallstelle	ÖNORM B 2502	DIN 4261	VSA
Turnhallen (berücksichtigt auch die Verwendung als Militärunterkunft)			15 m ² Turnhalle = 1 EGW
Militärunterkünfte mit häufiger Belegung			1 Bett = 1,5 EGW
Spitäler, Krankenhäuser			1 Bett = 2 EGW
Kirchen (ohne Nebenräume)			100 Sitzplätze = 1 EGW
Vereinshäuser (ohne Küchenbetrieb)		5 Benutzer = 1 EGW	

- 1) Wenn ein Küchenbetrieb vorhanden ist, muß hierfür eine zusätzliche Berechnung gemäß den vorstehenden Angaben erfolgen.
- 2) Bei Sporthotels und Betrieben der Luxusklasse ist der Wert um 1 EGW pro Bett zu erhöhen.
- 3) Bei Frei- und Hallenbädern darf das von den Badebecken und Kaltwasserduschen abfließende Wasser nicht in die Kläranlage geleitet werden.

3. BEMESSUNG

3.1 Mechanische Kleinkläranlage

Mechanische Kleinkläranlagen dienen zum Ausscheiden der absetzbaren Stoffe. Üblicherweise werden sie als erster Reinigungsschritt vor einer biologischen Stufe verwendet. Man spricht in diesem Fall von sogenannten Entschlammungsanlagen (in der DIN 4261, Blatt 1 als Zwei- bzw. Mehrkammergruben bezeichnet). Nach der ÖNORM B 2502 und der DIN 4261, Blatt 1, dürfen hierfür nur mehr Absetzanlagen ohne besonderen Faulraum verwendet werden. Die Schweizer Richtlinien erlauben auch den Einbau von Absetzanlagen mit besonderem Schlammfaulraum. Da nach Meinung des Verfassers dieses Klärsystem infolge der dabei auftretenden Betriebschwierigkeiten zur mechanischen Reinigung mit einem Anschlußwert von unter 500 EGW abzulehnen ist, wird in der Folge nicht darauf eingegangen.

Ist ein ausreichender Vorfluter vorhanden, dann kann man sich unter Umständen auch nur mit einer mechanischen Kleinkläranlage als Reinigungssystem begnügen. In diesem Falle muß eine vergrößerte Faulanlage (= Mehrkammerausfaulgrube) verwendet werden.

Die folgenden Tabellen 12 und 13 zeigen die in der ÖNORM B 2502 und in der DIN 4261, Blatt 1, vorgeschlagenen Bemessungswerte:

Tabelle 12: Bemessung mechanischer Kläranlagen nach ÖNORM B 2502

Faulanlage	Vergrößerte Faulanlage
Volumen bei 100 EGW $0,3 \text{ m}^3/\text{EGW}$, für jeden weiteren EGW $0,2 \text{ m}^3$ $V_{\text{Min}} = 3,0 \text{ m}^3$ In 3 Kammern zu unter- teilen (bis $5,0 \text{ m}^3$ Volumen auch 2 Kammern erlaubt) Mindesttiefe = 1,2 m Maximaltiefe = 3,0 m 1.Kammer: $V/2$ (bei 3 Kammern)	$1,0 \text{ m}^3/\text{EGW}$

Tabelle 13: Bemessung mechanischer Kläranlagen nach DIN 4261

1. Zweikammergruben	
Volumen	: 300 l/E
V_{Min}	: 3.000 l
V_{Max}	: 4.000 l
Wassertiefe	: 1,2 bis 1,9 m
Inhalt der ersten Kammer	: $\frac{2}{3} V$
2. Mehrkammer-Absetzgruben (Drei- od. Vierkammergr.)	
Volumen	: 300 l/E
V_{Min}	: 3.000 l
Inhalt der ersten Kammer	: $V/2$
Mindesttiefe	: 1,2 m
Maximale Wassertiefe (t_{max})	: siehe Tabelle
Nutzinhalt l	t_{max} (m)
3000 bis 4000	1,9
4000 bis 10000	2,2
10000 bis 50000	2,5
50000	3
3. Mehrkammerausfallgruben	
Volumen	: 1500 l/E
V_{Min}	: 6.000 l
Anzahl der Kammern	: mind. 3

Tabelle 14: Bemessung mechanischer Kläranlagen nach VSA

1. Klärgruben (Absetzanlagen mit getrennten Schlammfoulraum)	
Absetzraum inkl. Vorfangraum	: $0,040 \text{ m}^3/\text{EGW}$, min $0,4 \text{ m}^3$
Foulraum (ohne Stapelung)	: $0,100 \text{ m}^3/\text{EGW}$, min $1,0 \text{ m}^3$
Schwimmschlammraum	: $0,025 \text{ m}^3/\text{EGW}$, min $0,25 \text{ m}^3$
In speziellen Fällen ist der Absetzraum nach dem tatsächlichen Abwasserzufluß zu bemessen. Die mittlere Aufenthaltszeit beträgt 1 Stunde, die minimale Aufenthaltszeit 2 Stunden.	

2. Abwasserfaulräume (2 oder mehr Kammern)
 Der Nutzinhalt beträgt : $2,0 \text{ m}^3/\text{EGW}$, jedoch min 6 m^3 .

3.2 Biologische Kleinkläranlagen

In biologischen Kleinkläranlagen werden, wie in Kapitel I ausführlich beschrieben wurde, die nach der mechanischen Reinigung noch verbleibenden, gelösten organischen Stoffe von Mikroorganismen in Gegenwart von Sauerstoff zu Kohlendioxid und Wasser aufoxidiert. Dabei erhält man einen weitgehenden fäulnisunfähigen Ablauf.

Da sich die vorliegende Arbeit vorwiegend mit kleinen Belebungsanlagen befaßt, sind auch hier nur die Bemessungswerte für diese Anlagen aufgenommen worden.

1. Bemessung des Volumens des Belebungsbeckens

In der folgenden Tabelle 15 sind die Bemessungswerte, wie sie in der BRD, Schweiz und Österreich für die Bemessung des Volumens des Belebungsbeckens verwendet werden, zusammengestellt:

Tabelle 15: Bemessung Belebungsbecken

<u>ÖNORM B 2502</u>	
<u>A) Belebungsanlage mit Vorklärung</u>	
bis 100 EGW	$0,15 \text{ m}^3/\text{EGW}$ ($B_R = 0,27 \text{ kg BSB}_5/\text{m}^3 \cdot \text{d}$)
100 - 500 EGW	$0,10 \text{ m}^3/\text{EGW}$ für jeden EGW ab 100 EGW ($B_R = \sim 0,40 \text{ kg BSB}_5/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ bei 500 EGW)
$V_{\text{Min}} = 1,0 \text{ m}^3$	
<u>B) Belebungsanlage ohne Vorklärung</u>	
bis 100 EGW	$0,3 \text{ m}^3/\text{EGW}$ ($B_R = 0,20 \text{ kg BSB}_5/\text{m}^3 \cdot \text{d}$)
100 - 500 EGW	$0,2 \text{ m}^3/\text{EGW}$ für jeden EGW ab 100 EGW ($B_R = \sim 0,27 \text{ kg BSB}_5/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ bei 500 EGW)
$V_{\text{Min}} = 2,0 \text{ m}^3$	
<u>DIN 4261</u>	
Raumbelastung	$B_R \leq 0,2 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$
Schlammbelastung	$B_{\text{TS}} \leq 0,05 \text{ kg}/\text{kg} \cdot \text{d}$
Mindestvolumen	$V_{\text{Min}} = 1 \text{ m}^3$

VSA-Richtlinien

Raumbelastung	$B_R \text{ max } 0,2 - 0,3 \text{ kg BSB}_5/\text{m}^3 \cdot \text{d}$
Schlammbelastung	$B_{TS, \text{max}} 0,05 - 0,08 \text{ kg BSB}_5/\text{kg TS} \cdot \text{d}$

Jedes Land hat - wie die Tabelle zeigt - seine eigenständigen Bemessungswerte. Je nachdem, ob eine Belebungsanlage in der Schweiz, in der BRD oder in Österreich gebaut wird, besitzt sie - bezogen auf den Einwohnergleichwert - unterschiedliche Volumina. So muß das Belebungsbecken in der BRD rund 30 - 70 % größer sein als in Österreich. Eine sehr niedrige Raumbelastung, wie sie gemäß DIN 4261 gewählt werden muß, hat natürlich den Vorteil, daß die Belebungsanlage sehr unempfindlich gegenüber Stoßbelastung wird. Umgekehrt fällt bei so niedrigen Raumbelastungen nur sehr wenig Überschussschlamm an, wodurch die Einarbeitung der Kleinkläranlage sehr lange dauern kann. Am günstigsten, sowohl in Hinblick auf einen stabilen Betrieb, als auch auf eine rasche Einarbeitung der Kleinkläranlage dürften hier die Bemessungswerte, wie sie in der ÖNORM B 2502 enthalten sind, sein.

Bei Belebungsanlagen ohne Vorklärbecken ist eine Anlage zur Zurückhaltung von Grobstoffen vorzuschalten. Ein Rechen darf nur eingebaut werden, wenn er täglich gewartet wird. Bei Großanlagen soll geprüft werden, ob nicht auch der Einbau eines Sandfanges zweckmäßig ist. Belebungsanlagen ohne Vorklärung müssen für den anfallenden Schlamm Schlammspeicher aufweisen. Der Nutzinhalt des Schlammspeichers soll $0,1 \text{ m}^3/\text{EGW}$ mindestens jedoch 2 m^3 betragen.

2. Bemessung der Belüftungseinrichtung

Tabelle 16: Bemessung Belüftungseinrichtung

ÖNORM B 2502

A) Belebungsanlage mit Vorklärung

$1,3 \text{ m}^3 \text{ Luft}/\text{EGW} \cdot \text{m}_{\text{ET}} \cdot \text{Stunde}$

$\text{OC-load} = 4 \text{ kg O}_2/\text{kg BSB}_5$

$\text{m}_{\text{ET}} \dots$ Meter Einblastiefe

B) Belebungsanlage ohne Vorklärung

$2,0 \text{ m}^3 \text{ Luft}/\text{EGW} \cdot \text{m}_{\text{ET}} \cdot \text{Stunde}$

$\text{OC-load} = 4 \text{ kg O}_2/\text{kg BSB}_5$

DIN 4261

Sauerstoffgehalt im Belebungsbecken ≥ 2 mg/l

VSA

keine näheren Angaben

Auch die Bemessung der Belüftungseinrichtungen ist in den deutschsprachigen Ländern sehr unterschiedlich. So enthält die schweizer Richtlinie keine näheren Angaben, während die DIN 4261 einen Mindestsauerstoffgehalt im Belebungsbecken von 2 mg/l verlangt. Nach der ÖNORM B 2502 ist bei der Berechnung der Sauerstoffzufuhr von einem Verhältnis Sauerstoffzufuhr : BSB_5 -Belastung von 4 kg Sauerstoff/kg BSB_5 auszugehen. Auch in diesem Falle ist die Bemessung nach der ÖNORM zu begrüßen.

Wird nach dieser ÖNORM die Sauerstoffzufuhr bemessen, so liegt der Sauerstoffgehalt im Belebungsbecken mit Sicherheit über 2 mg/l. Im Gegensatz zu den deutschen Richtlinien erlaubt die ÖNORM jedoch eine Steuerung der Sauerstoffzufuhr. Auch bei einem Sauerstoffgehalt von unter 2 mg/l kann - wie im Abschnitt VIII gezeigt wird - ein stabiler Betrieb gewährleistet werden.

3. Bemessung der Nachklärbecken

Tabelle 17: Bemessung Nachklärbecken

ÖNORM B 2502	
für Belebungsbecken mit und ohne Vorklärung	
Aufenthaltszeit	
t_{NK}	= 3,5 h
Volumen	= 0,07 m ³ /EGW
V_{Min}	= 0,7 m ³
Oberfläche	= 0,06 m ² /EGW bis 100 EGW 0,04 m ² /EGW für jeden weiteren EGW
O_{Min}	= 0,6 m ²

DIN 4261	
Aufenthaltszeit	
t_{NK}	= 3.5 h
Oberflächenbeschickung	= 0,3 m ³ /(m ² .h)
Oberfläche F_{NK}	= 0.7 m ²
Wassertiefe	= 1.0 m

VSA	
Aufenthaltszeit	
t	= mind. 3 h
NK	
Oberflächenbeschickung	= max. 0,7 m/h

Im Gegensatz zur Bemessung des Volumens des Belebungsbeckens bzw. der Belüftungseinrichtung sind die Unterschiede bei der Bemessung der Nachklärbecken in den verschiedenen Regelwerken nicht allzu gravierend.

3.3 Sickeranlagen

Besteht keine Möglichkeit das biologisch gereinigte Abwasser in einen Vorfluter abzuleiten, dann können Anlagen mit Abwasserversickerung verwendet werden.

In der DIN 4261, Blatt 1, ist hierfür der Sickerschacht erhalten. Die Bemessung muß dabei von Fall zu Fall aufgrund der örtlichen Gegebenheiten und der Erfahrung durchgeführt werden (sonst $1,0 \text{ m}^2$ Sickerfläche/Einwohner; Durchmesser mindestens 1,0 m).

Nach der VSA-Richtlinie sind Sickerschächte nur für die Versickerung von unverschmutztem Oberflächen- und Kühlwasser bei geeigneten Bodenverhältnissen zulässig. Gemäß ÖNORM B 2502 können für die Versickerung Sickerschächte bzw. Sickergräben verwendet werden. Als Vorsichtsmaßnahme gegen Verstopfung der Sickeranlage ist bei bestimmten Anlagen (Tropfkörper, Belebungsanlage und Tauchtropfkörper) ein Vorfilterschacht zwingend vorgeschrieben.

Bemessung nach ÖNORM B 2502

- | | |
|--|--------------------------------|
| A) Vorfilterschacht | |
| Filterfläche | = $0,2 \text{ m}^2/\text{EGW}$ |
| B) Sickerschacht | |
| Sickerfläche | = $1,0 \text{ m}^2/\text{EGW}$ |
| Bei Anlagen über 20 EGW sind vor der Planung Bodenuntersuchungen über das Ausmaß der Durchlässigkeit nachzuweisen, ebenso bei Unterschreitung der Mindestfläche von $1,0 \text{ m}^2/\text{EGW}$. | |
| Filterfläche | = $0,1 \text{ m}^2/\text{EGW}$ |
| Durchmesser | = 1,0 m |
| C) Sickergraben | |
| Sickerfläche | = $10 \text{ m}^2/\text{EGW}$ |

4. BAUGRUNDSÄTZE

4.1 Allgemeines

Bau- und Konstruktionsgrundsätze sind in den deutschen und österreichischen Richtlinien in ausführlicher Form enthalten. Die VSA-Richtlinie enthält dagegen konkrete Angaben nur für Klärgruben und Abwasserfaulräume.

Es wird daher in diesem Kapitel vorwiegend auf die deutschen und österreichischen Richtlinien, deren Gemeinsamkeiten und Unterschiede eingegangen.

4.1.1 Aufstellung auf dem Grundstück

Kleinkläranlagen sind als selbständige Bauwerke, unabhängig von Gebäudemauern, standsicher, dauerhaft, wasserdicht, frostsicher und korrosionsbeständig aufzustellen. Es ist darauf zu achten, daß die Kleinkläranlage jederzeit zugänglich und die Schlammabnahme sichergestellt ist. Die Bestimmungen für Wasserschutzgebiete sind zu beachten.

4.1.2 Werkstoffe

In Österreich dürfen für den Bau von Kleinkläranlagen nur solche Werkstoffe verwendet werden, die gegen physikalische Einwirkungen und chemische Angriffe gemäß ÖNORM B 2503 widerstandsfähig sind und die Herstellung wasserdichter Anlagen ermöglichen. Für den Korrosionsschutz der Innenflächen unter dem Wasserspiegel gilt die Tabelle 2 der ÖNORM B 2503. Alle Innenflächen und Einbauteile oberhalb des Wasserspiegels müssen einen gasdichten Oberflächenschutz besitzen, der gegen den chemischen Angriff von Schwefelwasserstoff, schwefeliger Säure und Schwefelsäure auf die Dauer beständig ist, sofern die Innenflächen dagegen nicht selbst beständig sind. Alle frostempfindlichen Teile sind gegen Frost zu schützen bzw. ist bei Frostgefährdung frostbeständiges Material zu verwenden.

In der BRD können Anlagen aus Beton oder Stahlbeton in Ortsbauweise oder aus vorgefertigten Beton- oder Stahlbetonteilen hergestellt werden. Der Beton muß mindestens der Festigkeitsklasse B 35 nach DIN 1045 entsprechen. Vorgefertigte Betonbauteile müssen DIN 4034 oder anderen einschlägigen Normen entsprechen.

Bei gemauerten Anlagen sind die Außenwände vollfugig aus Vollziegeln oder Vollsteinen mit einer Druckfestigkeit von mindestens 15 N/mm², mindestens ein Stein dick, z.B. aus Kanalklinkern nach DIN 4051, unter Verwendung von Zementmörtel nach DIN 1053, Teil 1, Mörtelgruppe III, herzustellen.

Bei Anlagen aus sonstigen Werkstoffen richten sich die Güteanforderungen nach den einschlägigen Normen.

Außenwände und Sohle der Anlagenteile, die ständig mit Wasser gefüllt sind, müssen wasserdicht sein.

Die Anlage ist bis zur Oberkante der Tauchwand bzw. des T-Stückes am Ablauf mit Wasser zu füllen. Sie gilt als wasserdicht, wenn nach einer Standzeit von 24 Stunden der Wasserspiegel in einer Beobachtungsspanne von 2 Stunden um nicht mehr als 3 mm je m Füllhöhe sinkt.

Die VSA-Richtlinie gibt über die zu verwendenden Werkstoffe keine genaueren Auskünfte, doch sind die Anlagen gemäß den allgemein geltenden Grundsätzen in der Abwassertechnik und im Bauwesen zu erstellen.

Insbesondere sind die jeweiligen Normen des Schweizerischen Ingenieurs- und Architektenvereins (SIA) und die einschlägigen Vorschriften und Regeln der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt (SUVA) und Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) anzuwenden.

4.1.3 Zu- und Ablaufleitungen

Für die Zu- und Ablaufleitungen gelten die ÖNORM B 2501 bzw. die DIN 1986, Blatt 1,2 und 4. Abweichend von diesen Normen sind lichte Weiten unter 150 mm für Zu- und Ablaufleitungen nicht zulässig.

Gemäß der VSA-Richtlinie soll das Gefälle zwischen Ein- und Auslauf mit Rücksicht auf die spätere Ausschaltung der Grube mindestens 3 ‰ betragen. Zur Zerstörung des Schwamm-schlammes im Vorfangraum ist das Abwasser mit einem Absturz von 5 cm in die Anlage einzuleiten.

4.1.4 Zugänglichkeit und Abdeckung

Die Anlagen müssen so ausgebildet sein, daß sie leicht überwacht, gewartet und instandgehalten werden können.

Jeder Anlagenteil muß gut zugänglich und die Wasseroberfläche gänzlich überschaubar sein. Am Zu- und Ablauf der Anlagen müssen jederzeit Abwasserproben entnommen werden können. Sofern zur Probeentnahme kein geeigneter Absturz vorhanden ist, muß gemäß ÖNORM B 2502 in die Ablaufleitung ein entsprechender Schacht mit einem vorragendem Zulaufrohr und einem Absturz von mindestens 0,2 m Höhe eingebaut werden.

Einzelreinigungsanlagen sind in der Regel mit Rücksicht auf die Umgebung unfallsicher abzudecken. Die Abdeckungen der Anlagen müssen dauerhaft, verkehrssicher und so beschaffen oder gesichert sein, daß keine Gefahren entstehen können. Die lichte Weite runder Einstiegöffnungen muß mindestens 600 mm betragen. Bei quadratischer Ausführung (mindestens 600 x 600 mm lichte Weite) müssen die Deckel in Scharnieren gehalten werden, damit sie nicht in die Öffnung fallen können. Öffnungen, die für die Wartung und Kontrolle der Anlage erforderlich sind, müssen mit Deckeln verschlossen sein, die durch eine Person leicht zu öffnen sind. Das Gewicht jedes abnehmbaren Einzelteiles darf gemäß DIN 4261, Blatt 1, 65 kg nicht überschreiten. Die Deckel dürfen nicht überschüttet oder verstellt werden.

4.1.5 Lüftung

Zur Ableitung der beim Faulprozeß sich entwickelnden Gase sind die Anlagen zu be- und entlüften. Dies kann entweder durch Fallrohre oder durch besondere Entlüftungsrohre von mindestens 10 cm Durchmesser erfolgen.

Für die Entlüftung sind korrosionsbeständige Rohre zu verwenden. Diese sind innerhalb des Hauses möglichst gerade bis über das Dach zu führen.

In der BRD sind die Zulaufleitungen gemäß DIN 1986, Blatt 1, zu entlüften. In Österreich befaßt sich die ÖNORM B 2501 mit der Be- und Entlüftung von Anlagen. Falls die lichte Höhe zwischen Wasserspiegel und Deckenunterkante 1 m überschreitet, sind besondere Lüftungsleitungen herzustellen.

4.1.6 Einleiten von Fremdwasser

Das Einleiten von Fremdwasser in Kleinkläranlagen sollte möglichst unterbunden werden. Nach DIN 4261, Blatt 1, sowie nach der ÖNORM B 2502 ist es unzulässig.

4.1.7 Elektrische Einrichtungen

Die elektrischen Einrichtungen müssen den jeweils gültigen Vorschriften (ÖVE, VDE, SEV) entsprechen.

4.1.8 Maschinelle Einrichtungen

Die maschinellen Einrichtungen (z.B. Belüftungsaggregat) sind mit plombierten Betriebsstundenzählern (vierstellig) zu versehen. Betrieb und Betriebsstörungen der maschinellen Einrichtungen sind durch optische und (oder) akustische Signale anzuzeigen.

4.1.9 Unfallverhütung

Über die Einhaltung der jeweils gültigen Unfallverhütungsvorschriften hat der Hersteller eine Erklärung abzugeben.

4.2 Mechanische Kleinkläranlagen

Das Abwasser ist der ersten Kammer, gemäß der Abb. 7 und 8 mit einem Absturz von 10 cm über dem höchsten Wasserstand zuzuführen. Das Zulaufrohr soll etwas über die Innenwand hinausragen (nach DIN 4261, 50 bis 100 mm). Die Verbindung der Kammern untereinander ist so auszubilden, daß weder Boden- noch Schwimmschlamm übertreten kann. Hiefür sind geeignete Einrichtungen (Tauchwände, Ablaufschürze, T-förmige Rohrstücke, getauchte Öffnungen, senkrechte Schlitze mit 20 mm Mindestbreite) vorzusehen. Die Gesamtfläche der Durchtrittsöffnungen soll mindestens 175 cm^2 (und höchstens 350 cm^2 - nach DIN 4261) betragen. Unzulässig als Verbindung sind alle schlecht zu reinigenden Vorrichtungen, z.B. Doppel-T-Rohre, Rohrbogen. Die Oberkanten der Durchtrittsöffnungen und Schlitze müssen - nach DIN 4261 - mindestens 300 mm unter dem Wasserspiegel, die Unterkanten der Durchtrittsöffnungen müssen mindestens $1/2 \text{ t}$ über der Sohle liegen.

Kammerverbindungen anderer Art, deren Oberkante weniger als 300 mm unter dem Wasserspiegel liegen, müssen mit entsprechend tiefen Tauchwänden oder entsprechend tiefen und oben offenen T-Stücken versehen sein.

Der Ablauf ist gegen ein Abfließen von Schwimmschlamm durch eine Tauchwand oder ein oben offenes T-Stück zu schützen.

Tauchwände, Ablaufschürzen und T-förmige Rohrstücke müssen mindestens 15 cm über dem Scheitel der Ablauföffnung geführt werden (nach DIN 4261, Blatt 1 : 20 cm über dem Wasserspiegel) und wenigstens 30 cm (nach DIN 4261, Blatt 1 : 25 cm) tief eintauchen. Trennwände müssen mindestens 10 cm über dem Scheitel der Zulaufleitung geführt werden. Die Unterkanten von getauchten Öffnungen müssen mindestens $\frac{2}{3}$ der Wassertiefe über der Sohle liegen. Tauchwände und T-Stücke müssen gemäß DIN 4261 mindestens 300 cm² der mit dem Ablauf in Verbindung stehenden Wasseroberfläche abgrenzen und mindestens 300 m unter dem Wasserspiegel beginnen.

Durch die geeignete Anordnung von Zu- und Ablauf jeder Kammer ist Sorge zu tragen, daß der Durchflußraum möglichst ausgenutzt wird und Kurzschlußströmungen vermieden werden. Bei Anlagen über 20 m³ Fassungsraum kann eine gleichmäßige Durchströmung der Kammer dadurch begünstigt werden, daß der Ablauf als Rinne mit Zackenüberlauf ausgebildet wird. In diesem Falle können in den Trennwänden mehrere Verbindungsschlitze angebracht werden.

Abb. 7:3-Kammer-Faulanlage in Rundbauweise

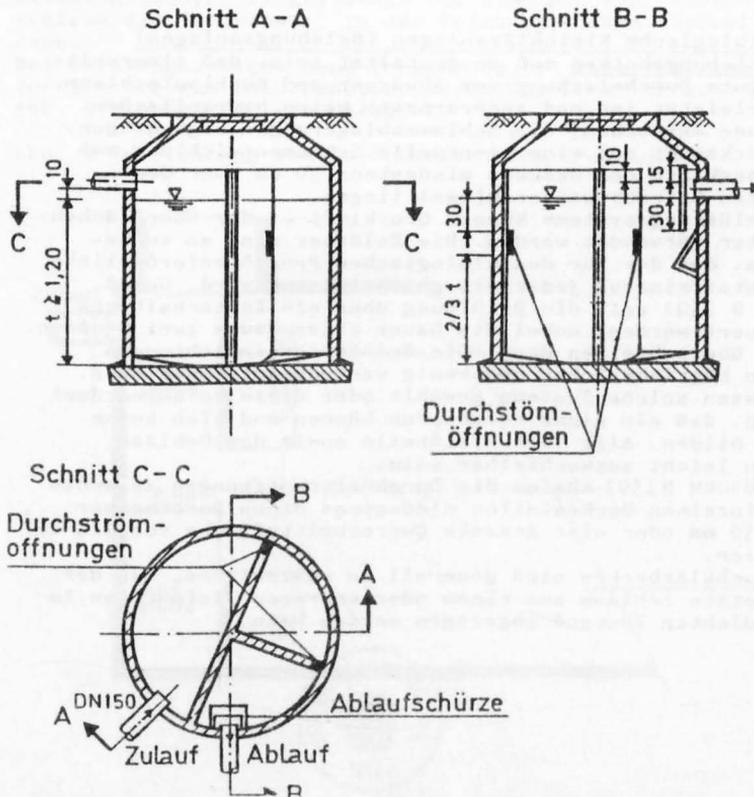
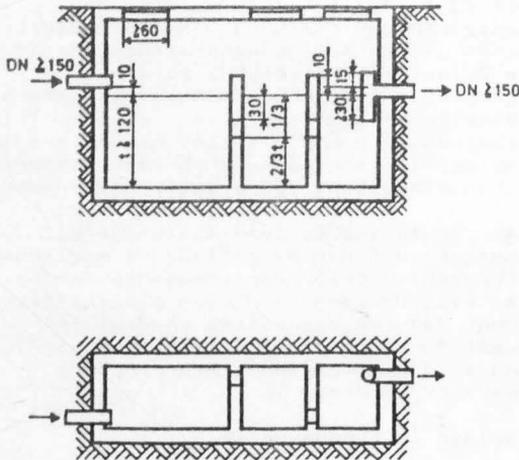


Abb. 8:3-Kammer-Faulanlage in Rechteckbauweise



4.3 Biologische Kleinkläranlagen (Belebungsanlagen)

Das Belebungsbecken muß so gestaltet sein, daß einerseits eine gute Durchmischung von Abwasser und Rücklaufschlamm gewährleistet ist und andererseits keine hydraulischen Toträume entstehen, die Schlammablagerungen begünstigen. Mit Rücksicht auf eine eventuelle Schaumentwicklung muß die Oberkante des Beckens mindestens 30 cm über dem höchsten Betriebswasserspiegel liegen.

Als Belüftungssysteme können Druckluft - oder Oberflächenbelüfter verwendet werden. Die Belüfter sind so zu bemessen, daß der für den biologischen Prozeß erforderliche Sauerstoffeintrag jederzeit gewährleistet wird. Gemäß ÖNORM B 2502 soll die Belüftung über ein Zeitschaltwerk gesteuert werden, wobei die Dauer einer Pause zwei Stunden nicht überschreiten darf. Die Belüftungseinrichtungen müssen betriebssicher und wenig wartungsaufwendig sein. Es müssen solche Systeme gewählt oder diese so angeordnet werden, daß sie nicht verstopfen können und sich keine Zöpfe bilden. Alle Verschleißteile sowie das Gebläse müssen leicht auswechselbar sein.

Nach ÖNORM B 2502 müssen die Durchtrittsöffnungen zwischen den einzelnen Beckenteilen mindestens einen Durchmesser von 150 mm oder eine gesamte Querschnittsfläche von 175 cm² besitzen.

Die Nachklärbecken sind generell so auszubilden, daß der abgesetzte Schlamm aus einem oder mehreren Tiefpunkten im eingedickten Zustand abgezogen werden kann.

Die Neigung der Rutschfläche soll dabei mindestens 60° betragen. Eine geeignete Verteilereinrichtung im Zulauf muß sicherstellen, daß Störungen des Absetzvorganges vermieden werden.

Vor dem Ablauf ist eine Tauchwand anzubringen, um ein Abtreiben von Schwimmschlamm zu vermeiden.

Empfehlenswert ist das Anbringen einer Vorrichtung, mit deren Hilfe der sich auf dem Nachklärbecken bildende Schwimmschlamm entweder abgesaugt oder zerstört werden kann. Die ÖNORM B 2502 schreibt eine solche Vorkehrung bindend vor. Die Überfallsschwellen sollen verstellbar sein, um ein nachträgliches Einjustieren zu ermöglichen.

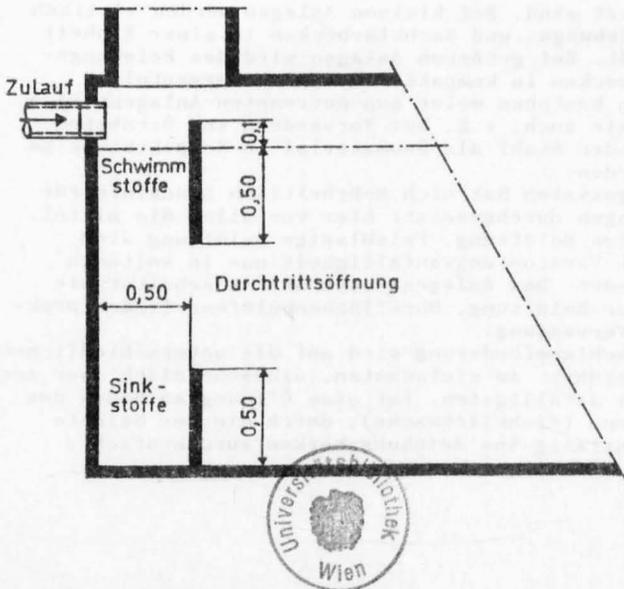
Bei Belebungsanlagen ist der Schlamm durch Zwangsförderung (steuerbar) oder unmittelbar (nicht oder nur gering steuerbar) infolge von Dichteunterschieden vom Nachklärbecken in das Belebungsbecken zurückzuführen. Förderaggregate bzw. Schlammdurchtrittsöffnungen für unmittelbare Schlammrückführung sind so zu bemessen, daß der Rücklauf ein Mehrfaches des mittleren Abwasserzuflusses beträgt.

Bei Belebungsanlagen ohne Vorklärung ist ein Schlamm Speicher vorzusehen. Dieser ist abzudecken und muß mindestens von oben entleert werden können. Jeder Schlamm Speicher ist mit einem Überlauf zu versehen, der über dem Wasserspiegel des Belebungsbeckens liegt, sodaß bei Zupumpen von Überschusschlamm das Trübwasser in das Belebungsbecken zurückfließen kann.

Bei Belebungsanlagen ohne Vorklärung ist außerdem eine Vorrichtung zum Zurückhalten von Grobstoffen vorzusehen.

Abb. 9 gibt hierfür ein Beispiel:

Abb. 9: Vorrichtung zum Zurückhalten von Grobstoffen



III. AUSFÜHRUNGSFORMEN VON KLEINBELEBUNGSANLAGEN

1. VORBEMERKUNG

Im Folgenden sollen einige Typen von Kleinbelebungsanlagen vorgestellt werden. Es wurden dabei nur Anlagen aufgenommen, die dem Verfasser nicht nur vom Prospekt, sondern auch vom Betrieb her bekannt sind.

2. ALLGEMEINES

An Baumaterialien für Kleinbelebungsanlagen werden häufig Stahlbetonfertigteile verwendet. Meist sind es einzelne Ringe, die zu einer Einheit zusammengesetzt werden. Auch die Unterteilungen erfolgen durch Betonzwischenwände. Die Einbauten, wie Ablaufrinnen, Verbindungsleitungen, Gebläseköpfe usw. werden meist aus Kunststoff hergestellt. In jüngster Zeit wird für kleine Anschlußwerte auch Kunststoff verwendet, der den Vorteil hat, ein niedriges Gewicht zu besitzen. Die Anlagen können im Werk fix und fertig montiert, direkt versetzt und angeschlossen werden. Dies ist bei Kläranlagen aus Stahlbeton meist nicht möglich (außer bei sehr kleinen Anschlußwerten), da das Gewicht der fertiggestellten Kläranlage für einen Transport auf der Straße zu hoch ist. Vereinzelt findet man auch Kläranlagen aus Stahl, doch sind diese Anlagen meist teurer als die obigen.

Von der Bauweise her kann man unterscheiden zwischen Kompaktanlagen und Anlagen, die aus einzelnen Behältern zusammengesetzt sind. Bei kleinen Anlagen werden vielfach Vorklär-, Belebungs- und Nachklärbecken in einer Einheit zusammengefaßt. Bei größeren Anlagen wird das Belebungs- und Nachklärbecken in kompakter Bauweise hergestellt. Große Anlagen bestehen meist aus getrennten Anlagenteilen, doch können sie auch, z.B. bei Verwendung von Ortsbeton Formsteinen oder Stahl als Baumaterial in Kompaktbauweise errichtet werden.

Als Belüftungssystem hat sich mehrheitlich Druckluft für Kleinkläranlagen durchgesetzt; hier vor allem die mittel- und großblasige Belüftung. Feinblasige Belüftung wird infolge ihrer Verstopfungsanfälligkeit nur in seltenen Fällen verwendet. Das Anlagensystem AKTUAL arbeitet mit einer Injektor-Belüftung. Oberflächenbelüfter finden praktisch keine Verwendung.

Die Rücklaufschlammförderung wird auf die unterschiedlichste Weise durchgeführt. Am einfachsten, wahrscheinlich aber auch im Betrieb am anfälligsten, ist eine Öffnung am Boden des Nachklärbeckens (Nachklärtafche), durch die der belebte Schlamm selbsttätig ins Belebungsbecken zurückrutscht.

Eine andere Möglichkeit besteht in der Verwendung von Rücklaufschlamm-pumpen, meist in Form eines Mammuthebers, mit welcher eine annähernd gleichbleibende Rücklaufschlamm-förderung erzielt wird. Beim System PUTOX wird der Rücklaufschlamm zwangsweise durch Kombination der Rücklaufschlamm-leitung mit dem Gebläsekopf in das Belebungsbecken zurück-geführt.

Pufferbecken, Überschussschlamm-speicher, spezielle Schaltun-gen für Tag- und Nachtbetrieb oder für Saisonbetrieb, automatische Schwimmschlammrückführung - oder -zerstörung, selbsttätige Überschussschlamm-entnahmeeinheiten und vieles mehr ergänzen die Ausrüstungsmöglichkeiten von Kleinbe-lebungsanlagen. Sie erlaube es, die Anlage entsprechend den jeweiligen Anforderungen auszurüsten und haben mit dazu geführt, daß Belebungsanlagen auch am Kleinkläran-lagensektor heute eine dominierende Stellung erreicht haben.

Die folgende Tabelle 18 gibt einen Überblick über einige derartige Systeme, sowie deren Charakteristik. Sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es sollen dem Leser nur einige typische Vertreter von Kleinbelebungsanlagen vorgestellt werden. Die Reihung ist alphabetisch und stellt keine Bewertung dar.

Des besseren Verständnisse wegen sollen im Folgenden die in der Tabelle aufgenommenen Kläranlagensysteme näher be-schrieben werden. Dabei sollen die speziellen Eigenheiten, sowie etwaige Vor- und Nachteile der einzelnen Anlagen gegenüber anderen herausgearbeitet werden.

Tabelle 18: Übersicht über verschiedene Kleinbelebungsanlagen-Systeme

Anlage	Baumaterial Wände Einbauten	Bauweise	Belüftungs- system	Rücklaufschlamm- förderung	Sonstiges
AKTUAL	Stahl- GFK beton	Belebungs- u. Nachklärbecken in einem Becken, sonst mehrere Becken	Injektor	Nachklärbecken unten offen, Schlamm rutscht in das Belebungsbecken	automatische Überschuß- schlammpumpe
HORNBACH	Stahl- Kunst- beton stoff	Mehrbehälter- bauweise, kleine Typen bis 53 E Bele- bungs- und Nachklärbecken kompakt	Druckluft- heber	kleine Typen: Nachklärta- sche; sonst Mammut- heber	automatische Überschuß- schlammpumpe
KK-SL	Stahl Stahl	kompakt	Druckluft	Mammutheber	
ROTOX	Stahl- PVC beton	kompakt	Druckluft	Mammutheber	Steuerung des Belüfters über stufenlos regulierbares Prozentschalt- werk
MENZEL	Stahl- Beton und beton Kunststoff	Mehrbehälter- bauweise, bei kleinen Typen Belebungs- u. Nachklärbecken in einem Becken	Druckluft	Mammutheber	

Tabelle 18: Übersicht über verschiedene Kleinbelebungsanlagen-Systeme

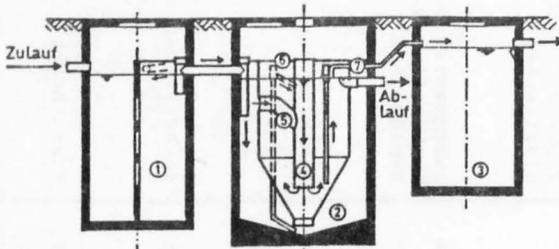
Anlage	Baumaterial		Bauweise	Belüftungs- system	Rücklaufschlamm- förderung	Sonstiges
	Wände	Einbauten				
OMS	Stahl- beton oder GFK	Kunststoff oder ver- zinkter Formstahl	kleine Typen kompakt, große Mehrbe- hälterbauweise	Druckluft	Mammutherer, kleine Typen mit Nach- klärtafchen	Verwendung von zweistöck- kigen Anlagen als Absetz- anlage
PUTOX	Stahl- beton	Beton und Kunststoff	kompakt oder Mehrbehälter- bauweise	Druckluft	zwangsweise durch Kombination mit Gebläsekopf	Überschußschlamm- pumpe mit Mam- mutherer; Auto- matische Schwimmschlamm- zerstörung
SALZ- KOTTEN	Stahl	Stahl	kompakt	Druckluft	Nachklärtafche	Automatische Schwimmschlamm- absaugung mit Mammutherer
SCHREIBER	Stahl- beton	Beton und Kunststoff	kompakt	Druckluft	Nachklärtafche	
STEINMANN & LITIG	Stahl- beton	Kunststoff	kompakt	Druckluft	Mammutherer	Statt Vor- klärung belüf- tete Rechen- gutkammer mit Fettabscheider, automatische Überschuß- schlammpumpe mit Mammutherer

3. SYSTEM AKTUAL

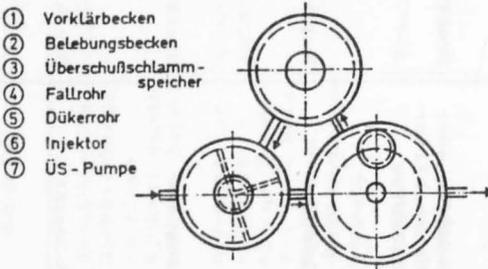
Das Charakteristikum dieser Anlage ist das Belüftungssystem, das als Injektor ausgebildet ist.

Als Vorklärbecken wird eine 3-Kammerfaulgrube verwendet. Das Belebungsbecken ist zylindrisch und hat einen leicht kegelförmigen Boden. Im Belebungsbecken hängt zentrisch das aus GFK hergestellte Nachklärbecken. Es ist ein Dortmundbrunnen mit unten offenem Trichter, der in der senkrechten Mittelachse über der kegelförmigen Basis des Belebungsbeckens endet (Abb. 10).

Abb. 10: System AKTUAL



Schematischer Schnitt



Grundriß-Anordnung

An dieser Stelle - jedoch etwas seitlich versetzt - saugt die Injektorpumpe das Belebtschlamm-Wassergemisch an. Danach nimmt die Pumpe in der Höhe des Wasserspiegels die für das Belebungsverfahren erforderliche Luftmenge auf. Zwischen dem Belebtschlamm-Wassergemisch und der durch den Injektor zugeführten Luft wird ein Mischungsverhältnis von etwa 1:1 erzielt. Dieses Gemisch wird nun, unterhalb des Wasserspiegels schräg nach unten gerichtet, mit hoher Geschwindigkeit in Ansaugrichtung in das ringförmige Belebungsbecken gefördert.

Die exzentrische Umwälzung bewirkt eine spiralförmige von oben nach unten kreisende Bewegung des Belebtschlamm-Wassergemisches. Dadurch entsteht in dem zentrisch im Nachklärbecken gelegenen Fallrohr ein Druckabfall, der beim Belüftungsvorgang eine Strömung des Belebtschlamm-Wassergemisches durch das Dükerrohr, und nach abwärts gerichtet, durch das Fallrohr, bewirkt. Der im Nachklärbecken sich absetzende Schlamm wird von dieser Strömung erfaßt und in das Belebungsbecken zugeführt.

Nachteilig bei der Injektorbelüftung dürfte die doch gegebene Verstopfungsanfälligkeit des Belüftungssystems sein, vor allem dann, wenn Stoff- oder Papierfetzen bzw. Kunststoffteile oder dergleichen (z.B. bei hydraulischer Überlastung des Vorklärbeckens) in das Belebungsbecken gelangen. Dies ist vor allem bei kleinen Anschlußwerten denkbar.

4. SYSTEM HORNBAACH

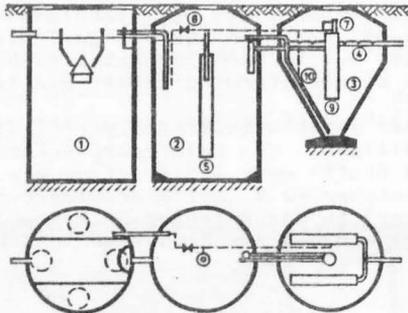
Kläranlagen des Systems Hornbach werden bis zu einem Anschlußwert von 53 E in 2 Becken, darüber in 3 Becken, ausgeführt.

Typisch für dieses System ist die Verwendung eines Drucklufthebers als Belüftungssystem. Der für den biologischen Abbau erforderliche Sauerstoff wird mit Hilfe eines Zeittakt gesteuerten Ringgebläses, das entweder in der Dreikammergrube oder außerhalb der Anlage montiert ist, das gleichzeitig die Umwälzung des Schlamm-Wassergemisches gewährleistet, eingetragen (Abb. 11).

Bei allen Typen ist ein automatischer Überschußschlammheber eingebaut. Der Rücklaufschlamm wird mit Hilfe eines Mammuthebers in das Belebungsbecken zurückgefördert.

Nachteilig ist die Ausbildung des Vorklärbeckens bei einem Anschlußwert von über 60 E als Emscherbrunnen. Zweistöckige Kläranlagen liefern meist nur grobgeklärtes Abwasser, was zu Ablagerungs- und Verstopfungsproblemen im System Belebungsbecken - Nachklärbecken führen kann. Der Anfaulungsgrad des Zuflusses zum Belebungsbecken wechselt bei Emscherbrunnen meist stark. Dies kann ungünstige Schlammeigenschaften bewirken.

Abb. 11: System HORNBACH



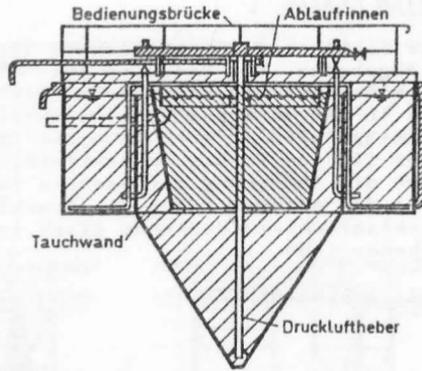
- ① Vorklärung und Schlamm-speicher
- ② Belebungsbecken
- ③ Nachklärbecken
- ④ Ablaufrinne mit Tauchwand
- ⑤ Belüftung
- ⑥ Druckluftheber für Rücklaufschlamm
- ⑦ Gebläse
- ⑧ Magnetventil
- ⑨ Leitrohr
- ⑩ Druckluftheber für Rücklaufschlamm
Luftleitungen

5. SYSTEM KK-SL

Diese Kläranlage ist aus Stahl ausgeführt. Dieses Material hat den Vorteil, daß es sich leicht zu jeder beliebigen Form verarbeiten läßt. Außerdem weist es ein geringeres Gewicht als Stahlbeton auf. Im Gegensatz zur Betonausführung muß hier jedoch ein besonderer Wert auf einen ausreichenden Korrosionsschutz gelegt werden.

Obige Kläranlage ist als Kompaktanlage ausgebildet. Ein zentrales Nachklärbecken ist ringförmig von einem Belebungsbecken umgeben. Vorklärbecken ist keines vorgesehen. Die Belüftung erfolgt mit Druckluft. Der Rücklaufschlamm wird mit Hilfe eines Mammuthebers ins Belebungsbecken zurückgepumpt (Abb. 12).

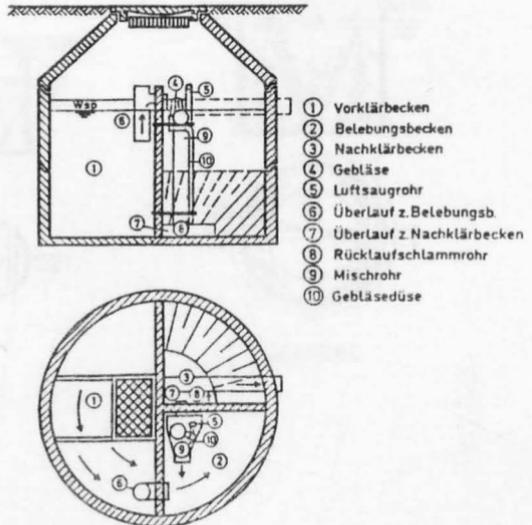
Abb. 12: System KK-SL



6. SYSTEM ROTOX

Das Charakteristikum dieser Anlage ist das Belüftungssystem. Der Rotox Belüfter trägt feinblasige Luft mit einem energie-reichen Wasserstrahl ein. Er sorgt für den erforderlichen Sauerstoffbedarf und verhindert gleichzeitig Bodenablagerungen. Über ein stufenlos regulierbares Prozentschaltwerk läßt sich die Belüftungszeit genau den entsprechenden Erfordernissen anpassen (Abb. 13).

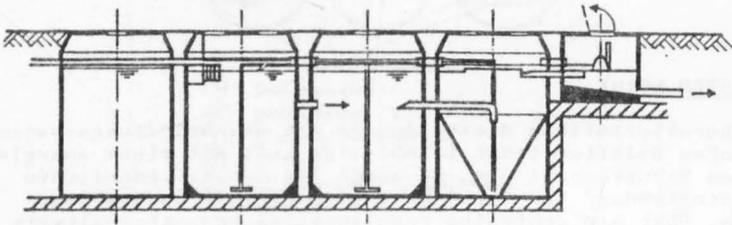
Abb. 13: System Rotox



7. SYSTEM MENZEL

Von der Firma werden verschiedene Typen von Kleinkläranlagen angeboten. Die kleinste Type AK besteht aus 2 Becken, dem Vorklärbecken (Zweikammerfallgrube) und dem Belebungsbecken, in das zentrisch das Nachklärbecken eingebaut ist. Diese Anlage wird im Werk in einem monolithischen Betonbehälter fix und fertig vormontiert, sodaß beim Versetzen nur noch die Abdeckung aufzusetzen ist. Belüftet wird wie auch bei den anderen Typen mit Druckluft (mittelblasig). Zur Rücklaufschlammförderung dient in allen Fällen ein Mammutheber (Abb. 14).

Abb. 14: System MENZEL

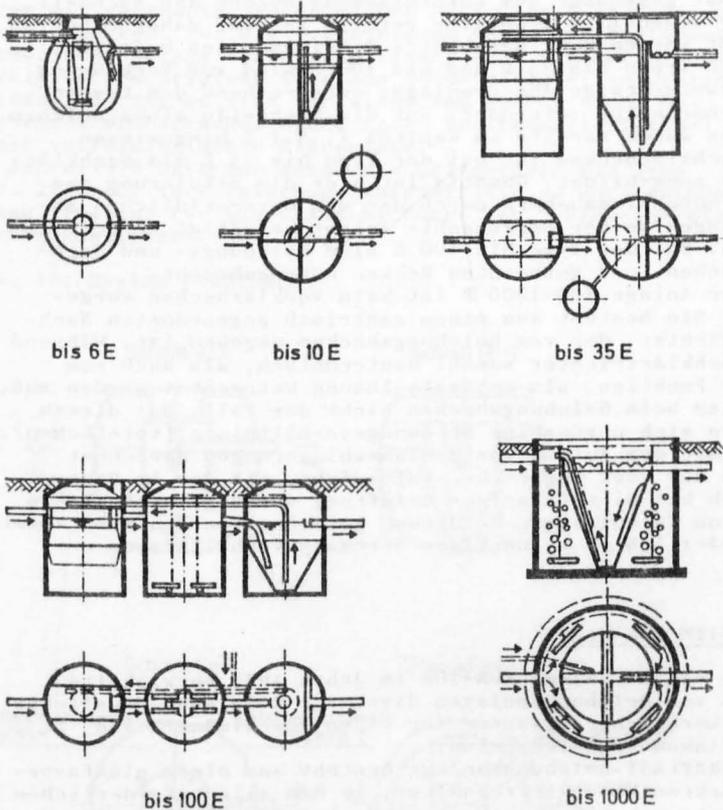


8. SYSTEM OMS

OMS-Kläranlagen stellen ein eigenwilliges Kläranlage-System von insgesamt 5 Grundtypen dar.

Die Kläranlagen werden generell aus Stahlbeton oder glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK), die Einbauten und Rohrleitungen aus korrosionsfestem Kunststoff oder verzinktem Formstahl hergestellt (Abb. 15).

Abb. 15: System OMS



Die kleinste Type bis 6 E besteht aus einem zentrisch angeordneten Belebungsbecken, das ein Nachklärbecken umgibt. Vorklärung ist keine vorgesehen, sodaß alle Grobstoffe in das Belebungsbecken gelangen. Die Funktion des Nachklärbeckens soll durch eine wasserdurchlässige Membran ersetzt werden. Bei dieser ist mit Sicherheit bei längerem Betrieb, zumal kein Vorklärbecken vorhanden ist, mit einem Verstopfen zu rechnen. Diese Anlage erscheint für einen Dauerbetrieb ungeeignet (s. Abb. 15).

Bei der Anlage bis 10 E ist statt eines Entschlammungsbeckens ein Grobfang mit Schlammstilo vorhanden. Der Grobfang hat gegenüber dem Entschlammungsbecken den Nachteil, daß er wesentlich schneller gefüllt ist und daher öfter geräumt werden muß, was höhere Betriebskosten bedeutet. Bei den Typen bis 35 E und bis 100 E wird zur Vorklärung eine zweistöckige Absetzanlage, entsprechend dem Emscherbrunnenprinzip, verwendet. Auf die Nachteile eines solchen Systems wurde bereits in Kapitel I, 5.1.2 hingewiesen. Das Nachklärbecken ist bei der Type bis 35 E als Nachklärtaische ausgebildet. Günstig ist hier die Situierung des Überschußschlammhebers durch den die unvermeidlichen Ablagerungen an der Beckensohle leicht beseitigt werden können. Bei der Type bis 100 E sind Belebungs- und Nachklärbecken in 2 getrennten Becken untergebracht. Bei der Anlage 100-1000 E ist kein Vorklärbecken vorgesehen. Sie besteht aus einem zentrisch angeordneten Nachklärtrichter, der vom Belebungsbecken umgeben ist. Während der Nachklärtrichter sowohl bautechnisch, als auch von seiner Funktion, als optimale Lösung betrachtet werden muß, ist dies beim Belebungsbecken nicht der Fall. Bei diesem ergeben sich ungünstige Strömungsverhältnisse (tote Ecken), sodaß mit dem Aufbau von Schlammablagerungen gerechnet werden muß. Bei ungleicher Luftzufuhr, mit der im Dauerbetrieb bei mittelblasiger Belüftung durch gelochte Rohre oder von feinblasiger Belüftung gerechnet werden muß, kommt es zusätzlich zu ungünstigen Strömungsverhältnissen.

9. SYSTEM PURAPLAST

Dieses von der Firma PURATOR im Jahre 1978 entwickelte System von Belebungsanlagen dient zur Reinigung häuslicher und gewerblicher Abwässer für einen Anschlußwert von 7-30 Einwohnergleichwerten.

Die PURAPLAST-Belebungsanlage besteht aus einem glasfaserverstärkten Kunststoffbehälter, in dem alle erforderlichen Aggregate mit GFK eingebaut sind. Infolge ihres geringen Gewichtes kann die Anlage im Werk zusammengebaut werden.

Sie kann daher direkt in ein Sandbett versetzt werden. Betonarbeiten vor Ort sind nicht mehr erforderlich. Für den Transport und für das Versetzen sind Haken vorhanden. Zur Sicherung gegen Auftrieb bei hohem Grundwasserspiegel dienen Abspannhaken für eine Fertigteilbetonplatte.

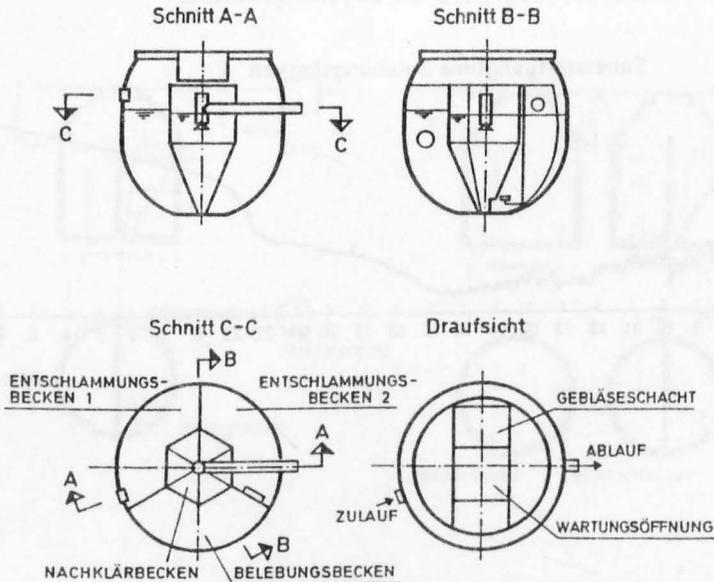
PURAPLAST ist grundsätzlich in 2 Typen lieferbar: mit eingebauter (Typen E.V. für 7, 9, 13 und 20 EGW), als auch mit getrennter (Typen G.V. für 16, 21 und 30 EGW) Vorklärung.

Typen mit eingebauter Vorreinigung enthalten Vorklär-, Belebungs- und Nachklärbecken in einem Behälter.

Typen mit getrennter Vorreinigung enthalten Belebungs- und Nachklärbecken. Für die Vorreinigung kann eine bestehende mechanische Anlage Verwendung finden bzw. ein entsprechendes Vorklärbecken ortsfest oder aus Betonfertigteilen errichtet werden. Sie eignet sich vor allem zum Ausbau einer bestehenden mechanischen Stufe (z.B. Dreikammerfaulgrube) zu einer vollbiologischen Kläranlage.

Im Jahre 1978 hatte der Autor die Gelegenheit die Type E.V. 22-7 auf ihre Leistungsfähigkeit hin zu untersuchen (14). Diese Type ist für einen Anschlußwert von 7 Einwohnergleichwerten konzipiert (Abb. 16).

Abb. 16: System PURAPLAST

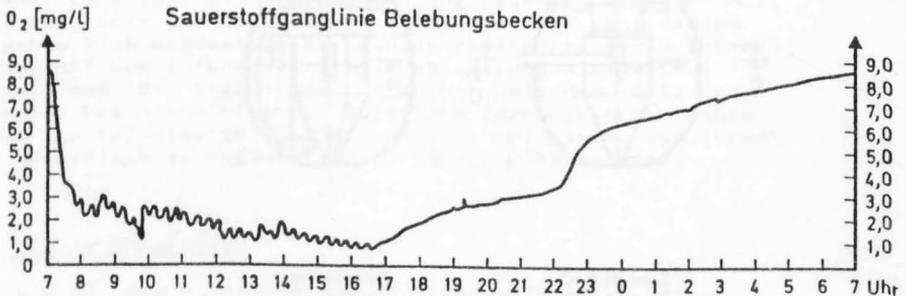


Bei der Untersuchung wurde die Kläranlage in zwei Versuchsabschnitten, einmal im Mittel bei einer BSB₅-Raumbelastung B_R von 0,12 kg/m³.d und einmal von 0,23 kg/m³.d, betrieben. Die Beschickung erfolgte mit $Q/10$. In beiden Versuchszeiträumen erbrachte die Kläranlage ein ausgezeichnetes Reinigungsergebnis. So lag der BSB₅ im Ablauf beim ersten Versuchsabschnitt im Mittel bei 5 mg/l und im zweiten Abschnitt bei 19 mg/l.

Interessant bei dieser Untersuchung war der Verlauf der mit einer Sauerstoffsonde im Belebungsbecken aufgenommenen Sauerstoffganglinie (Abb. 17). Dabei zeigte sich, daß bei Beschickungsbeginn der Sauerstoffgehalt, der in den Nachtstunden bis über 8 mg/l anstieg, innerhalb einer Stunde auf 1-2 mg/l absank.

Aus der Ganglinie konnte man auch sehr gut die Schaltintervalle erkennen. Nach Ende der Beschickung stieg der Sauerstoffgehalt nicht gleichmäßig, sondern in 2 Etappen an. In der ersten Stufe (diese dauerte etwa 5-6 Stunden) erhöhte sich der Wert allmählich auf 3-4 mg/l. Dann stieg er innerhalb kürzester Zeit rapide an und näherte sich danach allmählich dem Sättigungswert. Dieser Verlauf des Anstieges des Sauerstoffgehaltes ist darauf zurückzuführen, daß mit Ende der Beschickung noch viele organische Substanzen an der Belebtschlammflocke adsorbiert sind. Erst, wenn diese abgebaut sind, steigt der Sauerstoffgehalt stark an.

Abb. 17: Sauerstoffganglinie im Belebungsbecken

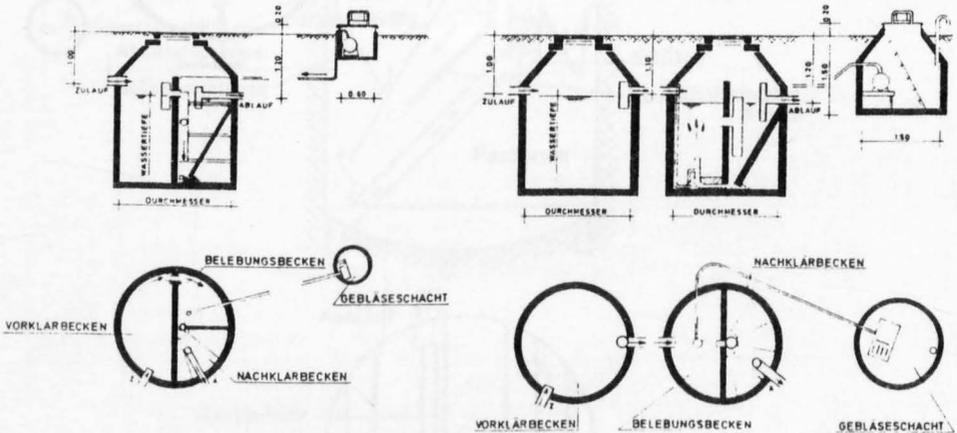


10. SYSTEM PUTOX

Charakteristisch für dieses System ist die zwangsweise Rücklaufschlammförderung durch Kombination der Rücklaufschlammleitung mit dem Gebläsekopf. Dieses Prinzip hat gegenüber der getrennten Förderung mit Hilfe eines Mammuthebers mehrere Vorteile: Es gibt keine Probleme mit der Aufteilung der Luft auf Belebungsbecken und Rücklaufschlammleitung, welche bei anderen Systemen leicht zu betrieblichen Schwierigkeiten führen kann. Für die Förderung des Rücklaufschlammes ist auch keine zusätzliche Energie erforderlich. Um Energie zu sparen, wird bei Mammuthebern meist nur mit einer kleinen Luftmenge für die Rücklaufschlammförderung gearbeitet, wodurch das Rücklaufschlammverhältnis kleiner ist, als bei PUTOX-Anlagen. Durch ein großes Rücklaufschlammverhältnis werden Belastungsstöße gut ausgeglichen, vor allem erweist sich die große Rücklaufschlammmenge bei leichtem belebten Schlamm von Vorteil.

Da sich die Ansaugleitung für die Rücklaufschlammleitung an der Sohle des Nachklärbeckens befindet, kann es - im Gegensatz zu einer Nachklärtasche - zu keinerlei Ablagerungen kommen. Die Rücklaufschlammleitung selbst kann entweder unterirdisch geführt werden oder als hochgezogene Leitung (im Form eines "H") ausgebildet sein.

Abb. 18: System PUTOX

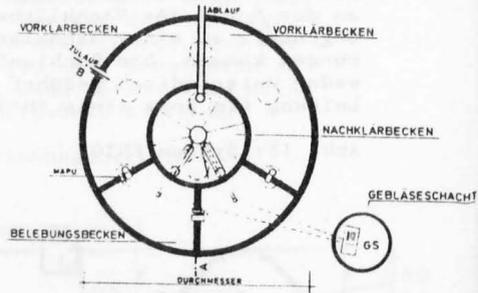
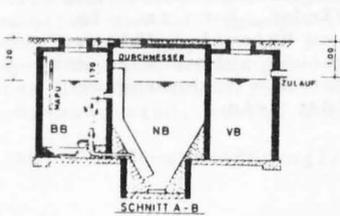


Bei PUTOX-Belebungsanlagen wird bei sämtlichen Typen das Abwasser grundsätzlich in einem Entschlammungsbecken von Feststoffen befreit. Dadurch kann es im anschließenden System Belebungsbecken - Nachklärbecken durch diese Stoffe zu keinerlei Betriebsschwierigkeiten kommen.

PUTOX-Belebungsanlagen bis zu 150 EGW werden in der BRD als Ein- oder Mehrbehälteranlagen aus serienmäßigen Betonfertigteilen hergestellt. Kläranlagen ab 200 EGW werden als Kompaktanlagen konstruiert.

In Österreich kommen bis etwa 100 EGW PURATOX-Kläranlagen zur Anwendung. Größere Typen werden in Mehrbehälterbauweise erstellt (Abb. 19) (111).

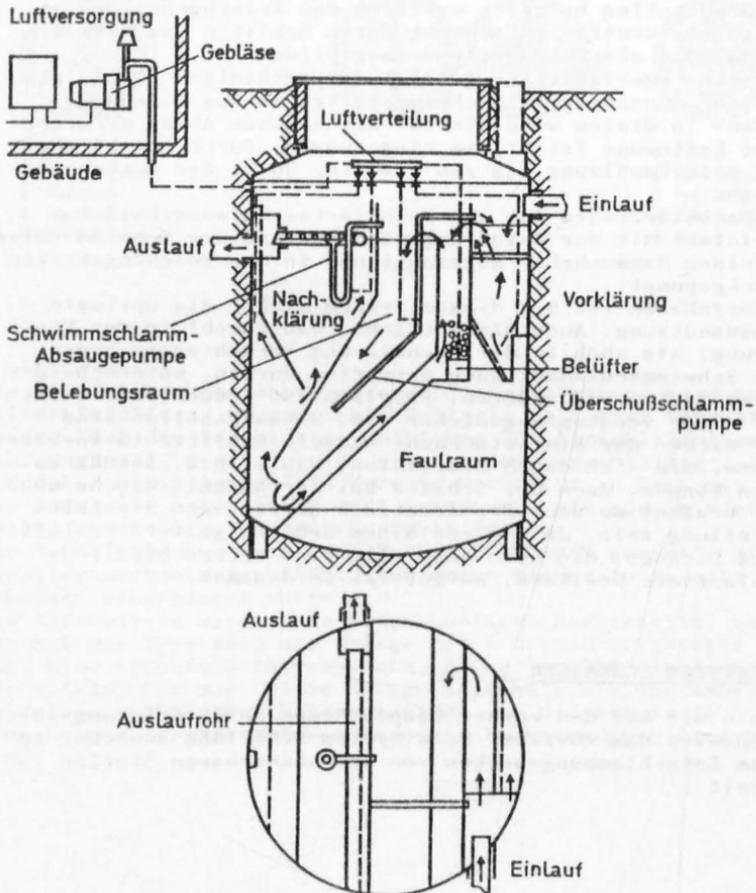
Abb. 19: System PUTOX



11. SYSTEM SALZKOTTEN

Das System SALZKOTTEN stellt sicher eine sehr individuelle Lösung dar. In einem außen mit Bitumen und innen mit Spezial-Kunststoff beschichtetem Stahlbehälter ist in kompakter Bauweise die Kläranlage eingebaut. Zur Unterbringung von Vorklär-, Belebungs- und Nachklärbecken auf engstem Raume gemäß DIN, ist eine auf dem ersten Blicke recht komplizierte Kläranlage entstanden (Abb. 20). Gemäß Gutachten von Prof. BÖHNKE erfüllt sie jedoch sämtliche an sie gestellten Forderungen (26).

Abb. 20: System SALZKOTTEN



Bei obigem System wird das Abwasser zunächst in einer zweistufigen, mechanischen Vorreinigung von Grob- und Schwebstoffen befreit. Das der Kläranlage zufließende Abwasser gelangt in den Einlaufschacht, der bei gleichbleibendem Querschnitt eine Verbindung zum tieferliegenden Faulraum herstellt.

Aus einer Luftkammer tritt periodisch ein Luftschwall in den Einlaufschacht ein, der unter stoßweiser Umwälzung des Abwassers die Bildung einer Schwimmschlammdecke verhindert und gleichzeitig die organischen Feststoffe in Lösung bringt. Der Luftschwall bewirkt außerdem eine Sauerstoffanreicherung und damit die Frischerhaltung des Abwassers. Während der Periode der Nichtbelüftung erfolgt die Sedimentation der spezifisch schweren Stoffe als Wasser, die durch die offene Verbindung direkt in den Faulraum gelangen.

Von Grobstoffen befreit, erreicht das frischgehaltene Abwasser aus dem Einlaufschacht durch Schlitze das Vorklärbecken, das als Emscherrinne ausgebildet ist.

Über eine Überfallkante gelangt das mechanisch gereinigte Abwasser, zusammen mit Schwimmstoffen in das Belebungsbecken. In diesem wird die für den aeroben Abbau erforderliche Luftmenge feinblasig eingetragen. Durch Leitbleche wird eine Umwälzung bis zum tiefsten Punkt des Beckens erzwungen.

Das Nachklärbecken ist als Nachklärtaische ausgebildet, Kombiniert mit der Belüftung wird laufend der Schwimmschlamm mit einem Mammutheber abgesaugt und in das Belebungsbecken zurückgepumpt.

Hervorzuheben ist bei diesem System sicher die optimale Raumausnutzung. Auch die Tatsache, daß sowohl in der Vorklärung, als auch in der Nachklärung Vorkehrungen gegen eine Schwimmschlammbildung getroffen wurden, unterscheidet dieses System von anderen. Fraglich ist jedoch, inwieweit die Anlage verstopfungssicher ist. Schwachstellen sind hier sicher der Einlaufschacht und die Schlitze im Vorklärbecken, die sich durch Stoffetzen, Papier u.ä. leicht zulegen können. Auch der Schlitz bei der Nachklärtaische muß hier erwähnt werden. Problematisch dürfte auch die Luftaufteilung sein, da die von einem Gebläse gelieferte Luft auf 4 Stränge, die noch dazu alle eine unterschiedliche Einblastiefe besitzen, aufgeteilt werden muß.

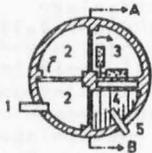
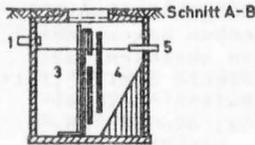
12. SYSTEM SCHREIBER

Ebenso wie bei den vorher besprochenen PUTOX-Belebungsanlagen wird das Abwasser beim System SCHREIBER zunächst in einem Entschlammungsbecken von den absetzbaren Stoffen befreit.

Günstig ist dabei die Unterteilung des Entschlammungsbeckens, in mehrere Kammern (2-4 je nach Type) - Abb. 21.

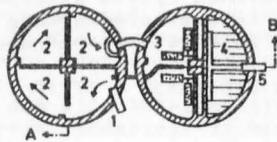
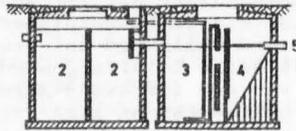
Abb. 21: System SCHREIBER

Type KB-E (6-125 EGW)

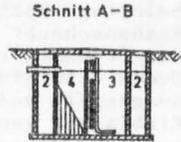


- 1 Zulauf
- 2 Vorreinigung
- 3 Belegung
- 4 Nachreinigung
- 5 Ablauf

Type KB-S (25-100 EGW)



Type KB-M (125-200 EGW)



- 1 Zulauf
- 2 Vorreinigung
- 3 Belegung
- 4 Nachreinigung
- 5 Ablauf

Die für den aeroben Abbau erforderliche Luftmenge wird über Filter feinblasig eingedrückt. Generell soll hier bemerkt werden, daß die feinblasige Belüftung für Kleinkläranlagen sehr ungünstig erscheint, da sie verstopfungsanfällig ist und daher einer intensiven Wartung bedarf. Auch kann mit ihr kaum eine intermittierende Belüftung, wie sie in vielen Fällen zweckmäßig ist, durchgeführt werden.

Das Nachklärbecken wird beim System SCHREIBER generell mit Nachkläraschen ausgebildet, auf deren Nachteile bereits mehrfach eingegangen wurde.

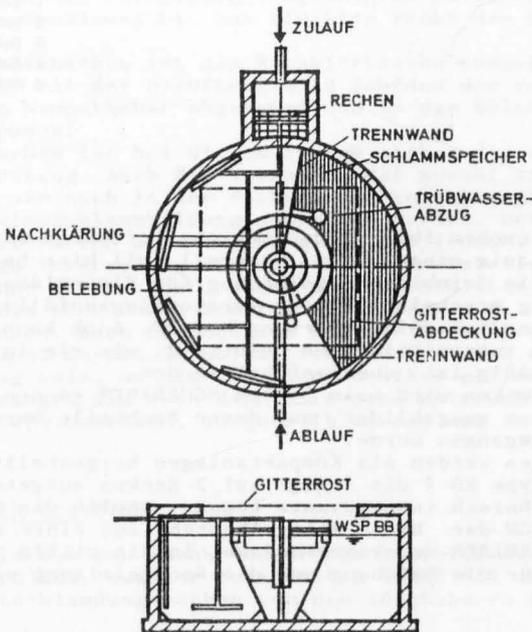
Die Kläranlagen werden als Kompaktanlagen hergestellt, wobei bei der Type KB-5 die Anlage auf 2 Becken aufgeteilt ist. Eine technisch interessante Lösung stellt die Anlage für 125-200 EGW dar. Diese Anlage besteht aus einer umgewandelten SCHREIBER-Mehrkommeranlage, in die mittig je eine Kammer für die Belegung und die Nachreinigung eingebaut sind.

13. SYSTEM STEINMANN & ITTIG

Eine technisch in vielen Punkten von den bisher besprochenen Systemen abweichende Anlage stellt das System von STEINMANN & ITTIG dar. So besteht die Anlage aus einem monolithisch gegossenen Stahlbetonbehälter.

Zur Entfernung der Grobstoffe ist bei dieser Anlage eine belüftete Rechengutkammer mit Fettabscheidung eingebaut. Im Rechenschacht ist ein selbstreinigender Rechen angeordnet, der Grobstoffe zurückhält und auf dem Boden absinken läßt. Durch eine grobblasige Belüftung werden leichte Stoffe (Fett) ausgespült und vor der Tauchwand zurückgehalten. Bei der Einblasung von Luft entsteht eine Turbulenz, die den Abscheidungs Vorgang unterstützt (Flotation). Mit Sicherheit ist bei einem solchen System gegenüber einer Absetzanlage eine wesentlich intensivere Wartung erforderlich; andernfalls es in kürzester Zeit zu Verstopfungen kommt (Abb. 21).

Abb. 22: System STEINMANN & ITTIG



IV. BETRIEB, WARTUNG, ÜBERWACHUNG UND PRÜFUNG VON KLEINBELEBUNGSANLAGEN

1. ALLGEMEINES

An den Kläranlagenbetrieb sind folgende Forderungen zu stellen:

Es muß mit großer Sicherheit die erforderliche Reinigungsleistung erbracht werden.

Es muß ein wirtschaftliches Betriebsergebnis erzielt werden.

Zur Erfüllung dieser Forderungen und zum optimalen Wirksamwerden der Investitionen für den Gewässerschutz sind auch bei Kleinkläranlagen laufende Kontroll-, Wartungs- und Reparaturarbeiten notwendig.

Voraussetzung hiefür ist, daß alle Anlagenteile, die der regelmäßigen Wartung bedürfen, jederzeit sicher zugänglich sind.

2. BETRIEB UND WARTUNG

Der vor dem Gesetz Verantwortliche (Konsensinhaber) hat für einen ordnungsgemäßen Betrieb und Wartung der Anlage zu sorgen. Die Wartung ist durch eine geeignete Person durchzuführen. Steht dem Betreiber kein eigenes Klärfachpersonal zur Verfügung, so hat er mit dem Hersteller oder einer geeigneten Institution einen Wartungsvertrag abzuschließen. Betrieb und Wartung sind so durchzuführen, daß Menschen und Umwelt weder gefährdet noch beeinträchtigt werden. Dies gilt besonders für das Entnehmen, den Abtransport und die Unterbringung von Schlamm oder Schwimmschlamm. Die für die Wartung erforderlichen Geräte sowie eine ausführliche Bedienungsanleitung müssen bei der Anlage vorhanden und dem Wartungspersonal zugänglich sein. Über die durchgeführten Wartungsarbeiten ist ein Wartungsbuch zu führen und zur Kontrolle bereit zu halten. (Abb. 23 zeigt hiefür ein Beispiel).

Besonderes Augenmerk ist vor allem Verstopfungen, undichten Stellen und Materialzerstörungen (wie z.B. Betonzerstörung, Putzschäden sowie Korrosionsschäden an Abdeckungen, Entlüftungen und Armaturen) zuzuwenden. Für die rasche Behebung solcher Schäden ist zu sorgen.

2.1 Eigenkontrolle während des Betriebes

Unter Eigenkontrolle sind alle Arbeiten zu verstehen, die in regelmäßigen Zeitabständen durch den Betreiber durchgeführt werden und im wesentlichen die Funktionskontrolle der Anlage sowie die Messung und Einstellung der wichtigsten Betriebsparameter zum Inhalt haben; dabei ist die Betriebsanleitung zu beachten. Meßwerte, Abweichungen von Sollwerten und Betriebsstörungen sind in ein Betriebsbuch einzutragen. Abweichungen von den Sollwerten und Betriebsstörungen sind unverzüglich zu beseitigen, gegebenenfalls unter Einschaltung des für die Wartung zuständigen Fachmannes.

2.1.1 Tägliche Kontrollen

Es ist zu kontrollieren, ob die Anlage in Betrieb ist.

2.1.2 Wöchentliche Kontrollen

Betriebsstundenzähler der maschinellen Einrichtungen und sonstige Anzeigeeinstrumente sind abzulesen.

Es sind Feststellungen zu treffen über die Funktion von

- Lufteintrag im Belebungsbecken,
- Schlamm- oder Abwasserrückführungen,
- Beschickungs- und Verteilereinrichtungen,
- Schlammvolumen im Belebungsbecken (gemäß ÖNORM B 2502).

2.1.3 Monatliche Kontrollen

Es sind folgende Kontrollen durchzuführen (nach DIN 4261, Teil 4):

- Bestimmung des Schlammvolumens bei Belebungsbecken nach den Angaben der Betriebsanleitung,
- Sichtkontrolle auf Schlammabtrieb im Ablauf,
- Feststellung von Schwimmschlammabildung auf der Nachklärbeckenoberfläche und gegebenenfalls Beseitigung des Schwimmschlammes.

2.2 Wartung

Unter Wartung sind umfangreiche, in größeren Zeitabständen durchzuführende Arbeiten und Untersuchungen zu verstehen, die grundsätzlich nicht vom Betreiber selbst, sondern über einen Wartungsvertrag vom Hersteller oder einem anderen Fachmann durchgeführt werden.

Nach ÖNORM B 2502 sollen Anlagen unter 100 EGW mindestens viermal jährlich, Anlagen über 100 EGW mindestens sechsmal jährlich von einem Klärfacharbeiter, wenn ein solcher nicht verfügbar ist, auf Basis eines Wartungsvertrages von der Herstellerfirma oder einer geeigneten Institution gewartet werden. Hierbei sind die maschinellen Anlagenteile zu überprüfen, weiters ist der Betriebszustand zu kontrollieren, eventuell Überschußschlamm abzuziehen (Ableitung in das Vorklärbecken oder Abtransport), bei Bedarf die Anlage zu reinigen und auf Betriebsfähigkeit und Betriebssicherheit zu achten.

Nach durchgeführter Wartung ist von demjenigen, der die Arbeiten vorgenommen hat, ein Bericht zu verfassen und dem Betreiber zuzusenden. Ein Muster eines solchen Berichtes zeigt die Abb. 24.

Abb. 24: Muster für einen Überprüfungsbericht - Blatt 1

KLÄRTECHNISCHER INSPEKTIONSDIENST

Nr. _____

Anlage in _____

Type _____

Überprüfungsbericht Nr. _____

Überprüfungsdatum _____

Abb. 24: Muster für einen Überprüfungsbericht - Blatt 2

Nr. _____

Wetterverhältnisse am Überprüfungstag	Temperatur
Letzte Überprüfung Nr.	Datum
Baufahr	Inbetriebnahme
Wartungsorgan	Bedienungsanleitung und Wartungsbuch vorh.
Angeschlossene Einwohnergleichwerte	
Letzte Räumung dar(s) Entschlammungsbecken(s)	
Letzte Überschußschlammnahme	entnommene m ³
Durchgeführte Sanierungs- und Wartungsarbeiten seit der letzten Überprüfung	
Gebälse Type 1	Stromaufnahme A
Kohleflügel	Luftfilter
Betriebsstundenzählerstand	angetroffenen Betriebszustand
eingestellte Belüftungszeit	Stunden/Tag
Lufteintrag Entschlammungsbecken 1	Lufteintrag Entschlammungsbecken 2
Lufteintrag Belebungsbecken	
Belebtschlammgehalt im Belebungsbecken (1/2stünd. Absetzzeit ml/l)	O ₂ -Gehalt mg/l
Schlammzirkulation	
Schwimmschlamm	
Ablaufprobe entnommen aus	um Uhr
Farbe, Trübung, Geruch	
Faulnisfähigkeit (Bilacetatpapierstreifen)	
Methylenblauprobe	
Temperatur	pH-Wert
Absetzbare Schwebstoffe (1/2stünd. Absetzzeit ml/l)	Durchsichtigkeit
COD mg/l	TOC mg/l
Sonstiges	

Abb 24: Muster für einen Überprüfungsbericht - Blatt 3

Nr. _____

<p>Baulicher Zustand der Kläranlage hinsichtlich der klärtechnischen Funktion (Wasserdichtheit, Abdeckung, Entlüftung usw.)</p>
<p>Vom Oberprüfer durchgeführte Maßnahmen an Ort und Stelle</p>
<p>Empfohlene Sanierungsmaßnahmen</p>
<p>Gesamtbewertung der Anlage</p>
<p>Nächste Überprüfung</p>
<p>Die Untersuchung wurde durchgeführt von Herrn _____ unter Anwesenheit von Herrn / Frau _____</p>
<p>Wien, am _____</p>
<p>Unterschrift _____</p>

Nach DIN 4261, Teil 4, sind mindestens dreimal im Jahr in Abständen von etwa vier Monaten folgende Wartungsarbeiten durchzuführen:

- Einsichtnahme in das Betriebsbuch und Ablesung des Betriebsstundenzählers mit Feststellung des regelmäßigen Betriebes (Soll-Ist-Vergleich).
- Funktionskontrolle der betriebswichtigen maschinellen, elektrotechnischen und sonstigen Anlagenteile, insbesondere Belüftung, Umwälzung, Schlamm- und Abwasserrückführungen, Steuereinrichtungen.
- Wartung der maschinellen Einrichtungen.
- Bestimmung folgender Werte im Belebungsbecken
Sauerstoffkonzentration,
Schlammvolumen,
Schlamm-Trockensubstanz,
Schlammvolumen-Index.
- Untersuchung einer Stichprobe des Ablaufes auf
Temperatur,
absetzbare Stoffe,
Durchsichtigkeit,
BSB₅.
- Einstellen der in der Betriebsanleitung angegebenen Betriebskennwerte, z.B. Sauerstoffversorgung, Schlammvolumen.
- Feststellung der Schlammspiegelhöhe im Schlamm Speicher und gegebenenfalls Veranlassung der Schlammabfuhr.
- Durchführung allgemeiner Reinigungsarbeiten, z.B. Beseitigung von Schwimmschlamm und Ablagerungen.
- Überprüfung des baulichen Zustandes der Anlage.
- Durchgeführte Wartung im Betriebsbuch vermerken.

Die Feststellungen und durchgeführten Arbeiten sind in einem Wartungsbericht zu erfassen. Der Wartungsbericht ist dem Betreiber zuzuleiten. Der Betreiber hat den Wartungsbericht dem Betriebsbuch beizufügen. Auf Verlangen ist der zuständigen Behörde der Wartungsbericht vorzulegen.

3. REINIGUNGSWIRKUNG UND ÜBERWACHUNG

3.1 Anforderungen an die Reinigungswirkung (nach ÖNORM B 2502)

Im Gegensatz zu zentralen Kläranlagen werden Kleinkläranlagen nicht ständig beaufsichtigt. Auch werden sie ungleichmäßiger belastet als zentrale Anlagen. Ihre Abwasserkonzentration ist meist höher als die von kommunalen Anlagen. Diese besonderen Umstände, die den Betrieb von Kleinkläranlagen erschweren, bedingen eine geringere Reinigungswirkung.

In mechanischen Kleinkläranlagen können nur die absetzbaren Stoffe des Abwassers entfernt werden. Die Reinigungswirkung kann daher nur an absetzbaren Stoffen überprüft werden. Im Ablauf darf der Gehalt an absetzbaren Stoffen nach 30 Minuten Absetzzeit 0,3 ml/l nicht überschreiten. Weitere Untersuchungen zur Überprüfung der Reinigungswirkung von mechanischen Kleinkläranlagen sind nicht erforderlich. In biologischen Kleinkläranlagen werden absetzbare Stoffe und gelöste organische Stoffe entfernt. Das gereinigte Abwasser von Belebungs-, Tropfkörper und Tauchkörperanlagen, von Filterkammern und Filtergräben muß den in der Tab. 19 angeführten Anforderungen genügen.

Tab. 19: Grenzwerte laut ÖNORM

Anlagengröße	Absetzbare Stoffe nach 30 Minuten	Summenparameter (gemessen in der abgesetzten Probe)		
		BSB ₅	TOC	COD
	ml/l	mg/l		
< 100 EGW	≤ 0,3	≤ 50	≤ 50	≤ 150
> 100 EGW		≤ 40	≤ 40	≤ 120

3.2 Überwachung der Reinigungswirkung

Da die Betreiber von Kleinkläranlagen in der Regel nicht über das nötige Fachpersonal verfügen, haben sie mit der Lieferfirma bzw. einer geeigneten Institution einen Wartungsvertrag abzuschließen.

Die Probenentnahme für die Überwachung der Reinigungswirkung ist im allgemeinen in den Wartungsvertrag aufzunehmen und bei der routinemäßigen Überprüfung durchzuführen. Die Probenanalysen sind von einer unabhängigen befugten Stelle (Sachverständige, geeignete Anstalten und Unternehmungen) vorzunehmen, die stichprobenweise auch die Probenentnahme durchführen kann. Der Untersuchungsbefund (Abb. 25 zeigt ein Muster) ist dem Konsensinhaber (bzw. Betreiber) zu übermitteln; dieser hat für eine umgehende Übermittlung an die Wartungsfirma und an die zuständige Gewässeraufsicht zu sorgen.

Die Abläufe von Belebungsanlagen unter 100 EGW sind gemäß ÖNORM B 2502 viermal jährlich, über 100 EGW sechsmal jährlich auf COD zu untersuchen. Bei einer dieser Untersuchungen sind zusätzlich Ammonium, Nitratstickstoff und Phosphat-Phosphor sowie bei Anlagen über 100 EGW ein zweiter Summenparameter zu untersuchen.

Werden die geforderten Ablaufwerte überschritten, so ist die Ursache für die ungenügende Reinigung unverzüglich zu beseitigen und innerhalb von sechs Wochen eine Kontrolluntersuchung durchzuführen.

Nach DIN 4261, Teil 4, ist die Überwachung die behördliche Prüfung der Betriebswerte einer Anlage sowie ihrer Reinigungsleistung. Sie empfiehlt jährlich mindestens eine Überwachung.

4. PRÜFUNGEN VON KLEINBELEBUNGSANLAGEN NACH DIN 4261, TEIL 2

4.1 Praktische Prüfung

Werkmäßig hergestellte Anlagen sind ein Jahr lang einer Prüfung zu unterziehen. Mit der Prüfung soll die Eignung der Kleinkläranlage für den Einsatz entsprechend der Typenangabe und dem vorgesehenen Anwendungsbereich erbracht werden. Die Prüfung ist von einer anerkannten Prüf-anstalt durchzuführen. Bei werkmäßig hergestellten Anlagen gleichen Typs, jedoch mit unterschiedlichen Anschlußgrößen ist nur eine, in der Regel die kleinste, Anlage zu prüfen.

4.1.1 Art und Umfang der praktischen Prüfung

Die Prüfung ist an einer Kleinkläranlage durchzuführen, die an eine nach dem Trennverfahren angelegte Grundstücksentwässerungsanlage eines oder mehrerer Wohngebäude angeschlossen ist, so daß die Prüfung mit Schmutzwasser durchgeführt werden kann. Das Grundstück muß so ausgesucht werden, daß mindestens $2/3$ der Anzahl der Einwohner, für die die Anlage ausgelegt ist und auch Stoßbelastungen, z.B. der erhöhte Zufluß aus Badewannen, erfaßt werden.

Die zu untersuchende Kleinkläranlage ist nach Anweisung und unter Aufsicht des Herstellers einzubauen. Soweit kein geeigneter Dichtheitsnachweis vorliegt, ist vor Inbetriebnahme eine Dichtheitsprüfung durchzuführen.

Nach der Inbetriebnahme durch die Lieferfirma bzw. den Hersteller ist die Anlage von einer von der Prüfanstalt benannten Person nach den Betriebsanweisungen der Lieferfirma bzw. des Herstellers in Eigenkontrolle zu betreiben. Außer den festgelegten Wartungsarbeiten, die nur in Gegenwart eines Beauftragten der Prüfanstalt durchgeführt werden sollen, dürfen vom Vertreter der Lieferfirma bzw. des Herstellers weitere Eingriffe nur im Einvernehmen mit der Prüfanstalt vorgenommen werden.

Treten während der einjährigen Prüfung Betriebsstörungen auf, kann eine Verlängerung des Prüfzeitraumes erforderlich werden, bis eine sichere Beurteilung gewährleistet ist.

Zu prüfen sind

- Übereinstimmung der Anlage mit der Konstruktionszeichnung,
- Reinigungsleistung,
- Betriebswerte,
- Betriebssicherheit,
- Aufwand für Eigenkontrolle und Wartung.

4.1.2 Technische Überwachung

Die technische Überwachung ist in den ersten beiden Monaten der praktischen Prüfung alle 2 Wochen, danach jeden Monat durchzuführen. Von der Prüfanstalt dürfen dabei nur Maßnahmen und Eingriffe vorgenommen werden, die in der Betriebsanweisung festgelegt sind. Dabei sind die in Tab. 20 enthaltenen Untersuchungen an Stichproben bzw. Feststellungen vorzunehmen.

Tabelle 20:

I.f.d. Nr.	Untersuchung/Feststellung	Verfahren*)	Einheit
1	Schmutzwasserzufluß, Kontrolle durch Vergleich mit Wasserverbrauch	-	l/q**)
2	Absetzbare Stoffe im Ablauf	DIN 38409-H9-2	ml/l**)
3	pH-Wert im Ablauf	DEV C5-2	-
4	Temperatur im biologischen Teil der Anlage	DIN 38404-C4-1	°C
5	Sauerstoffkonzentration (O ₂) im Belebungs- und Tauchkörperbecken	elektrometrisch	mg/l
6	Schlammvolumen im Belebungsbecken	DIN 38414-S10	ml/l
7	Feststoffgehalt im Belebungsbecken	DIN 38414-S2	mg/l
8a	BSB ₅ -Stichproben des Ablaufs, abgesetzt; ab 3. Monat monatlich	DEV H5-2***)	mg/l
8b	CSB ₅ -Stichproben des Ablaufs, abgesetzt; ab 3. Monat monatlich	DIN 38409-H41-1	mg/l
9	Methylenblauprobe	DEV H22	(entfärbt nach h)
10	Betriebsstunden		h
11	Geruchsfeststellung		
12	Witterungseinflüsse		
13	Verstopfung/Zopfbildung		
14	Zulaufninnen/Ablaufninnen verschlamm		
15	Belüftung in Betrieb/gestört		
16	Rücklaufschlammförderung in Betrieb/gestört		
17	Ablagerungen im Belebungsbecken		
18	Schwimmschlamm auf Belebungsbecken/Nachklärbecken		
19	Überschußschlammabzug wann erfolgt/notwendig		
20	Schlammeseitigung aus Vorklärung wann erfolgt/notwendig		
21	Festgestellte Schäden am Bauwerk/an der maschinellen und elektrischen Einrichtung		
22	Wartungsarbeiten/Zeitaufwand		
23	Sonstige Feststellungen (Urlaubszeit, Zahl der Einwohner)		

*) Abweichungen sind im Prüfbericht anzugeben
 **) soweit diese Bestimmung zum Zeitpunkt der Probenahme möglich ist
 ***) unter zusätzlicher Hemmung der Nitrifikation mit 0,5 mg/l Allylthioharnstoff

4.1.3 Reinigungsleistung und Betriebswerte

Bei der Prüfung der Reinigungsleistung und der Betriebswerte sind im Untersuchungszeitraum wassermengenabhängige Tagesproben zu ziehen, und zwar

- nach 6 Wochen,
- nach 3 Monaten,
- nach 6 Monaten,
- nach 9 Monaten,
- nach 12 Monaten.

Die Reinigungsleistung ist dabei jeweils in einer 24-Stunden-Mischprobe zu erfassen. Bei wenigstens einer der Untersuchungen ist der erhöhte Abfluß aus Badewannen zu erfassen. Der erhöhte Abfluß aus der Badewanne ist im Ablauf durch 5 Stichprobenmessungen im Abstand von je 1 Minute festzuhalten. Dabei sind die Untersuchungen nach den laufenden Nummern 6 und 7 nach Tab. 21 durchzuführen; es sind alle 5 Ergebnisse im Prüfbericht aufzuzeichnen. Jede Prüfung muß die in Tab. 21 angegebenen Untersuchungen und Feststellungen umfassen.

Tabelle 21:

Lfd. Nr.	Art der Untersuchung	Verfahren ^{*)}	Einheit
1	Abwasserzufluß	-	m ³ /d
2	BSB ₅ (sedimentiert) im Zulauf der biologischen Stufe und Ablauf	DEV H5-2	mg/l ^{**)}
3	BSB ₅ -Frachten (bei Probenahme)	DEV H5-2	kg ^{**)}
4	BSB ₅ -Abnahme im Zeitraum der Probenahme	-	%
5	CSB (sedimentiert) im Zulauf der biologischen Stufe und Ablauf	DIN 38409-H41-1	mg/l
6	Absetzbare Stoffe im Ablauf	DIN 38409-H9-2	ml/l
7	Abfiltrierbare Stoffe (Trockenrückstand)	DIN 38409-H2-3	mg/l
8	pH-Wert im Zulauf der biologischen Stufe und Ablauf	DEV C5-2	
9	Schlammvolumen im Belebungsbecken	DIN 38414-S10	ml/l
10	Feststoffgehalt im Belebungsbecken	DIN 38414-S2	g/l
11	Schlamm-Index	DIN 38414-S10	ml/g
12	BSB ₅ -Raumbelastung	-	kg/(m ³ .d)
13	BSB ₅ -Schlambelastung	-	kg/(kg.d)
14	BSB ₅ -Flächenbelastung (Tauchkörper)	-	kg/(m ² .d)
15	Oberflächenbeschickung (Tropfkörper)	-	m ³ /m ² .h)
16	Rechnerische Durchflußzeit in der Nachklärung	-	h
17	Oberflächenbeschickung in der Nachklärung	-	m ³ /(m ² .h)

^{*)} Abweichungen sind im Prüfbericht anzugeben
^{**)} unter zusätzlicher Hemmung der Nitrifikation mit 0,5 mg/l Allylthioharnstoff

4.2 Prüfbericht

Die Prüfanstalt hat spätestens drei Monate nach Beendigung der praktischen Prüfung einen ausführlichen Prüfbericht zu fertigen, der folgende Angaben enthalten muß:

- Typenangabe, Anzahl der Einwohner, für die die Anlage ausgelegt ist,
- Übereinstimmung der Anlagenmaße mit der Konstruktionszeichnung der Anlage,
- Allgemeine Angaben, z.B. Einbau der Anlage, Probenahme, Abweichungen bei der Anaysendurchführung,
- Während der Prüfzeit durchgeführte Änderungen oder Ergänzungen der Anlage,
- Zusammenfassende Beurteilung der Reinigungsleistung unter Beifügung aller Untersuchungsergebnisse,
- Anpassung an wechselnde hydraulische Belastung innerhalb der Auslegung,
- Empfindlichkeit gegenüber eingedrungenen Grobstoffen,
- Zurückhalten von Leichtstoffen (z.B. Öle, Fette),
- Betriebssicherheit der betriebswichtigen maschinellen und elektrotechnischen Anlagenteile,
- Art und Betriebssicherheit der Abwasser- und Schlammrückführung,
- Verhalten des Schlammspiegels in der Nachklärung,
- Sekundär-, Misch- und Schwimmschlammabzug nach Art, Volumen und Aufwand,
- Sicherheit gegen Verstopfen von Öffnungen und Leitungen,
- Sicherheit gegen schädliche Schlammablagerungen, z.B. im Belebungsbecken,
- Umgebungsfragen (z.B. Lärm, Gerucht),
- Arbeitsschutzeinrichtung und arbeitshygienische Bedingungen,
- Verhalten gegenüber klimatischen Einflüssen, z.B. Frost,
- Eigenkontroll- und Wartungsaufwand,
- Angaben über zusätzliche Eingriffe der Lieferfirma bzw. des Herstellers,
- Zugänglichkeit der Anlagenteile.

V. BETRIEBSERGEBNISSE VON KLEINBELEBUNGSANLAGEN

Es soll in diesem Abschnitt aufgrund von eigenen Messungen und von aus der Literatur entnommenen Ergebnissen dargelegt werden, mit welchem Reinigungsergebnis man bei Kleinkläranlagen rechnen kann.

1. MECHANISCHE KLEINKLÄRANLAGEN

Hierher gehören die Faulanlagen und die vergrößerte Faulanlage. Während die Faulanlage nur der mechanischen Reinigung dient, wird in der vergrößerten Faulanlage das Abwasser auch teilbiologisch gereinigt. BISCHOFBERGER (23) hat eine Vielzahl von aus der Literatur entnommenen Ergebnissen tabellarisch zusammengestellt (Tab. 22).

Tabelle 22: Untersuchungsergebnisse von Kleinkläranlagen ohne Abwasserbelüftung

Untersuchung von	Anzahl der untersuchten Anlage	mittl. BSB ₅ im Ablauf mg/l	mittl. Reinigungseffekt - %
Baldinger (11)	54	140 - 230	20 - 50
Böhnke (26)	27	296 - 327	22 - 29
Jung (65)	90	150 - 200	50 - 60
Schmidt (120)	7	150 - 430	40 - 80
Schubert (123)	1	150	54
Laak, USA(178)	1	80 - 110	
Scherb (117)	1		20 - 40
Menzel	8	135 - 244	50 - 60

Dieser Tabelle ist zu entnehmen, daß man bei Kleinkläranlagen ohne Abwasserbelüftung einen mittleren Reinigungseffekt von ca. 25-40 % erzielen kann.

Bei einer Zulaufkonzentration zwischen 400 und 540 mg BSB₅/l ergibt sich eine mittlere Ablaufqualität von 200-270 mg BSB₅/l. Eine gut gewartete vergrößerte Faulanlage liefert im Mittel einen Ablaufwert von 200 mg BSB₅/l. Dieser Wert ist um eine Zehnerpotenz höher als jener, den man mit einer biologischen Kläranlage erzielen kann.

2. KLEINBELEBUNGSANLAGEN

Über die Reinigungsleistung von Kleinbelebungsanlagen wurde in der Literatur bisher vielfach berichtet. Die Tab. 23 gibt einen Überblick über einige dieser Arbeiten.

Tabelle 23: Untersuchungsergebnisse von Kleinbelebungsanlagen mit Abwasserbelüftung

Untersuchung von	Anlagen -größe (E)	-anzahl	BSB ₅ mg/l	Abbau %
Böhnke (26)	8	2	i.M. 90	60 - 80
Krauth (72)	8 - 30	1	9 - 94	60 - 95
Scherb (117)	150 - 220	2		92 - 94
Begert/ Müller (17)	150	1	5 - 22	i.M. 95
Ertl (47)	12 - 550	47	12 - 470	i.M. 55
Zanker (142) (143)	5 - 1500	109	17 - 44	89 - 94
Bischofs- berger/ Weber (138)	5 - 2000	668	i.M. 42,5	i.M. 91,3
Begert/ Ruider (15)	10 - 500	111	COD i.M. 58 mg/l	i.M. 90
Müller (92)	186	1	17	94

Von diesen Arbeiten sind, was die Verhältnisse in der BRD betrifft, jene von ZANKER (142,143), sowie BISCHOFBERGER/WEBER (138) hervorzuheben.

Von ZANKER wurden 352 Meßprotokolle von 109 Kleinkläranlagen mit Abwasserbelüftung, System Putox, ausgewertet. Die durchschnittliche Anlagengröße betrug 298 Einwohnergleichwerte. Die Gesamtzahl der Einwohnerequivalente ergab sich mit ca. 30 000. Bemerkenswert ist, daß es sich bei den ausgewerteten Meßprotokollen ausschließlich um von amtlichen Untersuchungsanstalten ausgestellte Gutachten handelt.

Die wesentlichsten Ergebnisse zeigt die folgende Tab. 24.

Tabelle 24: Untersuchungsergebnisse nach ZANKER

Bezeichnung	Anzahl Meß- ergebnisse	BSB ₅ -Mittel mg/l
1. Anlagen, die vom Hersteller gewartet werden	263	25
2. Anlagen, die nicht von der Hersteller- firma gewartet werden	89	44
3. Campingplätze	38	30

Die Auswertung zeigt die guten Ablaufergebnisse, die man bei ordnungsgemäßer Wartung der Kläranlagen erhalten kann. Eine deutliche Abnahme der Reinigungsleistung ist bei Anlagen erkennbar, für die kein Wartungsvertrag mit der Herstellerfirma abgeschlossen ist. Besonders erfreulich sind die guten Ablaufergebnisse von Anlagen für Campingplätze. Der Mittelwert von 30 mg/BSB₅ liegt nur geringfügig über dem Mittelwert sämtlicher Anlagen mit Wartungsvertrag (25 mg/l).

Eine Aufschlüsselung der Ablaufergebnisse nach Anlagengröße ergibt folgendes Bild:

Anlagengröße	Anzahl der Meß- ergebnisse	BSB ₅ -Mittel mg/l
unter 50 EGW	42	23
51 bis 100 EGW	36	23
101 bis 500 EGW	80	13
501 bis 1500 EGW	50	19

Insgesamt 668 Anlagen wurden von BISCHOFBERGER/WEBER untersucht. Bei 2099 Analysen wurde dabei für Kleinkläranlagen ein mittlerer BSB₅-Wert im Ablauf von 42,5 mg/l gefunden. Bei einer angenommenen Zulaufkonzentration von 490 mg/l ergibt sich eine durchschnittliche BSB₅-Abbauleistung von 91,3 %. Bei den kleinsten Anlagentypen (5-50 E) betrug der Mittelwert 70 mg/l BSB₅. Dies entspricht einem 86 %-igen Abbau.

Um ein Leistungsbild der in Österreich betriebenen, kleinen Belebungsanlagen zu erhalten, wurden von BEGERT/UIDER (15) 66 Putox-Anlagen (100-500 E) und 45 Puratox-Anlagen (kleiner 100 E) zum Teil mehrfach untersucht.

Die 111 untersuchten Anlagen hatten folgende durchschnittliche Anschlußwerte:

Anlagen	< 100 Einwohner	~ 50 EGW
Anlagen	100 Einwohner bis	
	500 Einwohner	~ 250 EGW

An die untersuchten Anlagen waren etwa 19000 EGW angeschlossen.

Eine grobe Einteilung der zu reinigenden Abwässer wurde nach dem Einsatzort der Anlagen, sowie nach dem Abwasseranfall getroffen. Es wurden hiebei folgende Gruppen zusammengestellt:

1. Kläranlagen für Wohnhausanlagen und ähnliche Objekte (z.B. Altersheime, Schulen etc.).
2. Kläranlagen für Industriegebiete (Abwasseranfall nur in den Betriebsstunden, v.a. Sanitärabwässer).
3. Kläranlagen für gastgewerbliche Unternehmen (Hotels, Rasthäuser, Gasthöfe etc.).

Eine Aufteilung nach diesem Schema ergibt, daß etwa 65 % der untersuchten Anlagen häusliches Abwasser reinigten, 20 % im Rahmen von Industriebetrieben eingesetzt waren und 15 % an Gastgewerbebetriebe angeschlossen waren.

Für die statistische Auswertung wurden die vom Wartungsmann ermittelten Größen (Schlammvolumen, Trockensubstanz, Sauerstoffgehalt) und die Ergebnisse der im Labor analysierten Zu- und Ablaufproben (CSB = COD, TOC, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$) herangezogen.

Eine mikroskopische Untersuchung ergänzte die chemischen Analysen und lieferte einen Befund über die Zusammensetzung des Belebtschlammes.

Die statistische Auswertung der Zulaufproben gibt ein Bild über die Belastung der untersuchten Kleinkläranlagen.

Die Abläufe aus dem Vorklärbecken der Anlagen hatten einen mittleren COD von etwa 230 mg/l, $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt von 44 mg/l und $\text{PO}_4\text{-P}$ -Gehalt von 17 mg/l. Es ergibt sich somit für den Zulauf folgendes durchschnittliches Nährstoffverhältnis:

$$\text{COD} : \text{NH}_4\text{-N} : \text{PO}_4\text{-P} = 100 : 19 : 7$$

Der im Vergleich zum COD relativ hohe Stickstoff- und Phosphorgehalt ist darauf zurückzuführen, daß im Entschlammungsbecken durch Absetzen von Schwebstoffen und Kolloiden der COD vermindert wird. Stickstoff- und Phosphorverbindungen sind jedoch hauptsächlich gelöst und werden kaum verringert.

Ebenfalls werden Schwebstoffe bei der COD-Analyse nicht erfaßt, so daß die gemessenen Werte um 30 - 50 % zu niedrig sein dürften.

Aufgrund der statistischen Auswertung läßt sich die Zahl der Anlagen abschätzen, welche gering belastet waren.

Hiezu können alle jene Kläranlagen gerechnet werden, welche einen COD-Zulauf ≤ 75 mg/l, keine oder nur geringe COD-Entfernung und ein entsprechend niedriges Nährstoffverhältnis (N und P) hatten.

Aufgrund dieser Festsetzung wurde gefunden, daß von 111 Kläranlagen 19 Kleinanlagen (= 17 %) unterbelastet waren. Eine statistische Auswertung erfolgte auch mit den Meßdaten der Abläufe. Graphisch ist dies in Abbildung 26, 27, 28 und 29 dargestellt.

Abb. 26: 111 Kleinkläranlagen bis 500 Einwohner, COD-Ablauf

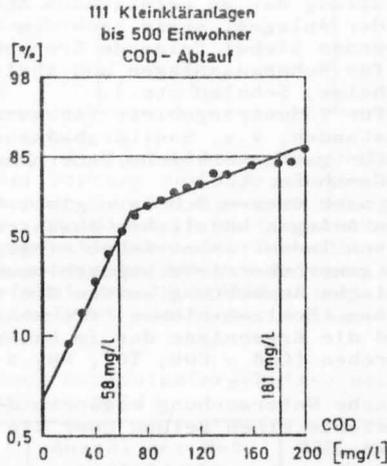


Abb. 27: 111 Kleinkläranlagen bis 500 Einwohner, $\text{NH}_4\text{-N}$ -Ablauf

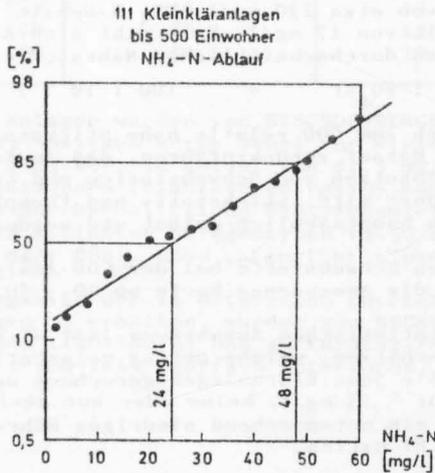


Abb. 28: 111 Kleinkläranlagen bis 500 Einwohner, NO_3 -N-Ablauf

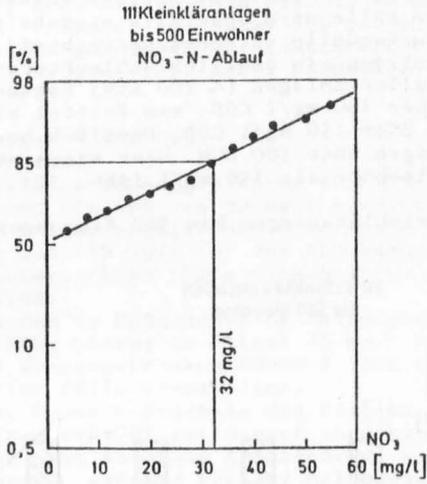
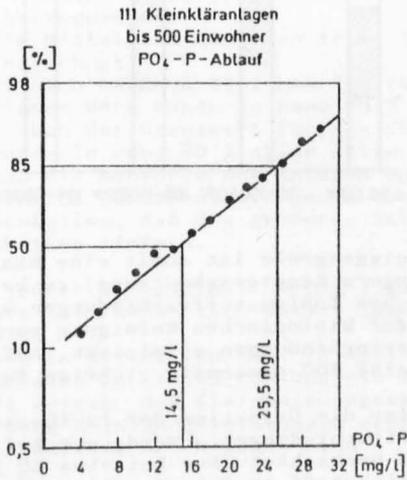
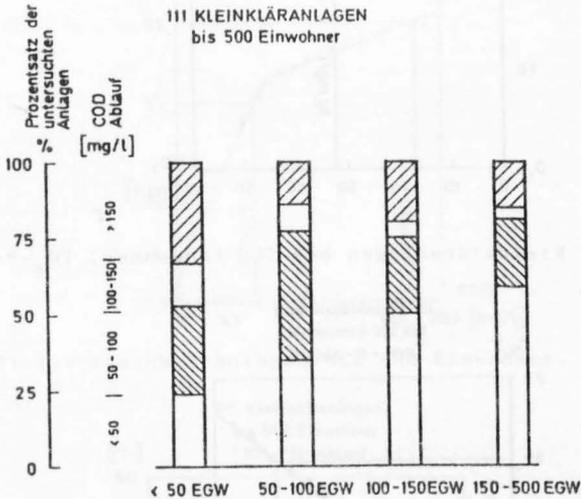


Abb. 29: 111 Kleinkläranlagen bis 500 Einwohner, PO_4 -P-Ablauf



Insgesamt gesehen kann ein mittlerer Ablaufwert von etwa 60 mg/l COD erwartet werden. Der obere Grenzwert von 150 mg/l COD für 80 % der Fälle wird ebenfalls eingehalten. Werden die beiden Anlagenmodelle getrennt betrachtet, so wird bei den kleineren Anlagen ein deutlich schlechterer Ablauf erreicht. 50 % aller Anlagen (< 100 EGW) hatten eine Ablaufkonzentration über 100 mg/l COD, ein Drittel aller Anlagen eine solche von über 150 mg/l COD. Deutlich besser waren die Abläufe von Anlagen über 100 EGW. Hier waren nur etwa 10 % der Abläufe schlechter als 150 mg/l (Abb. 30).

Abb. 30: 111 Kleinkläranlagen bis 500 Einwohner



Mit zunehmender Anlagengröße ist somit eine bessere Funktion der Anlagen (geringere Restverschmutzung) zu beobachten. Neben den organischen Kohlenstoffverbindungen werden aus dem Abwasser während der biologischen Reinigung auch Stickstoff- und Phosphorverbindungen eliminiert. Aufgrund der Stichproben ist keine 100-prozentig richtige Aussage diesbezüglich möglich.

Nitrifikation - also die Oxidation der im Abwasser enthaltenen Stickstoffverbindungen - wurde nur bei einer geringen Anzahl der Anlagen beobachtet. Nur bei etwa 20 % aller Anlagen wurde der Stickstoff im Zulauf vollständig in Nitrat übergeführt und bei ebenso vielen Anlagen erfolgte eine teilweise Nitrifikation.

Diese Untersuchung stammte aus dem Jahre 1977.

Am 1. April 1981 trat die ÖNORM B 2502 in Kraft. Im Jahre 1982 wurden vom Verfasser insgesamt 800 Einzeluntersuchungen bei Kleinbelebungsanlagen, die entsprechend der ÖNORM erwartet werden, ausgewertet. Dabei wurden folgende Ergebnisse erhalten (18):

A) Belebungsanlagen \leq 100 EGW:

a) System PURATOX:

Bei 370 Einzeluntersuchungen wurde im Mittel ein BSB₅ von 29 mg/l und ein COD von 96 mg/l erreicht. Die in der ÖNORM B 2502 angegebenen Grenzwerte von 50 mg/l für den BSB₅ und 150 mg/l für den COD wurden in rund 80 % aller untersuchten Fälle eingehalten.

b) System PUTOX:

Insgesamt wurden 99 Meßergebnisse Ablaufproben ausgewertet. Der BSB₅ betrug im Mittel 15 mg/l und der CSB 68 mg/l. Die Grenzwerte nach ÖNORM B 2502 wurden in rund 90 % aller Fälle eingehalten.

Das insgesamt bessere Ergebnis des Systems PUTOX gegenüber dem System PURATOX ist darauf zurückzuführen, daß PUTOX-Anlagen erst ab einem Anschlußwert von ca. 60 EGW errichtet werden, während PURATOX-Belebungsanlagen ab 10 EGW zu erhalten sind.

B) Belebungsanlagen, System PUTOX, 101 - 500 EGW:

Für die statistische Auswertung wurden insgesamt 330 Einzelwerte herangezogen.

Dabei wurde im Mittel ein BSB₅ von 18 mg/l und ein COD von 68 mg/l errechnet.

Der Grenzwert nach ÖNORM B 2502 beträgt für den BSB₅ = 40 mg/l. Dieser Wert wurde in rund 80 % aller Fälle eingehalten. Auch der Grenzwert für den COD mit = 120 mg/l wurde in rund 80 % aller Fälle unterschritten. Vergleicht man die Meßwerte der Anlagen unter 100 EGW (PUTOX und PURATOX zusammen) mit jenen über 100 EGW, so kann man feststellen, daß die größeren Anlagen deutlich bessere Ergebnisse liefern.

Insgesamt kann jedoch festgestellt werden, daß die Meßergebnisse im Jahre 1982 wesentlich besser lagen als bei der Untersuchung 1977.

Ein Ablauf - BSB₅ im Mittel von rund 20 mg/l bei allen Kleinbelebungsanlagen unter 500 EGW und ein mittlerer COD von rund 70 mg/l zeigen, daß Kleinbelebungsanlagen bei entsprechender Wartung Reinigungsleistungen erzielen, wie sie auch von Großkläranlagen her bekannt sind.

Dies soll auch die folgende Tabelle 25 verdeutlichen. Diese Tabelle zeigt Untersuchungsergebnisse von Kleinbelebungsanlagen der Type PUTOX (Anschlußwert bis 500 EGW), die von der Überwachungsbehörde im Kanton Thurgau (Schweiz) bestimmt wurden. Bei weitgehender Nitrifikation wurden dabei BSB₅-Konzentrationen im Ablauf von im Mittel unter 10 mg/l gefunden.

Tabelle 25: Belebungsanlagen-Untersuchung Kanton Thurgau

Name u. Datum	T°C	Ablauf		Nachklärung		TOC mg/l	DOC mg/l
		NH ₄ -N mg/l	NO ₃ -N mg/l	PO ₄ -P mg/l	BSB ₅ mg/l		
1 Blickendorfer 9/83	16	0,9	35	3	2	6	4
2 Bougetta 10/82	15	0,03	41	6	9	18	10
3 Gehrig 9/83	15	0,1	53	13	2	9	4
4 Gehrig 10/82	16	0,1	42	4	2	7	6
5 Haas 10/82	15	0,2	50	32	3	9	8
6 Hug 10/83	13	0,9	82	23	5	24	13
7 Knöpfel 9/83	21	1,6	83	12	6	15	11
8 Kressibucher 9/83	19	1,7	61	30	9	11	8
9 Meyer 9/83	19	0,1	61	16	16	35	16
10 Meyer 10/82	15	1,1	56	18	11	25	21
11 Röthlisberger 9/83	17	0,4	106	30	4	11	8
12 Röthlisberger 1/83	10	0,1	69	70	6	23	14
13 Röthlisberger 11/82	15	3,1	137	41	-	-	-
14 Schaer 10/83	17	0,1	32	17	3	14	11
15 Schlosser 10/82	16	0,5	41	5	10	7	6
16 Sommerhalder 7/83	20	0,1	3	8	8	14	7
17 Sommerhalder 10/82	22	0,1	25	18	8	15	11
18 Stacher 10/83	15	17	35	18	10	23	18

VI. BETRIEBSSTÖRUNGEN BEI KLEINBELEBUNGSANLAGEN UND DEREN BESEITIGUNG

1. VORBEMERKUNGEN

Beim Betrieb von biologischen Abwasserreinigungsanlagen kann es bei der Einarbeitung und beim Betrieb zu Schwierigkeiten kommen. Diese Probleme sind daher kein Charakteristikum von Kleinbelebungsanlagen.

Da sich die vorliegende Arbeit mit Kleinbelebungsanlagen befaßt, wird sehr ausführlich auf Ursachen und Behebung von Betriebsstörungen eingegangen. Viele der angeführten Störungen gelten jedoch auch für andere Anlagen wie Tropfkörper- oder Scheibentauchtropfkörperanlagen.

2. EINARBEITUNG VON KLEINKLÄRANLAGEN

Die Einarbeitung von Kleinkläranlagen nach dem Belebungsverfahren bereitet oft erhebliche Schwierigkeiten. Infolge der niedrigen Raumbelastung, mit der nach den verschiedenen Normen Kleinkläranlagen bemessen werden müssen, bildet sich nur sehr langsam ein Belebtschlamm aus.

So zeigt die Abbildung 31 Berechnungen über Überschußschlamm-anfall und Sauerstoffverbrauch in Abhängigkeit von Schlamm-belastung und Schlammalter. Diese Berechnungen basieren auf Versuchsergebnissen einer Kleinkläranlage, die mit einer BSB_5 -Raumbelastung $B_R = 0,2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ betrieben wurde.

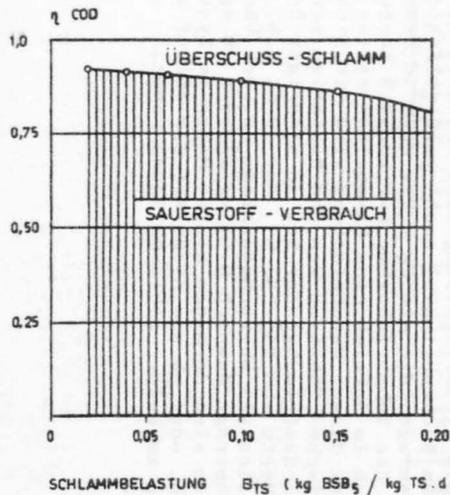
Es zeigte sich, daß bei einer Schlammbelastung von $0,05 \text{ kg/kg} \cdot \text{d}$ etwa 90 % des abgebauten COD von den Bakterien für den Energiestoffwechsel verbraucht wird und nur etwa 10 % als Überschußschlamm anfällt. Bei diesem geringen Überschußschlamm-anfall stellt sich ein Schlammalter von etwa 100 Tagen ein. Das Schlammrockengewicht im Belebungsbecken würde dann 4 kg/m^3 betragen. Im praktischen Betrieb wird es sehr lange dauern, bis dieser Schlammgehalt erreicht ist. Dies sei an folgendem Rechenbeispiel noch verdeutlicht:

Eine Kleinkläranlage, die mit $B_R = 0,2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ bemessen wurde, sei bei der Inbetriebnahme nur zu 50 % ausgelastet. Dann ergibt sich im Betrieb eine Raumbelastung von $B_R = 0,1 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$. Bei dieser Raumbelastung wird mit Sicherheit 90 % der organischen Substanz von den Bakterien veratmet. (Versuche mit Industrieabwasser bei so niedriger Belastung ergaben sogar Werte von 95 - 97 %). Nur 10 %, d.h. $0,1 \text{ kg} \text{ ÜS/kg } BSB_5$, fallen als Überschußschlamm an. Der Überschußschlamm-anfall beträgt demnach $0,01 \text{ kg/m}^3$ oder 10 mg/l . Es ist fraglich, ob eine dermaßen kleine Menge im System gehalten werden kann, oder ob sie nicht mit dem Ablauf abfließt, wodurch es dann zu keiner Schlamm-bildung kommt.

Abb. 31: Überschussschlammanfall und Sauerstoffverbrauch in Abhängigkeit von Schlammbelastung und Schlammalter

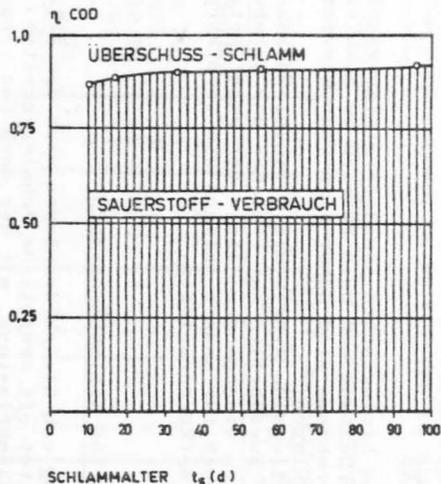
COD - BILANZ U. SCHLAMMBELASTUNG

$$\eta \cdot B_{R, COD} = OV_R + \dot{U}S_R$$



COD - BILANZ U. SCHLAMMALTER

$$\eta \cdot B_{R, COD} = OV_R + \dot{U}S_R$$



TABELLE

t_s	COD - Bilanz $OV_R + \dot{U}S_R$	B_R	TS_R	B_R/TS_R
96	0,92 + 0,06	0,20	5,0	0,02
55	0,91 + 0,09	0,20	5,0	0,04
33	0,90 + 0,10	0,20	3,3	0,06
17	0,89 + 0,11	0,20	2,0	0,10
10	0,87 + 0,13	0,19	1,3	0,15

t_s Schlammalter (Tage - d)
 OV_R Sauerstoffverbrauch (% der COD-Bilanz)
 $\dot{U}S_R$ Überschussschlammanfall (% der COD-Bilanz)
 TS_R Trockensubstanz im BB. (kg/m³)
 B_R/TS_R Schlammbelastung (kg BSB₅/kg TS · d)

Wie kann man nun die Einarbeitung der Kleinkläranlagen erleichtern?

Am einfachsten, jedoch leider nicht in allen Fällen anwendbar, ist das Animpfen der Kläranlage mit Belebtschlamm aus einer anderen Anlage. In diesem Fall erbringt die Kläranlage normalerweise sehr rasch ein gutes Reinigungsergebnis.

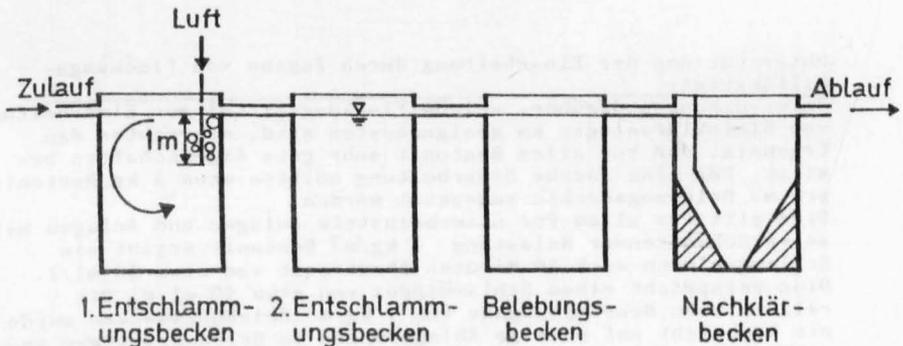
Mitunter kommt es jedoch zu einem Absterben und Abtreiben der Mikroorganismen.

Ist ein Animpfen nicht möglich, dann können zwei Strategien die Einarbeitung beschleunigen. Im einen Fall wird ein Teil der absetzbaren Stoffe dem Belebungsbecken zugeführt, im anderen Fall werden Flockungsmittel, die den Bakterien als Haftfläche dienen, in das Belebungsbecken gegeben.

Unterstützung der Belebtschlammbildung durch Vorbelüftung im Entschlammungsbecken 1

Um die Einarbeitung zu erleichtern, hat es sich als günstig erwiesen, einen Teil der absetzbaren Schwebstoffe des Rohabwassers in das Belebungsbecken zu führen. Hiefür ist es erforderlich, eine Luftleitung im Vorklärbecken anzuordnen. Damit die Grobstoffe sich besser absetzen können, führt man die Luftleitung nur 1 m unter den Wasserspiegel. Um die Luftmenge regeln zu können, ist eine Drosselblende und ein Absperrventil im Gebläseschacht einzusetzen. Ein Magnetventil oder eine Schaltuhr sind nicht erforderlich, da die Vorbelüftung während der Einarbeitungszeit ständig in Betrieb ist (z.B. die ersten 4 Wochen Betriebszeit) und später nur gelegentlich benötigt wird (Abb. 32).

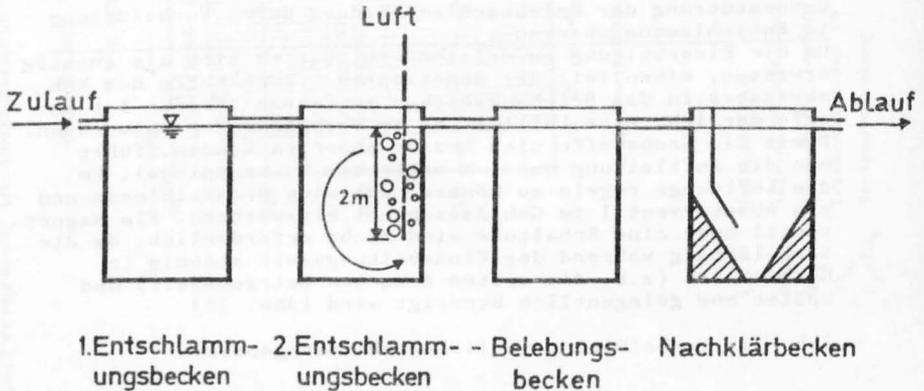
Abb. 32: Vorbelüftung im 1. Entschlammungsbecken



Unterstützung der Schlammbildung durch Vorbelüftung im Entschlammungsbecken 2

Sind 2 Entschlammungsbecken angeordnet, so ist auch das zweite Entschlammungsbecken während der Einarbeitungszeit zu belüften. Die Luftleitung sollte hier tiefer geführt werden, da die störenden Stoffe bereits im Entschlammungsbecken 1 zurückgehalten wurden. Auch hier sind im Gebläseschacht Drossel- und Absperrventil erforderlich. Bei Unterbelastung ebenfalls ständige Belüftung im Entschlammungsbecken 2 (Abb. 33).

Abb. 33: Vorbelüftung im 2. Entschlammungsbecken



Unterstützung der Einarbeitung durch Zugabe von Flockungshilfsmittel

Untersuchungen darüber, welche Flockungsmittel zur Einarbeitung von Kleinkläranlagen am geeignetesten sind, erbrachten das Ergebnis, daß vor allem Bentonit sehr gute Eigenschaften besitzt. Für eine rasche Einarbeitung sollten etwa 3 kg Bentonit pro m³ Belebungsbecken zugesetzt werden.

Dies gilt vor allem für unterbelastete Anlagen und Anlagen mit stark schwankender Belastung. 1 kg/m³ Bentonit ergibt ein Schlammvolumen nach 30 Minuten Absetzzeit von etwa 50 ml/l. Dies entspricht einem Schlammindex von etwa 50 ml/g. Die relativ hohe Bentonitzugabe von 3 kg/m³ Belebungsbecken wurde mit Rücksicht auf etwaige Ablagerungen im Belebungsbecken gewählt.

Zur Vermeidung von Klumpenbildung muß Bentonit vor der Zugabe zum Belebungsbecken im Wasser aufgeschlämmt werden. Am einfachsten geschieht dies, indem man etwa einen 1/4 kg in einen 10 l Eimer voll Wasser gibt und mit Hilfe eines Küchenmixers (Mixstab) intensiv durchmischt.

Neben Bentonit kann auch die Zugabe von Metallsalzen (Eisen(III)chlorid, Eisen(II)sulfat, Aluminiumsulfat etc.) zielführend sein. So hat sich in Norddeutschland die Zugabe von Eisenchlorid, das aus einem Kunststoffbehälter mittels Quetschhahn dem Belebungsbecken zudosiert wird, gut bewährt. Etwa 1 l 40 %-ige Eisenchlorid-Lösung wird je 10 m³ Belebungsbecken und Tag zugegeben. Im Gegensatz zur Bentonit-Zugabe muß bei Verwendung von Eisenchlorid darauf geachtet werden, daß der pH-Wert im Belebungsbecken nicht zu stark sinkt.

Andernfalls muß der pH-Wert durch Zugabe von Natronlauge auf den Neutralpunkt korrigiert werden.

3. BETRIEBSSTÖRUNGEN BEIM NORMALBETRIEB VON KLEINBELEBUNGSANLAGEN

Die Tabelle 26 gibt eine Übersicht über mögliche Betriebsstörungen bei Belebungsanlagen, deren Ursache und auf welche Weise sie behoben werden können.

Einige Hauptstörungen sollen im folgenden ausführlich behandelt werden.

Tabelle 26: Betriebsprobleme bei Belebungsanlagen

<u>Betriebsstörung</u>	<u>Mögliche Ursachen</u>	<u>Behebung</u>
<p>Im Belebungsbecken befindet sich kein Belebtschlamm; das Reinigungsergebnis ist unzureichend</p>	<p>Durch Belastungsstöße wird der Belebtschlamm ausgespült</p>	<p>Einbau einer Mammutpumpe im Vorklärbecken zur Vergleichmäßigung der Zulaufmenge</p>
		<p>Kontrolle des Kanalsystems auf Fehlanschlüsse (Regenwasser-einleitungen!) und Grundwasser-eintritt</p>
	<p>Die Trichterneigung im Nachklärbecken ist zu gering; der Belebtschlamm lagert sich ab, fault an und treibt in der Folge mit dem Ablauf ab</p>	<p>Umbau des Nachklärbeckens</p>
	<p>Die Schlammrutsche im Nachklärbecken ist undicht, wodurch Turbulenzen im Nachklärbecken entstehen; der Belebtschlamm setzt sich nicht ab, sondern treibt ab</p>	<p>Abdichten der Schlammrutsche oder Einsetzen eines Kunststoffrohres als Rutsche</p>
	<p>Die Kläranlage befindet sich in Einarbeitung</p>	<p>Zugabe von Flockungsmitteln (Eisensalze, Bentonit) oder Animpfen mit Belebtschlamm</p>

Tabelle 26: Betriebsprobleme bei Belebungsanlagen

<u>Betriebsstörung</u>	<u>Mögliche Ursachen</u>	<u>Behebung</u>
	Die Rücklaufschlammleitung ist verstopft	Reinigen der Rücklaufschlammleitung
	Bei der Nachklärtaſche ist die Verbindungsöffnung zugewachsen	Reinigung der Anlage
	Ins Belebungsbecken gelangen Giftstoffe, wodurch die Mikroorganismen abgetötet werden	Fernhalten der Giftstoffe von der Kläranlage
Im Belebungsbecken befindet sich kein Belebtschlamm, das Reinigungsergebnis ist aber in Ordnung	Die Kläranlage ist unterbelastet, es bildet sich nur sehr wenig Überschußschlamm, auch die kleine Schlammmenge reicht aus zum Abbau der organischen Substanz	Eine Behebung ist nicht erforderlich
	Der Zulauf ist so extrem verdünnt, daß die Konzentration im Zulauf bereits die Ablauf-Grenzwerte unterschreitet	Kontrolle des Kanalnetzes auf Fehlanschlüsse (Regenwasser-einleitung) und Grundwasser-eintritt
Im Belebungsbecken wird ein Sauerstoffgehalt von 0 mg/l gemessen; das Reinigungsergebnis ist unzureichend	Die Belüftung wird abgestellt bzw. ist pro Tag nicht lange genug im Einsatz	Gebläse auf Dauerlauf bzw. auf eine längere Belüftungszeit einstellen

Tabelle 26: Betriebsprobleme bei Belebungsanlagen

<u>Betriebsstörung</u>	<u>Mögliche Ursachen</u>	<u>Behebung</u>
	Das Gebläse (bei Druckluftbelüftung) erbringt eine zu geringe Luftmenge	Wartung des Gebläses, Kontrolle der Gebläseleitungen auf ausreichende Dimensionierung
	Das Gebläse fällt infolge von Über- bzw. Unterspannungen ständig aus	Einbau einer Vorrichtung zur Kompensierung der Stromschwankungen Einbau einer Vorrichtung durch die das Gebläse nach Ausfall automatisch wieder eingeschaltet wird
	Die Kläranlage ist überlastet	Vergrößerung der Sauerstoffzufuhr (z.B. durch Einsatz eines größeren Gebläses oder eines größeren Kreisels)
		Verwendung von feinblasiger statt mittel- oder grobblasiger Belüftung
		Bei starker Überlastung Erweiterung bzw. Neubau der Anlage
	Der Belüfter bei feinblasiger Belüftung ist verstopft.	Reinigung bzw. Austausch des Belüfters

Tabelle 26: Betriebsprobleme bei Belebungsanlagen

<u>Betriebsstörung</u>	<u>Mögliche Ursachen</u>	<u>Behebung</u>
	Der Schlammgehalt im Belebungsbecken ist zu hoch (z.B. über 800 ml/l)	Entnahme von Überschußschlamm
	Das Vorklärbecken ist überfüllt; in die Anlage gelangen statt 40 g BSB ₅ /E.d 60 g BSB ₅ /E.d	Entleerung der Vorklärung
Im Belebungsbecken wird ein Sauerstoffgehalt von 0 mg/l gemessen, das Reinigungsergebnis ist aber in Ordnung	In den Tagesstunden wird die Kläranlage so stark belastet, daß nur ein Teil der organischen Substanz abgebaut wird, während der Rest nur adsorbiert wird; in den Nachtstunden wird der Rest entfernt	Keine Behebung erforderlich, sofern der Abbau nicht schlechter wird (siehe auch Kapitel VIII)
Auf dem Nachklärbecken befindet sich ein Schwimmschlamm	Infolge von Denitrifikationsvorgängen bildet sich gasförmiger Stickstoff, der die Belebtschlammflocke zum Auftreiben bringt	Durch Reduzierung der Belüftung (intermittierende Belüftung) wird die Denitrifikation ins Belebungsbecken verlagert, wodurch der Schwimmschlamm weitgehend verschwindet
		Einbau einer automatischen Schwimmschlammzerstörung
		Einbau einer automatischen Schwimmschlammrückführung

Tabelle 26: Betriebsprobleme bei Belebungsanlagen

<u>Betriebsstörung</u>	<u>Mögliche Ursachen</u>	<u>Behebung</u>
	Der Zulauf enthält sehr viel Fett, das im Nachklärbecken aufschwimmt	Einbau eines Fettabscheiders
	Infolge zu geringer Dimensionierung des Durchmessers der Schlammrutsche gast das Belebtschlamm-Wassergemisch zu wenig aus, wodurch sich der Schwimmschlamm bildet	Vergrößerung des Durchmessers der Schlammrutsche
Der Ablauf der Kläranlage ist trüb und fäulnisfähig	Die Anlage befindet sich noch in Einarbeitung	Abwarten der Adaptierungsphase
	Im Belebungsbecken wird ein Sauerstoffgehalt von 0 mg/l gemessen	siehe Seite 99, letzte Zeile und folgende auf Seite 100 und 101
	In die Kläranlage gelangen Giftstoffe, wodurch die Mikroorganismen abgetötet werden	Fernhalten der Giftstoffe von der Kläranlage
Der Ablauf ist klar und geruchlos, er enthält aber zu viele Schwebstoffe	Im Belebungsbecken hat sich Blähschlamm gebildet	Wird im folgenden ausführlich behandelt
	Vor dem Ablaufrohr fehlt eine Tauchwand, wodurch der sich bildende Schwimmschlamm mit dem Ablauf abtreibt	Einbau einer Tauchwand

Tabelle 26: Betriebsprobleme bei Belebungsanlagen

<u>Betriebsstörung</u>	<u>Mögliche Ursachen</u>	<u>Behebung</u>
	Die Schlammrutsche ist undicht bzw. abgerissen, wodurch sich Turbulenzen im Nachklärbecken bilden	Reparatur der Schlammrutsche
	Das Nachklärbecken ist hydraulisch überlastet	Einbau einer Mammutpumpe im Vorklärbecken zur Vergleichmäßigung der Zulaufmenge
		Kontrolle des Kanalsystems auf Fehllanschlüsse und Grundwassereintritt
		Neubau eines größeren Nachklärbeckens
	Die Nachklärtasche ist verstopft	Reinigung des Nachklärbeckens
	Infolge einer automatischen Schwimmschlammrückführung kommt es zur hydraulischen Überbelastung des Nachklärbeckens	Neueinstellung oder Unterbrechung der automatischen Schwimmschlammrückführung
Infolge des Vorhandenseins einer Nachklärtasche pflanzen sich durch die Turbulenz im Belebungsbecken Strömungen ins Nachklärbecken fort wodurch die Absetzwirkung beeinträchtigt wird	Umbau der Anlage	

Tabelle 26: Betriebsprobleme bei Belebungsanlagen

<u>Betriebsstörung</u>	<u>Mögliche Ursachen</u>	<u>Behebung</u>
<p>Im Belebungs- und auch im Nachklärbecken kommt es zu Schlammablagerungen und Verstopfungen</p>	<p>Es fehlt ein Vorklärbecken</p>	<p>Errichtung eines Vorklärbeckens</p>
	<p>Als Vorklärbecken ist eine zweistöckige Anlage installiert, die nicht ausreichend gewartet wird</p>	<p>Intensivierung der Wartung oder Neubau des Entschlammungsbeckens als Zweikammer- bzw. Dreikammerfaulgrube</p>
	<p>Das Vorklärbecken ist überfüllt</p>	<p>Reinigung des Vorklärbeckens</p>
<p>Nach Zugabe von Eisensalzen verfärbt sich der Belebtschlamm schwarz</p>	<p>Im Belebungsbecken ist Schwefelwasserstoff vorhanden (z.B. infolge angefaulten Abwassers) der mit Eisensalzen schwarzes Eisensulfid bildet</p>	<p>Keine Maßnahmen erforderlich, da unschädlich</p>
<p>Oberhalb des Wasserspiegels im Belebungs- und Nachklärbecken ist der Beton zerstört</p>	<p>Infolge sehr stark angefaulten Abwassers und zu geringer Belüftung wird Schwefelwasserstoff ausgetrieben und führt in der Folge zur Betonzerstörung</p>	<p>Intensivierung der Belüftung, dadurch wird der Schwefelwasserstoff von sulfidoxidierenden Bakterien zu Sulfat oxidiert</p>

Ein bei Kleinbelebungsanlagen leider recht häufig auftretendes Problem ist jenes des Blähschlammes.

Unter Blähschlamm wird ein von fadenförmigen Organismen gekennzeichnete Schlamm mit schlechten Absetzeigenschaften (Verdünnungsschlammindex größer als 150 ml/g) verstanden. Zufolge der schlechten Flockungs- und Absetzeigenschaften werden solche Schlämme im Nachklärbecken ungenügend abgetrennt. Wenn die Absetzgeschwindigkeit des Belebtschlammes im Verhältnis zur Oberflächenbeschickung des Nachklärbeckens zu klein ist, fließt Schlamm mit dem gereinigten Abwasser zum Vorfluter ab.

Die für die Absetzeigenschaften erforderliche Flockenbildung der Bakterien dürfte vermutlich durch die Ausscheidung von natürlichen Polyelektrolyten durch Bakterien in der endogenen Phase verursacht werden. Bei der mikroskopischen Untersuchung von Belebtschlammflocken kann häufig beobachtet werden, daß die Flocken gewissermaßen ein Skelett aufweisen, an dem die Bakterien haften. Dieses Skelett wird zum Teil von den natürlichen Inhaltsstoffen des Abwassers (z.B. Zellulosefasern bei Anlagen ohne Vorklärung) oder aber von fadenförmigen Mikroorganismen gebildet. Nach neuen Untersuchungen aus den USA ist die Anwesenheit von fadenförmigen Mikroorganismen für die Bildung einer stabilen Schlammflocke unbedingt erforderlich. Sind die fadenförmigen Mikroorganismen nicht in ausreichender Zahl vorhanden, so bildet sich eine labile Flocke, die leicht zerfällt. Kommt es zu einem vermehrten Auftreten von Fadenorganismen, so ragen die Fäden aus den Flocken heraus und verringern die Absetzgeschwindigkeit der Belebtschlammflocken. In diesem Fall wird von Blähschlamm gesprochen.

Wodurch kann nun eine übermäßige Entwicklung von Fadenbakterien im Belebtschlamm hervorgerufen werden?

Ein häufiger Grund ist in der Abwasserzusammensetzung zu suchen. Ein langer, aus der Flocke herausragender Faden hat ein viel größeres Verhältnis von Oberfläche : Volumen als flockenbildende Bakterien. Da die Nahrung bei Bakterien durch die Zellwand ins Zellinnere gelangt, können Fadenbakterien bei der Konkurrenz um gelöste Substrate bevorzugt sein, da sie in der gleichen Zeiteinheit pro Zelle eine größere Menge an Substrat aufnehmen können. Kohlehydrate und organische Säuren stellen zumeist leicht lösliche und schnell abbaubare Stoffe dar, die in großen Mengen vor allem in den Abwässern bestimmter Industriebetriebe, aber auch in angefaultem Abwasser vorkommen können. Häufig ist auch ein unausgeglichenes Nährstoffverhältnis der Grund für das Auftreten von Blähschlamm. Da beim biologischen Abbau von Schmutzstoffen neue Bakterienbiomasse gebildet wird, für deren Aufbau, neben einer Reihe von Spurenelementen, hauptsächlich Stickstoff und Phosphor als Nährstoffe vorhanden sein müssen, ist die Anwesenheit dieser Stoffe im Abwasser erforderlich.

Im Falle von Kleinkläranlagen dürfte der Mangel von Stickstoff- und Phosphor-Verbindungen jedoch nur selten die Ursache für das Auftreten von Blähschlamm sein, da im häuslichen Abwasser ein Überschuß dieser Nährstoffe gegeben ist. Die Anwesenheit von Schwefelwasserstoff bzw. Sulfiden ist ebenfalls eine mögliche Ursache von Blähschlamm. Schwefelbakterien sind in der Lage, Sulfid zu oxidieren und in Form von Schwefel in den Zellen abzulagern. Häufig wachsen diese Bakterien fadenförmig, was bei ihrer Entwicklung im Belebtschlamm zu Blähschlamm führen kann. Sulfid kann entweder bereits im Abwasser vorhanden sein, oder sich erst durch anaerobe Reduktion von Sulfat (z.B. im Entschlammungsbecken) bilden.

Häufig kann es auch durch betriebsbedingte Faktoren zur Ausbildung von Blähschlamm kommen. Es sollen hier nur eine unzureichende Versorgung des Belebtschlammes mit Sauerstoff, eine zu lange Aufenthaltszeit des Schlammes im Nachklärbecken bzw. die Art der Beschickung (stoßförmige Beschickung, die zu großer Sauerstoffzehrung und damit langen Zeiten ohne Sauerstoffgehalt im Belebungsbecken führt) genannt werden.

Die verschiedenen Ursachen für die Bildung von Blähschlamm können das Auftreten verschiedener fadenförmiger Organismen in solchen Schlämmen erklären. Mit Hilfe von mikroskopischen Untersuchungen und verschiedenen Anfärbemethoden ist man heute in der Lage, eine große Zahl verschiedener Blähschlammarten zu identifizieren. In einzelnen Fällen ist es gelungen, aufgrund der Identifizierung des Fadenorganismus auf die Ursache für die Entstehung des Blähschlammes zu schließen. Bei Kenntnis der Ursache ist dann eine gezielte Bekämpfung möglich. Bei Kleinkläranlagen wird man sich beim Auftreten von Blähschlamm zunächst jedoch meist sogenannter "unspezifischer" Bekämpfungsmethoden bedienen. Diese bestehen in einer Beschwerung der Schlammflocke durch Zugabe von Chemikalien bzw. Ausflockung von Niederschlägen. Damit kann die Absetzgeschwindigkeit des Schlammes erhöht werden. Als solche beschwerenden Stoffe kommen Kalk, Ton, Eisen- und Aluminiumsalze in Frage. Nach verschiedenen positiven Erfahrungen mit der Zugabe von Eisensalzen bei Großklärwerken wurde die Eisenzugabe auch bei verschiedenen Kleinkläranlagen in Österreich durchgeführt. Bei einer Anlage konnte durch die Zugabe von Ferro-Sulfat (an 2 hintereinanderfolgenden Tagen wurden je 5 kg technisches Ferro-Sulfat zu 15,5 m³ Belebungsbecken gegeben; dies entspricht 65 g Fe/m³) eine rasche Verbesserung der Verhältnisse erreicht werden. Das Schlammvolumen wurde innerhalb von 4 Tagen von 1000 ml/l auf 450 ml/l abgesenkt. Bei der mikroskopischen Kontrolle des Belebtschlammes konnte ein deutlicher Rückgang der Fadenbakterien beobachtet werden. In den Fäden schienen sich Eiseneinlagerungen zu bilden, die in weiterer Folge zum Zerfall der Fäden führten.

Eine Bekämpfung von Blähschlamm durch eine Schädigung der Fadenbakterien mit Chemikalien (z.B. Zugabe von Chlor bzw. H_2O_2) kommt praktisch nur für Großanlagen in Frage, da hierbei auch die normalen Schlamm Bakterien geschädigt werden und eine sehr sorgfältige Kontrolle bei der Dosierung der Chemikalien erforderlich ist, die bei Kleinanlagen nicht gegeben ist.

Häufig kann eine Verbesserung des Blähschlammproblems auch durch Behebung der Ursachen erfolgen. Wie bereits erwähnt, ist in der Beschickung mit angefaultem Abwasser eine häufige Ursache für die Entwicklung von Blähschlamm zu sehen. Dies konnte bei Untersuchungen mit frischem bzw. angefaultem Abwasser deutlich gezeigt werden (91). Dabei wurden 2 Laborbelebungsanlagen parallel betrieben. Eine der beiden Anlagen wurde mit Abwasser, das mindestens 24 Stunden bei 20 - 25° gelagert worden war, beschickt, der zweiten Anlage wurde möglichst frisches Abwasser gleicher Herkunft zugeführt, was durch eine leichte Belüftung des Vorratsgefäßes gewährleistet wurde. Beide Anlagen wurden zu Beginn mit dem gleichen Impfschlamm beschickt. Nach wenigen Tagen stieg der Schlammindex in der mit angefaulten Abwasser betriebenen Anlage auf 300 ml/g, wogegen in der Vergleichsanlage Werte unter 100 ml/g eingehalten werden konnten. Der Reinigungseffekt beider Anlagen war jedoch nahezu identisch. Bei Laborversuchen mit dem zu Blähschlamm führenden Abwasser einer Kleinkläranlage konnte durch Vorschaltung eines kleinen Belüftungsbeckens vor das eigentliche Belebungsbecken innerhalb weniger Tage ein fast vollständiger Rückgang der Fadenbakterien im Belebtschlamm beobachtet werden. Diese Vorschaltung eines im Vergleich zum Belebungsbecken kleinen Kontaktbeckens vor das Belebungsbecken hat sich auch schon bei Großanlagen bei der Bekämpfung von Blähschlamm bewährt. Nach den bisherigen Erfahrungen dürfte darin eine der besten Methoden für die Bekämpfung von Blähschlamm liegen. Zum Abschluß soll noch über die Untersuchung von Belebtschlämmen aus Kleinkläranlagen berichtet werden. Je nach dem Auftreten von fadenförmigen Mikroorganismen wurden die Schlämme in fünf Kategorien eingeteilt und zwar:

sehr stark
stark
mäßig
wenig
nicht f ä d i g.

Die Untersuchung von 64 Schlämmen erbrachte dabei folgendes Bild:

sehr stark fädig	13	(20 %)
stark fädig	19	(30 %)
mäßig fädig	10	(16 %)
wenig fädig	9	(14 %)
nicht fädig	13	(20 %)

Bei den Anlagen mit sehr stark fädigem Schlamm ist mit Sicherheit mit dem Auftreten von Blähschlamm zu rechnen. Bei starken hydraulischen Belastungen des Nachklärbeckens dürfte es dort zumindest zeitweilig zum Abtreiben von Schlamm kommen. Die mit stark fädig bezeichneten Anlagen dürften zumindest zeitweise mit Blähschlammproblemen zu kämpfen haben.

Für die Bekämpfung von Blähschlamm bei Kleinkläranlagen sollten nach den bisherigen Erfahrungen folgende Maßnahmen ergriffen werden:

Am einfachsten ist die Bekämpfung durch die Zugabe von Eisensalzen (Zugabe von Ferro-Sulfat direkt in das Belebungsbecken). Hiermit kann eine rasche Verbesserung der Verhältnisse erreicht werden. Nach gewisser Zeit kann sich jedoch wieder Blähschlamm bilden, sodaß die Behandlung wiederholt werden muß. In der Einrichtung einer Vorbelüftung wird ebenfalls eine sehr gute Methode zur Bekämpfung von Blähschlamm gesehen. Da hierdurch häufig die Ursachen für das Auftreten von Blähschlamm ausgeschaltet werden, dürfte sich in diesen Fällen meist eine dauernde Verbesserung der Verhältnisse ergeben.

Am günstigsten ist es das Vorklärbecken in 3 Kammern zu unterteilen, wobei die dritte Kammer belüftet wird.

Vor allem von Untersuchungsämtern wird vielfach der Schwimmschlamm auf dem Nachklärbecken beanstandet, obwohl dies eigentlich kein echtes Problem ist.

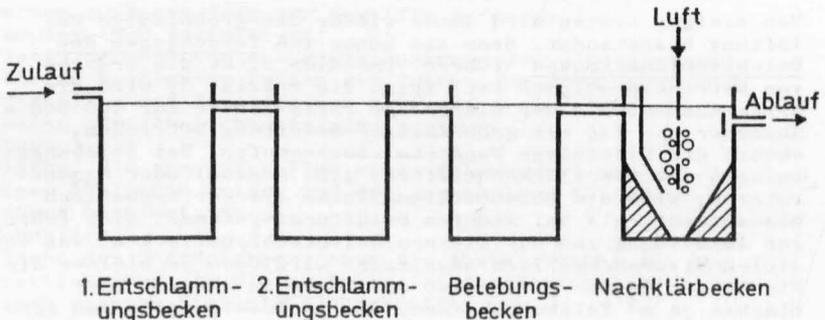
Der sich an der Wasseroberfläche des Nachklärbeckens ansammelnde Schwimmschlamm ist vorwiegend auf Denitrifikationsvorgänge zurückzuführen. Während der ersten Betriebswochen, wenn sich bereits genügend belebter Schlamm gebildet hat, wird nur der BSB_5 abgebaut, jedoch noch nicht die Stickstoffverbindungen oxidiert. Im Ablauf sind daher noch keine Nitrate vorhanden, obwohl der Ablauf klar und fäulnisfähig ist. Bakterien, die Stickstoffverbindungen oxidieren, brauchen eine längere Zeit zur Entwicklung und stellen höhere Anforderungen an die Reinheit des Wassers.

Sie können sich daher erst dann entwickeln, wenn bereits eine gute biologische Reinigung erreicht wurde. Wenn die gute biologische Reinigung einmal vorhanden ist, stellen sie sich jedoch automatisch ein. Sollten im Abwasser jedoch gewisse Giftstoffe vorhanden sein, werden sich keine Stickstoff-oxidierenden Bakterien entwickeln. Sie sind wesentlich empfindlicher als die Bakterien, die die organischen Verunreinigungen abbauen (BSB_5 -Entfernung). Eine weitere Voraussetzung für das Auftreten der Stickstoff-oxidierenden Bakterien ist ein hohes Schlammalter. Bei geringer Überschussschlammabfuhr, wie es in Kleinkläranlagen der Regelfall ist, ist ein hohes Schlammalter (lange Verweilzeit der Mikroorganismen in der Anlage) gegeben.

Das Schlammalter errechnet sich aus der Schlammmenge im Belebungsbecken, geteilt durch die tägliche Menge an Überschußschlamm. Im allgemeinen benötigen Stickstoff-oxidierende Bakterien ein Schlammalter von über 5 Tagen. Wenn nun Nitrifikation im Belebungsbecken eintritt, läßt sich auch eine Denitrifikation in geringem Umfang im Nachklärbecken nicht vermeiden. Denitrifikation bedeutet, daß die Bakterien bei Sauerstoffmangel, wie er im Nachklärbecken gegeben ist, das Nitratmolekül aufknacken, den Sauerstoff verwerten, wobei Stickstoff frei wird und als Stickstoffgas aufperlt. Beim Aufschwimmen reißt es einzelne Bakterienflocken mit zur Oberfläche des Nachklärbeckens, die sich dann als Schwimmschlamm ansammeln.

Die Schwimmschlammbildung auf den Nachklärbecken ist in diesem Fall also ein Zeichen einer guten Reinigungswirkung. Es kommt nur darauf an, daß die Schwimmschlammdecke regelmäßig zerstört wird, damit sie nicht zu einer dicken Schicht anwachsen kann und in Fäulnis übergeht. Zur Zerstörung der Schwimmschlammdecke wird empfohlen, eine Belüftung einzubauen und diese einmal täglich, z.B. in den Nachtstunden, für 15 Minuten über eine Zeitschaltuhr in Betrieb zu nehmen (Abb. 34). Die Ausströmöffnung sollte mindestens 1 m unter der Wasseroberfläche liegen.

Abb. 34: Schwimmschlammzerstörung im Nachklärbecken

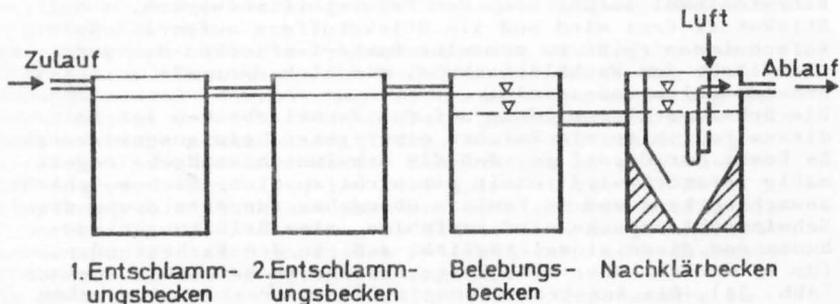


Um während der Schwimmschlammzerstörung ein Abtreiben des Schlammes in den Ablauf zu vermeiden, hat es sich bewährt, den Wasserspiegel im Nachklärbecken und Belebungsbecken abzusenken.

Am günstigsten ist es dabei, im Nachklärbecken in Verbindung mit dem Steigrohr der Rücklaufschlammleitung einen Druckluftheber anzuordnen, mit dem der Wasserspiegel im Belebungsbecken und im Nachklärbecken abgesenkt werden kann. Der Druckluftheber mündet in den Ablaufkanal ein.

Für den Normalfall genügt ein Absenken des Wasserspiegels in den beiden Becken um 30 cm. Bei abgesenktem Wasserspiegel kann dann der Schwimmschlamm im Nachklärbecken bekämpft werden (Abb. 35).

Abb. 35: Schwimmschlammzerstörung im Nachklärbecken mit Wasserspiegelabsenkung



Von einigen Leuten wird immer wieder die grobblasige Belüftung beanstandet, denn sie könne zum Zerschlagen der Belebtschlammflocken führen. Daß dies nicht die Ursache von Betriebsproblemen ist, zeigt die Praxis. So wird die erste Ausbaustufe der Kläranlage Paris-Achère für 300.000 m³ Abwasser pro Tag mit grobblasiger Belüftung betrieben, ebenso die Kläranlage Wuppertal-Buchenhofen. Bei Belebungsanlagen mit Oberflächenbelüfter, z.B. Kreisel oder Mammutrotoren, wird die Belebtschlammflocke stärker mechanisch beansprucht, als bei anderen Belüftungssystemen. Dies führt zur Ausbildung von nur kleinen Belebtschlammflocken, was von vielen Wissenschaftlern angestrebt wird. Denn je kleiner die Flocke ist, desto größer ist die Summe an aktiven Oberflächen je m³ Belebungsbecken, die im Reinigungsprozeß eingeschaltet sind. So hat der bekannte holländische Abwasserwissenschaftler Dr. Pasveer schon vor 3 Jahrzehnten die Ansicht vertreten, daß im Belebungsbecken eine hohe Mikroturbulenz vorhanden sein sollte, um eine kleine Flockengröße zu erreichen.

Auch Prof. Wuhrmann aus der Schweiz hat in theoretischen Berechnungen den Vorteil einer geringen Flockengröße bewiesen. Untersuchungen in der Tschechoslowakei ergaben, daß bei hoher Turbulenz die Flockengröße vermindert und die Blähschlammgefahr verringert wird. Mit Rücksicht auf die hohe Betriebssicherheit der grobblasigen Belüftung besteht daher keine Veranlassung bei Kleinbelebungsanlagen zu einer feinblasigen Belüftung überzugehen.

VII. EINSATZ VON KLEINBELEBUNGSANLAGEN BEI ERHOLUNGS- UND FREMDENVERKEHRSEINRICHTUNGEN

Erholungs- und Fremdenverkehrseinrichtungen liegen meist außerhalb größerer Siedlungen. Vielfach ist daher ein Anschluß an ein zentrales Kanalnetz mit angeschlossener Kläranlage nicht möglich. In diesen Fällen ist eine eigene Abwasserreinigungsanlage erforderlich.

Der Abwasseranfall bei Erholungs- und Fremdenverkehrseinrichtungen unterscheidet sich stark vom üblichen Abwasseranfall in einer Gemeinde oder Stadt. Er hängt sehr von der Jahreszeit, der Witterung aber auch vom Wochentag ab. Inwieweit Kleinbelebungsanlagen als Reinigungssysteme in diesen Fällen in Frage kommen, soll im folgenden näher untersucht werden.

1. CAMPING-UND ZELTPLÄTZE

Das Arbeitsblatt A 129 "Abwasserbeseitigung aus Erholungs- und Fremdenverkehrseinrichtungen" befaßt sich ausführlich mit Camping- und Zeltplätzen. In diesem Arbeitsblatt werden zunächst folgende Begriffe definiert:

Camping- und Zeltplätze:

Platz, der während des ganzen Jahres oder wiederkehrend während bestimmter Zeiten des Jahres zum vorübergehenden Aufstellen und Bewohnen von mehr als drei Wohnwagen, Zelten oder ähnlichen Anlagen bestimmt ist.

Standplatz:

Fläche, die zum Aufstellen eines Wohnwagens, Zelttes oder einer ähnlichen Anlage und des zugehörigen Kraftfahrzeuges bestimmt ist.

Wohnplatz:

Fläche des Standplatzes, ohne die Abstellfläche für das Kraftfahrzeug; in diesem Falle ist das Kraftfahrzeug auf einem eigenen Stellplatz abgestellt.

Als Grundlagen für die Bemessung der Abwasseranlagen werden folgende Zahlenwerte angegeben:

Durchschnittliche Größe eines Standplatzes: 75 m²

Durchschnittliche Größe eines Wohnplatzes: 65 m²

Kleinere Einheitsflächen, z.B. bei Durchgangs-Campingplätzen, müssen entsprechend berücksichtigt werden.

Maßgebliche Belegung eines Stand- oder Wohnplatzes:

3,5 Personen

Niedrigere Belegungszahlen können in begründeten Ausnahmefällen zugelassen werden.

Schmutzwasseranfall je Stand- oder Wohnplatz: mind. 200 l/d

Dies entspricht einem spezifischen Schmutzwasseranfall von rund 60 l je Person und Tag; der Schmutzwasseranfall je Stand- bzw. Wohnplatz darf jedoch bei niedrigen Belegungszahlen nicht vermindert werden.

Die organische Schmutzfracht errechnet sich aus:

$$2 \text{ Personen} = 1 \text{ EGW mit } 60 \text{ g BSB}_5 / (\text{E.d})$$

Diese Zahlen decken sich im wesentlichen mit den Messungen, die RAPSCH und SCHÖNEBORN (108) durchführten. Von ihnen wurde über ein Jahr der Abwasseranfall und die Abwasserzusammensetzung eines großen Campingplatzes südlich von Bremen untersucht. Der Campingplatz umfaßte 240 Standplätze mit einer durchschnittlichen Standgröße von 120 m², einer Gaststätte, einer Sauna, sowie 2 Badeseen mit einer Wasserfläche von 10.000 m². Bei den Untersuchungen ergaben sich, bezogen auf eine Person, im Mittel folgende spezifische Werte:

spezifische Abwassermenge:	49 l/E.d
spezifische BSB ₅ -Fracht:	23 g BSB ₅ /E.d

Höhere Wassermengen, dafür etwas niedrigere Frachten fanden BRANDT und RUDLOFF (31).

Bei einer Untersuchung über 2 Jahre auf einem Campingplatz nahe der Ostsee in Schleswig-Holstein bestimmten sie folgende Werte:

spezifische Abwassermenge:	1970	50 l/E.d
	1971	100 l/E.d
spezifische Abwasserfracht:	1970	15 g/E.d
	1971	17 g/E.d

Den hohen Wasserverbrauch im Jahre 1971 führten sie auf die ständig gespülten Standaborte für Männer bei geringer Belegung zurück.

Während für die Bemessung der Schmutzwasserfracht gemäß ATV-Arbeitsblatt A 129 je Standplatz und Tag (1 Standplatz = 3,5 Personen, 2 Personen = 1 EGW mit 60 g BSB₅/(EGW.d)) 105 g BSB₅ verwendet werden müssen, schreibt die Landesverordnung von Schleswig-Holstein über das Zeltwesen vom 6.1.1976 einen Wert von 135 g BSB₅ je Standplatz und Tag vor.

Sofern ein Anschluß an eine regionale Kläranlage nicht möglich ist, wird im ATV-Arbeitsblatt als Einzellösung der Oxidationsteich favorisiert. Diesem muß ein Vorbecken (Entschlammungseinrichtung) vorgeschaltet werden.

Hiezu eignen sich:

- Erdbecken

(mit zeitweise stärkeren Geruchsemissionen ist zu rechnen)

$$V = 0,3 \text{ m}^3 / \text{EGW}$$

- Mehrkammergrube nach DIN 4261,

Blatt 1 (bei sehr kleinen Anschlußwerten)

$$V = 0,3 \text{ m}^3 / \text{EGW}$$

- Emscherbecken, Volumen, V Schlammraum
(bei großen Anschlußwerten; nicht immer frei von Geruchsemissionen) $V = 0,1 \text{ m}^3/\text{EGW}$

Der Bemessung des Oxidationsteiches müssen folgende Werte zugrunde gelegt werden:

- spezifische Oberfläche $F_0 = 5 \text{ m}^2/\text{EGW}$
- Tiefe $T = 0,8 - 1,2 \text{ m}$

Kläranlagen mit aerober biologischer Reinigungsstufe sind nach Ansicht der Verfasser des ATV-Arbeitsblattes wegen der außergewöhnlichen Belastungsschwankungen nur bedingt zur vollbiologischen Reinigung des Abwassers von Campingplätzen geeignet. Diese Meinung kann vom Verfasser nicht geteilt werden. Gerade der Oxidationsteich scheint für dieses Problem die denkbar ungünstigste Lösung. Denn nicht nur die dabei auftretenden - und sogar im Arbeitsblatt angeführten - Geruchsbelästigungen, die für dieses Verfahren notwendigen riesigen Flächen (die Grundpreise sind ja bekanntlich gerade in Fremdenverkehrsgebieten besonders hoch), sondern auch die starke Belästigung durch Mücken, die in einem Oxidationsteich ideale Brutbedingungen vorfinden, sind nicht gerade sympathische Eigenschaften dieses Reinigungssystems.

Das Argument, daß Abwasserreinigungssysteme, wie Belebungs-, Tropf- und Tauchtropfkörperanlagen mit außergewöhnlichen Belastungsschwankungen nicht fertig werden, konnte zumindestens für die Belebungsanlage durch österreichische und schweizer Untersuchungen eindeutig widerlegt werden: So wurde von BEGERT und MÜLLER (16,17) in Labor- und technischen Versuchen der Einfluß abnormaler Betriebsverhältnisse auf die Wirksamkeit von Kleinkläranlagen untersucht. Dabei wurde der Einfluß von Stoßbelastungen, von unterschiedlicher Belüftungsdauer bei Stoßbeschickung, sowie von längerfristigen Unterbrechungen des Abwasserzuflusses auf das Reinigungsergebnis verfolgt.

Um die Auswirkungen von Stoßbelastungen zu untersuchen, wurden 3 Laborbelebungsanlagen (Modellanlage aus Plexiglas, Volumen des Belebungssteiles 7,5 l, Volumen des Nachklärbeckens 2,5 l) mit unterschiedlicher Abwasserbeschickung betrieben.

Anlage 1 wurde gleichmäßig mit Abwasser über 24 Stunden (Q_{24}) beschickt. Anlage 2 wurde mit der gleichen täglichen Abwassermenge wie Anlage 1 beschickt, jedoch nur über 10 Stunden verteilt (Q_{10}), entsprechend einer Früh-, Mittags- und Abendspitze. Anlage 3 wurde ebenfalls mit der gleichen täglichen Abwassermenge wie Anlage 1 beschickt, jedoch zusammenhängend über 5 Stunden (Q_5), entsprechend einem nur etwa 5 Stunden anfallenden Abwasser. Die Versuchsergebnisse sind in der Tab. 27 gegenübergestellt. Während in der Anlage 1 die mittlere Belüftungszeit 7 Stunden betrug, verminderte sie sich in Anlage 2 auf 3 Stunden und in Anlage 3 auf 1,5 Stunden.

Die für Kleinanlagen relativ kurzen Belüftungszeiten wurden gewählt, um bei dem durch Fremdwasser verdünnten Abwasser der Kläranlage Wien - Gelbe Heide, das für die Versuche herangezogen wurde, noch eine mittlere BSB₅-Raumbelastung B_R von 0,43 kg/m³.d zu erhalten. Bemerkenswert ist, daß zwischen der Anlage 1 und 2 kein Unterschied in der Reinigungswirkung festgestellt wurde.

Insgesamt lagen die Ablaufkonzentrationen mit BSB₅ 5 bzw. 6 mg/l, CSB 30 bzw. 28 mg/l, TOC 11 bzw. 12 mg/l ausgesprochen niedrig.

Aber auch bei der mit Q₅ beschickten Anlage 3 lag der BSB₅ des Ablaufes mit 14 mg/l noch unter den üblicherweise angestrebten 20 mg/l. In späteren Versuchen wurden jedoch auch bei dieser Stoßbelastung mittlere Ablaufwerte von 6 bis 7 mg/l erreicht.

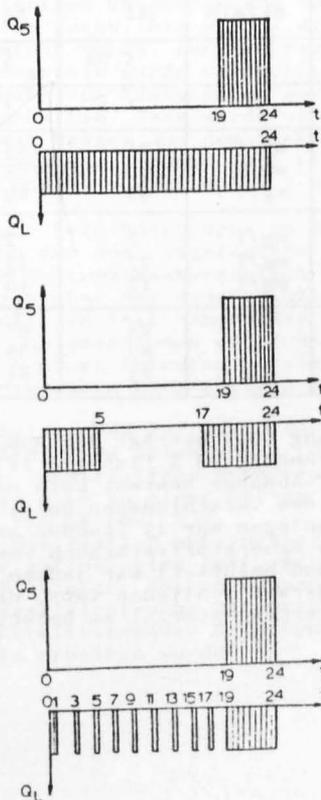
Tabelle 27: Versuchsergebnisse

	DIM	Q ₂₄	Q ₁₀	Q ₅
Volumen Belebungsbecken	1	7,5	7,5	7,5
Beschickung	ml/min	18	42	84
Beschickung	l/h	1,08	2,52	5,04
Aufenthaltszeit t	h	7,0	3,0	1,5
Zulauf Mittel BSB ₅	mg/l	123	123	123
Zulauf Mittel CSB	mg/l	264	264	264
Zulauf Mittel TOC	mg/l	67	67	67
Ablauf Mittel BSB ₅	mg/l	5	6	14
Ablauf Mittel CSB	mg/l	30	28	49
Ablauf Mittel TOC	mg/l	11	12	16
Abbau Mittel BSB ₅	%	96	95	89
Abbau Mittel CSB	%	89	89	81
Abbau Mittel TOC	%	84	82	76

Voraussetzung für diesen guten Reinigungserfolg ist jedoch, daß auch bei der Stoßbelastung die Sauerstoffzufuhr größer ist als der Sauerstoffverbrauch. Maßgebend für den Sauerstoffverbrauch im Belebungsbecken ist die Substratatmung.

Wird diese bei Anlage 1 auf einen Tag bezogen, so ergibt sich ein Sauerstoffverbrauch von $OV_R = 0,65 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$. Das Verhältnis Sauerstoffzufuhr zu BSB_5 -Raumbelastung OV_R/B_R beträgt damit $1,5 \text{ kg O}_2/\text{kg BSB}_5$. In der mit Q_{10} beschickten Anlage 2 ist die Substratartung während der Beschickung $1,5$ mal so groß, wie in Anlage 1. Das Verhältnis OV_R/B_R in der Tagespitze ergibt sich damit mit $2,25 \text{ kg O}_2/\text{kg BSB}_5$. Dies bedeutet, daß der Planung einer Kläranlage, die mit Q_{10} beschickt wird, ein OC-load von mindestens $2,5 \text{ kg O}_2$ pro kg BSB_5 zugrunde gelegt werden muß. In Anlage 3 mit der Stoßbeschickung Q_5 ist die Substratartung sogar auf das $2,33$ -fache des Wertes der Anlage 1 angestiegen. Dies bedeutet, daß in diesem Falle der Planung der Kläranlage ein OC-load von $3,5 \text{ kg O}_2/\text{kg BSB}_5$ zugrunde gelegt werden muß. In einer weiteren Versuchsserie wurde untersucht, inwieweit bei Stoßbelastung die Belüftungsdauer eingeschränkt werden kann. Dabei wurden wieder 3 Laborversuchsanlagen mit unterschiedlicher Belüftungsdauer betrieben (Abb. 36).

Abb. 36: Versuchseinstellung



- Anlage 1 - Dauerbelüftung
 Anlage 2 - durchgehende Belüftung über 12 Stunden. Einschalten des Gebläses 2 Stunden vor Betriebsbeginn; Abschalten 5 Stunden nach Betriebs-schluß.
 Anlage 3 - intermittierende Belüftung; Dauerbelüftung mit Betriebsbeginn, Ende der Dauerbelüftung 1 Stunde nach Betriebsschluß, dazwischen wurde alle 2 Stunden das Gebläse für 45 Minuten eingeschaltet. Gesamtbelüftungszeit wieder 12 Stunden.

Tabelle 28: Versuchsergebnisse

	DIM	Q_5 dauer- bel.	Q_5 12 h bel.	Q_5 interm. bel.
Volumen Belebungs- becken	l	7,5	7,5	7,5
Beschickung	ml/min	84	84	84
Beschickung	l/h	5,04	5,04	5,04
Aufenthaltszeit	h	1,5	1,5	1,5
Zulauf BSB ₅ Mittel	mg/l	135	135	135
CSB ₅	mg/l	285	285	285
TOC	mg/l	69	69	69
Ablauf BSB ₅ Mittel	mg/l	7	7	6
CSB ₅	mg/l	37	33	27
TOC	mg/l	12	10	10
Abbau BSB ₅	%	95	95	95
CSB ₅	%	87	88	90
TOC	%	83	85	85

Trotz der Stoßbelastung (Q_5) beträgt die BSB₅-Abnahme in allen 3 Anlagen gleichmäßig 95 % (Tabelle 28). Auch bei CSB- und TOC-Abnahme besteht kein nennenswerter Unterschied zwischen den verschiedenen Betriebsweisen. Es genügt also, die Anlagen nur 12 Stunden am Tag zu belüften. Der gemessene Sauerstoffverbrauch von Anlage 2 (12 Stunden durchgehend belüftet) war jedoch höher als in Anlage 1 und 3, was darauf schließen läßt, daß sich hier etwas mehr nichtoxidiertes Material am belebtem Schlamm angereichert hat.

Auch aus Gründen der Betriebssicherheit sollte daher die intermittierende Belüftung der Blockbelüftung über 12 Stunden vorgezogen werden.

Da jedoch in den 12 Stunden der Belüftungspause keine Zellsubstanz oxidiert wird, ist die Überschußschlammproduktion etwas größer; das zeigt das höhere Schlammrockengewicht in den Anlagen 2 und 3 gegenüber Anlage 1.

Neben der Frage, inwieweit eine Kleinbelebungsanlage mit dem bei Campingplätzen häufig auftretenden Stoßbelastungen fertig wird, ist auch die Frage von Bedeutung, wie lange die Kleinbelebungsanlage nach einer längerfristigen Unterbrechung des Abwasserzuflusses zur neuerlichen Einarbeitung benötigt. Dazu wurden vom Verfasser Versuche im technischen Maßstab an einer PUTOX-Kleinkläranlage für 150 EGW durchgeführt. Die Anlage bestand aus einem vorgeschalteten Entschlammungsbecken ($V = 13,4 \text{ m}^3$), einem Belebungsbecken ($V = 8,2 \text{ m}^3$) und einem Nachklärbecken ($V = 7,1 \text{ m}^3$).

Bei den Versuchen zeigte sich, daß kurzfristige Unterbrechungen von 7 und 15 Tagen die Funktionsfähigkeit der Kläranlage nach der Unterbrechung kaum beeinflußten. Nach 1 bis 2 Tagen stellte sich der gewohnte Abbau ein.

Bei einer langfristigen Unterbrechung von 70 Tagen dauerte es jedoch fast eine Woche, bis wieder die gewohnte Reinigungswirkung erreicht wurde. Zur Abkürzung dieser neuerlichen Einarbeitungszeit wurde versucht, den belebten Schlamm durch Zugabe von Faulschlamm aus dem Entschlammungsbecken aktiv zu erhalten. Dazu wurde während des Unterbrechungszeitraumes Wasser aus dem Nachklärbecken in die Tiefe des Vorklärbeckens gepumpt. Die tägliche Pumpzeit betrug 2 Stunden und es wurden dabei 2 m^3 Wasser/Stunde gefördert.

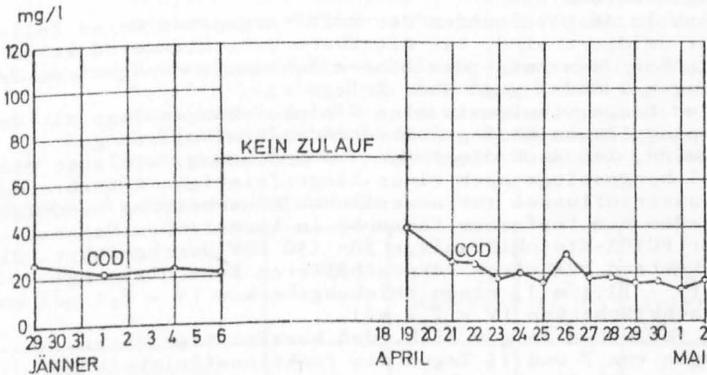
Durch die Turbulenz beim Rückpumpen am Boden des Entschlammungsbeckens wurde der dort abgelagerte ausgefaulte Schlamm aufgewirbelt. Das Schlamm-Wassergemisch von täglich 4 m^3 floß dem Belebungsbecken der dauerbelüfteten Anlage zu. Während der zulauflosen Zeit nahmen die Atmungswerte um ca. 50 % ab, während Schlammvolumen und Schlammindex leicht anstiegen. Es kam zu einer leichten Schwimmschlamm-Bildung im Nachklärbecken, die durch kurzzeitiges Belüften beseitigt werden konnte.

Nach Wiedereinschalten des Zuflusses zur Kläranlage ergaben sich sofort befriedigende Ablaufwerte (Abb. 37)

Ebenfalls mit der langfristigen Unterbrechung des Abwasserzuflusses befaßten sich in einer umfangreichen Untersuchung A. HÖRLER und V. PRACEK (62, 63).

Sie untersuchten den Einfluß unterschiedlicher Belüftungsarten während der zuflußfreien Zeit. Bei 14-tägiger, 36-tägiger bzw. 85-tägiger Unterbrechung des Abwasserzuflusses wurden Parallelversuche mit durchgehender, abgestellter bzw. intermittierender Belüftung durchgeführt, wobei folgendes Ergebnis erhalten wurde:

Abb. 37: 70-tägige Beschickungspause



Bei den Versuchen mit durchgehender Belüftung während der toten Zeit, traten während der Zeit ohne Zufluß keine Betriebsschwierigkeiten auf. Bemerkenswert war die erhebliche Verdunstung, die etwa dem 5-fachen Wert einer ruhenden Wasseroberfläche entsprach. Bei dieser Betriebsart wird somit eine stetige Zudosierung von Reinwasser während der zuflußlosen Zeit notwendig, gesteuert z.B. mit einem Schwimmventil. Die durchgehende Belüftung während der toten Zeit hat den Nachteil, daß die Flocken des belebten Schlammes in feinste Teile zerfallen (degenerieren). Bei der Wiederaufnahme des Normalbetriebes dauerte es je nach der Schlammkonzentration in den Belebungsbecken, unter Umständen einige Tage, bis ein befriedigender Reinigungseffekt von 90 % wieder erreicht ist. Unbefriedigend ist jedoch der Schwebstoffgehalt im Ablauf bei der Wiederbeschickung der Anlage, der durch das Zerschlagen der Flocken bedingt ist.

Bei abgestellter Belüftung während der toten Zeit entstehen im Belebungsbecken Fäulniserscheinungen mit Geruchsbelästigung. Eine gute Entlüftung der Anlage ist empfehlenswert. Bei der Wiederaufnahme des Normalbetriebes wurde innerhalb von 2 Tagen ein Reinigungseffekt - bezogen auf den BSB₅ - von 90 % erreicht. Hingegen wies der Ablauf zu hohe Konzentrationen an Ammonium-Stickstoff auf, die erst nach einigen Tagen wieder normale Werte annahmen. Als Ergebnis kann festgestellt werden, daß beide Verfahren - durchgehende bzw. abgestellte Belüftung - während der zuflußlosen Zeit, jedoch auf jeden Fall bei der Wiederaufnahme des normalen Betriebes, für einige Tage zu unerwünschten Verhältnissen führen.

Wird jedoch mit intermittierender Belüftung während der toten Zeit gearbeitet, so zeigten sich folgende Erscheinungen. Bei einer Belüftung von 20 Minuten Dauer, alle 4 Stunden bzw. von 20 Minuten Dauer, alle 8 Stunden während der toten Zeit wurden schon am ersten Tag nach der Wiederaufnahme des normalen Betriebes Reinigungseffekte von über 90 % erzielt, mit einwandfreiem Schwebstoffgehalt im Ablauf. Ebenso war der Nitratgehalt bei Wiederaufnahme des Normalbetriebes hoch, der Ammoniumgehalt normal niedrig. Die Abflüsse der Anlagen mit intermittierender Belüftung während der toten Zeit waren praktisch vom ersten Tag der Wiederaufnahme des Normalbetriebes an in Ordnung. Sie wiesen die Mängel, die bei durchgehender bzw. abgestellter Belüftung während der toten Zeit auftraten, nicht auf. Auch während der zuflußlosen Zeit wurden keine Belästigungen oder Schwierigkeiten irgendwelcher Art festgestellt. Bei den Versuchen ergab sich jedoch, daß bei einer achtstündigen Unterbrechung der Belüftung etwa am fünften Tag nach Abstellen des Zuflusses der Nitratgehalt gegen Null zurückging, was bei der Belüftung alle vier Stunden nicht der Fall war.

Als Resümée der Untersuchungen von BEGERT-MÜLLER bzw. HÖRLER-PRACEK kann folgender Schluß gezogen werden:

1. Kleinbelebungsanlagen sind in der Lage, mit dem bei Campingplätzen auftretenden Stoßbelastungen fertig zu werden. Wesentlich ist dabei, daß auch bei der Stoßbelastung die Sauerstoffzufuhr größer ist, als der Sauerstoffverbrauch. Der Planung der Kläranlage sollte man daher ein OC-load von $3,5 \text{ kg O}_2/\text{kg BSB}_5$ zugrunde legen.
2. In der zuflußlosen Zeit sollte die Kläranlage alle 4 Stunden für 20 Minuten belüftet werden. Gleichzeitig wird Wasser aus dem Nachklärbecken in die Tiefe des Vorklärbeckens gepumpt, wobei Faulschlamm aufgewirbelt wird und so in das Belebungsbecken gelangt, wo er abgebaut wird. Auf diese Weise werden die Mikroorganismen im Belebungsbecken aktiv gehalten.

2. RESTAURANTS, GASTSTÄTTEN, AUSFLUGSLOKALE

Kleinkläranlagen bei Restaurants, Gaststätten, Ausflugslokalen und dergleichen leiden häufig an einer Überlastung. Ursache hierfür ist in fast allen Fällen eine zu kleine Dimensionierung der Kläranlage. So kann nach DIN 4261, Blatt 1, bei Gaststätten mit üblicher Nutzung für 1 Sitzplatz ein Einwohnergleichwert eingesetzt werden, während bei 15-maliger Ausnutzung eines Sitzplatzes in 24 Stunden für einen Sitzplatz 5 Einwohnergleichwerte der Dimensionierung zugrunde gelegt werden müssen.

Auch in der ÖNORM B 2502 sind sehr unterschiedliche Bemessungswerte je nach Art der Gaststätte angegeben. Bei Gaststätten ohne Küchenbetrieb sind für 3 Sitzplätze ein Einwohnergleichwert anzusetzen, während für Gaststätten mit durchgehendem Küchenbetrieb für einen Sitzplatz 2-5 EGW angegeben sind.

Beim Bau einer Kleinkläranlage wird meist gespart, für die Dimensionierung der kleinst mögliche Wert verwendet. Die Folge ist, daß die Kläranlage nie richtig funktioniert. Generell sollte man daher entweder bei schon bestehenden Gasthäusern, Restaurants etc. vor der Planung der Kläranlage eine exakte Abwassererhebung durchführen, oder falls dies nicht möglich ist, die Anlage möglichst richtig dimensionieren. Es ist in jedem Fall günstiger und letztlich auch billiger, wenn eine Anlage unterbelastet statt überbelastet ist.

Die Sauerstoffzufuhr, d.h. die Betriebskosten, können nach Inbetriebnahme und Einarbeitung der Anlage auf einfache Weise (siehe Kapitel VI) dem tatsächlichen Abwasseranfall angepaßt werden.

Bei Abendrestaurants bzw. bei Ausflugsgaststätten, bei denen das gesamte Abwasser innerhalb weniger Stunden anfällt, sollte zum Abfangen der Abwasserstöße ein Ausgleichsbecken vorgeschaltet werden. Eine derartige Anlage wird nach ÖNORM B 2502 auch zwingend vorgeschrieben.

Auch bei Gaststätten im ländlichen Raum, bei denen die zufließende Abwasserfracht am Wochenende - und hier besonders am Sonntag - wesentlich höher ist, als während der Woche, empfiehlt sich die Anbringung eines Pufferbeckens zum Abfangen des Abwasserstoßes.

Sehr gut hat sich in der Praxis bewährt, das Entschlammungsbecken selbst als Ausgleichsbecken zu verwenden. In den Nachtstunden wird mit Hilfe einer Mampumppe ein Teil des im Entschlammungsbecken befindlichen Abwassers der Belebungsstufe zudosiert, sodaß der Wasserspiegel gesenkt wird und der entstehende freie Raum als Speichervolumen genutzt werden kann.

Wesentlich ist auch, daß die Küchenwässer nicht direkt in die Kläranlage abgeleitet werden, sondern zunächst über einen Fettabscheider fließen.

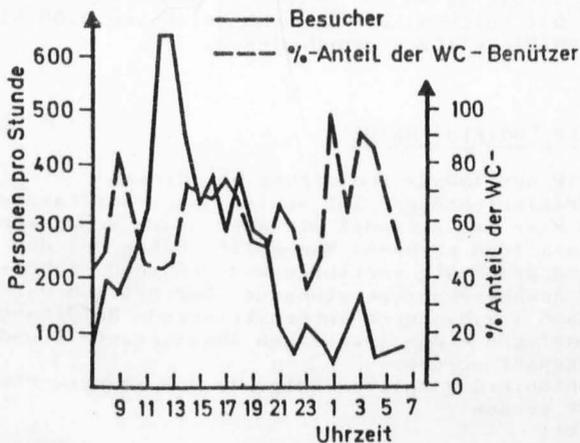
Besonders starke Überlastungen von Kleinkläranlagen erhält man bei jenen Gaststätten, bei denen auch geschlachtet wird, vor allem dann, wenn das Blut nicht aufgefangen und der Panseninhalt ebenfalls in die Kläranlage abgeleitet wird. Bei solchen Gaststätten ist bei der Dimensionierung unbedingt auf die Häufigkeit der Schlachtung, die Anzahl der an einem Schlachttag geschlachteten Tiere, sowie auf die Art des Viehs Rücksicht zu nehmen.

Pißstände, bei denen aus Reinigungsgründen ständig Spülwasser rinnt, bringen oft eine hydraulische Überlastung von Kleinkläranlagen mit sich. Hier ist darauf zu achten, daß das Spülwasser nur entweder von Hand oder gesteuert durch Fotozellen, eingeschaltet werden kann. Dabei sind die Spülzeiten möglichst kurz zu halten.

3. AUTOBAHNRASTSTÄTTEN

Autobahnraststätten zählen heute zu den meist besuchten Gaststätten. So stehen in Österreich an der Spitze jener Restaurants, die die häufigsten Sitzplatzwechsel pro Tag besitzen, Autobahnraststätten. Ursache hierfür ist der gute Komfort, die teilweise ausgezeichnete Küche, sowie die Tatsache, daß viele Raststätten warme Küche rund um die Uhr anbieten. Von KLOTTER (69) wurden im Jahre 1966 die Abwasserverhältnisse in einer Autobahnraststätte näher untersucht, wobei er zu folgendem Ergebnis kam: etwa 0,8 bis 1,2 % der auf der Autobahn fahrenden Fahrzeuge benutzten die beiden Einfahrten der untersuchten Raststätte. Von den Gästen der Raststätte benutzen im Mittel 60 % die Toilette, wobei in den Morgen- und Nachtstunden der prozentuale Anteil der WC-Benützer wesentlich höher war als in den Tagesstunden (Abb. 38).

Abb. 38: Abwasserverhältnisse auf einer Autobahnraststätte



Die Abwasseruntersuchungen ergaben ein ausgesprochen "dickes" Abwasser mit BSB₅-Werten zwischen 360 und 604 mg/l. Das Abwasser enthielt große Mengen an Fetten und vegetabilischen Ölen, sowie beachtliche Mengen an Zell- und Spinnstoffen. Aufgrund der Abwasserfracht und der Anzahl an Sitzplätzen errechnete KOTTER einen Anfall von 3,42 EGW (gerechnet mit 54 g BSB₅/EGW) je Sitzplatz.

Im ATV-Arbeitsblatt A 109 "Richtlinien für die Bemessung von Kläranlagen der Autobahn-Rast- und Tankanlagen" sind je Sitzplatz und Anzahl der Sitzplatzwechsel pro Tag folgende Einwohnergleichwerte der Kläranlagendimensionierung zugrunde zu legen:

Art der Raststätte	Sitzplatzwechsel pro Tag	EGW/Sitzplatz
schwach besuchte Raststätte	9 bis 10	3
mittelgut besuchte Raststätte	11 bis 14	4
stark besuchte Raststätte	15 bis 18	5

Nach Untersuchungen, die der Verfasser an zwei Raststätten in Österreich durchgeführt hat, sollte man der Dimensionierung von Kleinkläranlagen bei Raststätten, die Küchenbetrieb von 7.00 bis 22.00 Uhr haben, in jedem Fall 5 EGW/Sitzplatz und bei solchen, mit Küchenbetrieb von 0.00 bis 24.00 Uhr 7 EGW/Sitzplatz zugrunde legen.

4. FERIENDÖRFER, HOTELS, HEIME

Die Problematik der Abwasserreinigung bei diesen Fremdenverkehrseinrichtungen ist analog jener bei Campingplätzen. Auch hier ist saisonal mit sehr stark schwankendem Abwasseranfall zu rechnen. Man sollte daher bei der Dimensionierung großzügig verfahren und genügend Sicherheiten in das Abwasserkonzept einbauen. Der Betrieb der Anlage kann dann - z.B. durch intermittierende Belüftung bei Belebungsanlagen - dem jeweiligen Abwasseranfall und der Fracht angepaßt werden.

Bei der Dimensionierung sollten folgende Bemessungswerte berücksichtigt werden:

A) Feriendörfer:

1 Ferienwohnung = 4 EGW

Bei Kleinappartements können auch niedrigere Werte angesetzt werden

B) Hotels, Heime:

1 Bett = 1 EGW

Bei Hotels und Heimen mit eigener Wäscherei ist 1 Bett anzusetzen

= 2 EGW

Bei Vorhandensein eines Restaurationsbetriebes ist für diesen eine eigene Berechnung durchzuführen

Von MÜLLER (92) wurde die Abwasserreinigungsanlage eines Erholungsheimes untersucht. Dabei wurde von ihm auch der Abwasseranfall und die Abwasserfracht ermittelt. Die dabei erhaltenen Zahlenwerte stimmten sehr gut mit den heute üblicherweise verwendeten Bemessungswerten überein: er fand einen spezifischen Abwasseranfall von ziemlich genau 200 l/E.d. Die Spitze des Abwasseranfalles lag zwischen 6.00 und 8.00 Uhr morgens und betrug 1/10 des Tagesanfalls. Die Verschmutzung pro EGW wurde im Rohabwasser mit 57 g BSB₅/E.d und im abgesetzten Abwasser mit 44 g BSB₅/E.d errechnet.

Das Abwasser dieses Erholungsheimes wird mit einer Kleinbelebungsanlage, Type PUTOX, behandelt, Bei der Untersuchung betrug die BSB₅-Raumbelastung 0,32 kg/m³.d und die Schlammbelastung 0,06 kg BSB₅/kg TS_R.d. Dabei wurden Ablaufwerte von im Mittel 17 mg/l BSB₅ bzw. 70 mg/l CSB erreicht.

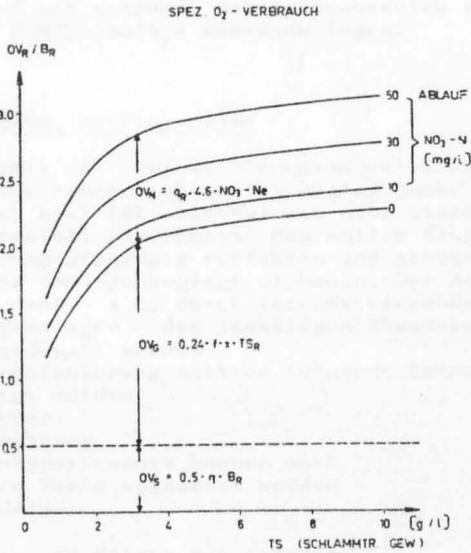
VIII. GEMEINSAME C- UND N-ENTFERNUNG BEI KLEINBELEBUNGS-ANLAGEN

1. GRUNDLAGE

Stickstoffverbindungen können nicht auf chemischem Wege aus dem Abwasser herausgeholt werden, da es hierfür keine geeigneten Fällungsmittel gibt. Eine Entfernung ist nur auf biologischem Wege möglich. Hierfür ist die Kenntnis des Sauerstoffverbrauches wichtig.

Der Sauerstoffverbrauch beim Belebungsverfahren wird durch vier Faktoren bestimmt (siehe Abbildung 39):

Abb. 39: Spezifischer O_2 -Verbrauch



$[q_R = 0.73 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}; B_R = 0.2 \text{ kg BSB}_5 / \text{m}^3 \cdot \text{d}$
 $TS_0 / BSB_0 = 0.3; T = 18; f = 1.3]$

- * Zellaufbau (Substratatmung - OV_S)
organische Substanz + O_2 = Zellsubstanz + CO_2
- * Zellabbau (Grundatmung - OV_G)
Zellsubstanz + O_2 = Rest + CO_2
- * Nitrifikation (N-Atmung - OV_N)
 $NH_4 - N + O_2$ = $NO_3 - N + H_2O$
- * Denitrifikation ($O_2 = 0$ mg/l)
 $NO_3 - N$ = $N_2 + O_2$

Der Sauerstoffverbrauch für den Zellaufbau und die Nitrifikation schwankt entsprechend der schwankenden organischen Belastung der Anlage. Bei geringer BSB₅-Raumbelastung (z.B. 0,2 kg BSB₅/m³.d), einem hohen Schlammtrockengewicht (z.B. über 4 g/l) und damit einer niedrigen Schlammbelastung von 0,05 kg/kg.d ist der Sauerstoffverbrauch für den Zellabbau (Stabilisierung des gebildeten belebten Schlammes und Oxidation eingelagerter Reservestoffe) wesentlich größer als der Verbrauch für Zellaufbau (Substratatmung) und für die Stickstoffoxidation (Nitrat-Atmung). Dies trifft besonders für höhere Abwassertemperaturen, wie sie bei abgedeckten Kleinanlagen oft eintreten, zu. Steht nicht genügend Sauerstoff für die vollständige Nitrifikation zur Verfügung, so wird nitrifiziert, aber gleichzeitig das gebildete Nitratmolekül aufgespalten und die Sauerstoffatome zur Abdeckung des Sauerstoffverbrauches der Kohlenstoffverbindungen (z.B. Zellabbau) verwendet und damit denitrifiziert. Ebenfalls kann bei Sauerstoffmangel organische Substanz des Abwassers nur an die Belebtschlammflocke angelagert werden, und der oxidative Umbau in neue Zellsubstanz erfolgt in späterer Zeit, wenn weniger Abwasser anfällt und mehr Sauerstoff zur Verfügung steht (z.B. in den Nachtstunden). Ebenso kann auch der Sauerstoffverbrauch für den Zellabbau zu einem gewissen Teil in Zeiten geringerer Belastung umgelagert werden. Damit übt die Sauerstoffzufuhr gleichzeitig einen Einfluß auf die zeitliche Verteilung des Sauerstoffverbrauches aus.

Daraus ergibt sich, daß für eine maximale Entfernung an Stickstoffverbindungen eine optimale Steuerung der Sauerstoffzufuhr von Bedeutung ist. Damit müßte es aber auch möglich sein, eine Minimierung der Betriebskosten zu erzielen.

Es wurden daher vom Autor umfangreiche Versuche mit dem Ziel durchgeführt, mit einem möglichst geringen Energieverbrauch ein optimales Reinigungsergebnis bei gleichzeitiger Stickstoff-Entfernung zu erreichen. Bei den Versuchen waren vor allem zwei Fragen zu beantworten:

- * Wie wirkt sich ein geringerer Sauerstoffgehalt auf das Reinigungsergebnis und das Betriebsverhalten im Vergleich zu einem höheren Sauerstoffgehalt bei Kleinkläranlagen aus?

* Wie kann ein hoher Sauerstoffgehalt bei kontinuierlicher Belüftung durch intermittierende Belüftung verhindert werden, und welche Auswirkungen ergeben sich auf Reinigungsergebnis und Betriebsverhalten?

2. VERSUCHSERGEBNISSE

Die Versuchsanlage TRUMAU

Bei der Anlage handelte es sich um eine biologische Kleinkläranlage der Type PUTOX. Sie ist für 200 EGW ausgelegt und besteht im wesentlichen aus zwei Entschlammungsbecken (je 15,7 m³ Inhalt), einem Belebungsbecken (15,5 m³ Inhalt), einem Nachklärbecken (8,2 m³ Inhalt) und einem Gebläseschacht.

Die Anlage dient zur Reinigung der Abwässer einer Wohnhausanlage. Zur Zeit der Versuche wohnten in dieser 82 Personen, davon 17 Kinder.

Untersuchungen bei konstanter Belüftung, $Q_L = 36 \text{ m}^3/\text{h}$

Für die Untersuchungen wurde über dem Belebungsbecken ein Kasten aufgestellt, in dem die für die Aufnahme der Sauerstoffganglinie und die notwendigen sonstigen Messungen erforderlichen Geräte untergebracht waren.

Die ersten Untersuchungen zeigten, daß im Belebungsbecken an den Wochentagen während der Tagesstunden kein Sauerstoffgehalt feststellbar war. Nur in den Nachtstunden stieg der Sauerstoffgehalt bis zu einem Maximalwert von etwa 4 mg/l an.

Trotz des fehlenden Sauerstoffgehaltes in den Tagesstunden war der Abbau der organischen Verbindungen sehr gut (Tab. 29).

Tabelle 29: Versuchsergebnisse konstante Belüftung

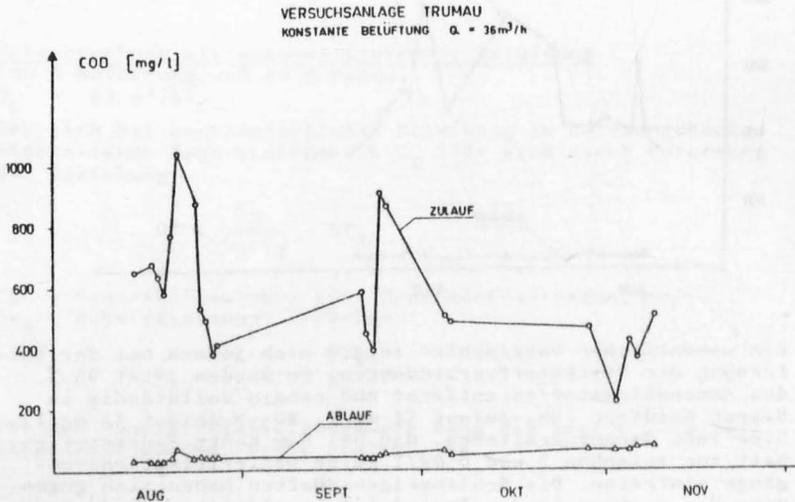
Parameter	Dimension	Zulauf*	Ablauf
BSB ₅	mg/l	273	8
BSB ₅ -Abnahme	%		97
COD ₅	mg/l	541	46
COD-Abnahme	%		92
TOC	mg/l	122	15
TOC-Abnahme	%		88
NH ₃ -N	mg/l	61	17
NH ₄ ⁺ -N-Abnahme	%		72
NO ₃ ⁻ -N	mg/l	0	26
Geß.-N-Abnahme	%		30
PO ₄ -P	mg/l	20	17

* Zulauf = Ablauf Entschlammungsbecken

Schlammvolumen SV	=	670 ml/l
Trockensubstanz TS _R	=	2,5 g/l
Schlammindex I _{SV}	=	270 ml/g
O ₂ -Gehalt Tag	:	0 mg/l
O ₂ -Gehalt Nacht	:	4 mg/l

Wie die Abb. 40 zeigt, war der Abbau trotz teilweise stark schwankender Zulaufzusammensetzung sehr konstant. Im Ablauf der Kläranlage wurden noch 17 mg/l Ammonstickstoff gemessen, die Nitratkonzentration von 26 mg/l ergab eine Stickstoffabnahme, bezogen auf den Ammonstickstoff des Zulaufes, von 30 %. Es kann angenommen werden, daß der organische Stickstoffgehalt des Zulaufes, der nicht speziell bestimmt wurde, zum Aufbau neuer Zellsubstanz verwendet wurde. Der geringe Sauerstoffgehalt im Belebungsbecken führte also zu einer gleichzeitigen Denitrifikation von etwa 30 %. Das mittlere Trockengewicht des belebten Schlammes von 2,5 g/l ergibt eine Schlammbelastung von etwa 0,08 kg/kg.d.

Abb. 40: COD-Ganglinie, Versuchszeitraum August–November 1976



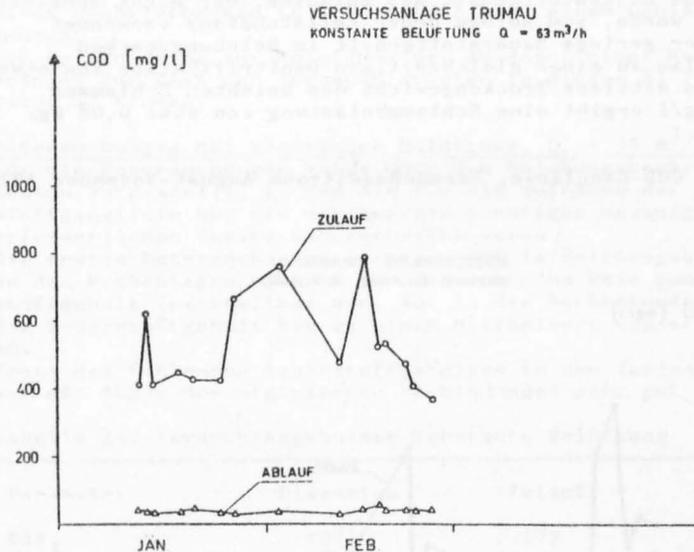
Untersuchungen bei konstanter Belüftung, $Q_L = 63 \text{ m}^3/\text{h}$
Für die weiteren Versuche wurde statt des Gebläses der Type KDT 40 ein KDT 70 installiert. Dieses sollte folgenden Firmenangaben entsprechen:

Luftfördermenge: $63,4 \text{ m}^3/\text{h}$ ($E_T = 2,75 \text{ m}$)

Nach der Installation des neuen Gebläses lag der Sauerstoffgehalt, wie die Sauerstofflinie erkennen läßt, zwischen 2 und 6 mg/l.

Wie Tabelle 30 zeigt, sind die Entfernungsraten für die organische Substanz demnach etwa gleichgeblieben. Auch hier war der Ablauf sehr konstant (Abb. 41).

Abb. 41: COD-Ganglinie, Versuchszeitraum Jänner - Februar 1977



Ein wesentlicher Unterschied zeigte sich jedoch bei der Entfernung der Stickstoffverbindungen. So wurden jetzt 96 % des Ammonstickstoffes entfernt und nahezu vollständig zu Nitrat oxidiert (NH_4 -Zulauf 54 mg/l, NO_3 -N-Ablauf 53 mg/l). Dies läßt darauf schließen, daß bei dem hohen Sauerstoffgehalt von zwischen 2 und 6 mg/l keine Denitrifikationsvorgänge eintreten. Die Schlammigenschaften haben sich gegenüber der vorhergehenden Periode nicht positiv verändert. Der Schlammindex ist sogar von 270 ml/g auf 320 ml/g angestiegen. Häufig trat auch Blähschlamm auf, der durch Zugabe von 5 kg FeSO_4 einmal pro Woche bekämpft werden konnte.

Tabelle 30: Versuchsergebnisse konstante Belüftung

Parameter	Dimension	Zulauf*	Ablauf
BSB ₅	mg/l	250	7
BSB ₅ -Abnahme	%		97
COD ₅	mg/l	517	36
COD-Abnahme	%		93
TOC	mg/l	138	11
TOC-Abnahme	%		92
NH ₄ -N	mg/l	54	2
NH ₄ -N-Abnahme	%		96
NO ₃ -N	mg/l		53
Ges. ₃ -N-Abnahme	%		--
PO ₄ -P	mg/l	27	23

* Zulauf = Ablauf Entschlammungsbecken

Schlammvolumen SV = 580 ml/l
 Trockensubstanz TS_R = 1,8 g/l
 Schlamminde I_{SV} = 320 ml/g
 O₂-Gehalt Tag : 2 mg/l
 O₂-Gehalt Nacht : 6 mg/l

Unterbrechung mit intermittierender Belüftung

(60 % Belüftung und 40 % Pause,

$$Q_L = 63 \text{ m}^3/\text{h})$$

Der sich bei kontinuierlicher Belüftung im Belebungsbecken einstellende Sauerstoffgehalt C_X läßt sich durch Umformung der Beziehung

$$OC = \frac{C_S}{C_S - C_X} \cdot OV_S$$

(OC = Sauerstoffzufuhr; C_S = Sauerstoffsättigungswert;
 OV_S = Substratatzung) errechnen:

$$C_X = C_S \left(1 - \frac{OV_S}{OC} \right)$$

Für den Sauerstoffsättigungswert kann der Wert $C_S = 9 \text{ mg/l}$ eingesetzt werden. Damit ergibt sich

$$C_X = 9 \left(1 - \frac{OV_S}{OC} \right)$$

Der Sauerstoffgehalt schwankt je nach dem Sauerstoffverbrauch. Entsprechend dem gewählten Gebläse ist bei Dauerlauf die Sauerstoffzufuhr OC_{ist} konstant.

$$OC_{ist} = \frac{C_S}{C_S - C_X} \cdot OV_S$$

Zur Einsparung von Energie soll nun so vorgegangen werden, daß der sich während des Tages einstellende minimalste Sauerstoffgehalt $C_{X, Min}$ auf 0 korrigiert wird:

$$OC_{ist} = \frac{C_S}{C_S - C_{X, Min}} \cdot OV_S$$

$$OC_{soll} = \frac{C_S}{C_S - 0} \cdot OV_S$$

Daraus ergibt sich:

$$\frac{OC_{soll}}{OC_{ist}} = \frac{C_S - C_{X, Min}}{C_S}$$

Bei kontinuierlicher Belüftung wurde bei der Versuchsanlage ein minimaler Sauerstoffgehalt $C_{X, Min}$ von 2 mg/l gemessen. Setzt man in obige Beziehung ein, so erhält man

$$\frac{OC_{soll}}{OC_{ist}} = \frac{7}{9} = 0,78$$

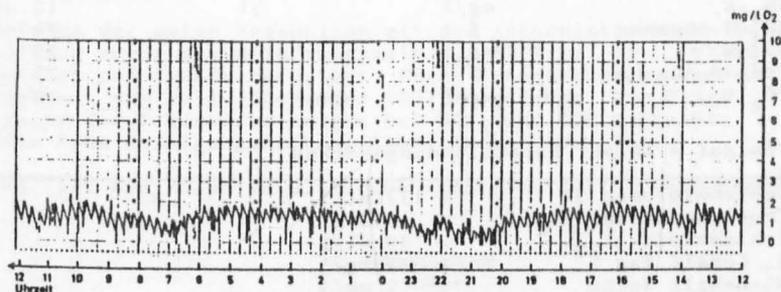
Bei Annahme einer Sauerstofflast von 2,5 kg O₂/kg BSB₅ für die Bemessung der Sauerstoffzufuhr wird von einem Sauerstoffgehalt von 2 mg/l (Dauerbetrieb im Belebungsbecken) und einem Faktor für die Spitzenbelastung von 1,25 ausgegangen. Wird weiters berücksichtigt, daß bei Sauerstoffmangel durch Denitrifikation etwas Sauerstoff zurückgewonnen werden kann, so kann die rechnerisch für die Bemessung ermittelte Sauerstoffzufuhr für den praktischen Betrieb um etwa 30 % vermindert werden. Das bedeutet, daß

$$OC_{Betrieb} = \frac{OC_{Bemessung}}{1,3} = 0,77 OC_{Bemessung}$$

Die tatsächlich erforderliche Belüftungszeit ergibt sich somit mit $0,77 \cdot 0,78 = 0,60$.

Es wurde diese Mindestbelüftung mit einer Schaltuhr (Stundenuhr) eingestellt. Die Belüftungszeit betrug daher 36 Minuten pro Stunde und die Pausenzeit 24 Minuten pro Stunde bei vier Schaltintervallen pro Stunde.

Abb. 42: Sauerstoffganglinie, Intermittierende Belüftung



Wie Abb. 42 zeigt, verschob sich dadurch die Sauerstoffganglinie dermaßen, daß in den Tagesstunden der Sauerstoffgehalt bei 0 mg/l lag und er nur in den Nachtstunden auf Werte über 1 mg/l stieg. Aus der Abbildung erkennt man genau den Verlauf des Sauerstoffgehaltes in der Pause.

Die Abbauergebnisse für diese Einstellung sind in Tab. 31 zusammengestellt.

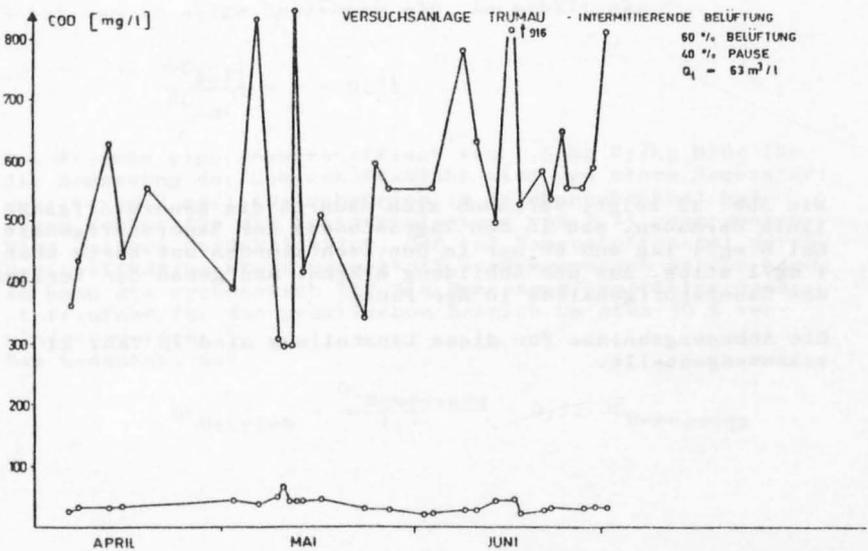
Tabelle 31: Versuchsergebnisse intermittierende Belüftung

Parameter	Dimension	Zulauf*	Ablauf
BSB ₅	mg/l	255	8
BSB ₅ -Abnahme	%		97
COD	mg/l	554	37
COD-Abnahme	%		93
TOC	mg/l	143	12
TOC-Abnahme	%		92
NH ₄ -N	mg/l	51	12
NH ₄ -N-Abnahme	%		76
NO ₃ -N	mg/l		25
Ges. -N-Abnahme	%		27
PO ₄ -P	mg/l	23	20

*Zulauf = Ablauf Entschlammungsbecken

Schlammvolumen SV = 133 ml/l
 Trockensubstanz TS_R = 3,4 g/l
 Schlammindex I_{SV} = 39 ml/g
 O₂-Gehalt Tag : 0-1 mg/l
 O₂-Gehalt Nacht : 2 mg/l

Abb. 43: COD-Ganglinie, Versuchszeitraum April - Juni 1977



Wie man aus einem Vergleich der Abbauergebnisse in bezug auf die Summenparameter zwischen der Tab. 29, 30 und 31 erkennt, waren diese in beiden Versuchsabschnitten ident. Auch der Abbau war wieder, wie Abb. 43 zeigt, sehr konstant. Bei dieser Versuchseinstellung wurde jedoch etwas Ammonstickstoff im Ablauf gefunden. Infolge von Denitrifikationsvorgängen wurden bereits etwa 27 % des in die Anlage gelangenden Stickstoffes entfernt.

Untersuchung mit intermittierender Belüftung

(50 % Belüftung und 50 % Pause,
 $Q_L = 63 \text{ m}^3/\text{h}$)

Infolge der guten Ergebnisse mit der intermittierenden Belüftung wurde die Belüftungszeit auf 50 % bei vier Schaltungen pro Stunde reduziert. Diese Untersuchungen wurden zunächst vom Juli - Dezember 1977 ausgedehnt. Die Ganglinien der Tageswerte zeigen bei BSB_5 und COD weiterhin eine hohe Reinigungswirkung (Abb. 44 und Abb. 45).

Abb. 44: BSB_5 -Ganglinie, Versuchszeitraum Juli - Dezember 1977

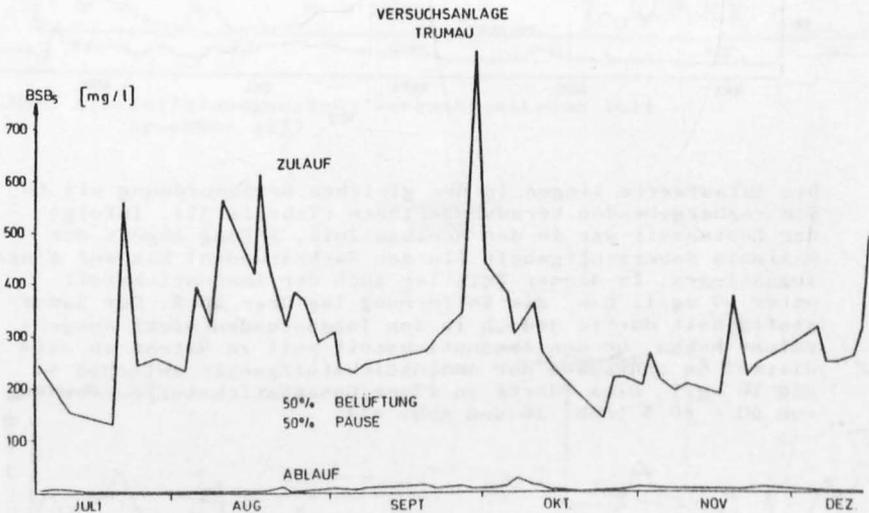
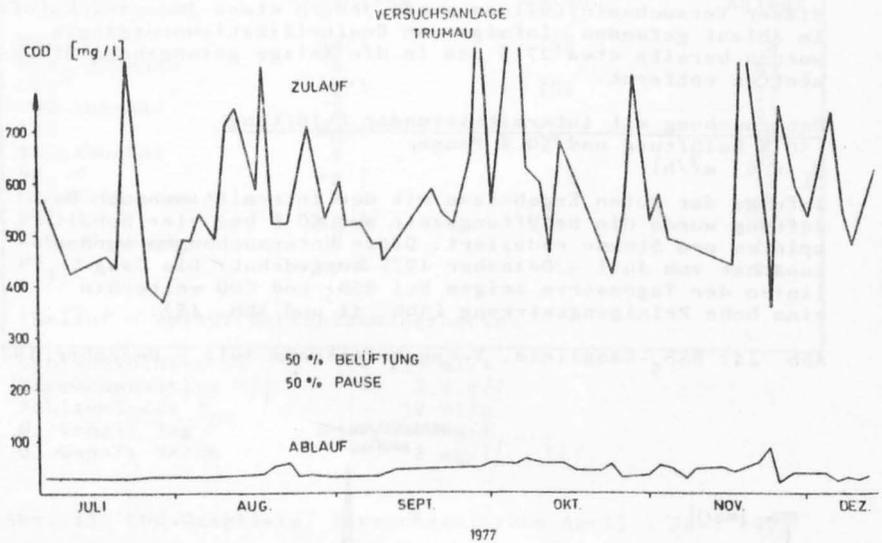


Abb. 45: COD-Ganglinie, Versuchszeitraum Juli - Dezember 1977



Die Ablaufwerte liegen in der gleichen Größenordnung wie in den vorhergehenden Versuchsperioden (Tabelle 32). Infolge der Ferienzeit war in den Monaten Juli, Anfang August der maximale Sauerstoffgehalt (in den Nachtstunden) bis auf 4 mg/l angestiegen. In dieser Zeit lag auch der Ammonstickstoff unter 10 mg/l, bzw. die Entfernung lag über 60 %. Der Sauerstoffgehalt dürfte jedoch in den Tagesstunden nicht ausreichend haben, um den Ammonstickstoff voll zu Nitrat zu oxidieren. So schwankte der Ammonstickstoffgehalt zwischen 5 und 20 mg/l. Dies führte zu einer Gesamtstickstoffentfernung von 60 - 80 % (Abb. 46 und Abb. 47).

Abb. 46: N-Ganglinien, Versuchszeitraum Juli - Dezember 1977

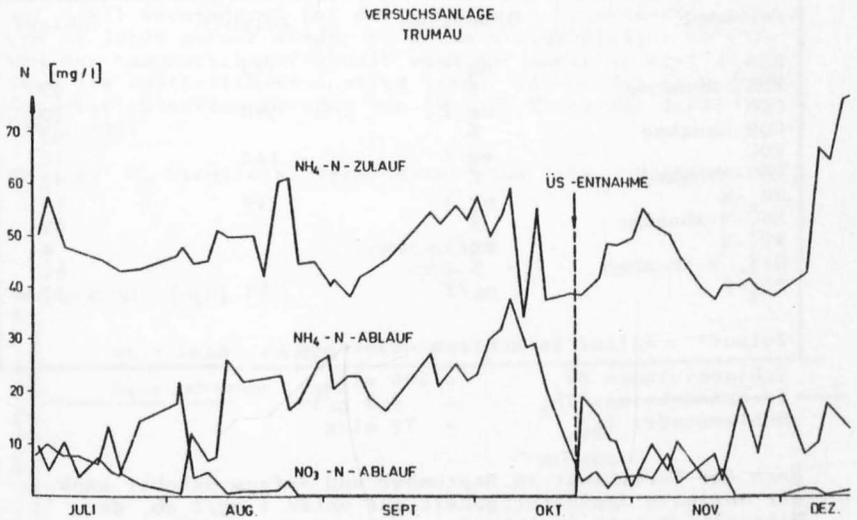


Abb. 47: Entfernungsraten, Versuchszeitraum Juli - Dezember 1977

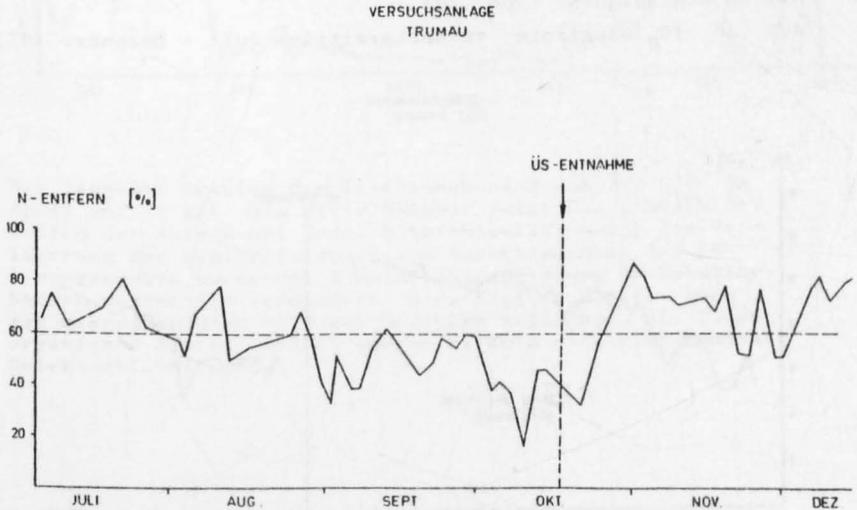


Tabelle 32: Versuchsergebnisse intermittierende Belüftung

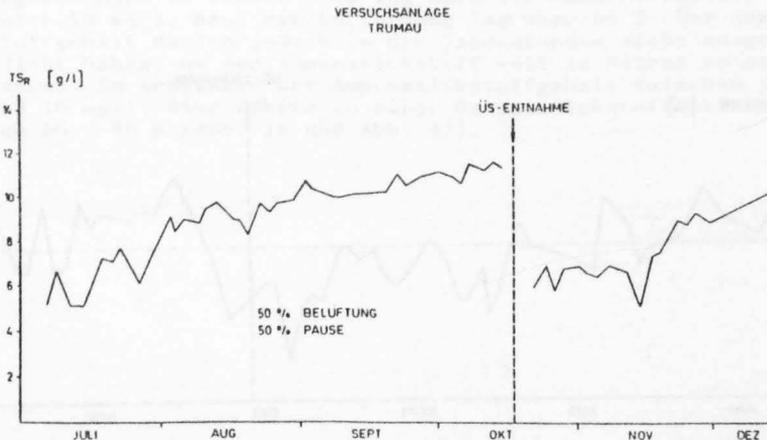
Parameter	Dimension	Zulauf*	Ablauf
BSB ₅	mg/l	313	7
BSB ₅ -Abnahme	%		98
COD ₅	mg/l	580	40
COD-Abnahme	%		93
TOC	mg/l	144	12
TOC-Abnahme	%		92
NH ₄ -N	mg/l	49	15
NH ₄ -N-Abnahme	%		69
NO ₃ -N	mg/l		4
Ges.-N-Abnahme	%		61
PO ₄ -P	mg/l	21	17

Zulauf* = Ablauf Entschlammungsbecken

Schlammvolumen SV = 606 ml/l
 Trockensubstanz TS_R = 8,8 g/l
 Schlammindex I_{SV} = 79 ml/g

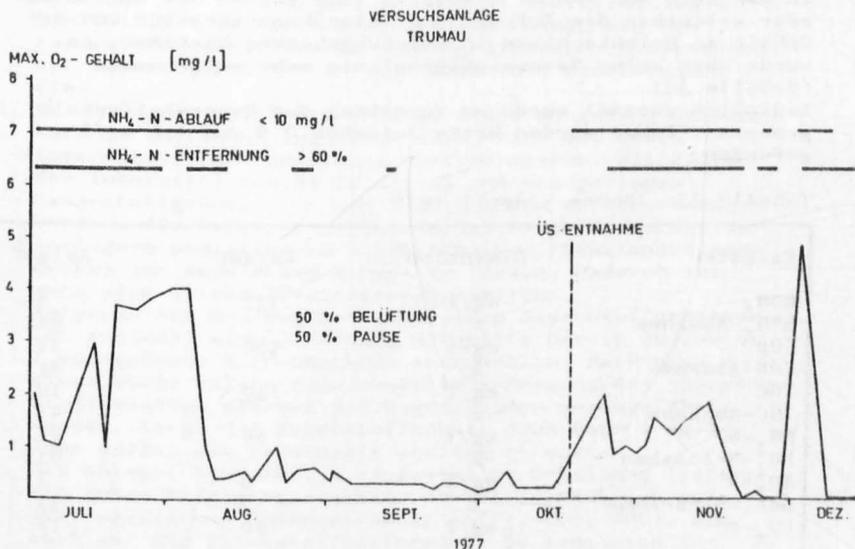
Nach der Ferienzeit im September und Anfang Oktober sank der maximale Sauerstoffgehalt auf unter 1 mg/l ab, der Nitratstickstoff im Ablauf verschwand und der Ammonstickstoffgehalt des Ablaufes stieg an. Trotzdem wurde noch eine Stickstoffentfernung von 40 - 60 % erreicht. Dank des hohen Schlammgehaltes im Belebungsbecken von zum Teil 10 g/l kam es zu einer intensiven Nitrifikation mit gleichzeitiger Denitrifikation trotz hohem Ammonstickstoffgehaltes des Ablaufes (Abb. 48).

Abb. 48: TS_R-Ganglinie, Versuchszeitraum Juli - Dezember 1977



Mitte Oktober wurde das Trockengewicht des belebten Schlammes, das bis auf 12 g/l angestiegen war, durch Schlammentnahme auf 6 g/l vermindert. Bei dem geringeren Sauerstoffverbrauch kam es jetzt sofort wieder zu einem nitrathältigem Ablauf, und der Ammonstickstoffgehalt sank auf unter 10 mg/l ab. Auch die Denitrifikation stieg wieder an, so daß wieder eine Gesamtstickstoffentfernung von 60 - 80 % erzielt wurde (Abb. 49).

Abb. 49: O₂-Ganglinie, Versuchszeitraum Juli - Dezember 1977



Der langsame Anstieg der Trockensubstanz von 2-3 g/l im April auf 12 g/l bis Mitte Oktober zeigt das stabile Arbeiten der Anlage bei jeder Betriebsweise. Durch die Verlagerung der Denitrifikation vom Nachklärbecken ins Belüftungsbecken wurde die Schwimmschlammbildung im Nachklärbecken wesentlich vermindert. Gleichzeitig änderte sich das mikroskopische Bild des belebten Schlammes, die Fadenorganismen traten zurück, und es bildete sich eine kompakte Belebtschlammflocke.

Für die PUTOX-Anlage Trumau ist daher die Schaltweise 50 % Belüftung und 50 % Pause die ideale Betriebsweise. Bei gleichzeitiger Einsparung an Betriebskosten wurden die Schlammbeschaffenheit verbessert und Betriebsschwierigkeiten im Nachklärbecken vermieden. Auch bei der intermittierenden Belüftung erfolgt eine gewisse Umlagerung des Sauerstoffverbrauches von den Tagesstunden in die Nachtstunden. Die Anlage arbeitet sehr stabil und erfordert wenig Wartung. Unter normalen Betriebsverhältnissen dürfte eine Betriebskontrolle im Abstand von 2 - 3 Wochen ausreichen. Während unseren Untersuchungen wurde in den Betrieb der Anlage nicht eingegriffen.

In der Zeit von Jänner bis April 1978 wurden bei der Anlage zwar weiterhin die Zulauf- und Ablaufkonzentration und der Gehalt an Belebtschlamm im Belebungsbecken bestimmt, es wurde aber keine Sauerstoffganglinie mehr aufgenommen (Tabelle 33).

Lediglich zweimal wurde am Vormittag der Sauerstoffgehalt gemessen. Dabei wurden Werte zwischen 0,5 und 1,0 mg/l gefunden.

Tabelle 33: Jänner - April 1978

Paramter	Dimension	Zulauf*	Ablauf
BSB ₅	mg/l	337	8
BSB ₅ -Abnahme	%		98
COD	mg/l	566	32
COD-Abnahme	%		94
TOC	mg/l	140	10
TOC-Abnahme	%		93
NH ₄ -N	mg/l	69	27
NH ₄ -N-Abnahme	%		61
NO ₃ -N	mg/l	0	3
Ge ₃ -N-Abnahme	%		57
PO ₄ -P	mg/l	20	16

Zulauf* = Ablauf Entschlammungsbecken

Schlammvolumen SV = 944 ml/l
 Trockensubstanz TS_R = 6,52 g/l
 Schlammindex I_{SV} = 145 ml/g

3. SCHLUSSFOLGERUNG FÜR DIE PRAXIS

Die bei der Versuchsanlage Trumau erprobte Arbeitsweise wurde in der Folge noch bei anderen Kleinkläranlagen erprobt. Aufgrund dieser Erfahrungen können zur Erzielung einer maximalen Reduktion an Stickstoffverbindungen bei gleichzeitig gutem Reinigungsergebnis und minimalen Betriebskosten folgende Punkte für deren Durchführung angegeben werden:

1. Es ist durchaus möglich, Kleinanlagen mit gutem Reinigungsergebnis zu betreiben, wenn der Sauerstoffgehalt in den Tagesstunden 0 mg/l beträgt. Infolge der Zusammenhänge von Zellaufbau, Zellabbau, Nitrifikation und Denitrifikation tritt eine gewisse Umlagerung des Sauerstoffverbrauches der Mikroorganismen entsprechend der Sauerstoffzufuhr in den Tages- und Nachtstunden ein.
2. Bei Anlagen, bei denen infolge eines zu großen Gebläses Luft im Überschuß zugeführt wird, kann man durch intermittierende Belüftung Energie sparen. Mit Hilfe der intermittierenden Belüftung und des geringen Sauerstoffgehaltes in den Tagesstunden sollte versucht werden, die Denitrifikation in das Belebungsbecken zu verlagern und nicht im Nachklärbecken (Schwimmschlammdecke) zur Auswirkung kommen zu lassen. Dadurch ist auch eine Stickstoffentfernung möglich.
3. Aufgrund des minimalsten gemessenen Sauerstoffgehaltes ist zunächst eine Schaltung mit Hilfe der in Abschnitt 2 angegebenen Rechenmethode auszuwählen. Nach etwa einer Woche sollte eine neuerliche Messung des Sauerstoffgehaltes während der Tagesstunden durchgeführt werden. Liegt der Sauerstoffgehalt noch über 1 mg/l, dann sollte die Pausenzeit verlängert werden.
4. Die entsprechend Pkt. 3 eingestellte Schaltung liefert ein gutes Reinigungsergebnis sowohl in Hinblick auf die organischen Summenparameter (BSB₅, COD, TOC), als auch auf die Stickstoffentfernung. So kann eine 50- bis 60 %-ige Reduktion des Stickstoffgehaltes erreicht werden.
5. Mit Hilfe der intermittierenden Belüftung kann ein günstiger Einfluß auf die Schlammbeschaffenheit (niedriger Schlammindex) und dadurch hohes Schlamm Trockengewicht im Belebungsbecken erreicht werden. Die Anlage kann daher mit hohem Schlammgehalt (Schlammvolumen bis 900 ml/l) betrieben werden.
6. Für eine optimale Stickstoffentfernung (über 60 %) war es erforderlich, daß der Sauerstoffgehalt in den Nachtstunden zumindest kurzfristig über 1 mg/l anstieg. Lag der Sauerstoffgehalt sowohl während der Tages- als auch Nachtstunden unter 1 mg/l, ging die prozentuelle Stickstoffentfernung sofort zurück.

Lag der Sauerstoffgehalt während der Tages- und Nachtstunden über 1 mg/l, so wurde der Ammonstickstoff des Zulaufes zu einem überwiegenden Teil zu Nitrat oxidiert. Die eingestellte Schaltung kann daher durch die Messung des Ammonstickstoffgehaltes im Zu- und Ablauf sowie des Nitratstickstoffgehaltes im Ablauf optimiert werden. Diese Parameter können leicht an Ort und Stelle mit Testkits bestimmt werden. Je nach Testergebnis sind folgende Tätigkeiten durchzuführen:

Meßergebnis	Folgerung
Ges.-N-Abnahme > 50 % NO ₃ -N-Gehalt im Ablauf < 10 mg/l	Schaltung optimal
NO ₃ -N-Gehalt im Ablauf > 10 mg/l	Pausenzeit kann vergrößert werden
Ges.-N-Abnahme < 50 % NO ₃ -N-Gehalt im Ablauf < 2 mg/l	Pausenzeit muß verkürzt werden; ist der Schlammgehalt jedoch schon sehr hoch (z.B. SV = 950 ml/l, TS _R = 10 g/l), dann ge- nügt zunächst auch eine Über- schußschlammnahme

7. Voraussetzung für jede Schaltung ist, daß die Belebungsanlage gut eingearbeitet ist (mindestens 3-6 Monate nach Inbetriebnahme).

IX. SCHLAMMBESEITIGUNG

1. ART UND MENGE

Prinzipiell muß zwischen Primär- und Sekundärschlamm unterschieden werden.

Primärschlamm fällt in der mechanischen Reinigungsstufe im Vorklärbecken an. Er besteht aus den im Abwasser enthaltenen absetzbaren Stoffen wie Kotteilchen, Gemüseresten, Papierfetzen udgl. Er fault im Vorklärbecken bzw. im Schlamm Speicher weitgehend aus. Pro Einwohner kann mit einem Anfall von 30 g pro Tag gerechnet werden. Bei einem Feststoffgehalt im eingedickten Zustand von 10 % bedeutet dies eine Menge von 0,3 l/E.d.

Unter Sekundärschlamm versteht man den in der biologischen Stufe anfallenden Überschußschlamm. Er besteht aus Mikroorganismen und ist meist aerob stabilisiert, d.h. nicht mehr faulfähig. Bei Kleinbelebungsanlagen mit vorgeschaltetem Vorklärbecken fällt ca. 20 g/E.d an Überschußschlamm an. Er besitzt im eingedickten Zustand einen Feststoffgehalt von ca. 5 %. Dies ergibt eine Menge von 0,4 l/E.d. Der Gesamtanfall an Schlamm aus der mechanischen und der biologischen Stufe beträgt demnach 50 g/E.d oder 0,7 l/E.d (Feststoffgehalt ca. 7 %). Pro Jahr errechnet sich ein Schlammanfall von 250 l/E.

2. MÖGLICHKEITEN DER SCHLAMMBESEITIGUNG

2.1 Flüssigschlammverwertung in der Landwirtschaft

Der Schlamm darf in Österreich auf Grün- und Ackerland während der Vegetationsruhe aufgebracht werden. Die Vegetationsruhe umfaßt die Wintermonate, sowie den Zeitraum in dem die Fläche frei von Pflanzen und Früchten ist, die der menschlichen oder tierischen Ernährung dienen. Im Grünland ist der Schlamm im Frühjahr anzuwalzen, bei Ackerland vor dem Anbau einzuarbeiten. Bei verschiedenen Feldfrüchten (z.B. Getreide, Mais, Rüben, Raps) ist auch eine Kopfdüngung erlaubt.

In der BRD darf Kleinkläranlagenschlamm zu keiner Zeit auf Grünland und Feldfutteranbauflächen aufgebracht werden. Lediglich sogenannte Ausweichflächen dürfen noch damit bespickt werden. Unter Ausweichflächen versteht man dabei Äcker ohne Erntennutzung, Grenzertragsböden, Grünlandumbruch, Forstneukulturen, Ödland sowie Rekultivierungsflächen. Auf diesen Flächen kann der Schlamm zu jeder Zeit abgelagert werden. Ebenso ist dies auf Waldflächen und in Baumschulen möglich, doch dürfte dies wohl kaum praktische Bedeutung erlangen.

Die Beschickungshöhe mit Schlamm soll 10 mm pro Beschickung nicht übersteigen.

In unmittelbarer Nähe von Siedlungsgebieten sowie auf Gemüseanbauflächen - ausgenommen zur Kompostierung - darf Kleinkläranlagenschlamm aus hygienischen Gründen nicht aufgebracht werden.

In Wasserschutz- und Schongebieten müssen die entsprechenden Vorschriften beachtet werden.

2.2 Einbringen in den Faulraum einer zentralen Kläranlage

Diese Form der Beseitigung von Kleinkläranlagenschlamm ist vom Standpunkt des Gewässerschutzes, der Umwelt- und Seuchenhygiene sowie der Verfahrenstechnik als optimale Lösung anzusehen. Dabei ist der beheizte Faulraum dem unbeheizten - den es ja heute kaum mehr gibt - vorzuziehen. Zur Vermeidung von Schwierigkeiten beim Betrieb des beheizten Faulraumes durch die Übernahme von Kleinkläranlagenschlamm sind bei der Schlammübernahme und der Beschickung gewisse Regeln zu beachten.

Die Faulung von Kleinkläranlagenschlamm unterscheidet sich in nichts von der Faulung von Frischschlamm auf der zentralen Kläranlage, d.h. durch die Einbringung des Kleinkläranlagenschlammes in den Faulraum wird die Methangärung in keiner Weise gestört. Voraussetzung ist jedoch, daß der Faulraum nicht überlastet bzw. die Verweilzeit im Faulraum nicht zu stark herabgesetzt wird.

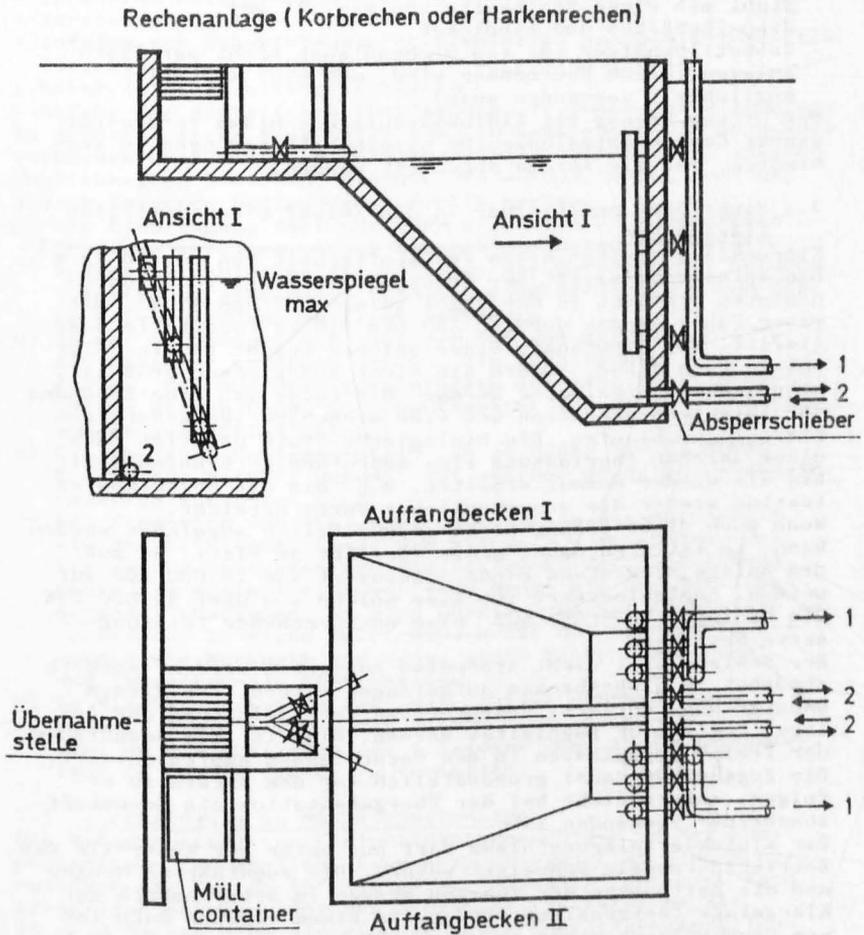
Bei einer Faulraumtemperatur zwischen 30 und 35° C soll die täglich zugeführte Gesamtschlammmenge 1/20 des Faulrauminhaltendes nicht überschreiten.

Zu beachten ist, daß der biologische Teil einer Kläranlage, deren Faulbehälter mit Fäkalschlamm beschickt wird, eine zusätzliche Belastung durch das freiwerdende Trübwasser erfährt.

Grobstoffe sind vor der Einbringung in den Faulraum zu entfernen. Dies kann am einfachsten durch Einhängen eines Rechenkorbes in den Einwurfschacht erfolgen.

Da der angelieferte Kleinkläranlagenschlamm in den meisten Fällen nicht unmittelbar in den Faulraum eingegeben werden kann, empfiehlt sich auf der Kläranlage die Errichtung einer Übernahmestation. Eine solche wird in einer vom Amt der Oberösterreichischen Landesregierung (Landesbaudirektion, Unterabteilung Abwasserbeseitigung) herausgegebenen Studie mit dem Titel "Übernahme, Behandlung und Beseitigung von Schlamm aus Senkgruben und Kleinkläranlagen" beschrieben (Abb. 50).

Abb. 50: Übernahmestation



- 1 Überlaufwasser zum Kläranlagenzulauf
- 2 Ableitung zur Faulanlage (Schlammpumpe) und Rückspulleitung (Spülwasser allenfalls aus Kläranlagenablauf)

Diese Station erfüllt dabei folgende Funktionen:

- Grobmechanische Reinigung (Rechenanlage aus rostfreiem Stahl mit einer Spaltweite von max. 25 mm).
- Stapelbehälter und Eindicker
- Kontrollbehälter (da vom Grubendienst nicht nur Kläranlagenschlamm übernommen wird, muß eine Kontrollmöglichkeit vorhanden sein).

Der offene Umgang mit Kleinkläranlagenschlamm verursacht starke Geruchsemissionen. Um Geruchsbelästigungen zu vermindern, muß die Anlage abgedeckt werden.

2.3 Einbringen unmittelbar in den Zulauf einer zentralen Kläranlagen

Klärschlamm besitzt einen Feststoffgehalt von ca. 70 kg/m^3 . Die Aufnahmekapazität der Transportfahrzeuge von Grubendiensten schwankt in der Regel zwischen 8 und 12 m^3 . Mit einer Fuhr werden demnach 560 bis 840 kg Feststoffe angeliefert. Bei Einbringen einer solchen Fracht in eine Kläranlage kann diese, sofern sie nicht ausreichend groß ist, sehr stark überbelastet werden. Die Folge ist eine Erhöhung der Ablaufkonzentration und eine sichtbare Verfärbung des Kläranlagenablaufes. Die biologische Stufe benötigt nach einer solchen Überlastung eine mehrstündige Erholungszeit, bis sie wieder normal arbeitet, d.h. bis die Ablaufkonzentration wieder die ursprünglichen Werte erreicht.

Wenn auch diese Lösung nicht grundsätzlich abgelehnt werden kann, so ist doch dabei große Vorsicht am Platz. So muß die Anlage mindestens einen Ausbauwert von 10.000 EGW aufweisen. Empfehlenswert ist eine solche von über 50.000 EGW. Die biologische Stufe muß eine entsprechende Leistungsreserve besitzen.

Der Schlamm soll nicht stoßweise zugegeben werden, sondern zunächst im Stapelbecken aufgefangen werden. Von diesem kann er dann dosiert, entsprechend der Auslastung der Anlage, dem Zulauf zugeleitet werden. Hier ist die Ausnützung der freien Kapazitäten in den Nachtstunden empfehlenswert. Die Zugabe hat dabei grundsätzlich vor dem Rechen zu erfolgen, sofern nicht bei der Übergabestation ein Großstoffabscheider vorhanden ist.

Der Kleinkläranlagenschlamm darf nur unter der Kontrolle des Betriebspersonals zudosiert werden. Die zugeführten Mengen und die Zeitpunkte der Zugaben müssen im Betriebsbuch der Kläranlage festgehalten werden. In einem eigenen Buch ist vom Grubendienst Menge und Herkunft anzugeben (siehe auch: ATV-Arbeitsblatt "Behandlung und Beseitigung von Schlamm aus Kleinkläranlage").

2.4 Einbringen in das Kanalnetz

Das Einbringen von Kleinkläranlagenschlamm in das Kanalnetz einer kleinen Ortschaft bzw. Kleinstadt ist grundsätzlich abzulehnen, da es mit folgenden Nachteilen bzw. Gefahren verbunden ist:

- Geruchsbelästigung im Kanalnetz sowie aus den Schächten auf der durchflossenen Kanalstrecke
 - Vermehrte Ablagerungen bei schlechten Gefällsverhältnissen
 - Verstopfungsgefahr, besonders bei Pumpwerken
 - Infolge von Schwefelwasserstoffemission aus dem angefaulten Kleinkläranlagenschlamm erhöhte Korrosionsgefahr
 - Keinerlei Kontrollmöglichkeiten
 - Gefahr der plötzlichen Überlastung der zentralen Kläranlage
- In großstädtische Kanalnetze bzw. in Kanalnetze von Abwasserverbänden kann Kleinkläranlagenschlamm, sofern keine anderen Möglichkeiten bestehen, eingeworfen werden. Dabei sollten jedoch folgende Bedingungen erfüllt werden:
- a) Die Einbringung darf nur über eigens dafür vorgesehene Schächte erfolgen, wobei der Schlamm unter dem Wasserspiegel einzuleiten ist. Infolge der Gefahr einer Geruchsbelästigung sind diese Schächte mindestens 100 m von der nächsten Siedlung entfernt anzulegen.
 - b) An der Einbringstelle muß der Schlamm mindestens 1:10 mit Abwasser verdünnt werden. Als Anhaltspunkt kann dienen, daß nur dort Fäkalschlamm in einen Kanal eingeworfen werden kann, wo Schmutzwasser von etwa 30.000 Einwohner zum Abfluß gelangt.
 - c) Das Abwasser-Schlammgemisch muß zu einer biologischen Kläranlage geführt werden, auf welcher genügend Leistungsreserven vorhanden sind.
 - d) Das Einwerfen des Schlammes darf nur in Zusammenarbeit mit dem Betriebspersonal der Kläranlage geschehen. Das Transportunternehmen muß den Zeitpunkt der Einbringung, sowie die maximal einzuwerfende Menge mit dem Betriebspersonal abstimmen, um eine Überlastung der Kläranlage zu vermeiden. In einem Betriebsbuch hat das Transportunternehmen die Herkunft und Menge sowie Einwurfszeitpunkt und Einwurfstelle festzuhalten.
 - e) In Mischwasserkanäle darf der Schlamm während eines Regens, sowie unmittelbar danach nicht eingeworfen werden, um das Abfließen des Schlammes über einen Regenüberlauf in den Vorfluter zu vermeiden.

2.5 Unterbringung in Müllkompostanlagen

Die Mitverrottung von Kleinkläranlagenschlamm in Müllkompostanlagen ist möglich. Eine Kompostierung ist jedoch nur zusammen mit festen Abfallstoffen (Hausmüll) denkbar. Nach vorheriger Entwässerung des Schlammes (Feststoffgehalt 15 - 20 %) ist dies als eine günstige Beseitigungsmöglichkeit anzusehen.

2.6 Aerobe Stabilisierung

Die aerobe Stabilisierung von Fäkalschlamm in eigens dafür errichteten Anlagen ist z.B. aus Japan bekannt. Im Zeitalter der steigenden Energiekosten ist dieses Verfahren infolge des hohen Energieverbrauches nicht mehr vertretbar.

Auch haben Untersuchungen in der BRD gezeigt, daß man mit diesem Verfahren nur sehr unbefriedigende Ablaufwerte erzielen kann. So wurden Vergleichswerte zur Behandlung dieses Schlammes in einer schwach belasteten Belebungsanlage und in einer kunststoffgefüllten Tropfkörperanlage durchgeführt. Die Abläufe hatten dabei noch BSB₅-Werte, wie sie einem konzentrierten häuslichen Abwasser entsprechen.

2.7 Ablagerung in Schlammteichen

Falls sich keine andere Lösung für die Beseitigung von Kleinkläranslagenschlamm anbietet, dann kann in Ausnahmefällen auch die Ablagerung in eigens dafür angelegten Schlammteichen erfolgen. Darunter versteht man Geländevertiefungen, wie sie auch für Mülldeponien verwendet werden. Eine Abdichtung ist in der Regel erforderlich. Das anfallende Trübwasser muß entweder an Ort und Stelle in einer eigenen Kläranlage behandelt werden, oder einer zentralen Kläranlage zugeführt werden. Fremdwasser ist von den Teichen fernzuhalten.

Infolge der starken Geruchsbelästigung, die von solchen Teichen ausgeht, sollen sie fernab von Wohngebieten, Erholungsräumen, Straßen und dgl. angelegt werden, wobei ein Mindestabstand von 1 bis 2 km einzuhalten ist.

X. NEUERE ENTWICKLUNGEN

In jüngster Zeit wurden Kleinbelebungsanlagen auf den Markt gebracht, die einen anaeroben Schwimmfilter als Vorstufe besitzen.

Eine anaerobe Behandlung von Abwasser als Vorstufe einer aeroben Behandlung wurde in der Vergangenheit meist vermieden. Beim Anschluß von Häusern an eine neue Kanalisation mußten bestehende Dreikammeranlagen bzw. Senkgruben außer Betrieb genommen bzw. umgangen werden, um das Abwasser in möglichst frischem Zustand auf der Kläranlage behandeln zu können. Bereits um die Jahrhundertwende schreibt DUNBAR in seinem "Leitfaden für die Wasserreinigungsfrage", daß eine Überführung der Schmutzstoffe in stinkende Fäulnis einen biologischen Reinigungsprozeß erschwert.

Bei Versuchen über den Abbau von frischem und angefaultem Abwasser (MATSCHE, 91) zeigte sich jedoch, daß, abgesehen von der Entwicklung unterschiedlicher Mikroorganismen im Belebtschlamm (Blähschlammbildung bei angefaultem Abwasser), kein nachteiliger Einfluß auf den aeroben Abbauvorgang festgestellt werden konnte. Angefaultes Abwasser enthält die "Zwischenprodukte" des anaeroben Abbaues, nämlich die nach der Hydrolyse von polymeren organischen Molekülen in der Versäuerungsphase entstehenden organischen Zwischenprodukte - vor allem organische Säuren - und Schwefelwasserstoff (SIXT, 127). Bei einer anaeroben Abwasserbehandlung werden diese Zwischenprodukte jedoch weiter abgebaut, wobei nach einer acetogenen Phase Essigsäure gebildet wird, welche dann von den Methanbakterien in Methan und Kohlendioxid umgewandelt wird. In einer Arbeit über "Anaerobe Abwasserreinigung" hat KROISS (76) erst jüngst die Möglichkeiten dieser Technologie ausführlich behandelt.

Im Gegensatz zu der seit langem verwendeten anaeroben Schlammfäulung, bei der die aktiven Mikroorganismen den Faulbehälter mit dem angefaulten Schlamm verlassen und ihre Aufenthaltszeit daher - wie bei der kontinuierlichen Fermentation - der Verweilzeit des Schlammes im Faulbehälter entspricht, wird bei der anaeroben Abwasserbehandlung mit einer erhöhten Bakterienmasse gearbeitet. Eine Erhöhung der Bakterienmasse und damit eine Intensivierung des Prozesses erreicht man durch Rückführung von abgesetztem Schlamm in den Faulbehälter bzw. durch Ansiedlung der anaeroben Mikroorganismen auf Haftflächen. In Analogie zu den aeroben Verfahren kann man also von einem anaeroben Belebungsverfahren bzw. von einem anaeroben Tropfkörperverfahren sprechen.

Anaerobe Filter wurden in der Literatur schon mehrfach beschrieben. COULTER et al. (40) untersuchten die Wirksamkeit eines anaeroben Kontaktverfahrens zunächst im Labormaßstab und später mit einer technischen Anlage von etwa 6 m³ Volumen. Die anaerobe Anlage bestand dabei aus einem anaeroben Schlammkontaktbecken, dem ein anaerobes Filter nachgeschaltet war. Bei einer Verweilzeit von etwa zwei Tagen wurden im Labormaßstab bis zu 80 % BSB₅-Entfernung erreicht, im technischen Maßstab war der BSB₅-Abbau nur 50 % bei Zulaufwerten von etwa 250 mg/l. YOUNG und McCARTY (141) untersuchten die Wirksamkeit eines anaeroben Filters mit verschiedenen synthetischen Abwässern bei unterschiedlichen Belastungen.

Dabei konnte gezeigt werden, daß dieses Verfahren vorteilhaft auch mit Abwässern von niedriger Konzentration, z.B. ab 1000 mg COD/l, angewandt werden kann. Als wesentliche Vorteile des anaeroben Filters werden der Betrieb bei normaler Temperatur ohne Notwendigkeit zur Beheizung, die geringe Überschußschlammproduktion und der niedrige Schwebstoffgehalt des Filterablaufes genannt. Daneben wird auf die niedrigen Betriebskosten wegen der geringen hydraulischen Verluste und der Möglichkeit zur Gewinnung von Methangas hingewiesen.

Die Anwendung eines anaeroben Filters zur Behandlung von Hefepreßwasser brachte ebenfalls günstige Abbauergebnisse (LOVAN und FOREE, 89), die anaerobe Behandlung allein war jedoch wegen der sich bildenden großen Mengen an Schwefelwasserstoff nicht möglich. Als Filtermaterial wurden in allen Fällen verschiedene Gesteinssorten verwendet, die gleichmäßige Verteilung des Abwassers im Filter wurde durch eine Siebplatte, auf der das Filter ruhte, gewährleistet. Neben der Verwendung von Quarz und Granit als Filtermaterial wurden zur anaeroben Behandlung von Zentraten aus der Thermischen Schlammkonditionierung auch Raschgringe und Kohle als Trägersubstanz eingesetzt (ZIMPRO, 1979). Auch diese Filtermaterialien waren jedoch schwerer als Wasser und benötigen eine Siebplatte für die Abwasserverteilung.

Von V.D.EMDE (46) wurde ein Verfahren zur Abwasserreinigung mit anaeroben Schwimmfilter zum Patent angemeldet.

Dabei wird ein Filtermaterial verwendet, das eine geringere Dichte als Wasser besitzt und daher keine Stützplatte mehr benötigt.

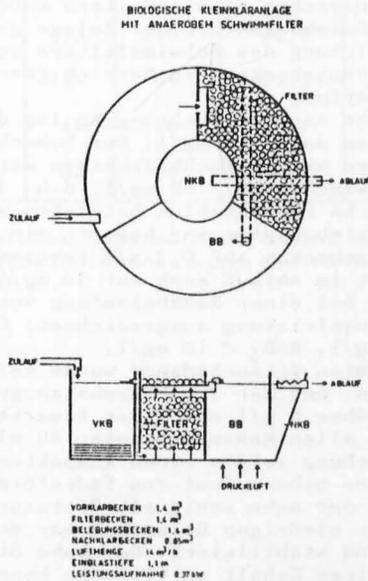
Diese Eigenschaften treffen für verschiedene Kunststoffgranulate zu, die jedoch wegen ihrer glatten Oberfläche keine günstigen Hafteigenschaften für die anaeroben Bakterien bildeten. Bei der Anwendung von Blähton (Leca) werden die zum Einsatz als Filtermaterial für ein anaerobes Schwimmfilter erforderlichen Eigenschaften in idealer Weise erfüllt. Das Material ist inert, schwimmt aufgrund seiner hohen Porösität und ist in nahezu allen Korngrößen bis zu einem Durchmesser von 5 cm erhältlich.

Überdies wird das Material wegen seiner Verwendung in der Bauwirtschaft in großen Mengen hergestellt und ist daher relativ billig.

Von MATSCHÉ und RUIDER (90) wurden umfangreiche Versuche mit einem anaeroben Schwimmfilter als Vorstufe zu einer Belebungsanlage durchgeführt:

Als Versuchsanlage diente eine aus glasfaserverstärktem Kunststoff hergestellte Kompaktanlage mit zentralem Nachklärbecken, um das ringförmig zwei Entschlammungsbecken und ein Belebungsbecken mit grobblasiger Belüftung angeordnet sind (Abb. 51).

Abb. 51: Technische Versuchsanlage. Biologische Kleinkläranlage mit anaerobem Schwimmfilter



Für die Versuche mit anaerobem Schwimmfilter wurde das zweite Entschlammungsbecken durch geringfügige Umbauten in ein anaerobes Filterbecken umgewandelt. Der Ablauf des ersten Entschlammungsbeckens wurde durch eine Tauchwand zum Boden des zweiten Entschlammungsbeckens geführt, das für die Versuche mit Leca gefüllt worden war. Nach dem Durchtritt des Abwassers durch das Filter erfolgte der Abzug des anaerob vorbehandelten Abwassers über ein ge-
lochtetes Abzugsrohr in das Belebungsbecken. Das Nachklärbecken war mit dem Belebungsbecken über eine am Grund befindliche Öffnung verbunden, so daß keine gesonderte Rücklaufschlammförderung erforderlich war.

Für die Versuche wurde häusliches Abwasser aus dem Vorklärbecken einer biologischen Kleinkläranlage zweimal pro Woche herangeführt und in einem Vorratsbehälter gelagert. Die Beschickung der Anlage erfolgte täglich zwischen 7 und 17 Uhr mit einer Abwassermenge von 100 l/h, so daß die Anlage täglich mit 1 m³ Abwasser beschickt wurde. Wegen der schlechten Haltbarkeit des unbehandelten Leca wurden die Versuche mit einer Füllung von vorbehandeltem Leca fortgeführt. Durch Aufbringung einer Silikonschicht auf der Oberfläche kann dieses Material wasserabweisend imprägniert werden, wodurch die Schwimmfähigkeit über längere Zeiträume erhalten wird.

Nach einer etwa zweimonatigen Einfahrperiode wurde im Filter ein Gleichgewicht erreicht, wobei etwa 50 % der Verschmutzung eliminiert wurden.

Der Ablauf des anaeroben Schwimmfilters wurde zur Nachbehandlung in die Belebungsstufe der Anlage geleitet. Mit Beginn der Beschickung des Schwimmfilters wurde die Belüftung des Belebungsbeckens in Betrieb genommen. Es erfolgte keine Beimpfung.

Bereits eine Woche nach Versuchsbeginn lag der BSB₅ der abgesetzten Proben unter 20 mg/l. Der Schwebstoffgehalt im Belebungsbecken und im Nachklärbecken war etwa in gleicher Größe zwischen 70 - 80 mg/l, d.h. daß die Anlage als kontinuierliche Fermentation betrieben wurde. Etwa 14 Tage nach Betriebsbeginn war bereits ein Schlammzuwachs im Belebungsbecken auf 0,3 g/l festzustellen. Der Schwebstoffgehalt im Ablauf sank auf 30 mg/l. Bis zum Versuchsende war bei einer Raumbelastung von $B_R \sim 0,05 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ die Reinigungsleistung ausgezeichnet: COD stets kleiner als 60 mg/l, BSB₅ < 10 mg/l.

Während der gesamten Versuchsdauer wurde kein Überschußschlamm abgezogen, und der Trockensubstanzgehalt stieg schließlich auf über 6 g/l an. Wider Erwarten lag der Schlammindex bei allen Messungen unter 80 ml/g. Die mikroskopische Untersuchung zeigte einen kompakten, grobflockigen Schlamm, der nahezu frei von fadenförmigen Organismen, jedoch auch nur sehr wenig mit Protozoen besiedelt war. Aufgrund der niedrigen Belastung war der belebte Schlamm weitgehend stabilisiert. Der hohe Stabilisierungsgrad und der geringe Gehalt an Ciliaten könnten auch der Grund für den trotz niedriger Oberflächenbeschickung des Nachklärbeckens ($Q_F \sim 0,15 \text{ m/h}$) beobachteten Schwebstoffgehalt im Ablauf (zwischen 20-30 mg/l) gewesen sein. Versuchsweise wurde daher ein Sandfilter in Kompaktbauweise, wie es für die Behandlung von Schwimmbadwasser verwendet wird, mit dem Ablauf des Nachklärbeckens beschickt. Dadurch konnte der COD des Ablaufes um zirka 30 % auf etwa 40 mg/l gesenkt werden.

Die Ergebnisse des zweiten Versuchsjahres bestätigten im wesentlichen die Resultate vom Jahre 1979. Der mittlere COD des Ablaufes lag mit 43 ± 13 mg/l noch etwas niedriger, beim BSB₅ ergaben sich im Mittel $5,8 \pm 3,0$ mg/l. Bezogen auf den Zulauf zum Schwimmfilter, ergab sich damit beim COD eine Reinigungsleistung von 89 %, beim BSB₅ wurde ein Abbau von nahezu 97 % erreicht. Die folgende Tabelle 34 zeigt das Ergebnis eines Tagesversuches bei der Versuchsanlage.

Tabelle 34: Ergebnisse Tagesversuch Oktober 1979

	COD mg/l	BSB ₅ mg/l	NH ₄ -N mg/l	NO ₃ -N mg/l	Ges.P mg/l
Zulauf Schwimm- filter	455	210	64,2	0	25,3
Ablauf Schwimm- filter	257	86	61,5	0	25,7
Belebungs- becken (filtr.)	46	10	9,7	42,4	25,5
Ablauf Nach- klärbecken	34	10	7,4	41,7	26,4

Anlagen mit anaeroben Schwimmfiltern sind unter den Handelsbezeichnungen PURAFIL (Österreich) und ANAFIL (BRD) im Handel erhältlich.



Eine weitere neue Entwicklung stellt die Verwendung von Kunststoffwürfeln als Haftfläche für belebten Schlamm dar. So wurde bei einer Kleinkläranlage in einem Zementwerk (Bemessungswert 13 E, angeschlossenes Labor mit 5 Beschäftigten) ein BSB₅ zwischen 20 und 40 mg/l und ein CSB zwischen 130 und 150 mg/l gemessen. Aus unbekanntem Gründen kam es nie zu einer wesentlichen Bildung von belebtem Schlamm (Schlammvolumen 1 - 3 ml/l). Um die Reinigungswirkung zu verbessern wurden etwa 50 l/m³ Nutzinhalt Linpor-Material (Schaumstoffwürfel der Firma Linde) zugegeben. Schlagartig verbesserte sich die Reinigungswirkung und es wurde bald eine nahezu vollständige Nitrifikation festgestellt. Zum Zurückhalten der Schaumstoffwürfel wurde eine Öffnung zwischen Vorklärbecken und Belebungsbecken geschlossen, und am Übergang von Belebungsbecken zu Nachklärbecken ein Drahtgitter aus Edelstahl, Maschenweite 5 mm, eingesetzt. Zu Beginn der Versuche wurden im Mittel 10 Würfel pro Liter belebten Schlamm gemessen, die sich im Verlauf eines halben Jahres auf etwa 2 Würfel pro Liter vermindert hatten. Im danebenliegenden Vorklärbecken wurden jedoch eine Reihe von Schaumstoffwürfel im Bereich des Schwimmschlammes festgestellt, sodaß angenommen wird, daß ein Teil der fehlenden Würfel durch die Verbindungsleitung des Abwassers Vorklärung zu Belebungsbecken durch den Wasserschwall beim Anspringen der Belüftung in das Vorklärbecken gelangte. Die Zugabe der Schaumstoffwürfel hat neben der Nitrifikation auch schlagartig den COD des Ablaufes des Nachklärbeckens verbessert. Es wurde nach Zugabe der Schaumstoffwürfel der COD des Zulaufes von im Mittel etwa 230 mg/l (dünnem Abwasser des Labors) auf etwa 60 mg/l vermindert. Gegenüber den früheren Untersuchungen war die Durchsichtigkeit des gereinigten Abwassers wesentlich verbessert worden. Neben den Schaumstoffwürfeln wurden auch weiterhin 2 - 3 ml/l belebten Schlamm festgestellt. Durch die Zugabe der Kunststoffwürfel hat sich der Gehalt an belebtem Schlamm (Schlammvolumen) nicht erhöht, die wesentlich verbesserte Reinigungswirkung ist daher auf den Besatz der Schaumstoffwürfel mit Mikroorganismen zurückzuführen.

XI. LITERATUR

FACHARTIKEL

- (1) ABWASSERTECHNISCHE VEREINIGUNG e.V. (Hanisch, B):
"Neue Technologien bei der Abwasser-
und Schlammbehandlung - Studie zur Ab-
wasserforschung"
Wissenschaftl.-Techn. Schriftenreihe
der Abwassertechnischen Vereinigung Bonn
(Mai 1976) Heft 5
- (2) ANONYMUS: Ein Klärwunder aus Schweden. Die Gemeinde
BWGZ; 100. Jahrgang, Nr. 17
- (3) ANONYMUS: Kläranlage nach Maß konzipiert, U-das
technische Umweltmagazin, Heft 5/1976
- (4) ANONYMUS: In 3 Stufen kompakt klären, Zfk 10/76,
S. 23
- (5) ANONYMUS: Arbeitsbericht des ATV-Fachausschusses
2.10 "Kleine Kläranlagen"; Abwasserbe-
seitigung aus Erholungs- und Fremdenver-
kehrseinrichtungen. Korrespondenz Ab-
wasser 22 (1975) H. 7, S. 210
- (6) ANONYMUS: Komperdell: Klärung auf höchster Europa-
ebene, Tiroler Tageszeitung, 4. 1. 1978
- (7) ANONYMUS: Bergrestaurant - Komperdell/Serfaus Tirol,
Unsere Umwelt, 4. Jahrgang, Nr. 5
- (8) ANONYMUS: Institut für Bautechnik Berlin, Prüfbe-
scheid für Kleinkläranlagen mit Abwasser-
belüftung in Zweibehälterausführung,
Typen AKN 8 bis AKN 50 der Firma Menzel
vom 3. November 1978
- (9) ANONYMUS: Gemeinsame Grundsätze des Deutschen Ge-
meindetages und der Abwassertechnischen
Vereinigung für den Bau von Kläranlagen.
Korrespondenz Abwasser, 1/1969, S. 4
- (10) ASSMANN, K. und WIRTH, W.: Wasserbedarfszahlen
für Schulen, Krankenhäuser, Heime und
Haftanstalten, GWF - Wasser/Abwasser,
116 (1975), H. 4, S. 187

- (11) BALDINGER, F.: Untersuchungen an Kleinkläranlagen. Gesundheitsingenieur 77 (1956), S. 40
- (12) BAU HUA TAU et ali: Epuration biologique des eaux usées urbaines au moyen de disques biologiques tournants, T.S.M.L'EAU, Juni 1976
- (13) BEGERT, A.: Versuche zur gemeinsamen C- und N-Entfernung bei Kleinkläranlagen mittels intermittierender Belüftung, ÖAR, Folge 3, 1979, S. 41-48
- (14) BEGERT, A.: PURAPLAST - ein neues System vollbiologischer Kleinkläranlagen, ÖAR, Folge 3, 1979, S. 54-56
- (15) BEGERT, A. und RUIDER, E.: Betriebsergebnisse österreichischer Kleinkläranlagen, ÖAR, 1977, S. 113
- (16) BEGERT, A.: Untersuchungen über den Einfluß abnormaler Betriebsverhältnisse auf die Reinigungswirkung von Kleinkläranlagen, Zentralblatt für Bakteriologie, I. Abb. Referate, Band 252 (1977)
- (17) BEGERT, A., MÜLLER, W.: Der Einfluß abnormaler Betriebsverhältnisse auf die Wirksamkeit von Kleinkläranlagen, ÖAR 1976, S. 1
- (18) BEGERT, A.: Erfahrungen mit der Überwachung von Kleinkläranlagen gemäß ÖNORM B 2502, Wiener Mitteilungen - Wasser-Abwasser-Gewässer - Band 49, Juli 1982
- (19) BERNHART, P.: Zur Behandlung und Beseitigung der Abwässer von Einzelgebäuden. Ges.Ing.86 (1965), 175
- (20) BISCHOFBERGER, W. und RUF, M.: "Anwendung von Fällungsverfahren zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit biologischer Anlagen", Berichte aus Wassergütewirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen der Technischen Universität München, H. 13 (1976)
- (21) BISCHOFBERGER, W.: Bau- und Prüfgrundsätze für kleine Kläranlagen mit Abwasserbelüftung. Korrespondenz Abwasser, 10/1974, S. 256

- (22) BISCHOFBERGER, W.: Bemessung, Betrieb und Überwachung von Kleinkläranlagen bis zu 500 EGW mit Abwasserbelüftung, Wiener Mitteilungen, Band 22, 1977
- (23) BISCHOFBERGER, W.: Weitergehende Abwasserreinigung in kleineren Verhältnissen, Wiener Mitteilungen, Band 22, 1977
- (24) BISCHOFBERGER, W.: Stand und Entwicklung von biologischen Kleinkläranlagen mit Abwasserbelüftung. Münchner Beiträge, Band 24, 1973, S. 256
- (25) BÖHNKE, B.: Biologische Kleinstkläranlagen als Ersatz für Mehrkammerausfallgruben. Städtehygiene 17 (1966), S. 239
- (26) BÖHNKE, B.: Salzkotten-Kleinkläranlagen KSD 4 bis 53, Gutachtliche Stellungnahme vom 28. 2. 1977
- (27) BÖHNKE, B.: Kleine Kläranlagen und Sonderbauweisen, Fortbildungsseminar der ATV vom 15. - 26. 3. 1971 in Essen
- (28) BÖHNKE, B.: Abwasserreinigung in kleinen und mittleren Gemeinden, Kommunalwirtschaft 1964, S. 371-377
- (29) BOUMA, J.: Unsaturated Flow During Soil Treatment of Septic Tank Effluent. J. Env. Div. ASCE 101 (1975), 967.
- (30) BRANDES, M., CHOWDHRY, N.A. und CHEUG, W.W.: Experimental Study on Removal of Pollutants from Domestic Sewage by Underdrained Soil Filters. Proc. Nat. Home Seq. Disposal ASAE
- (31) BRANDT, E.H., RUDLOFF, G.: Zur Bemessung von Kläranlagen für Zeltplätze, GWF Wasser/Abwasser 113 (1972) H.7, S. 332
- (32) BRETSCHER, U.: Die Phosphat-Elimination mit Tauchkörpern, GWF, 1969
- (33) BRÜHNE, H.: Zur Frage der Abwasserbeseitigung auf Campingplätzen, GWF Wasser/Abwasser 106 (1965) H. 44, S. 1224

- (34) BRÜHNE, H.: Probleme der Abwasserreinigung in typisierten Kleinkläranlagen. Korrespondenz Abwasser 3/1970, S. 49
- (35) BUCKSTEG, K.: "Problematik der kleinen Kläranlagen" Vortrag im ATV-Fortbildungskurs 1975 in Tutzing
- (36) BURCHARD, C.-H.: Leistungsvergleich für Kläranlagen in Baden-Württemberg. ÖAR 1976, S. 9
- (37) CECIL LUE HING et ali: Biological nitrification of sludge supernatant by rotating disks. Water Pollution Control, Jänner 1976
- (38) CHEUG-NAN WENG und MOLOF, A.H.: Nitrification in the biological fixed-film rotating disk system, Water Pollution Control Juli 1974
- (39) CHEUNG PAK-SHING: Neue Bemessungswerte für das Tauchtropfkörperverfahren. Wasser - Luft und Betrieb 12/1979.
- (40) COULTER, J.B., S. SONEDA und M.B. ETTINGER: Anaerobic Contact Process for Sewage. Disposal Sew. and Indust. Wastes 29 (1957), 468-477
- (41) DEPLAZES, G.: Technische Maßnahmen für die Abwassersanierung im ländlichen Raum, Informationstagung für die Vorsteher der kantonalen Fachstellen für Gewässerschutz, 29./30. Mai 1980 in Vaduz
- (42) DIETRICH, K.R.: Biologische Abwasserkläranlagen für Krankenanstalten, auch bei beschränktem Platzbedarf, Gesundheitswesen und Desinfektion 3/1972.
- (43) DUNBAR, W.P.: Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage. München-Berlin: Oldenbourg, 1907.
- (44) ELLIS, K.V. et ali: A Study of Rotating-Disc Treatment Units Operating at Different Temperatures, Wat. Pollut. Control 1976

- (45) EMDE, W. v.d.: Die Bodenfiltration im Zusammenhang mit Hauskläranlage, Wiener Mitteilungen, Band 22, 1977
- (46) EMDE, W. v.d.: Verfahren zur Abwasserreinigung mit anaeroben Schwimmfilter. Österr. Patent 363.871 (1981)
- (47) ERTL, H.: Überprüfungsbericht über das Ergebnis der Untersuchungen von biologischen Kleinkläranlagen im Bundesland Steiermark - Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Referat für Gewässeraufsicht und Gewässerschutz, Mai 1978
- (48) FINK, D.H. et al.: Adsorption of Anionic Detergents by Soils. JWPCF 42 (1970, 265)
- (49) FLECKSEDER, H.: Sind kleine Abwasserreinigungsanlagen tatsächlich so schlecht wie ihr Ruf? Gas-Wasser-Abwasser, 62. Jahrgang 1982, Nr. 11, S. 556-558
- (50) FLECKSEDER, H. et al.: Abwasserreinigung bei stark schwankendem Anfall, Gas-Wasser-Abwasser, 62. Jahrgang 1982, Nr. 11, S. 559-562
- (51) FLECKSEDER, H. und KREJCI, V.: Absetzen, anaerobe Abwasserreinigung, Schlammfäulung und Schlammwässerung bei kleinen Abwasserreinigungsanlagen, Gas-Wasser-Abwasser, 62. Jahrgang 1982, Nr. 11, S. 562-570
- (52) FLECKSEDER, H. und KREJCI, V.: Überlegungen zum Einsatz unbelüfteter Abwasserteiche, Gas-Wasser-Abwasser, 62. Jahrgang 1982, Nr. 11, S. 570-574
- (53) GUJER, W. und KREJCI, V.: Abwasserreinigung in kleinen Kläranlagen, Neue Züricher Zeitung, Nr. 214, 15. September 1982
- (54) GUJER, W.: Gewässerschutz in ländlichen Gebieten, Gas-Wasser-Abwasser, 62. Jahrgang 1982, Nr. 11, S. 545

- (55) GUJER, W. et alii: Hinweise für die Wahl von Einleitbedingungen für kleine Abwasserquellen, Gas-Wasser-Abwasser, 62. Jahrgang 1982, Nr. 11, S. 546-555
- (56) GUJER, W. und FLECKSEDER, H.: Gedanken zu kleinen Belebtschlammanlagen, Gas-Wasser-Abwasser, 62. Jahrgang 1982, Nr. 11, S. 574-579
- (57) HANISCH, B. und ROTH, M.: Versuche zur Suspensionsentnahme aus biologisch gereinigten Kläranlagenabläufen mit Hilfe eines Mikrosiebers, GWF 1975
- (58) HANISCH, B.: Untersuchungen über die Eignung des Mikrosiebes zur Entnahme suspendierter Stoffe aus den Abläufen biologischer Kläranlagen, Schweiz. Bauzeitung, H. 39 (1973), S. 4-7
- (59) HEALY, K.A. und LAAK, R.: Factors affecting the Percolation Test. JWPCF 45 (1973), 1508
- (60) HEALY, K.A. und LAAK, R.: Site Evaluation und Design of Seepage Fields, J.Env.Div. ASCE 100 (1974), 1133
- (61) HINES, M. und JAVREAU, R.E.: Recirculation Sand Filter: An Alternative to Traditional Sewage Absorption Systems. Proc.Nat. Home Sewage Disposal ASAE (1975), 130
- (62) HÖRLER, A. und PRACEK, V.: Ergebnisse von Versuchen der EAWAG mit dem Kombibecken. Schweiz. Zeitschrift für Hydrologie, Vol. XXVI (1964), S. 427
- (63) HÖRLER, A. und PRACEK, V.: Belebtschlammanlagen (Langzeitbelüftungsanlagen) bei abnormalen Betriebsverhältnissen. Gas-Wasser-Abwasser, 55 (1975), S. 749
- (64) HUMMEL, R.: Erfahrungen bei Betrieb und Überwachung kleiner Kläranlagen. Fortbildungsseminar der ATV vom 15.-26. 3. 1971 in Essen

- (65) JUNG, K.D.: "Auswertung der Abwasserbeschaffenheit von 90 Hauskläranlagen", Gas- und Wasserfach 109 (1968), H. 5, S. 597
- (66) KAYSER, R.: Kleinkläranlagen zur biologischen Abwasserreinigung, Bauforum 1968, S. 57-60
- (67) KAYSER, R.: Zeitgemäße Gestaltung von Kleinkläranlagen mit Abwasserbelüftung. ÖAR, 1975, S. 1
- (68) KLEFFNER, I.: "Schlammabeseitigung aus Hauskläranlagen", Gewässerschutz - Wasser - Abwasser, Aachen, Band 4 (1971), S. 155
- (69) KLOTTER, H.E.: Die Abwasserhältnisse in einer Autobahnraststätte, GWF-Wasser/Abwasser, Heft 4 (1966)
- (70) KOYA, K.V.A. und CHAUDHURI, M.: Virus Retention by Soil. Prog. Wat. Techn. 9 (1977), 43.
- (71) KRAUTH, K.: Fertigteilkläranlagen nach dem Schlammbelebungsverfahren für Anschlußwerte bis 500 Einwohner, GWF. 1968, S. 1295
- (72) KRAUTH, K.: Kleinkläranlagen nach dem Schlammbelebungsverfahren für Anschlußwerte unter 50 Einwohner, GWF 111, 1970, S. 460
- (73) KRAUTH, K. und CHAUNG, P.S.: Untersuchungen über die Wirkung des Fangomat in bezug auf ungelöste Feststoffe, Zwischenbericht, Institut für Siedlungswasserbau und Wassergütewirtschaft der Universität Stuttgart, 28. Jänner 1977
- (74) KRAUTH, K. und SCHMID, R.: Bericht über die Untersuchung einer Fertigteilbelebungsanlage für 8 EGW der Firma Menzel & Co
- (75) KRAUTH, K. und STAAL, K.: Die Leistung von Tauchtropfkörpern in der Praxis, GWF, S. 34-39, 114, 1973

- (76) KROISS, H.: Anaerobe Abwasserreinigung, ÖWW 33, (1981), H. 3/4, S. 56-64
- (77) KROPF, F.W., HEALY, K.A. und LAAK, R.: Soil Clogging in Subsurface Absorption Systems for Liquid Domestic Wastes. Proc. Paris Conf. IAWPR (1977)
- (78) LAAK, R.: "Anwendungen und Erfahrungen von Kleinkläranlagen in den USA", Gastvorlesung am 24. Mai 1976 am Lehrstuhl für Wasser-
gütewirtschaft und Gesundheitsingenieur-
wesen der TU München
- (79) LAAK, R.: Relative Pollution Strengths of Undiluted Waste Materials discharged in Household and the Dilution waters used for each. Manual of Grey Water Treatment Practice. Ann Arbor Science 1974
- (80) LAAK, R.: Influence of Domestic Wastewater Pretreatment on Soil Clogging, JWPCF 42 (1970), 1495
- (81) LABOUE, R.: La vérité sur les disques biologiques, EAU DU QUÉBEC, Vol. 8, Nr. 3, August 75
- (82) LANCE, J.C. und GERBA, C.P.: Nitrogen, Phosphate und Virus Removal from Sewage Water during Land Filtration. Prog. Wat. Techn. 9 (1977), 157
- (83) LENGYEL, W.: Beitrag zur Reinigung in Hauskläranlagen, Wiener Mitteilungen, Band 22, 1977
- (84) LENGYEL, W.: Kleinkläranlagen. Wasser und Abwasser, Band 1959, Wien
- (85) LOHR, M.: Kläranlagen für kleine Gemeinden nach dem Belebungsverfahren mit Schlammstabilisation, 6. Arbeitsbericht des ATV-KfK-Arbeitskreises "Kläranlagen für kleine Gemeinden", GEW, 1968, S. 1307
- (86) LOHR, M.: Oxidations- und Belebungsgräben als Kläranlagen für kleine Gemeinden. 1. Arbeitsbericht des ATV-Ausschusses "Kläranlagen für kleine Gemeinden". GWF Jahrgang 106 (1965), H. 2. S. 53-56

- (87) LOHR, M.: Schreiberklärwerke für kleine Gemeinden
3. Arbeitsbericht des ATV-Ausschusses
"Kläranlagen für kleine Gemeinden", GWF
Jahrgang 108 (1967), H. 12, S. 337-340
- (88) LOHR, M.: Scheibentauchkörper in Kombination mit
konventioneller Vor- und Nachklärung
und Schlammbehandlung als Kläranlage für
kleine Gemeinden; 4. Arbeitsbericht des
ATV-Ausschusses "Kläranlagen für kleine
Gemeinden, GWF, Jg. 108 (1967), H. 36,
S. 1029-1030
- (89) LOVAN, C.R. und FOREE, E.G.: The Anaerobic Filter
for the Treatment of Brewery Press
Liquor Waste. 26. Ind.Waste Conf.,
Purdue Univ., 1971, 1074-1086
- (90) MATSCHE, N. und RUIDER, E.: Belebungsverfahren
mit anaeroben Schwimmfilter als Vor-
stufe, Österreichische Wasserwirtschaft,
Heft 9/10, 1981, S. 207-213
- (91) MATSCHE, N.: Untersuchungen über den Abbau von
frischem und angefaultem Abwasser,
ÖAR, Nr. 4/1973
- (92) MÜLLER, W.: Abwasserbeseitigung in Feriengebieten,
ÖZA-Mitteilungen 1972/73. Beitrag Nr. 3
S. 41-45
- (93) NAEF, H. und TOBLER, U.: Kosten von Sanierungs-
leitungen, Gas-Wasser-Abwasser 1980/9,
S. 413-419
- (94) NÄHER, W.: Kleine Kläranlagen mit Abwasserbelüf-
tung, Ergebnisse von Kläranlagenkontrol-
len, Bericht der Gewässergüteaufsicht
der Regierung von Oberbayern
- (95) ÖSTREICHER, F. und KROISENBRUNNER, H.: Haus-, Hof-
und Garagenentwässerung normgerecht
planen, ÖAR, 2. Auflage 1976
- (96) OTIS, R. und BOYLE, W.C.: Performance of Single
Household Treatment Units. J. Eng. Div.
ASCE 102 (1976), 175
- (97) PASVEER: Neue Möglichkeiten für die Abwasserreini-
gung in kleinen Gemeinden, Kommunalwirt-
schaft 1960, S. 364-369 .

- (98) PAYR, K.: Lösungsvorschläge für Abwasserbehandlung in hochalpinen Lagen, Wiener Mitteilungen, Band 22, 1977
- (99) PAYR, K.: Die Abfallstoff- und Abwasserbeseitigung aus Objekten in hochalpinen Lagen. ÖAR, 1976, S. 35
- (100) PFEIFFER, R.: Hoval-Kompakt-Kläranlage, Daten und Fakten; Diplomarbeit am Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart, 1978
- (101) PÖNNINGER, R.: Die Hauskläranlage, Österr. Bauzeitung, 1948, Nr. 45/46
- (102) PÖNNINGER, R.: Der Schmutzwassersickerschacht. Österr. Bauzeitung, 1949, Nr. 14
- (103) PÖPEL, F.: Aufbau, Abbauleistung und Bemessung von Tauchtropfkörpern, Schweizerische Zeitung für Hydrologie, XXVI, 1964
- (104) POPKIN, R.A. und BEDIXEN, T.W.: Improved Sub-surface Disposal, JWPCF 40 (1968), 1502
- (105) POYNINER, S.F.B. und SLADE, J.S.: The Removal of Viruses by Slow Sand Filtration. Prog. Wat. Techn. 9 (1977), 75
- (106) PRETORIUS, W.A.: The Rotating-Disc Unit: A Waste Treatment System for Small Communities Wat. Pollut. Control 1973
- (107) PREUSS, F.: Kleinkläranlagen, Ges. Ing. 71 (1950), 379
- (108) RAPSCH, H.J., SULINGEN, C., SCHÖNEBORN: Zum Abwasseranfall auf Campingplätzen, KA, 6/77, S. 167
- (109) REINHOLD, F.: Vorläufige Richtlinien für die Anwendung, den Bau und Betrieb von Grundstückserklärungen. Ges. Ing. 64, 1941, 607
- (110) RICE, R.C.: Soil Clogging during Infiltration of Secondary effluent. JWPCF 46 (1974), 708

- (111) ROLVERING: Die PUTOX-Belebungsanlage, eine kleine Anlage zur vollbiologischen Abwasserreinigung; Korrespondenz Abwasser, Heft 9/1968
- (112) RÜSS, K.: Prüfzeichenpflichtige Kleinkläranlagen; Mitteilungen Institut für Bautechnik, Nr. 3, Juni 1974
- (113) RUIDER, E. und SPATZIERER, G.: Einfache Schnellbestimmung von Ammonium, Nitrat und Phosphat in Kläranlagenabläufen, ÖAR 22 H. 2 (1977)
- (114) SAUER, D.K. et al.: Intermittent Sand Filtration of Household Wastewater J. Env. Div. ASCE 102 (1976), 789
- (115) SCHAAL, H.: Kläranlagen für kleine Gemeinden nach dem Belebungsverfahren mit Schlammstabilisation, Kommunalwirtschaft, 9/1969, S. 343-349
- (116) SCHAAL, H.: "Entwicklungstendenzen in der Anwendung kleiner Kläranlagen", Bericht aus Wasserwirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen der TU München, Heft 8, (1975), S. 1
- (117) SCHERB, K.: "Biologische Kleinkläranlagen mit maschinellen Einrichtungen", Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, Band 5 (1968), S. 283
- (118) SCHERB, K.: Leistung und Energiekosten der Kleinkläranlagen des Münchner Abwasserversuchsfeldes - Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, Band 10 (1963), S. 209-227
- (119) SCHERTENLEIB, R. et al.: Sanierung von Abwasserquellen in ländlichen Gebieten - Übersicht; Gas-Wasser-Abwasser 1980/9, S. 405-412
- (120) SCHMIDT, G.P.: "Untersuchungen über Kleinkläranlagen nach TGL 7762", Wasserwirtschafts-Wassertechnik 20 (1970), H. 2, S. 423

- (121) SCHMITZ-LENDERS, F.: Richtlinien für Kleinkläranlagen, Ges. Ing. 71 (1950), 137
- (122) SCHMITZ-LENDERS, F.: Kleinkläranlagen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Gesundheitsingenieur, 1951, S. 149
- (123) SCHUBERT, W.C.: "Kleine Kläranlagen", Bauverlag Wiesbaden (1958), 2. Auflage
- (124) SCHWARIZ, W.A. und BEDIXEN, T.W.: Soil System for Liquid Waste Treatment and Disposal Environmental Factors JWPCF 42 (1970), 624
- (125) SEYFRIED: Fertigtkläranlagen für kleine Gemeinden, Kommunalwirtschaft 1966, S. 420-425
- (126) SIEGRIST, R. et al.: Characteristics of Rural Household Wastewater. J. Env. Div. ASCE 102 (1976), 533
- (127) SIXT, H., WERNECKE, S. und MUDRAK, K.: Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der anaeroben Abwasserbehandlung, Korresp. Abw. 27/1 (1980), S. 22-27
- (128) SCHLEYPEN, P.: Abwasserbehandlung für kleine Gemeinden, ländliche Gebiete und Touristengebiete, Korrespondenz Abwasser, 7/1982, S. 452-455
- (129) STENGELIN, V.: Kläranlagen für große und kleine Gemeinden; Techn. Umweltmagazin, Juni 72
- (130) STIER, E.: Typenbauweisen kleiner Kläranlagen - Die Coburger Tagung der ATV-Landesgruppe Bayern 15.-16.6.1966
- (131) THÖNY, J.: Kleinkläranlagenüberwachung in Vorarlberg; Bundesanstalt für Wassergüte, Wien-Kaisermühlen, Fortbildungskurs 2.-6.5.1977
- (132) VIEHL, K.: Betriebserfahrungen und Betriebsergebnisse kleinerer und mittlerer Kläranlagen Veröff. d. Inst. f. Siedlungswasserwirtschaft d. Techn. Hochschule Hannover, Heft 14 (1964), S. 339-363

- (133) VIRARAGHAVAN, T. und WARNOCK, R.G.: Ground Water Quality Adjecent to a Septic Tank System JAWWA 68 (1976), 611
- (134) VOGEL, H.E.: Kleinkläranlagen und Gewässerschutz, GWF, 1973, S. 248
- (135) DE VRIES, J.: Soil Filtration of Wastewater Effluent and the Mechanism of Pore Clogging, JWPCF 44 (1972), 565
- (136) WACHS, R.: "Die Abwasserreinigung mit Hilfe von Tauchtropfkörpern", Münchner Beiträge zur Abwasser-Fischerei- und Flußbiologie, Band 5 (1968), S. 78
- (137) WEBER, G.: Chemisch-bakteriologische Grundwasseruntersuchungen bei einer Hepatitis-Epidemie. ÖWWA 10 (1958), 110
- (138) WEBER, J.: "Anwendung und Leistung von Kleinkläranlagen mit Abwasserbelüftung" Diplomarbeit am Lehrstuhl für Wassergütewirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen der TU München (November 1976)
- (139) WILLINGER, H. und HÜBNER, A.: Beitrag zur Gefährdung der ländlichen Einzelwasserversorgungsanlagen durch Fäkalabwasser. ÖWW 10 (1958), 106
- (140) WOLF, P.: Phophatelimination unter Betriebsbedingungen, Ergebnisse von Anlagen in Bayern, Bericht des bayr. Landesamtes für Wasserversorgung und Gewässerschutz, BRD
- (141) YOUNG, C. und Mc CARTY, P.L.: The Anaerobic Filter for Waste Treatment. JWPCF 41/5 (1969), R 160-173
- (142) ZANKER, G.: Die Reinigungsleistung kleiner Kläranlagen mit Abwasserbelüftung bis 1500 Einwohnergleichwerte, ÖAR 1976, S. 17

- (143) ZANKER, G.: "Die Reinigungsleistung kleiner Kläranlagen mit Abwasserbelüftung bis 1500 Einwohnergleichwerte" Korrespondenz Abwasser 23 (1976), H. 3, S. 66

BÜCHER

- IMHOFF, K. und IMHOFF, K.R.: Taschenbuch der Stadtentwässerung, 25. Aufl. (1979), Verlag R. Oldenburg, München, Wien
- PÖNNINGER, R.: Abwasserbeseitigung in kleinen Verhältnissen Verlag ÖAR, 1. Aufl. 1958, 2. Aufl. 1964 und 1973
- RENNER, H.: Die Entwicklung einer biologischen Kläranlage für kleinste Verhältnisse.
Eigenverlag des Instituts für Siedlungs- und Industrieresourcemanagement, Grundwasserhydraulik, Schutz- und Landwirtschaftlicher Wasserbau der Technischen Universität Graz, 1979 .
- SCHUBERT, W.C.: Kleine Kläranlagen einschließlich der Kläranlage für Krankenhäuser und Schlachthöfe, 2. ergänzte Auflage, Verlag Technik, Berlin, Bauverlag, Wiesbaden, 1958
- TESCHNER, W.: Abwasser-Hauskläranlagen und Siedlungsabwasser-Verwertung, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, 4. Auflage, Berlin 1950

NORMEN UND RICHTLINIEN

Landesverordnung über das Zeltwesen - Zeltverordnung des Landes Schleswig-Holstein G.S.SchI.H.11, GI, Nr. 591-4-10

ÖNORM B 2502, Kleinkläranlagen (Hauskläranlagen), Richtlinien für Anwendung, Bemessung, Bau und Betrieb, 1. April 1981

DIN 4261, Teil 1, Kleinkläranlagen, Anlagen ohne Abwasserbelüftung, Anwendung, Bemessung und Ausführung, Okt. 1983

DIN 4261, Teil 2, Kleinkläranlagen, Anlagen mit Abwasserbelüftung, Anwendung, Bemessung, Ausführung und Prüfung, Juni 1984

DIN 4261, Teil 3, Kleinkläranlagen, Anlagen ohne Abwasserbelüftung, Betrieb und Wartung, Oktober 1983

DIN 4261, Teil 4, Kleinkläranlagen, Anlagen mit Abwasserbelüftung, Betrieb und Wartung, Juni 1984

Institut für Bautechnik, Berlin - "Bau- und Prüfgrundsätze für Kleinkläranlagen mit Abwasserbelüftung (7/1976)

ATV-Regelwerk: "Grundsätze für die Bemessung, Bau und Betrieb von kleinen Kläranlagen mit Abwasserbelüftung für Anschlußwerte zwischen 50 und 500 Einwohner" Arbeitsblatt A 122 (Dezember 1974)

ATV-Regelwerk: "Grundsätze für die Bemessung des biologischen Teils von Kläranlagen mit Anschlußwerten zwischen 500 und 10000 Einwohnergleichwerten nach dem Belebungsverfahren mit gemeinsamer Schlammstabilisierung". Arbeitsblatt A 126 (Mai 1976)

ATV-Regelwerk: "Behandlung und Beseitigung von Schlamm aus Kleinkläranlagen", Arbeitsblatt, Entwurf (Juli 1974)

Bayr. Landesamt für Wasserwirtschaft: Abwasserbeseitigung aus Erholungs- und Fremdenverkehrseinrichtungen, Merkblatt G-4/74, Fassung Dezember 1974

Eidgenössisches Amt für Gewässerschutz: Mitteilung Nr. 5 Kleinkläranlagen für Berggasthäuser

VSA Verband Schweizer Abwasserfachleute: Richtlinien für die Entwässerung von Liegenschaften, Dritter Teil: Abwasser-Einzelanlagen, Ausgabe 1980

Gemeinsamer Erlaß des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt und des Innenministeriums, über Richtlinien für die Anordnung von Kleinkläranlagen und kleinen Kläranlagen, vom 23. September 1975, Nr. VII 5101/27 (EM) und Nr. V 6320-II/) (IM)

ATV-Regelwerk: "Abwasserbeseitigung aus Erholungs- und Fremdenverkehrseinrichtungen", Arbeitsblatt A 129

ATV-Regelwerk: "Richtlinien für die Bemessung von Kläranlagen der Autobahn-, Rast- und Tankanlagen", Okt. 1965, Arbeitsblatt A 109

DIN 19520: Abwasser aus Krankenanstalten; Richtlinien für die Behandlung

Österreichischer Wasserwirtschaftsverband: Gewässerschutz im Hochgebirge, Merksätze für Betreiber von Schutzhütten, Berggasthäuser, Seilbahnen und Liften

SCHWEIZ

Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer gegen Verunreinigung vom 8. Oktober 1971, Bern

Allgemeine Gewässerschutzverordnung vom 19. Juni 1972, Bern

Verordnung über die Abwassereinleitungen vom 8. Dez. 1975, Bern

Wegleitung für die Kontrolle und Untersuchung von Abwasserreinigungsanlagen, Eidg. Department des Innern, März 1973, Bern

Kantonaler Sanierungsplan für Gewässer, Graubünden, Bericht vom 1. Juli 1974, G. Deplazes

Verbandbericht Nr. 96/I - 96/8 über Kleinkläranlagen vom 24. November 1967, Baden

Bericht über die Anwendung und Normierung von Kleinkläranlagen Kanton Aargau, 15. Mai 1972

Stand der Abwasserreinigung in der Schweiz, 1. Januar 1975, Bern

Untersuchungsbericht Amt für Gewässerschutz Kanton St. Gallen vom 30. August 1974 über MWB-Hauskläranlage

Untersuchungsbericht Amt für Gewässerschutz Kanton St. Gallen
vom September 1973 über Biospiral-Kläranlagen

Richtlinien für die Entwässerung von Liegenschaften, Ausgabe
1972, Verband Schweizerischer Abwasserfachleute,
CH-5400 Baden



