

# WIENER MITTEILUNGEN

WASSER · ABWASSER · GEWÄSSER

Universitätsbibliothek der  
Technischen Universität Wien

ENTLEHNBAR

E. RUIDER

EIN BEITRAG ZUR REINIGUNG UND  
GERUCHSFREIMACHUNG VON  
ABWASSER AUS TIERKÖRPER-  
VERWERTUNGSANSTALTEN

BAND 37 - WIEN 1980

# WIENER MITTEILUNGEN

WASSER · ABWASSER · GEWÄSSER

BAND 37

*(Ruider)*  
E. RUIDER

EIN BEITRAG ZUR REINIGUNG UND  
GERUCHSFREIMACHUNG VON  
ABWASSER AUS  
TIERKÖRPERVERWERTUNGSANSTALTEN

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

116.843 I

37

## V O R W O R T

Tierkörperverwertungsanstalten erfüllen eine sehr wichtige Aufgabe im Bereich der Umwelthygiene. Neben der schadlosen Beseitigung von Tierkörpern und Tierkörperteilen liefern diese Betriebe mit der Produktion von Tiermehl und technischen Fetten wirtschaftlich wertvolle Produkte. Leider gehen aber gerade von diesen Betrieben eine Reihe schwerwiegender Belastungen von Luft und Wasser aus. Das sehr verschmutzte und unangenehm riechende Abwasser aus Tierkörperverwertungsanstalten belastet einerseits die Gewässer, andererseits kann es bei der Ableitung und Reinigung solchen Abwassers zu Problemen, wie z.B. starken Geruchsbelästigungen durch dieses Abwasser für die den Abwasseranlagen benachbarte Bevölkerung kommen.

Die vorliegende Arbeit von Herrn Dipl.Ing.Dr. Erich Kuidler faßt Ergebnisse eines Forschungsvorhabens zusammen, welches sich mit der Reinigung und Geruchsfreimachung von Abwasser aus Tierkörperverwertungsanstalten befaßt.

Nach einer Einführung in die verschiedenen Möglichkeiten zur schadlosen Verwertung von Tierkörpern und Tierkörperteilen werden die hiebei entstehenden Umweltprobleme sowie Verfahren zu deren Bekämpfung besprochen. In Laborversuchen sowie auf bestehenden Kläranlagen zweier österreichischer Tierkörperverwertungsanstalten konnte nachgewiesen werden, das Abwasser aus solchen Betrieben mit dem Belebungsverfahren zufriedenstellend gereinigt und desodoriert werden kann. Als Ergebnis dieser Untersuchungen wurden Daten über Reinigungsleistung, Sauerstoffverbrauch, Schlammigenschaften, Schlammproduktion und den Grad der Geruchsfreimachung erarbeitet sowie die Wirtschaftlichkeit einer solchen Behandlung von TKV-Abwasser überprüft.

o.Prof.Dr.-Ing.W.v.d.Linde  
Technische Universität Wien

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Kurzfassung	II
Vorwort	IV
Inhaltsverzeichnis	V
Verzeichnis der Abbildungen	VII
Verzeichnis der Tabellen	IX
Bezeichnungen	XI
1. Problemstellung	1
2. Tierkörperverwertung	2
2.1.    Geschichtliche Entwicklung	2
2.2.    Verschiedene Möglichkeiten der Tierkörperverwertung und Tierkörperbeseitigung	3
2.2.1.  Vergraben	3
2.2.2.  Verbrennen	3
2.2.3.  Kochen und Dämpfen bis zum Zerfall der Weichteile	4
2.3.    Rohstoffe und Erzeugnisse	11
2.4.    Umweltprobleme	13
2.5.    Umfang und Bedeutung der Tierkörperverwertungsindustrie in Österreich	14
3. Umweltbelastung durch TKV-Anstalten	16
3.1.    Abwasser von TKV-Anstalten	16
3.1.1.  Überblick über das anfallende Abwasser	16
3.1.2.  Menge des Abwassers	18
3.1.3.  Beschaffenheit des Abwassers	20
3.2.    Abluft von TKV-Anstalten	26
3.2.1.  Überblick über die Abluft- und Geruchsproblematik	26
3.2.2.  Entstehung und Menge der Abluft	29
3.2.3.  Beschaffenheit der Abluft	31
4. Behandlung von Abwasser und Abluft von TKV-Anstalten	33
4.1.    Verfahren zur Reinigung von TKV-Abwasser	33
4.1.1.  Mechanische Verfahren	33
4.1.2.  Biologische Verfahren	33
4.1.2.1.  Allgemeine Grundlagen	33
4.1.2.2.  Kontinuierliche Fermentation	36
4.1.2.3.  Belebungsverfahren	38
4.1.2.4.  Beispiele ausgeführter Anlagen	40
4.1.3.  Physikalisch-chemische Verfahren	42
4.2.    Verfahren zur Abluftbehandlung	43
4.2.1.  Indirekte Verfahren zur Abluftbehandlung	43
4.2.2.  Direkte Verfahren zur Abluftbehandlung	44
4.2.2.1.  Absorption (Luftwäsche)	44

	Seite
4.2.2.2. Adsorption	46
4.2.2.3. Kondensation	47
4.2.2.4. Verbrennung	47
4.2.2.5. Beispiele ausgeführter Anlagen	48
4.2.3. Vermeidung durch Geruchsbelästigungen durch TKV-Abwasser	50
4.3. Kriterien zur Abluft- und Abwasserbehandlung	53
5. Untersuchungen zur biologischen Reinigung von TKV- Abwasser	59
5.1. Ausgangssituation und Betriebsbeschreibung	59
5.2. Versuchsziel	61
5.3. Laborversuche mit dem Abwasser der TKV-Unter- frauenhaid	62
5.3.1. Versuchsdurchführung	62
5.3.2. Versuchsergebnisse und Diskussion	64
5.3.2.1. Kontinuierliche Fermentation	64
5.3.2.2. Einstufiges Belebungsverfahren	68
5.4. Untersuchungen auf der Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid	72
5.4.1. Betriebsproduktion	72
5.4.2. Abwassermengen	75
5.4.3. Schmutzfrachten und Abwasserzusammensetzung	77
5.4.4. Betriebskläranlage	78
5.4.5. Untersuchungsprogramm - Kenngrößen - Proben- nahme	80
5.4.6. Sauerstoffzufuhrversuche	81
5.4.7. Betriebsergebnisse der Kläranlage und Dis- kussion	84
5.4.7.1. Belastung und Reinigungsleistung der Be- triebskläranlage	84
5.4.7.2. Sauerstoffgehalt und Sauerstoffverbrauch	89
5.4.7.3. Schlammgehalt und Schlammeigenschaften	91
5.4.7.4. Schlammproduktion	94
5.4.7.5. Schlambeseitigung	100
5.4.8. Geruchsfreimachung des Abwassers	104
5.4.9. Fremdüberwachung der Kläranlage	107
5.4.10. Tagesuntersuchung 6./7.6.1979	108
5.5. Untersuchungen auf der Verbandskläranlage Oberpullendorf	111
5.5.1. Verbandskläranlage	111
5.5.2. Ergebnisse der Fremdüberwachung	113
5.5.3. Detaillierte Untersuchung 31.7. - 11.8.1978	114
5.6. Untersuchungen auf der Betriebskläranlage der TKV Landscha	118
5.6.1. Beschreibung des Betriebes und der Kläranlage	118
5.6.2. Betriebsergebnisse und Diskussion	120
6. Kostenüberlegungen	127
7. Zusammenfassung und Folgerungen	135
Anhang	147
Literaturverzeichnis	172

Verzeichnis der Abbildungen

Abb.:		Seite
1	Fließschema der Verarbeitungsverfahren	5
2	Fließschema einer TKV-Anstalt	17
3	Abhängigkeit der Wachstumsrate $\mu$ von der Substratkonzentration S	35
4	Kontinuierliche Fermentation	37
5	Belebungsverfahren	39
6	Fließschema der TKV Unterfrauenhaid	60
7	Laborversuchsanlage	63
8	Kontinuierliche Fermentation - Ganglinie der organischen Verschmutzung	66
9	Kontinuierliche Fermentation - gemessene und berechnete Schlammgehalte	67
10	Versuche mit dem Belebungsverfahren - COD-Ganglinien (Zu- und Ablauf)	70
11	Belebter Schlamm aus Anlage 3	72
12	Verarbeitete Rohware der TKV Unterfrauenhaid (1978)	74
13	Abwasseranfall der TKV Unterfrauenhaid	76
14	Abwasserfließschema der TKV Unterfrauenhaid	79
15	Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid	79
16	Sauerstoffzufuhrversuche	83
17	Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid - COD-Ganglinie von Zu- und Ablauf	87
18	Häufigkeitsverteilung - COD-Ablauf	88
19	Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid - Sauerstoffganglinie	90
20	Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid - Schlammgehalt	92
21	Belebtschlammflocken mit eingelagerten Eisenteilchen	93
22	Fadenförmige Organismen	94
23	COD-Bilanz	97
24	Zusammenhang COD - Geruchsschwellenwert im TKV-Abwasser	105
25	Chromatogramme von Zu- und Ablauf der Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid	107
26	Abwasserverband Mittleres Burgenland	111
27	Schema der Kläranlage Oberpullendorf	112
28	Kläranlage der TKV Landscha	119

Abb.:		Seite:
29	Fließschema der Kläranlage der TKV Landscha	119
30	TKV-Landscha - Verarbeitete Rohware	122
31	TKV-Landscha - Abwasseranfall	123
32	TKV-Landscha - COD-Abbau	124
33	TKV-Landscha - COD-Bilanz	125
34	Baukosten von TKV-Kläranlagen	133
35	Baukosten/EGW von TKV-Kläranlagen	133
36	BSB <sub>5</sub> -Abbau bei TKV-Kläranlagen in Abhängigkeit von der Belastung	141
37	Nitrifikation von TKV-Abwasser im Standversuch	143
38	Carrousel-Anlage der TKV Bergum	153
39	Fließschema der Kläranlage der TKV Icker	156
40	Fließschema der Kläranlage der TKV Oberding	158
41	Fließschema der Kläranlage der ZFN Plattling	160
42	Schema des Kalksteinturmes	162
43	Schema des Luftwäschers der TKV Unterfrauenhaid	163
44	Schema der Abluftbehandlungsanlage der TKV St. Erasmus	165
45	Schema der Abluftbehandlungsanlage der TKV Regau	167

## Verzeichnis der Tabellen

Tab.:		Seite
1	TKV-Anstalten in Österreich (Stand Ende 1978)	15
2	Gesamtabwassermenge einiger TKV-Anstalten	19
3	Aufteilung der einzelnen Abwasserströme	20
4	Fettsäureverteilung im Brüdenkondensat	21
5	Chemische Zusammensetzung des Brüdenkondensates bei Oberflächenkondensation	23
6	Zusammensetzung des Gesamtabwassers einer TKV-Anstalt	24
7	BSB <sub>5</sub> -Konzentration und BSB <sub>5</sub> -Fracht von TKV-Abwasser	25
8	Entstehung von Trimethylamin und Schwefelwasserstoff in Liter pro Tonne Rohmaterial bei verschiedenen Temperaturen	26
9	Typische in TKV-Abluft vorkommende Osmogene	31/32
10	Kostenvergleich - Abluftbehandlung	50
11	Chemikalien für Geruchsbehandlung - Großhandelspreis	52
12	Preis zur Desodorierung von 1 m <sup>3</sup> Abwasser	52
13	Kontinuierliche Fermentation - Meßergebnisse	65
14	Belebungsverfahren - Meßergebnisse	66
15	Belastungswerte der verschiedenen Versuchseinstellungen	69
16	Sauerstoffverbrauch bei den verschiedenen Versuchseinstellungen	71
17	Verarbeitungsmenge der TKV-Unterfrauenhaid (1976-1978)	73
18	Abwasserzusammensetzung der TKV Unterfrauenhaid	77
19	Sauerstoffzufuhrversuche	83
20	Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid - Versuchsergebnisse	85
21	Belastungswerte der Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid	86
22	Eisendosierung bei der Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid	93
23	Schlammproduktion berechnet aus Schlammzuwachs	97
24	Schlammproduktion berechnet nach verschiedenen Methoden	100
25	Aminosäure- und Vitamingehalt von belebtem Schlamm	101
26	Zusammensetzung von Tiermehl und belebtem Schlamm	101
27	Schwermetallgehalt von belebtem Schlamm	102
28	Zunahme des Schwermetallgehaltes im Endprodukt bei Aufarbeitung des Überschussschlammes im Betrieb	102

Tab.:		Seite
29	Kostenvergleich der verschiedenen Varianten der Überschußschlammabeseitigung	103
30	Geruchsmessungen bei der Kläranlage der TKV Unter- frauenhaid	105
31	Fremdüberwachung der Betriebskläranlage	108
32	Tagesuntersuchung 6./7.6.1979 - Meßergebnisse	109
33	Tagesuntersuchung 6./7.6.1979 - berechnete Kennwerte	110
34	Fremdüberwachung der Kläranlage Oberpullendorf	114
35	Kläranlage Oberpullendorf - Meßergebnisse	116
36	Belastung der Kläranlage Oberpullendorf	115
37	Anteil des TKV-Abwassers am Gesamtzulauf der Kläran- lage Oberpullendorf	117
38	Bemessungsdaten der Kläranlage der TKV Landscha	120
39	Kläranlage der TKV Landscha - Meßergebnisse	121
40	Kläranlage der TKV-Landscha - COD-Bilanz	125
41	Sauerstoffverbrauch und Schlammproduktion der Kläran- lage der TKV Landscha	126
42	Produktionsdaten und Abwasser kennwerte der TKV Unter- frauenhaid	129
43	Baukosten von TKV-Kläranlagen	132
44	Jahresgesamtkosten für die Kläranlage der TKV Oberding bzw. der TKV Unterfrauenhaid	134

Bezeichnungen

TKV		Tierkörperverwertung
BSB <sub>5</sub>	mg/l	Biochem. Sauerstoffbedarf
COD	mg/l	Chem. Sauerstoffbedarf
TOC	mg/l	Gesamter org. Kohlenstoffgehalt
EGW	-	Einwohnergleichwert
GSW	-	Geruchsschwellenwert
Q	m <sup>3</sup> /d	Abwassermenge
q <sub>R</sub>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> .d	Raumbeschickung
V	m <sup>3</sup>	Beckenvolumen
t	h	Aufenthaltszeit
S	mg/l	Verschmutzung
η	%	Wirkungsgrad
B <sub>R</sub>	kg/m <sup>3</sup> .d	Raumbelastung
B <sub>TS</sub>	kg/kg.d	Schlammbelastung
c <sub>s</sub>	mg/l	Sauerstoffsättigung
c <sub>x</sub>	mg/l	Sauerstoffgehalt
OC <sub>R</sub>	kg/m <sup>3</sup> .d	Sauerstoffzufuhr
OV <sub>R</sub>	kg/m <sup>3</sup> .d	Sauerstoffverbrauch
TS <sub>R</sub>	kg/m <sup>3</sup>	Trockensubstanz
SV <sub>R</sub>	ml/l	Schlammvolumen
I <sub>SV</sub>	ml/g	Schlammindex
ÜS <sub>R</sub>	kg/m <sup>3</sup> .d	Schlammproduktion
t <sub>S</sub>	d	Schlammalter
M		Mittelwert
σ		Standardabweichung
n		Anzahl der Werte für die Berechnung von M und σ

## 1. Problemstellung

Tierkörperverwertungsanstalten (im weiteren TKV-Anstalten genannt) haben die Aufgabe, Konfiskate und Kadaver gefallener Tiere derart zu behandeln, daß diese Materialien nicht zur Ursache von Belästigungen des Menschen werden können, nicht Gesundheit von Mensch und Tier gefährden können und außerdem die in diesen Materialien wertvollen Rohstoffe gewonnen werden können. Die Bedeutung und die Größe dieses Industriezweiges hat in den letzten Jahren sehr stark zugenommen. Der hohe Lebensstandard und die derzeitigen Konsumgewohnheiten haben zu einem vermehrten Anfall von Schlachtabfällen und unverkäuflichen Schlachtnebenprodukten geführt. Es ist zu erwarten, daß diese Entwicklung auch in den kommenden Jahren anhalten wird.

Leider treten aber durch diese Betriebe schwerwiegende Sekundärbelastungen von Luft und Wasser auf. Abwasser der industriellen Tierkörperverwertung enthält in hoher Konzentration sauerstoffzehrende und geruchsaktive Substanzen. Ableitung und Reinigung von TKV-Abwasser werfen eine Reihe von Problemen auf, welche in der vorliegenden Arbeit behandelt werden sollen.

## 2. Tierkörperverwertung

### 2.1. Geschichtliche Entwicklung

Die Nutzbarmachung der durch die Viehhaltung erwirtschafteten Produkte endet stets bei der Verwertung und Beseitigung verendeter und unbrauchbar gewordener Tiere. Die grundsätzliche Bedeutung der Tierkörper als Futtermittel und Rohstoffquelle besitzt auch heute noch volle Gültigkeit. Je nach dem Stand der Zivilisation der jeweiligen Epoche werden verendete Tiere und unbrauchbar gewordene Tierkörper verwertet und beseitigt.

Mit dem Entstehen größerer Ballungszentren wurden ab dem Mittelalter bestimmte Personen beauftragt, Tierkadaver zu beseitigen, um den Genuß seuchenkranker Tiere zu unterbinden und damit den Ausbruch von Seuchen zu verhindern. Die Beseitigung erfolgte damals meist durch Vergraben der Tierkörper oder das Aas wurde an der Luft der Fäulnis bzw. dem Zugriff diverser Raubtiere überlassen. Diese recht einfache Art der Beseitigung war natürlich vom seuchenhygienischen Standpunkt höchst bedenklich und führte auch zu manchen Mißständen. Ab dem 18. Jahrhundert wurde versucht, die Tierkörperbeseitigung einer gewissen staatlichen Kontrolle zu unterwerfen. Es wurde das Abdeckereiwesen geschaffen. Zur Unterstützung der Wasen- und Abdeckmeister in ihrer Tätigkeit wurden diese Personen mit besonderen Privilegien ausgestattet.

Die letzte einschneidende Änderung erfolgte schließlich gegen Ende des 19. Jahrhunderts. Mißstände im Abdeckereiwesen sowie die Erkenntnis, die im toten Tierkörper enthaltenen Rohstoffe zu nutzen, führten zur Forderung, einerseits unter staatlicher Kontrolle entsprechende Betriebe zu schaffen und andererseits durch geeignete Verfahren diese Rohstoffe zu gewinnen. Mit der Erlassung entsprechender Gesetze und Verordnungen sowie der Entwicklung neuer Technologien und der Schaffung eines Netzes tierkörperverarbeitender Betriebe wurden diese Forderungen weitgehend erfüllt.

In Österreich ist das derzeit für die Tierkörperverwertung maßgebende Gesetz die Vollzugsanweisung des Staatsamtes für Land- und Forstwirtschaft im Einvernehmen mit dem Staatsamt für Volks- ernährung vom 19.4.1919, StGBI. Nr. 241, betreffend die Verwertung von Gegenständen animalischer Herkunft in Tierkörperverwertungsanstalten.

## 2.2. Verschiedene Möglichkeiten der Tierkörperverwertung und Tierkörperbeseitigung

### 2.2.1. Vergraben

Das Vergraben ist die älteste, einfachste und billigste Art, Tierkörper zu beseitigen. Dieser Beseitigungsart haften jedoch zwei schwere Nachteile an: Sie ist in bezug auf die Vernichtung von Seuchenkeimen unzuverlässig, und außerdem gehen die in den Tierkörpern enthaltenen, wertvollen Rohstoffe verloren. Dieses Verfahren ist also unhygienisch und bedeutet eine Verschwendung. Es sollte daher nur in Ausnahmesituationen angewandt werden, wobei die entsprechenden seuchenhygienischen Vorschriften zu beachten sind (keine Gefährdung von Grundwasser, entsprechend dicke Erdschicht über den Kadavern, eventuell Desinfektion aller mit Kadavern in Berührung kommenden Gegenstände etc.).

### 2.2.2. Verbrennen

Das Verbrennen der Tierkörper bis zur Asche ist zwar, was die Vernichtung der Tierseuchenerreger betrifft, sicher, stellt aber eine Vergeudung der in den Tierkörpern enthaltenen Werte dar und verursacht überdies erhebliche Kosten durch den Aufwand an Brennstoffen. Die Verbrennung erfolgt entweder auf freiem Feld oder in besonders hiefür konstruierten Verbrennungsöfen. Das Verfahren ist nicht sehr weit verbreitet.

### 2.2.3. Kochen und Dämpfen bis zum Zerfall der Weichteile

Die zweckmäßigste Art der unschädlichen Beseitigung von Tierkörpern und Tierkörperteilen ist die thermische Behandlung unter Druck bis zum Zerfall der Weichteile. Bei diesem Verfahren werden sämtliche Krankheitserreger und tierischen Schmarotzer in und an den Tierkörpern und Tierkörperteilen vernichtet, gleichzeitig werden die Tierkörper und die Tierkörperteile aufgelöst und in die Grundsubstanzen Eiweiß, Mineralstoffe und Fett geschieden, welche als Tierkörpermehl zu Fütterungszwecken und als Tierkörperfett zu technischen Zwecken wirtschaftlich Verwendung finden.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden die ersten thermischen Anlagen und Apparate zur unschädlichen Beseitigung der Tierkörper entwickelt und geschaffen. Diese waren vor allem auf die unschädliche Beseitigung der damals noch in großer Zahl anfallenden Tierkörper und weniger auf die Herstellung eines qualitativ hochwertigen Produktes ausgerichtet.

Die qualitative und quantitative Änderung des Rohstoffaufkommens in den letzten Jahrzehnten und das Bestreben, möglichst hochwertige Endprodukte herzustellen, führten zu zahlreichen Verfahrensverbesserungen. Neuerdings stellen Umweltschutzprobleme hohe Anforderungen an die einzusetzenden Verfahren, was ihre Weiterentwicklung notwendig macht.

Der Verfahrensablauf ist bei den verschiedenen in Verwendung stehenden Methoden ähnlich (Abb. 1).

Nach Anlieferung und eventuell notwendiger Lagerung der Rohware wird diese entsprechend vorbehandelt (Enthäuten, Entfernen des Magen- und Darminhaltes, Zerkleinern etc.). Im sogenannten Brecher wird das Rohmaterial zu faustgroßen Stücken zerkleinert.

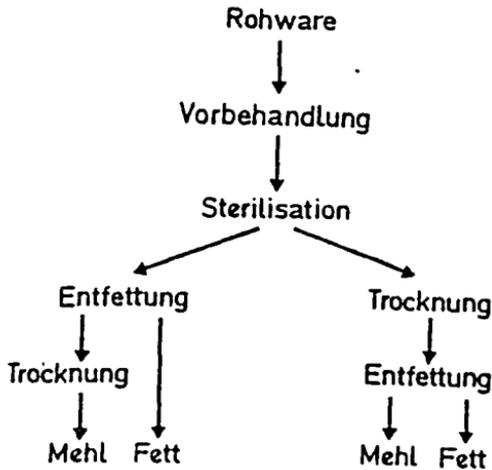


Abb. 1: Fließschema der Verarbeitungsverfahren

In der nachfolgenden Sterilisation erfolgt die hygienisch einwandfreie und wirtschaftliche Umwandlung der Rohstoffe. Im allgemeinen werden heute indirekt beheizte Sterilisatoren (z.B. Siebkorbsterilisatoren, Siebscheibensterilisatoren, Rührwerksapparate etc.) verwendet. Die indirekt wirkende Beheizung wird nun so gesteuert, daß das Material langsam zum Kochen gebracht wird. Durch die aus dem Rohmaterial freiwerdenden Wasserdämpfe stellt sich im Innern des Kochers ein Überdruck ein. Bei den sich einstellenden Bedingungen (etwa 130 °C und etwa 3 bar) sind nach etwa 30 Minuten mit Sicherheit alle Keime abgetötet. Das aufgeschlossene Material bildet eine sterile Masse aus Fleischbrei, Fett und Leimbrühe. Die bei diesem Prozeß entstehenden Brüden werden in Kondensatoren niedergeschlagen und als Abwasser abgeleitet. Ein kontinuierlicher Betrieb der Sterilisatoren wird heute noch nicht als allgemein anerkannte Regel der Technik angesehen. Eine quasikontinuierliche Betriebsweise kann durch Zwischenschaltung von Kochgutbehältern zwischen Sterilisation und den nachfolgenden Verfahrensschritten erreicht werden.

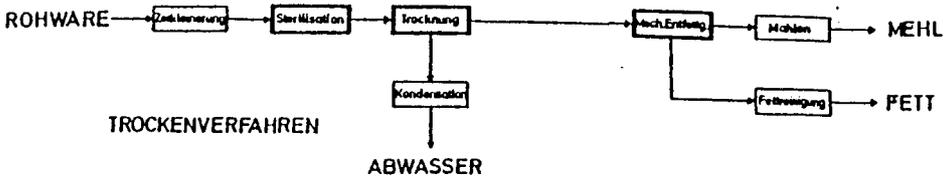
Die wesentlichsten Verfahrensunterschiede liegen in der Aufeinanderfolge von Trocknung und Entfettung. Im derzeitigen Sprachgebrauch wird bei den sogenannten "Naßverfahren" zuerst entfettet und anschließend getrocknet und bei den "Trockenverfahren" der umgekehrte Weg beschritten.

Beim Trockenverfahren schließt sich an die Sterilisation die Trocknung an, welche in kontinuierlichen Trocknern, Umlauftrocknern oder im Reaktorgefäß selbst durchgeführt werden kann. Die Entfettung geschieht entweder auf mechanischem Wege (z.B. hydraulische Presse, Schneckenpresse, Pendelzentrifuge, Schubzentrifuge u.a.) oder durch Lösungsmittelextraktion. Üblicherweise werden als Lösungsmittel Perchloräthylen oder Benzin eingesetzt.

Beim Naßverfahren wird der nasse Fleisch - Fett - Brei zuerst entfettet (z.B. durch Perchloräthylenextraktion, oder durch Trennung in Dekantern) und sodann in Trocknern bis auf einen geringen Restwassergehalt getrocknet.

Die Wahl des Entfettungsverfahrens wird hauptsächlich von den Qualitätsanforderungen an das Tiermehl bestimmt. Wird ein relativ geringer Fettgehalt im Mehl (<4 %) angestrebt, so kommt es zwangsläufig zu einem Einsatz der Extraktionsverfahren. Die Futtermittelindustrie wünscht heute ein Tiermehl mit etwa 10 % Fettgehalt, eine Forderung, die auch mit den mechanischen Entfettungsverfahren durchaus eingehalten werden kann, wenn auch nicht so konstant wie bei den Extraktionsverfahren. Sicherheitsrisiken bei den Extraktionsverfahren - vor allem Explosionsgefahr beim Benzinverfahren, Lösungsmittelfreiheit der Endprodukte - können bei sorgfältiger Betriebsweise und Einhaltung entsprechender Maßnahmen zwar vermieden werden, machen aber die Extraktionsverfahren teurer als die Verfahren mit mechanischer Entfettung.

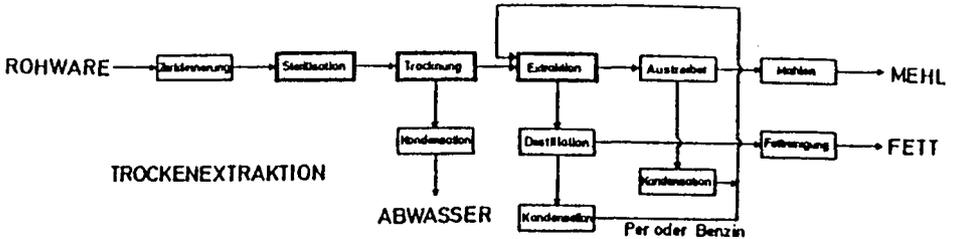
Einen Überblick über die heute hauptsächlich verwendeten Verfahren gibt die folgende Zusammenstellung (nach H. WICHMANN, 1980; E. OSTENDARP, 1977). Die Reihenfolge dieser Aufzählung bedeutet keine Wertung der einzelnen Verfahren.



Vb: Das in Knochenbrechern evtl. vorzerkleinerte Material wird in Druckbehältern zunächst sterilisiert. Anschließend folgt die diskontinuierliche oder kontinuierliche Trocknung. Die Feststoff-Fett-Trennung erfolgt bei kleineren Anlagen mit hydraulischen Pressen, bei größeren mit Schneckenpressen.

V: Es ist ein robustes und in den Betriebskosten das günstigste Verfahren.

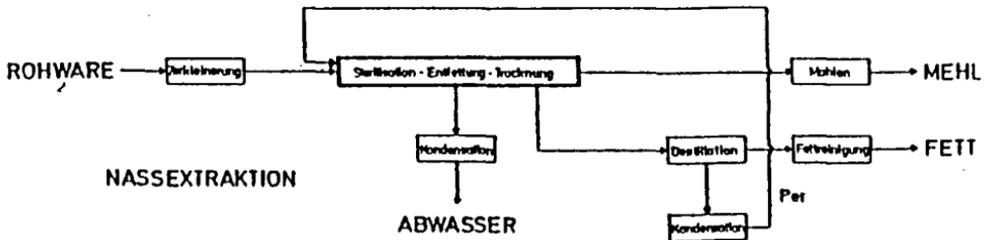
N: Die zuverlässige Einhaltung eines Restfettgehaltes 10 % ist mit der mechanischen Entfettung nicht ausreichend gewährleistet. Das Verfahren ist gegen starke Schwankungen der Rohstoffzusammensetzung empfindlich, da es eine Mindestmenge leimgebenden Materials benötigt.



Vb: Das vorzerkleinerte Material wird wie bei Verfahren 1 sterilisiert, kontinuierlich oder diskontinuierlich getrocknet und anschließend im Gegenstromverfahren mit Benzin (selten) oder Perchloräthylen kontinuierlich chemisch entfettet.

V: Das Verfahren ist unempfindlich gegen Änderungen der Rohstoffzusammensetzung.

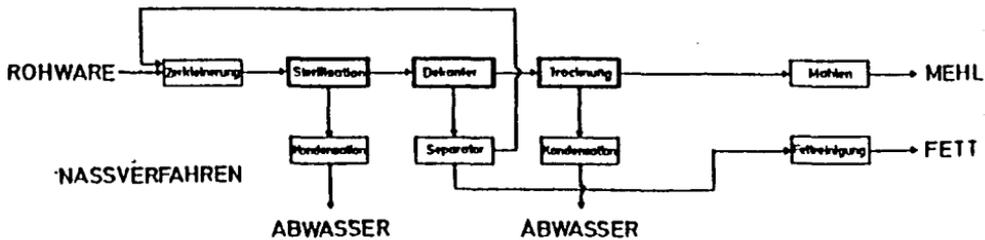
N: Bei Verwendung von Benzin als Lösungsmittel sind umfangreiche Sicherheitsvorkehrungen nötig (Explosionsgefahr).



Vb: Der Rohstoff wird in einem Apparat (Extrakteur) sterilisiert, entfettet und mit Perchloräthylen azeotrop getrocknet.

V: Der gesamte Prozeß bis zur Produkttrennung erfolgt in einem Apparat. Unempfindlich gegen qualitative Rohstoffschwankungen.

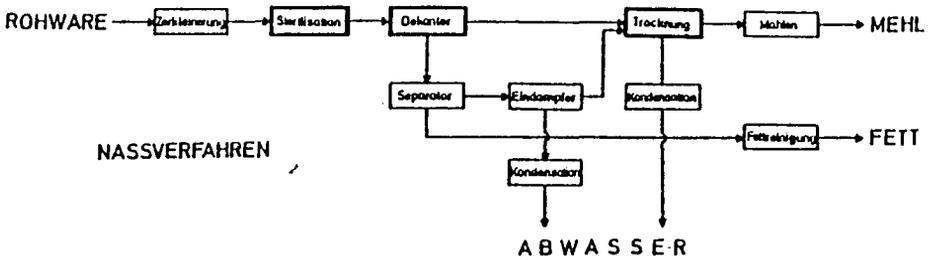
N: Es kann nur im Chargenbetrieb und daher bei großen Rohstoffmengen mit mehreren Extrakteuren in Parallelschaltung gearbeitet werden. Nur bei kleineren Betrieben wirtschaftlich. Hohe Betriebskosten. Bei unvorschriftsmäßiger Betriebsweise evtl. Per-Rückstände im Mehl.



Vb: Nach der wie bei Verfahren 1 und 2 durchgeführten Sterilisation erfolgt mit Hilfe einer Schneckenzenrifuge die Trennung der Phasen in Feststoff und Leimwasser. In einem Separator wird aus dem Leimwasser das Fett abgetrennt und die übrige Eiweiß-Wasser-Lösung zur Sterilisation zurückgeführt. Die Trocknung des Feststoffes erfolgt in besonderen Trocknern mit Luft.

V: Gute Produkte bei lösungsmittelfreier Verarbeitung.

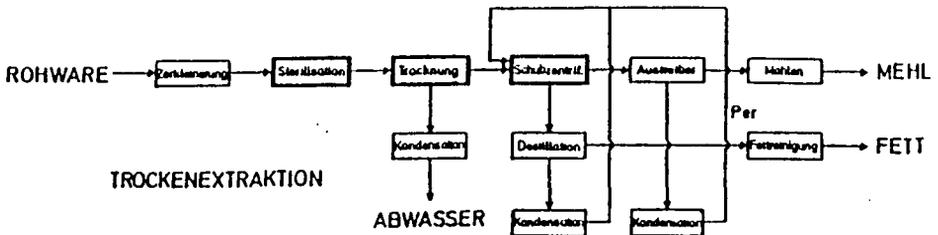
N: Große Empfindlichkeit gegen Schwankungen der Rohstoffqualität - daher nur bedingt einsetzbar. Die Lufttrocknung erfordert aufwendige Maßnahmen zur Luftreinhaltung.



Vb: Dieses Verfahren entspricht dem Verfahren 4 mit dem Unterschied, daß das Leinwasser in einer Mehrfacheindickung konzentriert und nicht in die Sterilisation zurückgenommen wird.

V: Etwas geringere Empfindlichkeit gegen Rohstoffschwankungen.

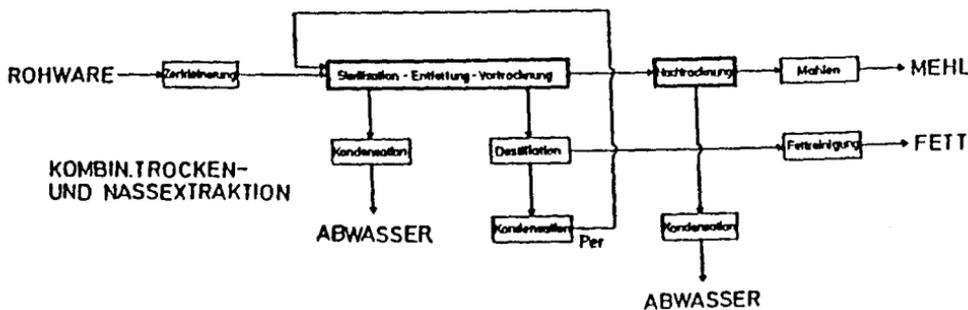
N: Dennoch relativ empfindlich gegen Rohstoffschwankungen und ebenfalls aufwendige Luftreinhaltemaßnahmen aufgrund des Lufttrockenverfahrens.



Vb: Das Verfahren entspricht dem Verfahren 2, wobei nur die Extraktion selbst anders ausgeführt wird. Es ist bisher nur einmal im Einsatz. Der Rohstoff wird wie bei den Trockenverfahren 1 und 2 sterilisiert und getrocknet. Die Entfettung erfolgt mit Perchloräthylen und anschließender Trennung der Feststoffe von der Miscella (=Fett-Per-Lösung). Die Austreibung des Pers aus dem Mehl erfolgt kontinuierlich.

V: Geringer Platzbedarf und gute Anpassung an Rohstoffschwankungen.

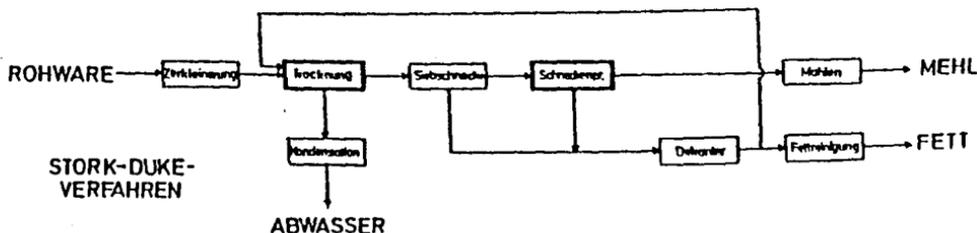
N: Wie bei Verfahren 3 muß mit Per-Rückständen im Mehl gerechnet werden.



Vb: Der Rohstoff wird in einem Extrakteur sterilisiert, mit Perchloräthylen entfettet und azeotrop bis zu einem Wassergehalt von 50 % vorgetrocknet. Die Entfettung erfolgt kontinuierlich in einer kombinierten Trocken-Möhlanlage mit Luft als Hilfsmittel.

V: Unempfindlich gegen Rohstoffschwankungen. Herabgesetzter Lösungsmittelverbrauch und keine Per-Rückstände im Mehl.

N: - - - -



Vb: Das Verfahren kann vom Ein- bis zum Austrag kontinuierlich gefahren werden. Der Rohstoff wird zerkleinert und anschließend im Fettbad atmosphärisch getrocknet, wobei die Temperatur im Fettbad zunächst 100 C und am Ende etwa 130 C beträgt. Die Durchlaufzeit beträgt 45 - 60 Minuten. Die Entfettung erfolgt anschließend mit Schneckenpressen.

V: Besonders geeignet für große Verarbeitungsmengen mit entsprechend niedrigen spezifischen Investitionskosten.

N: Eine ausreichende Sterilisation ist bis heute nicht gewährleistet. Zu hohe Rest-Fettgehalte im Mehl. Bei Betriebsstörungen fallen sofort große Kapazitäten aus. Das Verfahren ist anfällig gegenüber Rohstoffqualitätsschwankung

### 2.3. Rohstoffe und Erzeugnisse

Die Vollzugsanweisung von 1919 engt das zur Verarbeitung kommende Material ein. Im einzelnen ist folgendes Rohgut an Tierkörperverwertungsanstalten abzuführen und dort zu verarbeiten:

1. Alle Körper und Körperteile verendeter oder zum Zwecke der Beseitigung getöteter Tiere.

Die Abnahme des Nutztierbestandes, der nicht für den menschlichen Genuß gedacht ist, hat dazu geführt, daß dieser Anteil nur mehr einen geringen Prozentsatz der in TKV-Anstalten verarbeiteten Ware ausmacht.

2. Konfiskate und Schlachthofabfälle:

Darunter werden alle in den Schlachthöfen und Fleischereibetrieben anfallenden Tierkörperteile verstanden, die nicht für den menschlichen Genuß geeignet sind und nicht direkt anderwertig für industrielle Zwecke Verwendung finden können. Es zählen hiezu nicht verwertbare Organe, Magen- und Darminhalt, der sogenannte Ausputz, Haare, Borsten, Federn, kleinere Fleisch- und Organstücke, Blut und Knochen. Über 85 % der zu verarbeitenden Rohmaterialien fällt in diese Gruppe.

3. Verwertung von seuchenkranken Tieren:

Das Gesetz beauftragt die TKV-Anstalten im Falle von Tierseuchen mit der hygienischen und für die Umwelt unschädlichen Beseitigung und Verarbeitung seuchenkranker und notgeschlachteter Tiere. Der Anfall ist natürlich seuchenbedingt.

Die Zusammensetzung des Rohmaterials erfuhr in den letzten Jahren eine entscheidende Änderung. Noch anfangs der 50er Jahre bestand das Rohmaterial von TKV-Anstalten zu 75 - 85 % aus gefallenem Vieh. Heute hingegen liegt dieser Anteil kaum noch bei 15 %, manchmal schon unter 5 %. Dies ist auf die erfolgreiche Bekämpfung der Tierseuchen, auf die Fortschritte der tierärztlichen Betreuung des Viehs und die geänderte Nutzung

des Tierbestandes - verminderte Verwendung von Arbeitstieren und vermehrte Nutzung als Schlachtvieh - zurückzuführen. Diese Entwicklung scheint aber noch nicht abgeschlossen. Eine weitere Zunahme der Schlachtungen und dadurch ein vermehrter Anfall von Schlachtnebenprodukten werden auch in Zukunft den prozentuellen Anteil der Kadaver an der zu verarbeitenden Rohware absinken lassen.

Die derzeit in Österreich verwertete Menge an Tierkörpern und Tierkörperteilen läßt sich folgendermaßen abschätzen:

J. FISCHER (1977) errechnete für die TKV St. Erasmus, welche ein in vielen Belangen Österreich ähnliches Gebiet entsorgt, einen Rohstoffanfall von ungefähr 15 kg pro Einwohner und Jahr. Auf Grund dieses Wertes würde sich für Österreich ein ungefährer Jahresanfall von 110 000 t ergeben.

Viehbestand und Schlachtzahlen ermöglichen ebenfalls eine grobe Abschätzung der Rohwarenmenge. Laut Statistischen Nachrichten wurden 1977 466 000 Rinder, 271 000 Kälber und 4 580 000 Schweine geschlachtet. Nach Angaben des Schlachthofes St. Marx (Wien) beträgt derzeit das mittlere Schlachtgewicht für Rinder 566 kg, für Kälber 114 kg und für Schweine 121 kg. Das Gesamtschlachtgewicht betrug somit im Jahre 1977 in Österreich etwa 850 000 t. Bei dieser Abschätzung können andere Tierarten auf Grund ihrer geringen Schlachtzahlen unberücksichtigt bleiben. Erfahrungsgemäß stellen ca. 8 % des Schlachtgewichtes Schlachtabfall und ca. 3 % des Schlachtgewichtes unverkäufliche Schlachtnebenprodukte dar (H. NEUMANN, 1975). Das theoretische Rohstoffaufkommen für die Tiermehlherstellung ermittelt aus den Schlachtzahlen betrug somit im Jahre 1977 in Österreich etwa 95 000 t.

Dazu muß der natürliche Abgang an Tieren gezählt werden. Ausgehend von einer Sterbequote von 0,5 % für Rinder, 10 % für Kälber und 2 % für Schweine (H. NEUMANN, 1975), einem Bestand von 2,3 Mio. Rindern, 275 000 Kälbern und 3,7 Mio. Schweinen mit einem Durchschnittslebensgewicht von 300 kg/Rind, 50 kg/Kalb und

50 kg/Schwein (Statistische Nachrichten) ergibt sich für 1977 ein zusätzlicher Anfall an Rohware von etwa 8 500 t. Wegen geringfügigkeit können andere Tierarten wieder unberücksichtigt bleiben.

Für 1977 betrug das gesamte Rohstoffaufkommen in Österreich etwa 103 500 t. Die auf diesen beiden Wegen ermittelten Werte für den Anfall an Tierkörpern und Tierkörperteilen stimmen recht gut überein. Gleichbleibende wirtschaftliche Bedingungen vorausgesetzt, kann bis 1985 mit einer Zunahme des Jahresrohstoffaufkommen um etwa 30 - 40 % gerechnet werden (E. TEGGE, 1977).

Auf Grund der gesetzlichen Bestimmungen dürfen in TKV-Betrieben nur Tiermehl (Tierkörpermehl) und technisches Fett (Tierkörperfett) hergestellt werden. Die Produktion anderer Erzeugnisse bedarf der Genehmigung der zuständigen Behörde. Ohne unschädliche Beseitigung dürfen, wenn nicht hygienische und veterinärpolizeiliche Bedenken entgegenstehen, Häute, Hörner, Hufe, Klauen, Wolle und Borsten verwertet werden. Im allgemeinen werden wohl nur die Häute frischgefallener, gesunder Tiere genutzt werden.

Mit den heute eingesetzten Verfahren wird eine Gesamtausbeute von ungefähr 30 - 40 % bezogen auf die eingesetzte Rohware erzielt werden, wobei etwa ein Drittel auf Fett und etwa zwei Drittel auf Tiermehl entfallen.

#### 2.4. Umweltprobleme

TKV-Anstalten sollen so arbeiten, daß

- a) Gesundheit von Mensch und Tier nicht durch Krankheitserreger oder sonstige toxische Stoffe gefährdet wird,
- b) die hergestellten Produkte frei von schädlichen Stoffen jeglicher Art sind, und
- c) keine schädlichen Umwelteinwirkungen und Umweltbedingungen hervorgerufen werden.

Eine gewisse Ironie dieses Industriezweiges kann man darin erblicken, daß TKV-Betriebe in Erfüllung ihrer gesundheitspolitisch außerordentlich wichtigen Aufgabe - nämlich der Beseitigung seuchenhygienisch höchst bedenklicher Materialien - selbst zu einem außerordentlich störenden Umweltfaktor werden. Der Zustand der Rohware verursacht bei der Verarbeitung eine erhebliche, kaum zu vermeidende Belastung von Luft und Gewässer, was in der Abgabe hochverschmutzter Abwasser und in der Emission ekelerregender, widerlicher Gerüche durch diese Betriebe von der umwohnenden Bevölkerung wahrgenommen wird.

Durch Wahl entsprechender Technologien sowie Ansiedlung solcher Betriebe weit außerhalb von Ortschaften können diese störenden Umwelteinflüsse auf ein Minimum beschränkt werden. Die Lage solcher Betriebe abseits bewohnten Gebietes bringt aber zufolge Fehlens eines Kanalanschlusses und auf Grund der vielfach unzureichenden Vorflutverhältnisse abwasserseitig neue Probleme.

#### 2.5. Umfang und Bedeutung der Tierkörperverwertungsindustrie in Österreich

Für die schadlose Beseitigung und Verwertung der in Österreich anfallenden Tierkörper und Tierkörperteile standen Ende 1978 sieben Tierkörperverwertungsanstalten zur Verfügung. Im internationalen Vergleich handelt es sich hierbei um mittlere bis kleinere Betriebe. Einen Überblick über diese Anstalten, ihre Verarbeitungskapazität im Jahre 1977 und das angewandte Verfahren gibt die folgende Tabelle (R. HABELT, 1980).

Anstalt	Verarbeitung t Rohware/a	angewandtes Verfahren
TKV Landscha	22 200	Trockenverfahren mit mechan. Entfettung (Schneckenzentrifuge)
TKV Regau	29 500	Naßextraktionsverfahren (Perchloräthylen)
TKV St. Johann/T.	700	Verbrennungsofen
TKV Tulln	20 000	Naßextraktionsverfahren (Benzin)
TKV Unterfrauenhaid	8 400	Trockenverfahren mit mechanischer Entfettung (Schneckenzentrifuge)
TKV Wien-Simmering	2 500	Naßextraktionsverfahren (Perchloräthylen)
TKV Zell/See	250	Verbrennungsofen

Tab. 1: TKV-Anstalten in Österreich  
(Stand Ende 1978)

Darüber hinaus werden noch Tierkörper und Tierkörperteile durch Vergraben beseitigt. Dies erfolgt vor allem in den gebirgigen Teilen des Bundesgebietes. So bestehen in Tirol derzeit 102 Vergrabungsplätze (Jahreskapazität 1977 etwa 2 800 t). In Kärnten wurden in dem gleichen Jahr ca. 3 500 t und in Vorarlberg ca. 900 Tonnen durch Vergraben beseitigt.

Im Jahre 1977 wurden somit ca. 90 000 t Tierkörper und Tierkörperteile schadlos beseitigt bzw. verwertet. Im Vergleich zum errechneten Anfall in Höhe von 110 000 t ist somit eine ca. 80 %ige Entsorgung in diesem Jahr erreicht worden.

Die wirtschaftliche Bedeutung der Tierkörperverwertung kommt darin zum Ausdruck, daß im Jahre 1977 in diesen sieben österreichischen Anstalten ca. 20 000 t Tiermehl und ca. 10 000 t Fett im Wert von ca. 100 Mio. S hergestellt wurden, und daß diese Betriebe auf diese Weise zum Futtermittel- und Eiweißbedarf Österreichs beitragen konnten.

### 3. Umweltbelastungen durch TKV-Anstalten

#### 3.1. Abwasser von TKV-Anstalten

##### 3.1.1. Überblick über das anfallende Abwasser

TKV-Anstalten sind in eine reine und unreine Seite geteilt. Im allgemeinen fällt folgendes Abwasser an:

Unreine Seite: Abwasser der Aufgabehalle  
Wasch- und Spülwasser für  
Fahrzeuge, Räume und Geräte

Reine Seite: Brüdenkondensat  
Sonstige Wasch- und Spülwasser  
Sanitärwasser  
eventuell Kühlwasser

Aus der unreinen Seite, also jenem Betriebsteil, der mit den un-  
behandelten Ausgangsprodukten in Kontakt kommt, werden alle bei  
der Anlieferung, Lagerung und Vorbehandlung des Rohmaterials ent-  
stehenden flüssigen Abgänge (Blut, Körperflüssigkeiten etc.) so-  
wie Reinigungs- und Desinfektionswasser der Fahrzeuge und Räume  
abgeleitet. Dieses Abwasser ist sehr stark verschmutzt und kann  
unter Umständen hochgradig infektiös sein. Vor Ableitung aus dem  
Betrieb muß dieser Abwasserteilstrom thermisch desinfiziert werden.

In der reinen Seite wird nur noch steriles, also seuchenhygienisch  
unbedenkliches und ungefährliches Material bearbeitet. Der be-  
stimmende Abwasserteilstrom ist hier das Brüdenkondensat. Es han-  
delt sich hierbei um den beim Entspannen der Sterilisationsanlagen  
und der anschließenden Trocknung entweichenden Wasserdampf, der  
mit flüchtigen Zersetzungsprodukten des Rohmaterials beladen ist.  
Diese widerwärtig riechenden Dämpfe werden mit Einspritz- oder mit  
Oberflächenkondensatoren niedergeschlagen und ins Abwasser ge-  
leitet.

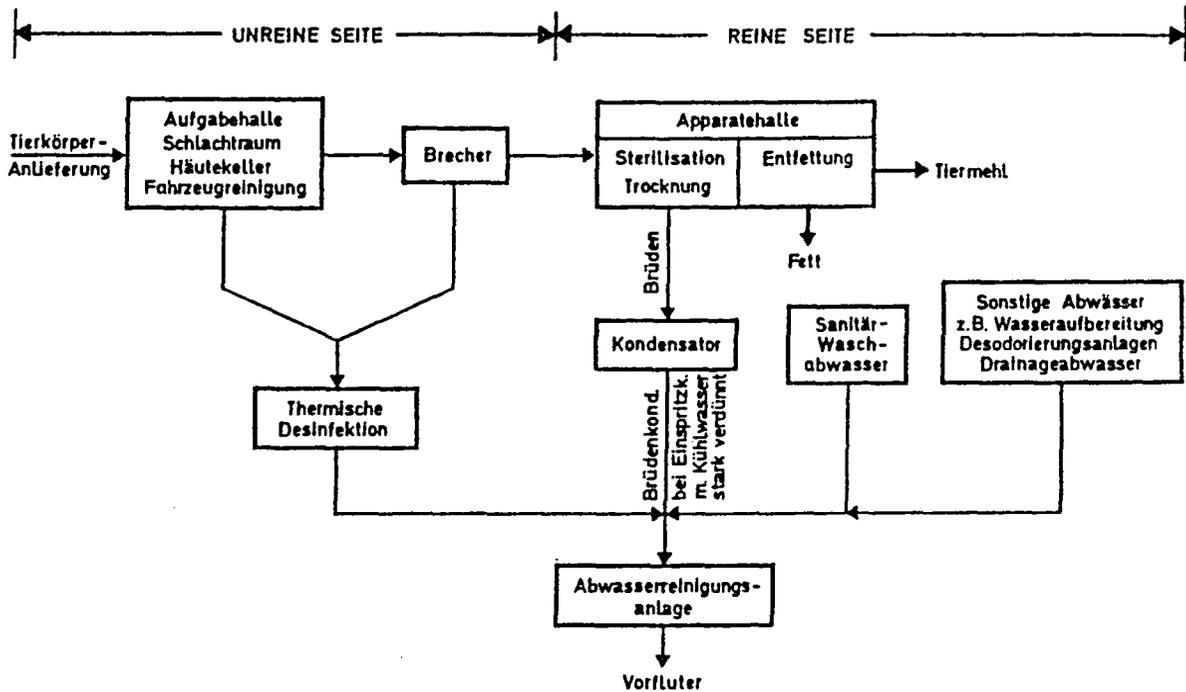


Abb. 2: Fließschema einer TKV-Anstalt

Daneben fallen in der unreinen Seite noch Spül- und Waschwasser, Sanitärwasser sowie Abwasser von diversen Zusatzanlagen (z.B. Wasseraufbereitung, Umlaufwasser von Desodorierungsanlagen etc.) an.

### 3.1.2. Menge des Abwassers

Die Abwassermengen einer TKV-Anstalt werden im wesentlichen von der Menge des verarbeiteten Rohmaterials und von der Art der Brüdenkondensation beeinflusst. Dagegen sind die durch die einmal festgelegte Betriebsführung (Art der Entspannung, Trocknung und Entfettung des Kochgutes), Größe der Kochkessel und Anzahl der gefahrenen Chargen bedingten Schwankungen ziemlich unwesentlich.

Im tierischen Körper sind ungefähr 60 % Wasser enthalten, welches sich in den Brüden beladen mit allen wasserdampfgefährlichen Stoffen wiederfindet. Das Niederschlagen der Brüden kann entweder durch Einspritzkondensation - das Kühlwasser wird hier den Brüden zugemischt und gemeinsam mit diesen als Abwasser abgeleitet - oder durch Oberflächenkondensation in wasser- bzw. luftgekühlten Kondensatoren erfolgen. Die Oberflächenkondensation bietet gegenüber der Einspritzkondensation den Vorteil, daß das Kühlwasser nicht verschmutzt wird und im Kreislauf geführt werden kann.

Die vom wasserwirtschaftlichen Standpunkt wesentlich günstigere Oberflächenkondensation - geringerer Kühlwasserbedarf und geringere Abwassermenge - hat daher die Einspritzkondensation fast gänzlich verdrängt.

Zu Vergleichszwecken ist die mittlere, spezifische Gesamtwassermenge einiger in- und ausländischer TKV-Anstalten in Tabelle 2 zusammengestellt.

TKV-Anstalten	Gesamtabwas- sermenge (m <sup>3</sup> /t Rohware)	Bemerkung Literatur
TKV Regau	0,85	v.d. EMDE, 1974
TKV Tulln	54,6 <sup>++</sup>	H. NEUMANN, 1977
TKV Son (Nl)	3,6 <sup>++</sup>	-
TKV Bergum (Nl)	3,6 <sup>++</sup>	-
TKV Icker (D)	0,9-1,3	H. NEUMANN, 1978
TKV Hameln-Afferde (D)	0,9	-
TKV Detmold-Bentrop (D)	1	-
TKV Peckelsheim (D)	1,25	H. NEUMANN, 1978
TKV St. Erasmus (D)	1,6	-
TKV Oberding (D)	0,8	L. HUBER, H. BAUMUNG 1976
TKV Steyerberg (D)	2,3	H. NEUMANN, 1978
TKV Dörnten (D)	1,0	-"-
TKV Mettingen (D)	1,7	-"-
TKV Hüttenfeld	1,3-1,4	G. STURM, 1970
ZFN Plattling (D)	1,5	W. BISCHOFBERGER, 1979
TKV Kronjyden (DK)	1,3-2,1	E. BUNDEGAARD, D. BANGSBO, 1980
+) Einspritzkondensation		
++) Verdünnung des Abwassers mit Kühlwasser		

Tab. 2 : Gesamtabwassermenge einiger TKV-Anstalten

Bei Einsatz der Oberflächenkondensation ist mit einem mittleren, spezifischen Abwasseranfall von 1,0 - 2,0 m<sup>3</sup> je Tonne Rohware zu rechnen. Diese Abwassermenge kann sich erhöhen, wenn dem Abwasser aus klärtechnischen Gründen Frisch- bzw. Kühlwasser zugesetzt wird. Bei Einspritzkondensatoren beträgt die Abwassermenge ein Vielfaches davon. Nach dem Beispiel der TKV Tulln (siehe Tabelle 2) sowie nach Literaturhinweisen (F. MEINCK et al. 1968, F. SIERP, 1967) fallen dann zwischen 30 - 50 m<sup>3</sup> Abwasser je Tonne Rohware an.

Die Aufteilung der einzelnen Abwasserströme ist in Tabelle 3 ersichtlich.

Abwasser von TKV-Anstalten fallen nicht gleichmäßig, sondern stoßweise an. Einerseits entstehen die Brüden innerhalb von 2 - 3 Stunden während der thermischen Behandlung der Rohware, wobei die ersten Anteile die Hauptmenge der Verschmutzung beinhalten. Einen noch stärkeren Abwasserstoß bringt der Sterili-

0,6 - 1,4 m <sup>3</sup> /t Brüdenkondensat bzw.
15 - 45 m <sup>3</sup> /t Brüden-Kühlwassergemisch bei Einspritzkondensation
0,1 - 1,5 m <sup>3</sup> /t Abwasser der unreinen Seite (Sterilisorablauf)
0,3 - 1,5 m <sup>3</sup> /t Spül-, Wasch- und Sanitärabwasser
0,9 - 2,2 m <sup>3</sup> /t mittlere Gesamtabwassermenge (Oberflächenkondensation)
30 - 50 m <sup>3</sup> /t mittlere Gesamtabwassermenge (Einspritzkondensation)

Tab. 3: Aufteilung der einzelnen Abwasserströme  
(F. MEINCK, 1968, F. SIERP, 1967 u.a.)

sator, der je nach Größe des Sterilisatorkessels 1,0 bis 1,5 m<sup>3</sup> stark verschmutzten Abwassers innerhalb weniger Minuten in den Kanal abläßt. Darüber hinaus beeinflußt die Anlieferung der Rohware sehr die Betriebszeiten und somit die Zeiten des Abwasseranfalls bei solchen Betrieben. In der Regel produzieren TKV-Anstalten zwischen Montag abends bis Samstag, wobei im Laufe der Woche der Rohstoffanfall und somit auch die Abwassermenge zunimmt.

### 3.1.3. Beschaffenheit des Abwassers

Auf die Beschaffenheit von TKV-Abwasser wirken sich besonders Art und Zustand des verarbeiteten Tiermaterials aus.

In TKV-Anstalten werden im wesentlichen Tierkörper, Tierkörper-teile, Konfiskate, Blut und Federn verarbeitet. Die chemische Zusammensetzung dieser Ausgangsprodukte gibt bereits Hinweise auf die im Abwasser enthaltenen Stoffe und Stoffgruppen.

Tierkörper setzen sich aus 56 - 60 % Wasser, 15 - 21 % Eiweiß, 15 - 23 % Fett, 2,8 - 5 % Mineralstoffe und 1 - 1,8 % Kohlenhydrate zusammen (H. RAUEN, 1964). Sie bestehen also zum überwiegenden Teil aus Wasser, Eiweißstoffen und Fetten.

Blut hat einen überaus hohen Wassergehalt (>80 %). Daneben sind Fette und Eiweißstoffe enthalten. Bei der Zusammensetzung von Haaren, Borsten und Federn ist besonders auf den Gehalt an schwefelhaltigen Eiweißverbindungen hinzuweisen.

Die zu beseitigenden Materialien sind überaus reichhaltig von Bakterien und Krankheitserregern besiedelt und stellen einen optimalen Nährboden für solche Organismen dar. Je nach Zustand der Rohprodukte - hauptsächlich eine Folge der Witterung und der Dauer des Transportes - sind diese anaeroben Zersetzungsreaktionen mehr oder weniger fortgeschritten. Die Zersetzungsprodukte reichern sich im Tiermaterial an und gelangen in der Folge ins Abwasser.

Der anaerobe Abbau der Fette ist gekennzeichnet durch das Auftreten von verschiedenen kurzkettigen organischen Säuren. So finden sich z.B. in Brüdenkondensaten ca. 100 mg/l der niederen Fettsäuren mit nachstehender Verteilung (L. HUBER, H. BAUMUNG, 1976):

Essigsäure	24 %
Propionsäure	20 %
2-Methylpropionsäure	5 %
Buttersäure	32 %
3-Methylbuttersäure	10 %
Valeriansäure	6 %
iso-Caprinsäure	2 %
Caprinsäure	1 %

Tab. 4 : Fettsäureverteilung im Brüdenkondensat

Darüber hinaus können auch noch höhere Fettsäuren, wie Palmitinsäure oder Stearinsäure, enthalten sein.

Die mikrobielle Zersetzung von Eiweißstoffen führt über die entsprechenden Aminosäuren, primären und sekundären Amine, schließlich bis zum Harnstoff und zum Ammoniak. Die Kohlenstoffgerüste

gehen in den Stoffwechsel der Kohlenhydrate ein. Unter den sogenannten biogenen Aminen sind die bekanntesten Putrescin und Cadaverin, deren Name bereits Hinweise auf Vorkommen und Eigenschaften gibt.

Bei der anaeroben Zersetzung von schwefelhaltigen Eiweißverbindungen entstehen Schwefelwasserstoff, Merkaptane, Thioäther und ähnliche Verbindungen.

Allen diesen bei der Fäulnis von Tiermaterialien entstehenden Substanzen ist ein widerlicher, ekelbarer Geruch gemeinsam.

Im einzelnen kann das Abwasser folgendermaßen charakterisiert werden:

Das Abwasser der unreinen Seite ist Schlachthofabwasser ähnlich. In diesem Abwasser sind enthalten die aus dem Schlachtraum abgspülten Tierkörperbestandteile wie Blut, Haare, Fleisch- und Gewebeteile, Reste vom Magen- und Darminhalt, aber auch mineralische Beimengungen. Der Salzgehalt kann durch das Einsalzen von Häuten leicht erhöht sein, die Reaktion ist neutral bis schwach alkalisch.

Die organische Verschmutzung ist außerordentlich hoch. Nach H. NEUMANN, K. VIEHL, 1966, erreicht der COD Werte bis zu 5 g/l, der BSB<sub>5</sub> bis zu 4 g/l, der Gehalt an flüchtigen organischen Säuren bis zu 2 g/l und der NH<sub>4</sub>-N-Gehalt bis zu 1,5 g/l.

Wegen des hohen Keim- und Seuchenerregergehaltes muß das Abwasser der unreinen Seite vor Ableitung aus dem Betrieb unbedingt eine halbe Stunde bei 110 °C desinfiziert werden. Die Abgabe der Sterilisatorabläufe erfolgt stoßweise. Sie können hohe Temperaturen (bis gegen 100 °C) erreichen. Nach Zusammenführung mit dem übrigen Abwasser einer TKV-Anstalt stellen sich solche Temperaturen ein, die keinerlei Beeinträchtigung der an der biologischen Reinigung beteiligten Organismen erwarten läßt. Neuerdings geht man dazu über, zur Entlastung nachfolgender biologi-

scher Reinigungsstufen die Sterilisatorabläufe in die Kocher zurückzugeben und so zur Wertstoffgewinnung zu nutzen.

Frachtmäßig sehr großen Anteil am Gesamtabwasser hat das Brüdenkondensat. Untersuchungen in zahlreichen TKV-Betrieben zeigen, daß ca. 50 - 90 % der Verschmutzung im Gesamtabwasser einer TKV-Anstalt auf das Brüdenkondensat entfallen (H. NEUMANN, 1978).

Beispielhaft ist in Tabelle 5 die ungefähre chemische Zusammensetzung des Brüdenkondensats angegeben.

	Trocknung	
	im Vakuum	bei freier Entspannung
Klarheit	klar	trübe
Farbe	gelblich-schwarz	grau-gelblich
Geruch	nach Tierkörpern	nach Tierkörpern
pH-Wert	8,5 - 9,5	8,5 - 9,5
Chloride	~ 10 mg/l	~ 20 mg/l
Gesamtstickstoff	600 - 900 mg/l	1500 - 3000 mg/l
Fett	100 - 200 mg/l	300 - 1000 mg/l
KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	300 - 600 mg/l	1000 - 2000 g/l
BSB <sub>5</sub>	3000 - 5000 mg/l	6000 - 9000 mg/l
Einwohnergleichwert	30 - 55	70 - 100

Tab. 5: Chemische Zusammensetzung des Brüdenkondensats bei Oberflächenkondensation (F. MEINCK, 1968)

Das Brüdenkondensat enthält alle wasserdampfgefährlichen Abbauprodukte des Tierkörpers in hoher Konzentration. Das Kondensat ist in der Regel frei von ungelösten Stoffen. Lediglich bei unachtsamer Entspannung können feste Teile, wie Knochenreste und Fett, ins Abwasser gelangen. In obiger Tabelle fallen sofort die extrem hohen Konzentrationen an organischen Inhaltsstoffen (COD, BSB<sub>5</sub>) sowie an Stickstoffverbindungen auf. Im Ver-

gleich dazu sind die Phosphorgehalte verschwindend gering. Das Brüdenkondensat ist biologisch gut abbaubar.

Sanitär-, Wasch- und Abortwasser sind in ihrer Zusammensetzung häuslichem Abwasser ähnlich.

Spülwasser, welches zur Reinigung von Fahrzeugen, Behältnissen und Geräten verwendet wird, enthält im allgemeinen bakterizide Desinfektionsmittel und reagiert alkalisch.

Aus dem oben Gesagten kann für das Gesamtabwasser einer TKV-Anstalt folgende Zusammensetzung angegeben werden:

Klarheit	trüb
Farbe	grau-grünlich
Geruch	faulig, nach Tierkörpern
pH-Wert	7 - 9,5
Chlorid	15 - 800 mg/l
COD	2000 - 15000 mg/l
BSB <sub>5</sub>	1000 - 10000 mg/l
Gesamtstickstoff	400 - 1500 mg/l
Gesamtphosphor	0 - 50 mg/l
Fette	50 - 1000 mg/l
Wasserdampf-flüchtige organische Säuren	200 - 10000 mg/l
Gesamtsulfid	30 - 100 mg/l
Kalium	<25 mg/l
Molybdän	<10 µg/l
Cadmium	<0,5 µg/l
Quecksilber	<0,03 µg/l
Natrium	<100 mg/l

Tab. 6: Zusammensetzung des Gesamtabwassers einer TKV-Anstalt

(nach F. MEINCK, 1968; H. NEUMANN, 1978)

Diese Werte geben einen Überblick über die zu erwartende Verschmutzung im TKV-Abwasser. Es handelt sich um ein Abwasser mit sehr stark sauerstoffzehrenden Substanzen. Hauptinhaltsstoffe sind Ammoniumverbindungen und organische Säuren. Darüber hinaus haben Sulfide und Fette eine gewisse Bedeutung. Phosphor ist

meist nur in geringen Konzentrationen enthalten. Gering ist auch der Gehalt an Alkaliionen, völlig unbedeutend sind die Gehalte an Schwermetallen.

Ergänzt wird diese Zusammenstellung durch Werte von verschiedenen Betrieben. Es wird hierbei nicht nur die mittlere Abwasserverschmutzung, sondern auch die Schmutzfracht je Tonne verarbeiteter Rohware angegeben.

BSB <sub>5</sub> mg/l	BSB <sub>5</sub> -Fracht je Verarbeiteter Rohware kg/t	Bemerkungen Literatur
5000-8000	3,5-7,5	K.W. ROENNEFAHRT, 1968
600-15000	2,0-8,5	H. NEUMANN, 1966 - 1978, TKV Icker (D)
1000-6000	bis 12	F. MEINCK, 1968
	1,7-1,9	C. PERRIN, 1968, TKV Zürich (CH)
1300-2000	4,7-6,8	C. PERRIN, 1968, TKV Kristianstadt (S)
100-30000	0,4-7,3	EPS Report Okt. 1979
5600-12600	7,2-9,2	H. NEUMANN, 1978, TKV Kampe (D)
6700-10500	13,4-28,5	H. NEUMANN, 1978, TKV Steyerberg (D)
3300-11300	4,7-12,1	H. NEUMANN, 1978, TKV Dörnten (D)
840-360	4,4-4,9	H. NEUMANN, 1978, TKV Mettingen (D)
3600-24000	-	H. NEUMANN, 1978, TKV Peckelsheim (D)
1.M. 3860	-	H. NEUMANN, 1978, TKV Jagel (D)
-	2,7	A. DENNE, 1966, TKV Lockweiler (D)
1.M. 1400	5,0	TKV Son (NL)
1.M. 1200	4,3	TKV Bergum (NL)
1.M. 1200	1,1	TKV Hameln-Afferde (D)
1.M. 6000	6,0	TKV Detmold-Bentrup (D)
1.M. 3600	18	Linde-Firmenschrift, ZFN Plattling (D)
2000-10600	1,6-4,0	A. WILDMOSER, 1976
		L. HUBER, H. BAUMUNG, 1976 } TKV Oberding
1.M. 3400	4,5	G. STURM, 1970, TKV Hüttenfeld (D)
400-4500	-	J. KROISS, J. LEITNER, 1979 TKV Tulln
1.M. 2500	3,1-5,3	E. BUNDGAARD, D. BANGSBO, 1980
		TKV Kronjyden (DK)

Tab. 7: BSB<sub>5</sub>-Konzentration und BSB<sub>5</sub>-Fracht von TKV-Abwasser

Die Tabelle zeigt die große Spannweite der Abwasserverschmutzung und Schmutzfracht von TKV-Abwasser. 1 Tonne Rohgut kann bis zu etwa 10 kg BSB<sub>5</sub>, im Mittel ca. 6,5 kg BSB<sub>5</sub> liefern. Es treten dabei Abwasserkonzentrationen bis zu 15 g BSB<sub>5</sub>/l auf. Die Abwasser-

fracht einer Tonne Rohware entspricht bei Annahme eines EGW = 60 g/E.d im Mittel etwa 100 EGW. Die Ursache für die großen Schwankungen liegt vor allem im Zustand des verarbeiteten Materials je nach Jahreszeit.

Konzentration (l/t)	frisch		alt	
	15°	100°	15°	100°
Trimethylamin	Spuren	Spuren	47	61
Schwefelwasserstoff	21	27	45	62

Tab. 8: Entstehung von Trimethylamin und Schwefelwasserstoff in Liter pro Tonne Rohmaterial bei verschiedenen Temperaturen (nach R. HELMER, 1972)

Bei altem Rohmaterial liegen bereits bei Raumtemperatur (15 °C) höhere Mengen Trimethylamin bzw. Schwefelwasserstoff vor, als bei einer thermischen Behandlung frischen Materials bei 100°C erzeugt werden.

### 3.2. Abluft von TKV-Anstalten

#### 3.2.1. Überblick über die Abluft- und Geruchsproblematik

In Erfüllung der gesundheitspolitisch ungeheuer wichtigen Aufgabe der Tierkörperverwertung produzieren solche Betriebe nicht nur Abwasser, sondern auch große Mengen von Abluft. Diese Abluft enthält widerwärtig riechende, ekelerregende Inhaltsstoffe, die die Allgemeinheit in außergewöhnlichem Maße belästigen. Die berechtigten Forderungen der Allgemeinheit nach einer geruchlosen Betriebsweise oder zumindest nach einer weitgehenden Geruchsfreimachung der entstehenden Abluft sind durchaus verständlich und auch vom Standpunkt des Umweltschutzes zu fordern.

Geruch ist keine Stoffeigenschaft, sondern kann vom Menschen nur Dank seines Geruchssinnes wahrgenommen werden. Dieser Ge-

Geruchssinn ist aber sehr unterschiedlich entwickelt und wird stark von subjektiven Empfindungen beeinflusst. Zur Erklärung der Geruchsempfindung sind bereits zahlreiche chemische bzw. physikalische Hypothesen aufgestellt worden, von denen aber bisher keine eine vollständige Klärung dieses Problems erlaubte (W. SUMMER, 1971). Eine Vielzahl verschiedenster, flüchtiger Substanzen sind für die Geruchsbildung verantwortlich, wobei der menschliche Geruchssinn schon auf geringste Konzentrationen anspricht.

Der Geruch kann nach folgenden Kriterien beurteilt werden:  
(D. STRAUCH et al., 1977)

- a) Intensität des Geruchs
- b) Qualität des Geruchs
- c) Zumutbarkeit und
- d) Eindringfähigkeit.

Die Geruchsintensität kann als numerische oder verbale Indikation der Stärke des Geruchs definiert werden. Üblicherweise werden Intensitätsabstufungen wie kein Geruch - sehr schwach - schwach - leicht wahrnehmbar - stark - sehr stark verwendet (W. SUMMER, 1971).

Der mathematische Zusammenhang zwischen der Intensität der Geruchswahrnehmung und dem reizauslösenden Moment ist durch das psychophysikalische Gesetz nach Weber-Fechner gegeben:

- $$I = k \cdot \log c$$
- I Intensität der Geruchswahrnehmung  
k Konstante  
c Konzentration des Geruchsstoffes

Die Geruchsqualität ist die Beschreibung des Geruches nach der vermeintlichen Herkunft. Zur Erleichterung der qualitativen Beurteilung werden in der Literatur verschiedene Grundgerüche ange-

geben (W. SUMMER, 1971).

Für die Beurteilung der Zumutbarkeit oder Lästigkeit von Geruch ist die Aufstellung eines objektiven Maßstabes nur sehr schwer möglich. Zu sehr spielen bei diesem Problem persönliche, subjektiv gefärbte Erfahrungen eine Rolle.

Die Eindringfähigkeit oder Penetranz gibt Hinweis über die Aufnahme eines Geruchsstoffes und die zeitliche Reaktion der Riechzellen auf den Reiz. Auf diesem Gebiet wurden bisher die größten Anstrengungen zur Quantifizierung der Geruchswahrnehmung unternommen.

Mit den zur Messung der Penetranz entwickelten Verfahren werden im allgemeinen der Geruchsschwellenwert bestimmt und somit Meßwerte zur Quantifizierung von Geruch erhalten.

Die objektive Messung ist bis heute noch ein ungelöstes Problem. Wegen der komplizierten, in manchen Fällen gar nicht geklärten Zusammensetzung von Geruch, der geringen Konzentration der Geruchsstoffe, der psychologischen Komponente bei der Geruchsempfindung und des Fehlens einer physikalischen oder chemischen Definition des Geruches haben alle Bemühungen für ein weitgehend geeignetes, aussagekräftiges und verlässliches Meßverfahren bisher keinen Erfolg gebracht.

Beim derzeitigen Stand der Technik kann mit Hilfe der sensorischen Verfahren - also Verfahren, die die menschliche Nase als Meßinstrument verwenden - Geruch am sichersten quantifiziert und beurteilt werden. Sensorische Geruchsmessungen erfolgen mit Olfaktometern (Odorometern), bei denen die zu untersuchende Probe so lange mit geruchsfreier Luft verdünnt wird, bis kein Geruch mehr wahrnehmbar ist. Der Verdünnungsgrad kann als Geruchseinheit bezeichnet werden.

In jüngster Zeit wurden immer häufiger physikalisch-chemische

Verfahren, wie z.B. gaschromatographische, UV- bzw. IR-spektroskopische Verfahren, mit dem Ziel einer objektiven Geruchsmessung eingesetzt. Der große Erfolg mit solchen indirekten Meßverfahren ist bisher wegen des im Vergleich zu den sensorischen Methoden ungeheuren Aufwandes, wegen der komplizierten Durchführbarkeit solcher Analysen sowie wegen des Fehlens typischer Geruchsträger bzw. mit dem Gesamtgeruch korrelierender Leitkomponenten und wegen des bisher noch nicht gefundenen Zusammenhanges zwischen Geruchsstoffkonzentration und der daraus resultierenden Belästigung ausgeblieben.

Die genannten Schwierigkeiten und Unsicherheiten bei Arbeiten mit dem Phänomen "Geruch" erschweren eine objektive Feststellung und Beurteilung von Geruchsemissionen und Geruchsimmissionen sowie eine Lösung allfälliger Abluft- und Geruchsprobleme.

### 3.2.2. Entstehung und Menge der Abluft

Bei TKV-Anstalten kann zwischen Verfahrensabluf und Raumabluf unterschieden werden (U. CLEVE, 1975). Die Verfahrensabluf ist jene Abluf, die bei den Verarbeitungsprozessen mit den stinkenden Medien direkt in Berührung kommt. Sie ist stark mit geruchsintensiven Stoffen beladen und stinkt bereits in geringsten Konzentrationen. Auf Grund der Betriebsweise tritt sie äußerst stoßweise auf. Bei folgenden Prozeßschritten entsteht Verfahrensabluf:

- Entladen der Transportfahrzeuge
- Lagerung und Vorbehandlung (z.B. Zerkleinern) des Rohmaterials
- Beschickung der Sterilisatoren
- Entspannen der Sterilisatoren und Trocknen des aufgeschlossenen Materials
- Bearbeitung der Endprodukte (Mahlen, Lagern etc.)
- Abwasserableitung

Die Wahl des Verarbeitungssystems, peinliche Sauberkeit, die

sachgemäße Handhabung und Betreuung der eingesetzten Geräte und Apparate, das Verhindern bzw. die rasche Reparatur von Störungen und die möglichst 100 %ige Erfassung der anfallenden Abluft sind Mittel, Geruchsbelästigungen durch diese Verfahrensablufte auf ein Minimum zu beschränken.

Die Ablufte aus den Arbeits-, Lager- und Betriebsräumlichkeiten kann unter dem Oberbegriff Raumabluft zusammengefaßt werden. Der den Ausgangs- und Endprodukten eigene Geruch vermischt sich natürlich mit der in den genannten Räumlichkeiten befindlichen Luft und macht eine entsprechende Behandlung dieser Raumabluft notwendig.

Die fracht- und volumsmäßige Menge dieser Ablufteilströme ist abhängig von:

1. dem Zustand des zu verarbeitenden Rohmaterials,
2. der Ausbildung der eingesetzten Apparate,
3. den Abmessungen der Räume und der verwendeten Apparate und schließlich
4. der Betriebsweise der Apparate.

Bei der thermischen Behandlung von Tiermaterial entstehen flüchtige Geruchsstoffe in der Größenordnung von ca. 1 % der eingesetzten Rohware (H. KURMEIER, 1963). Dieser Wert wird weitgehend von Art und Beschaffenheit des Rohstoffes bestimmt und unterliegt entsprechenden Schwankungen. Gemeinsam mit dem Geruchsschwellenwert ist eine grobe Abschätzung der durch diese Stoffe verschmutzten Luftmenge möglich. Unmittelbar über den Brüdenkondensaten kann die Luft bis zu  $100 \text{ mg/m}^3$  an flüchtigen Geruchsstoffen enthalten (C.PERRIN, 1968).

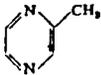
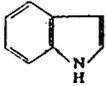
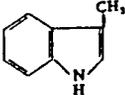
Einen weiteren Anhaltspunkt für die entstehende Menge gasförmiger Produkte bei der thermischen Behandlung von Tiermaterial gibt R. HELMER (1972): Wird 1 Tonne Fleisch thermisch behandelt, so entstehen bis zu 60 l/t Schwefelwasserstoff bzw. 60 l/t Trimethylamin.

### 3.2.3. Beschaffenheit der Abluft

Die Abluft von TKV-Anstalten wird mit den bei der thermischen Behandlung des Tiermaterials freigesetzten Substanzen belastet. Im allgemeinen handelt es sich hierbei um jene Stoffe, welche auch im TKV-Abwasser gefunden werden. Siedetemperatur, Dampfdruck, Flüchtigkeit und Diffusionsvermögen sind ausschlaggebend dafür, daß diese Stoffe in die Dampfform übergehen, sich ausbreiten können und schließlich zu Geruchsbelästigungen führen.

Die Vielfalt der bei der Zersetzung von Tiermaterial entstehenden Stoffe macht es unmöglich, eine genaue Zusammensetzung der Abluft zu geben. Die folgende Zusammenstellung soll einen Überblick über die wichtigsten Inhaltsstoffe von TKV-Abluft und ihre Geruchsschwellenwerte geben.

Name	Formel	Geruchsschwellenwert in ppm	Herkunft
Schwefelwasserstoff	H <sub>2</sub> S	min. 1,1 · 10 <sup>-3</sup> / max. 8,1 · 10 <sup>-3</sup> (1) 4,7 · 10 <sup>-3</sup> bis 0,78 (2) 0,13 (3) 1,1 · 10 <sup>-3</sup> (4)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> + organ. Substanz → S <sup>2-</sup> + H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub> S <sup>2-</sup> + 2 H <sup>+</sup> → H <sub>2</sub> S
Merkaptane (Thiole)	R-SH		anaerober Proteinabbau (Cystin, Cystein, Methionin)
z.B.: Methylmerkaptan	CH <sub>3</sub> SH	min. 1,0 · 10 <sup>-3</sup> / max. 4,1 · 10 <sup>-2</sup> (1) 1 · 10 <sup>-4</sup> - 0,55 (2) 4,1 · 10 <sup>-2</sup> (3) 1 · 10 <sup>-3</sup> (4)	
Äthylmerkaptan	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	min. 1,6 · 10 <sup>-5</sup> / max. 5,1 · 10 <sup>-4</sup> (1) 2,6 · 10 <sup>-4</sup> (3) 1,6 · 10 <sup>-5</sup> (4)	
n-Propylmerkaptan	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> SH	2,6 · 10 <sup>-4</sup> - 7,4 · 10 <sup>-2</sup> (2) 7,5 · 10 <sup>-5</sup> (4)	
n-Butylmerkaptan	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> SH	min. 7,5 · 10 <sup>-5</sup> / max. 1,6 · 10 <sup>-3</sup> (1) 6 · 10 <sup>-3</sup> (4) 6 · 10 <sup>-2</sup> - 1 · 10 <sup>-3</sup> (5)	
Thioäther (Sulfide)	R-S-R		anaerober Proteinabbau (Cystin, Cystein, Methionin)
z.B. Dimethylsulfid	CH <sub>3</sub> SCH <sub>3</sub>	min. 1,5 · 10 <sup>-3</sup> / max. 2,0 · 10 <sup>-2</sup> (1) 2 · 10 <sup>-2</sup> (4)	
Diäthylsulfid	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	min. 2,5 · 10 <sup>-4</sup> / max. 6,0 · 10 <sup>-4</sup> (1)	

Name	Formel	Geruchsschwellenwert in ppm	Herkunft
Disulfide z.B. Diäthylsulfid	R-S-S-R $C_2H_5SSC_2H_5$	$5,4 \cdot 10^{-5}$ (1)	anaerober Proteinabbau (Cystin, Cystein, Methionin) / Luftoxidation der Mercaptane
Ammoniak	$NH_3$	min. $1,9 \cdot 10^{-2}$ / max. 5,5 (1) 47 - 55 (2) $1,9 \cdot 10^{-2}$ (4)	Harnstoffabbau
Amine z.B. Methylamin Dimethylamin Trimethylamin	R-NH <sub>2</sub> $CH_3NH_2$ $(CH_3)_2NH_2$ $(CH_3)_3N$	0,65 - 5,23 (5) min. $2,1 \cdot 10^{-2}$ / max. 23 (1) 0,01 - 42,5 (5) 1,7 (1) 0,04 - 5,17 (5)	anaerober und/oder thermisch induzierter Proteinabbau
Putrescin Cadaverin	$NH_2(CH_2)_4NH_2$ $NH_2(CH_2)_5NH_2$		
Pyrazin z.B. 2-Methylpyrazin			anaerober und/oder thermisch induzierter Proteinabbau
Indol		$3 \cdot 10^{-2}$ (6)	anaerober Proteinabbau (Tryptophan)
Skatol (Methylindol)		min. $7,5 \cdot 10^{-8}$ / max. $1,9 \cdot 10^{-2}$ (2)	anaerober Proteinabbau (Tryptophan)
Fettsäuren z.B. Buttersäure n-Valeriansäure	RCOOH $CH_3COOH$ $C_4H_9COOH$	min. $2,8 \cdot 10^{-4}$ / max. $5,6 \cdot 10^{-4}$ (1) $6,0 \cdot 10^{-4}$ (2)	anaerober bzw. hydrolytischer Abbau von Fetten
Literatur: (1) C. BONINSEGNI, 1974 (2) W. BLEY et al., 1979 zit. in P. BARTL et al., 1979 (3) D. A. CARLSON, C. P. LEISER, 1966 (4) W. SUMMER, 1971 (5) R. A. BAKER, 1963 (6) F. DIETZ, J. TRAUD, 1978			

Tab. 9: Typische in TKV-Abluft vorkommende Osmogene

#### 4. Behandlung von Abwasser und Abluft von TKV-Anstalten

##### 4.1. Verfahren zur Reinigung von TKV-Abwasser

Prinzipiell können Abwasserbehandlungsverfahren eingeteilt werden:

- mechanische Verfahren
- biologische Verfahren
- physikalisch-chemische Verfahren

##### 4.1.1. Mechanische Verfahren

Bei der mechanischen Abwasserreinigung sollen ungelöste Stoffe aus dem Abwasser entfernt werden. Dies geschieht einerseits durch Absieben grober Feststoffe mit Hilfe geeigneter Vorrichtungen, andererseits durch Absetz- und Aufschwimmvorgänge, welche den Unterschied zwischen dem spezifischen Gewicht des zu entfernenden Stoffes und dem des Wassers ausnützen. Zur mechanischen Reinigung von TKV-Abwasser werden meist solche Einrichtungen verwendet, welche zur zweitgenannten Gruppe gehören. Bei TKV-Anstalten sind häufig Durchlaufkammern bzw. Fettabscheider zu finden. Diese Anlagen dienen zur Nachkondensation der Brüden, zur Abscheidung mitgerissener, fester Teilchen, zur Entfernung mitgerissener Dämpfe und zur Abtrennung des bisweilen in hoher Konzentration im Abwasser enthaltenen Fettes.

##### 4.1.2. Biologische Verfahren

##### 4.1.2.1. Allgemeine Grundlagen

Bei den biologischen Verfahren werden die im Abwasser enthaltenen, organischen Inhaltsstoffe mikrobiell abgebaut bzw. umgebaut. Hierbei wird die entfernte organische Substanz im Baustoffwechsel zu Zellsubstanz und im Energiestoffwechsel in stabile Endprodukte (z.B.  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  etc.) umgewandelt.

Für die biologische Abwasserreinigung spielen vornehmlich aerobe Verfahren, d.h. solche bei Anwesenheit von freiem Sauerstoff eine Rolle. Beteiligt am biologischen Abbau sind vornehmlich heterotrophe Organismen, wie Bakterien, Protozoen und höhere Organismen. Die Organismen haften an festen Kontaktflächen bzw. schweben im zu reinigenden Abwasser.

Die Stoffwechselfvorgänge werden von folgenden Faktoren bestimmt:

1. Verhältnis Nährstoff zu Mikroorganismen
2. Art und Menge der Nährstoffe
3. Kontakt zwischen Nährstoffen und Mikroorganismen
4. Umweltbedingungen (Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Gift- und Hemmstoffe etc.)

ad 1: Der biologische Abbau organischer Substanzen erfolgt durch enzymatische Reaktionen. Es gelten daher die Gesetzmäßigkeiten der Wachstums- und Enzymkinetik, wie sie von Monod und Michaelis-Menten erarbeitet wurden. Eine kritische Kenngröße ist dabei die Wachstumsgeschwindigkeit  $\mu$  der Mikroorganismen, die mit zunehmender Substratkonzentration  $S$  in Form einer hyperbolischen Kurve bis zu einem maximalen Wert  $\mu_{\max}$  nach folgender Beziehung ansteigt:

$$\mu = \mu_{\max} \frac{S}{K_s + S}$$

$\mu$  - Wachstumsrate [ $d^{-1}$ ]

$\mu_{\max}$  - Wachstumsrate bei unbegrenztem Substratangebot [ $d^{-1}$ ]

$S$  - Konzentration des begrenzenden Substrates [mg/l]

$K_s$  - Michaelis-Menten-Konstante, Nährstoffkonzentration bei  $\mu = 0,5 \mu_{\max}$  [mg/l]

Der spezifische Sauerstoffverbrauch steht in direktem proportionalen Verhältnis zur Wachstumsrate  $\mu$ . Grundsätzlich wird auch bei der Schlammabbauleistung die Größe der enzymatischen Umsatzrate für ein Substrat gemessen,

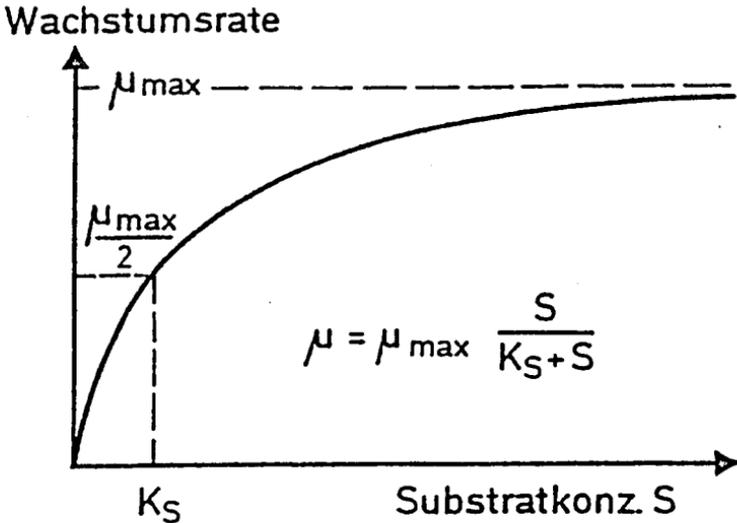


Abb. 3: Abhängigkeit der Wachstumsrate  $\mu$  von der Substratkonzentration  $S$

und somit ist ein Zusammenhang mit den aufgeführten Parametern der Wachstumskinetik gegeben.

- ad 2 : Zum Aufbau körpereigener Substanz bzw. zur Energiegewinnung sind als Nährstoffe neben organischen Kohlenstoffverbindungen stickstoff- und phosphorhaltige Substanzen unbedingt erforderlich. Im allgemeinen werden für den Abbau von 100 g BSB<sub>5</sub> 5 g Stickstoff und 1 g Phosphor benötigt. Fehlen Nährstoffe, müssen diese ergänzt werden.
- ad 3 : Der innige Kontakt zwischen Organismen und Nährstoffen kann einerseits durch intensive Mischung, andererseits durch gleichmäßige Verteilung des Abwassers erzielt werden.

ad 4: Für aerobe Prozesse gilt:

$5^{\circ}\text{C} < T < 35^{\circ}\text{C}$  am günstigsten  $20 - 30^{\circ}\text{C}$

PH-Wert 6-9 am günstigsten 7 - 8,5

$\text{O}_2$ -Gehalt 0,5 - 2 mg/l

Fehlen von toxischen und hemmend wirkenden Stoffen.

Die biologischen Abwasserreinigungsverfahren können eingeteilt werden:

Biologische Reinigungsverfahren		
natürliche Verfahren	technische Verfahren	
	aerobe	anaerobe
Abwasserteiche Abwasserlandbehandlung	Tropfkörper Belebungsverfahren	Faulbehälter

Für die biologische Abwasserreinigung hat das Belebungsverfahren die größte Bedeutung.

In der Praxis der Abwasserreinigung hat man es meist mit kontinuierlichen Verfahren zu tun, bei denen Abwasser der Reinigungsanlage kontinuierlich zufließt und in gleicher Menge gereinigt wieder abfließt. Im allgemeinen unterscheidet man in

- Verfahren ohne Schlammrückführung (kontinuierliche Fermentation) und in
- Verfahren mit Schlammrückführung (Belebungsverfahren).

#### 4.1.2.2. Kontinuierliche Fermentation

Anlagen zur kontinuierlichen Fermentation bestehen aus einem durchmischten Becken, dem kontinuierlich Nährlösung (Abwasser) zufließt (Abb. 4). Im belüfteten Mischbecken wachsen Organismen, die das zugeführte Substrat verbrauchen und die das System zusammen mit dem nicht verbrauchten Substrat wieder verlassen.

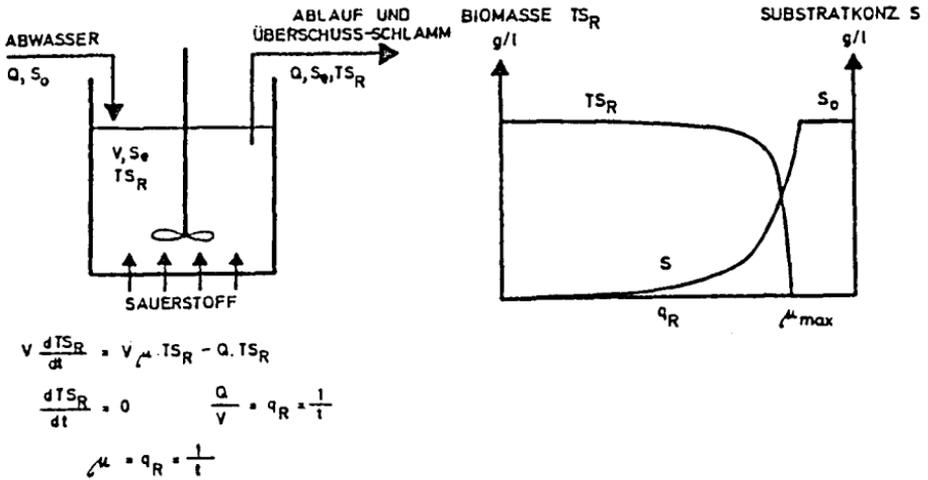


Abb. 4: Kontinuierliche Fermentation

Die Veränderung der Biomasse im Reaktionsbecken setzt sich zusammen aus dem Organismenzuwachs im Becken und dem Verlust durch abfließende Organismen. Nach einer gewissen Zeit wird ein Gleichgewichtszustand erreicht, bei dem die Konzentrationen im Ablauf konstant bleiben und keine zeitliche Änderung der Organismenkonzentration mehr auftritt.

Die Wachstumsrate der Mikroorganismen bei der kontinuierlichen Fermentation entspricht der hydraulischen Raumbelastung bzw. der reziproken Belüftungszeit. Überschreitet  $q_R$  den Wert von  $\mu_{max}$ , werden mit dem Ablauf des Systems mehr Organismen entfernt als zur gleichen Zeit im Belüftungsbecken nachwachsen. Als eine Folge davon werden die Organismen ausgewaschen. Im Bereich  $0 > q_R > \mu_{max}$  ist das System selbstregulierend, da sich die Wachstumsrate  $\mu$  der Organismen auf die jeweilige hydraulische Raumbelastung einstellt.

Die Abflußkonzentration ist von der Zulaufkonzentration nicht

abhängig; sie wird beeinflußt durch die Substratqualität (Größe von  $K_s$ ) bzw. durch die Wachstumsrate  $\mu_{\max}$  der Organismen. Nähert sich die hydraulische Raumbelastung der maximalen Wachstumsrate, so nähert sich die Ablaufkonzentration sehr rasch der Zulaufkonzentration.

Die Anwendung der kontinuierlichen Fermentation kann zur Vorreinigung konzentrierter industrieller Abwässer mit guter Abbaubarkeit der Inhaltsstoffe angewandt werden. Der Ablauf des Fermenters kann dann mit den gebildeten Bakterien in eine kommunale Abwasserreinigungsanlage abgeleitet werden.

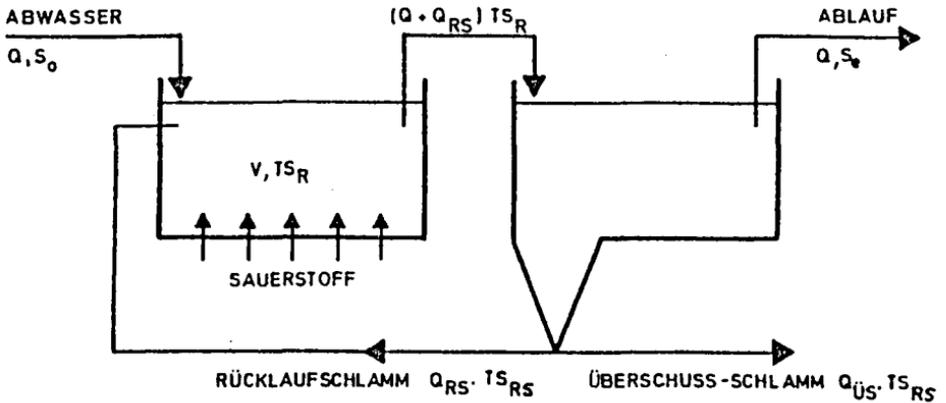
#### 4.1.2.3. Belebungsverfahren

Die Wachstumsrate von Bakterien ist bei den niederen Konzentrationen, die im Ablauf erreicht werden müssen und die daher auch im Belüftungsbecken vorherrschen, bereits sehr niedrig. Die Bedingung  $\mu = q_R$  kann durch eine sehr niedrige Beschickung mit Abwasser erreicht werden, wodurch sich z.B. eine mittlere Belüftungszeit von einigen Tagen ergeben kann. Soll das Volumen des Beckens und damit die erforderliche Verweilzeit klein gehalten werden und dennoch eine gute Ablaufqualität erzielt werden, muß eine Rückführung der Organismen aus dem Ablauf in das Belüftungsbecken der Anlage erfolgen.

Dieses Verfahrensprinzip wird mit dem Belebungsverfahren verfolgt. Belebungsbecken und Nachklärbecken bilden eine Verfahrenseinheit. Im Belebungsbecken wird die biologische Reinigung des Abwassers durchgeführt.

Durch künstliche Belüftung (Oberflächenbelüftung; Druckbelüftung, Sauerstoffbegasung) erfolgt einerseits die Zufuhr des für die Stoffwechselprozesse notwendigen Sauerstoffs, andererseits wird das Abwasser-Schlammgemisch intensiv gemischt und in Schwebe gehalten.

Von dem Belebungsbecken fließt das Abwasser-Schlammgemisch in das Nachklärbecken, in dem die belebten Flocken von dem gereinigten Abwasser getrennt werden. Der belebte Schlamm wird als Rücklaufschlamm in das Belebungsbecken zurückgeführt, während das gereinigte Abwasser abfließt. Der belebte Schlamm befindet sich also ständig im Kreislauf. Da bei den biologischen Prozessen der belebte Schlamm sich vermehrt, wird der Zuwachs als Überschussschlamm entfernt.



$$1) \quad Q_{RS} \cdot TS_{RS} = (Q + Q_{RS}) \cdot TS_R$$

$$2) \quad V \frac{dTS_R}{dt} = V \mu TS_R - Q_{ÜS} \cdot TS_{RS}$$

$$\mu = \frac{Q_{ÜS} \cdot TS_{RS}}{V} \cdot \frac{1}{TS_R}$$

$$\mu = \frac{ÜS_R}{TS_R} = \frac{1}{t_s}$$

$$t_s = \frac{TS_R}{ÜS_R}$$

Abb. 5: Belebungsverfahren

Im Gegensatz zur kontinuierlichen Fermentation, bei der  $\mu = q_R$  sein muß, um das Fließgleichgewicht zu erhalten, ist durch die Rückführung der Biomasse auch bei Werten von  $\mu$ , die wesentlich kleiner sind als  $q_R$ , die Einstellung eines Gleichgewichtes möglich. Durch eine entsprechende Wahl des Überschussschlammabzuges und, damit verbunden, des Schlammalters können auch sehr langsam wachsende Organismen (z.B. nitrifizierende Bakterien) im Belebtschlamm auftreten. Es ist nicht mehr die Belüftungszeit des Abwassers in der Anlage, sondern die Aufenthaltszeit des Schlammes (Schlammalter) entscheidend für die Anwesenheit von Organismen mit unterschiedlichen Wachstumsraten.

Das Belebungsverfahren hat sich bei der Reinigung der verschiedensten Abwässer bewährt und durchgesetzt. Hervorzuheben ist hier vor allem die Möglichkeit zur Vollreinigung von Abwässern, die Betriebssicherheit, die einfache Wartung, die Anpassungsfähigkeit an verschiedenste Arten von Abwässern und die geringe Empfindlichkeit gegenüber wechselnden Belastungen sowie Stoßbelastungen.

#### 4.1.2.4. Beispiele ausgeführter Anlagen

Bis vor 20 Jahren wurde zur Reinigung von TKV-Abwasser folgendes System angewendet:

1. Stufe: Vorbehandlung des Abwassers in Durchlaufkammern
2. Stufe: Mehrkammerfaulgrube
3. Stufe: Biologische Nachbehandlung mit Abwasserteichen bzw. Abwasserlandbehandlung

Diese Verfahrenskombination wurde damals für die schlechthin ideale Lösung des Abwasserproblems bei TKV-Anstalten gehalten. (R.v. OSTERTAG et al., 1958). Heute können solche Methoden nur mehr dort verwendet werden, wo entsprechende Flächen zur Verfügung stehen und Gerüche zu keiner Belästigung führen können. In dünn besiedelten Gebieten, wie z.B. in Kanada, wird auch heute

noch TKV-Abwasser auf diesem Weg gereinigt. (EPS-Report Okt. 1979).

In den dicht besiedelten Gebieten Europas mußte auf Grund der zunehmenden Abwassermengen und Abwasserfrachten infolge der Betriebsvergrößerungen und wegen der steigenden Anforderungen an die Reinigungsverfahren neue Wege der Abwasserreinigung von TKV-Abwasser gesucht werden.

Das einfachste Verfahren ist die Ableitung des Abwassers in die städtische Kanalisation, was aber nicht überall möglich ist. Darüber hinaus bieten sich hierfür die technischen Verfahren, also das Tropfkörperverfahren und das Belebungsverfahren, an.

1959 führte D. KEHR Versuche zur gemeinsamen Reinigung von häuslichem Abwasser und TKV-Abwasser mit dem Belebungsverfahren durch. Die Versuchsergebnisse (BSB<sub>5</sub>-Abbau > 90 %, völlige Desodorierung des Abwassers) zeigten, daß das Belebungsverfahren sehr gut zur Reinigung solchen Mischabwassers geeignet ist (F. SIERP, 1967).

1963 wurde bei der TKV Icker ein Oxidationsgraben zur Abwasserreinigung in Betrieb genommen (H. NEUMANN, K. VIEHL, 1966).

In den folgenden Jahren wurde bei zahlreichen anderen TKV-Betrieben das Belebungsverfahren zur Abwasserreinigung herangezogen. Zahlreiche Modifikationen sollten dieses Verfahren verbessern und an die Gegebenheiten anpassen.

Eine Richtung im Anlagenbau geht dahin, die verschiedenen Bauteile möglichst platzsparend in einem Bauwerk zu vereinigen. Verschiedene Betriebsweisen des Belebungsverfahrens (z.B. einstufiger Betrieb, mehrstufiger Betrieb, Kaskade) sollen eine Verbesserung der Reinigungswirkung mit sich bringen.

In den letzten Jahren hat die Verwendung von Reinsauerstoff zur Belüftung des Abwasser-Schlamm-Gemisches besonderes Interesse gefunden.

Das herkömmliche Tropfkörperverfahren, mit welchem kommunales Abwasser gereinigt werden kann, ist für Abwasser aus TKV-Anlagen wegen der Gefahr von Geruchsentwicklungen und Verstopfungen, wegen der Empfindlichkeit gegenüber Belastungsschwankungen und wegen des geringeren Reinigungsgrades weniger als Belebungsanlagen geeignet. Eine Ausnahme bilden Kunststofftropfkörper, wie einer z.B. bei der TKV Icker verwendet wird (G. RINCKE, H. NEUMANN, 1969).

Im Anhang dieser Arbeit sind einige Kläranlagen bei TKV-Anstalten beschrieben.

#### 4.1.3. Physikalisch-chemische Verfahren

Unter den chemischen Verfahren zur Abwasserbehandlung versteht man im wesentlichen Methoden, die auf rein chemischen oder physikalisch-chemischen Reaktionen basieren und nicht durch bakterielle, enzymatisch-katalysierte Stoffwechselreaktionen bedingt sind. Infolge der gänzlich anderen Grundlagen können die chemischen Verfahren die biologischen Methoden gut ergänzen. In welcher Art - allein oder in Kombination mit anderen Verfahren - die chemischen Verfahren angewendet werden können, hängt von der jeweiligen Aufgabenstellung ab, im wesentlichen aber von Art und Herkunft des Abwassers und vom angestrebten Reinigungsgrad. Im weiteren Sinn werden die chemischen Verfahren unter der Bezeichnung "weitergehende Abwasserreinigung" bzw. "dritte Reinigungsstufe" geführt.

Physikalisch-chemische Verfahren wurden bisher nur in wenigen Fällen zur Behandlung von TKV-Abwasser eingesetzt. Beispielhaft können hier die Flotation zur Abscheidung von Fetten (ZARNACK - Firmenschrift) bzw. die Versuche, durch Flockungs- und Fällungsverfahren das im Abwasser enthaltene Eiweiß auszufällen und nach Abtrennung zu Futtermittel aufzuarbeiten (S.E. JOERGENSEN, 1973 oder H. NEUMANN, 1978), genannt werden.

Auf Grund der hohen Betriebskosten und des komplizierten Betriebes stellen physikalisch-chemische Verfahren keine Alternative zu den biologischen Reinigungsverfahren dar.

#### 4.2. Verfahren zur Abluftbehandlung

In diesem Abschnitt wird ein kurzer Überblick über Abluftbehandlungsmethoden gegeben werden.

Voraussetzung für die wirkungsvolle Behandlung geruchsintensiver Abluft in einer Abluftreinigungsanlage ist die möglichst vollständige Erfassung der Abluft am Entstehungsort. Die beste verfahrenstechnische Konzeption kann zu einem unbefriedigenden Ergebnis führen, wenn diese Forderung nicht optimal erfüllt wird. Es ist am besten, bei der Planung der Bauwerke, in denen geruchsbelästigende Emissionen auftreten können, eine geschlossene Bauweise vorzusehen. Dadurch kann eine optimale Erfassung und Ableitung der Abluft ermöglicht werden.

Im allgemeinen unterscheidet man indirekte und direkte Verfahren zur Abluftreinigung.

##### 4.2.1. Indirekte Verfahren zur Abluftbehandlung

Die beste Methode zur Geruchsbekämpfung ist zweifellos die, Gerüche erst gar nicht entstehen zu lassen bzw. sie auf das absolut unvermeidliche Maß einzuschränken. Entsprechende innerbetriebliche Maßnahmen und peinliche Sauberkeit bringen eine wesentliche Entschärfung dieses Problems.

Die Ableitung geruchsbeladener Abluft durch einen entsprechend hohen Abluftkamin wird hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt, da es sich hierbei um keine eigentliche Abluftreinigung, sondern nur um eine Verdünnung der Abluft unter die Geruchsschwelle handelt.

Der Einsatz von Geruchskorrigentien ist ebenfalls ein Mittel, Geruchsemissionen erträglich zu machen. Im allgemeinen versteht man unter Geruchskorrigentien solche Stoffe, die nach Vermischung mit der zu behandelnden Abluft diese geruchlos bzw. weniger riechend machen. Geruchskorrigentien können Gerüche nur überdecken bzw. kompensieren. Es handelt sich daher ebenfalls um keine wirkliche Abluftreinigung. Sie können daher nur als Übergangslösung eingesetzt werden, als Dauerlösung eines Geruchsproblems sind sie abzulehnen.

#### 4.2.2. Direkte Verfahren zur Abluftbehandlung

Die direkte Beseitigung von Schadstoffen aus der Abluft kann auf chemischem, physikalischem oder biologischem Wege erfolgen.

Im wesentlichen kommen hierfür folgende Verfahren und Verfahrenskombinationen in Frage:

- Absorption (Waschverfahren)
- Adsorption
- Kondensation und
- Verbrennung.

##### 4.2.2.1. Absorption (Luftwäsche)

Absorption ist die Lösung von Gasen und Dämpfen in Flüssigkeiten. Dazu gehören alle Waschverfahren, bei denen die verunreinigte Abluft mit einer geeigneten Flüssigkeit in Kontakt kommt und die Inhaltsstoffe dadurch entfernt werden. Entscheidend für den Wirkungsgrad der Waschmethode ist die Größe der Austauschfläche zwischen der Abluft und dem Waschmedium, da die absorbierte Stoffmenge proportional der Berührungs- oder Austauschfläche der beiden Phasen ist. Eine größere Austauschfläche gewährleistet auch eine längere Kontaktzeit zwischen den beiden Medien, wodurch chemische Reaktionen zwischen den beiden Reaktionspartnern vollständiger ablaufen können. Dieses Prinzip der

Vergrößerung der Stoffaustauschflächen und der Kontaktzeitverlängerung wird durch die verschiedenen Wäscher-Bauarten (Füllkörperwäscher, Bodenkolonnen, Sprühturmwäscher und Strahlwäscher) und durch die verschiedenen Strömungsprinzipien (Gleichstrom, Gegenstrom, Querstrom) verwirklicht. Mehrstufige Anlagen mit verschiedenen Absorptionsmitteln können die Leistungsfähigkeit solcher Verfahren erhöhen.

Die Wahl des Absorptionsmittels erfolgt nach den aus der Abluft zu entfernenden Stoffen. Die wichtigsten Waschflüssigkeiten sind:

- Wasser: die einfachste und billigste, aber am wenigsten wirksame Waschlösung.
- Sauerstoff (in Form von flüssigem Sauerstoff, Ozon, Wasserstoffperoxid): Diese Substanzen sind sehr starke Oxidationsmittel. Als Reaktionsprodukte entstehen nur Kohlendioxid und Wasser. Der Hauptnachteil ist ihr hoher Preis.
- Chlor (in Form von verflüssigtem Gas, Chlordioxid, Chlorbleichlauge): Diese Substanzen liefern zufriedenstellende Desodorierungsergebnisse, bilden unter Umständen biologisch schwer abbaubare bzw. sogar toxische Reaktionsprodukte. Schwierigkeiten können bei Herstellung, Transport und Lagerung dieser Chemikalien entstehen.
- Sonstige Absorptionsmittel: Für einen Einsatz als Absorptionsmittel bieten sich eine Reihe von weiteren chemischen Verbindungen an. Neben Säuren (z.B. verdünnte Schwefelsäure) und Laugen (z.B. Natronlauge) werden oftmals auch wegen seiner Oxidationskraft Kaliumpermanganat zur Geruchsbeseitigung verwendet.
- Belebter Schlamm: Biologisch abbaubare Geruchsstoffe können mit belebtem Schlamm aus der Abluft herausgewaschen werden. Die "Biowäsche" ist dadurch gekennzeichnet, daß die geruchsaktiven Substanzen zuerst am belebtem Schlamm adsorbiert und dann mikrobiell abge-

baut werden. Zu diesem Zweck wird der Schlamm im Kreislauf geführt. In einem Belüftungsbecken erfolgt der Abbau der adsorbierten organischen Stoffe und somit die Regeneration des belebten Schlammes.

Üblicherweise werden die Waschflüssigkeiten im Kreislauf geführt. Der Verlust und Verbrauch an Waschflüssigkeit - im Mittel sind dies ca. ein Prozent bezogen auf die gesamte Menge - müssen stets ergänzt werden.

#### 4.2.2.2. Adsorption

Unter Adsorption wird die Anlagerung von Gasen und Dämpfen an der Oberfläche von Feststoffen verstanden. Als Adsorptionsmittel dienen Stoffe hochporöser Struktur und mit großer spezifischer Oberfläche. Das Adsorptionsmittel wird so lange beladen, bis der gewünschte Reinigungseffekt ausbleibt. Danach wird der verbrauchte Adsorber entweder verworfen oder durch Regenerierung wieder verwendbar gemacht. Durch Imprägnierung des Adsorptionsmittels mit bestimmten Chemikalien kann die Leistung der Adsorption beträchtlich gesteigert werden. Aktivkohlefilter sowie Kompost- und Bodenfilter sind typische Vertreter der Adsorption.

Beim Aktivkohlefilter wird das Abgas durch eine Aktivkohleschicht, welche die Verunreinigungen zurückhält, gedrückt. Nach Erschöpfung der Aktivkohleschicht kann diese z.B. durch Wasserdampfbehandlung wieder regeneriert werden. Die Aktivkohleadsorption ist nur für niedrige Geruchsstoffkonzentrationen und Stoffe mit niedrigem Molekulargewicht geeignet.

Beim Boden- und Kompostfilter durchströmt die Abluft die 0,5 - 1,0 m hohe aktive Bodenschicht. Die geruchsintensiven Stoffe werden abgeschieden und die Luft verläßt den Bodenkörper frei von Gerüchen. Die Regeneration der Adsorptionsflächen geschieht durch die im Filter stattfindenden mikrobiellen Stoffwechselprozesse.

#### 4.2.2.3. Kondensation

Die Kondensation gehört ebenfalls zu den Verfahren, mit denen störende Stoffe aus der Abluft entfernt werden können. Diese Technik wird jedoch nur in Ausnahmefällen eingesetzt. In der Praxis erfolgt die Überführung der Störstoffe aus dem gasförmigen in den flüssigen Aggregatzustand durch Abkühlung der Abluft auf Temperaturen unter den Taupunkt der geruchsbelästigenden Stoffe oder durch Kompression, um den Sättigungsdampfdruck der Störstoffe zu überschreiten. Der erzielte Wirkungsgrad der Kondensationsanlagen hängt überwiegend von der guten Funktion der Apparaturen ab, die zur Abscheidung der als Tröpfchen oder Nebel anfallenden Kondensate verwendet werden.

#### 4.2.2.4. Verbrennung

Das Verfahrensprinzip der thermischen Verbrennung besteht darin, die Abluft in Gegenwart von Luft so weit zu erhitzen, daß die Schad- und Geruchsstoffe in kurzer Zeit zu den umweltfreundlichen Produkten Kohlendioxid und Wasser oxidiert werden. In der Regel wird dabei eine Temperatur von 700 - 800°C eingehalten. Wirtschaftliche Aspekte sind es, die den Einsatz von Katalysatoren fordern. Bei der katalytischen Verbrennung - als Katalysatoren dienen Edelmetalle bzw. Metalloxide - brauchen zur Totaloxidation nur mehr Temperaturen bis zu 300 - 400°C eingehalten werden. Eine katalytische Verbrennung kann nur dann problematisch werden, wenn unter den zu oxidierenden Geruchsstoffen Katalysatorgifte vorhanden sind. Durch Ausnützung des Wärmeinhalts der gereinigten Abluft für andere betriebliche Zwecke wie z.B. zur Trocknung oder zur Dampferzeugung kann die für die Beseitigung der Geruchsstoffe aufgewendete Energie wirtschaftlich ausgenutzt werden. Oft werden aus wirtschaftlichen Überlegungen nur die Prozeßabluft (geringe Menge hochkonzentrierter Abluft) verbrannt, während die Raumabluft (große Menge gering verschmutzter Abluft) anders behandelt wird.

#### 4.2.2.5. Beispiele ausgeführter Anlagen

Wegen der intensiven und weitreichenden Geruchsemissionen durch TKV-Anstalten war man schon immer gezwungen, durch geeignete Maßnahmen solche Belästigungen gering zu halten bzw. zu verhindern. Zu Beginn des Tierkörperverwertungswesens glaubte man dies durch Errichtung solcher Anstalten fernab von Siedlungen, also in einsamen Gebieten (R.v. OSTERTAG, 1958) zu erreichen. Die stark zunehmende Siedlungsdichte in den folgenden Jahrzehnten machte solche Lösungsmöglichkeiten unmöglich, sodaß Mittel und Wege gesucht werden mußten, auf andere Art diese Geruchsemissionen abzustellen.

Bei der Bodencondensation, einem Bodenfilterverfahren, werden die stinkenden Brüddämpfe in Dränrohrstränge geleitet. Entlang des Dränrohres erfolgt dann eine fraktionierte Condensation mit anschließender Adsorption und Abbau der Schad- und Geruchsstoffe im Boden. Diese Art der Brüdenreinigung ist heute nur noch selten zu finden (F. MEINCK, 1968).

Bei TKV-Anstalten werden zur Abluftreinigung meist Waschverfahren, seltener Verbrennungsverfahren eingesetzt.

Die verschiedenen Waschverfahren für TKV-Abluft bedienen sich im einfachsten Fall des Wassers als Waschlösung. Bessere Reinigungseffekte werden mit der chemischen Absorption erreicht. Waschtürme und Wäscher mit möglichst langen Kontaktzeiten und mit entsprechenden Einbauten oder Vorrichtungen, mit denen große Grenzflächen zwischen Abluft und Absorptionsmittel bereit gehalten und ständig erneuert werden, bringen eine weitere Verbesserung der Reinigungsleistung. Bevorzugte Wäschertypen sind Turmwäscher, Strahlgaswäscher und Kreuzstromwäscher.

Das Kalksteinturmverfahren (H. KURMEIER, 1971) ist ein typischer Vertreter der Turmwäscher. Die Reinigung der Abluft erfolgt in einem mit Kalkstein gefüllten Turm durch die oxidative Wirkung von Chlor bzw. Chlorbleichlaug. Der Kalksteinturm zeichnet sich

durch einen einfachen und umweltfreundlichen Betrieb aus.

Eine Verbesserung der Wirksamkeit von Wäschern kann durch mehrstufigen Betrieb erzielt werden. Der dreistufige Strahlgaswäscher, der auch bei TKV-Anlagen Anwendung findet, benutzt in der ersten Stufe Waschwasser, in der zweiten Stufe Chlorbleichlauge und in der dritten Stufe Waschwasser als Absorptionslösung (W. KNOP, 1974).

Durch Verwenden geeigneter Chemikalien und ihre sinnvolle Kombination kann eine weitere Verbesserung des Wirkungsgrades erreicht werden. Meist werden alkalische und saure Waschflüssigkeiten in Kombination mit Oxidationsmitteln in Reihe geschalteten Waschtürmen verwendet. E. SCHWARZBACH, 1974, beschreibt eine zweistufige Anlage mit getrennten Kreisläufen, bei der Waschlösung 1 eine alkalisch gepufferte  $\text{KMnO}_4$  - Lösung und Waschlösung 2 eine sauer gepufferte  $\text{KMnO}_4$  - Lösung ist. Verfahrenstechnische Weiterentwicklungen ermöglichen es, mehrere voneinander getrennte Waschkreisläufe in einem Turm unterzubringen (W. KNOP, 1974).

Bei der "Biwäsche" wird anstelle der Chemikalien ein Belebtschlamm-Abwassergemisch als Absorptionsmittel verwendet. Die Organismen des belebten Schlammes waschen die Geruchs- und Schadstoffe aus der Abluft heraus. Biologische Reinigungsverfahren für TKV-Abluft erfolgen entweder so, daß die geruchsbeladene Betriebsabluft zum Belüften der Belebungsbeckens verwendet wird (z.B. A. DENNE, 1966) oder daß in eigenen Reaktionsbehältern belebter Schlamm mit den Geruchsstoffen in Kontakt gebracht wird, diese von den Organismen adsorbiert und oxidiert werden (H. KOHLER et al., 1979).

Nach den Waschverfahren ist die thermische und katalytische Verbrennung die wichtigste Methode zur Behandlung von TKV-Abluft (H. QUILLMANN, 1970, W. KNOP, 1974).

Nachfolgend wird ein wirtschaftlicher Vergleich über die besprochenen Verfahren gegeben:

	Investitions- kosten [ % ]	Jahreskosten ein- schl. Kapitaldienst in [ % ]
Mehrstufige Wäscheranlage	100	100
Kalksteinturm	94	116
Erdfilter	194	125
Katalytische Verbrennung	295	361
Thermische Verbrennung	430	482

Tab. 10: Kostenvergleich - Abluftbehandlung (E. SICKERT)

Im Anhang dieser Arbeit werden Abluftbehandlungsanlagen einiger TKV-Anstalten detailliert beschrieben.

#### 4.2.3. Vermeidung von Geruchsbelästigungen durch TKV-Abwasser

Mit Geruchsstoffen beladenes Abwasser ist stets Ursache für Geruchsbelästigungen. Das Ausbreiten und Übertreten der im Abwasser enthaltenen Osmogene in die Atmosphäre erfolgt in mehreren Schritten:

- Diffusion der Geruchsstoffe an die Phasengrenzfläche  
Luft - Wasser
- Übertritt aus der flüssigen Phase in die Gasphase
- Abtransport mit der Gasphase

Für den Ablauf dieser Teilreaktionen sind maßgebend die Löslichkeit, das Diffusionsvermögen und die Flüchtigkeit der Geruchsstoffe.

Die Ableitung stinkenden Abwassers in die Kanalisation führt dazu, daß Geruch nicht nur an der Anfallstelle des Abwassers wahrgenommen wird, sondern sich auch entlang des Kanals ausbreiten kann. Während des Abwassertransportes werden die primären Geruchsstoffe überdies durch jene vermehrt, die sich durch mikrobielle Umsetzungen im Kanal bilden. Maßnahmen dagegen sind nur dann erfolgreich, wenn alle geruchsverursachenden Stoffe voll-

ständig aus dem Abwasser entfernt werden und ungünstige hydraulische Verhältnisse im Kanalnetz vermieden werden.

TKV-Abwasser gehört zu jener Gruppe Abwasser, bei dem mit solchen Schwierigkeiten und Problemen zu rechnen ist. Bei vielen TKV-Anstalten wurde bereits mit entsprechenden Maßnahmen versucht, dieser Schwierigkeiten Herr zu werden. Die Oxidation auf chemischem bzw. biologischem Weg ist ein häufig eingeschlagener Weg.

Das Chloren ist ein seit langem eingesetztes Verfahren zur Geruchsbekämpfung. Es kann dabei Chlorgas, Chlordioxid bzw. Chlorbleichlauge eingesetzt werden. K. SCHILLING, 1959 empfiehlt zur Geruchsfreimachung von TKV-Abwasser Chlordioxid. Die TKV Berlin setzt diese Substanz ein, um den vor allem bei ungünstiger Witterung auftretenden unangenehmen Geruch durch dieses Abwasser zu verhindern (M. BORCHERT, 1972). Die Tiermehlfabrik Ostschweiz AG, Bazenhaid, gibt dem Abwasser vor Ableitung in den 1200 m langen Kanal zur Kläranlage ebenfalls Chlordioxid zu (W. KRAPP, 1978).

Angaben über die erforderliche Chlormenge zur Geruchsfreimachung von Abwasser gibt C. PERRIN, 1969 : Mit 300 mg/l Chlor wird der Geruch geschwächt, mit 1000 mg/l Chlor verschwindet er fast vollständig. Erst bei einer Zugabe von 3000 mg Chlor je l Abwasser ist kein unangenehmer Geruch mehr wahrnehmbar.

Neben den chlorhaltigen Produkten können Ozon, Sauerstoff und Wasserstoffperoxid als Mittel zur Geruchsbeseitigung eingesetzt werden. Der Vorteil dieser Oxidationsmittel liegt darin, daß keine unerwünschten Nebenreaktionen befürchtet werden müssen. Als Beispiel kann die TKV Basel genannt werden, welche ihr Abwasser vor Einleitung in den Kanal ozonisiert. Zur vollständigen Entfernung aller organischer Inhaltsstoffe ist je g COD ca. 1 g Ozon notwendig, d.h. bei TKV-Abwasser mit COD = 5000 mg/l muß etwa 5 g Ozon eingesetzt werden (U. REICHERTER, H. SONTHEIMER, 1973).

Die Wirtschaftlichkeit einer chemischen Behandlung hängt im großen Maße von den Chemikalienkosten ab. In Tabelle 11 sind die Kosten möglicher Oxidationsmittel zur Geruchsbekämpfung zusammengestellt:

Stand Ende 1979	Produkt- preis + [öS/100 kg]	Preis je kg aktives Chlor [öS/kg]	Preis je kg O <sub>2</sub> [öS/kg]
Chlorbleichlauge HOCl	110	8,50	-
Chlordioxid ClO <sub>2</sub>	5000	21,50	-
Chlorgas Cl <sub>2</sub>	620	6,20	-
Ozon O <sub>3</sub>	2 000	-	20,-
Wasserstoffperoxid (35%) H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1 100	-	23,-
+ Großhandelspreis ab Werk			

Tab. 11: Chemikalien für Geruchsbehandlung  
Großhandelspreis

Wird auf die oben angegebenen Dosiermengen und die in Tabelle 11 zusammengestellten Preise bezogen, so kann für die Desodorierung von 1 m<sup>3</sup> TKV-Abwasser mit folgenden Chemikalienkosten gerechnet werden:

Oxidationsmittel	Preis zur Desodorierung von 1 m <sup>3</sup> Abwasser
Chlorbleichlauge	25,50 öS
Chlordioxid	64,50 öS
Chlorgas	18,60 öS
Ozon	100,- öS
Wasserstoffperoxid	115,- öS

Tab.12: Preis zur Desodorierung von 1 m<sup>3</sup> Abwasser

Zu diesen Kosten sind noch die Investitionskosten, vor allem im Fall der Ozonisierung zu rechnen.

Die Tatsache, daß zum einem die chemische Behandlung bei zu geringer Dosierung eine Augenblicksbehandlung ist, und daß zum anderen mit einer sicheren Geruchsfreimachung ein sehr großer Chemikalienbedarf verbunden mit hohen Kosten gegeben ist, führte zu Versuchen, auf biologischem Wege TKV-Abwasser zu desodorieren. Die gut biologisch abbaubaren Geruchsstoffe werden während der biologischen Vorbehandlung soweit um- bzw. abgebaut, daß sie nicht mehr geruchsaktiv werden können. Nach Ableitung eines so vorbehandelten Abwassers in die Kanalisation ist die Gefahr von Geruchsemissionen praktisch ausgeschlossen. Dieser Weg der Geruchsfreimachung wird zum Beispiel bei der TKV Brögborn bzw. der Knochenmehlfabrik Scheidemandel in Wiesbaden besprochen (H. NEUMANN, 1978).

#### 4.3. Kriterien zur Abluft- und Abwasserbehandlung

Bisher wurden TKV-Abluft und TKV-Abwasser sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht charakterisiert und Methoden zu deren Behandlung und Reinigung vorgestellt. Im weiteren stellt sich die Frage, welche dieser Verfahren am zweckmäßigsten zum Schutz der Umwelt vor Emissionen von TKV-Anstalten eingesetzt werden können.

Auf den ersten Blick erscheint die von TKV-Anstalten ausgelöste Sekundärverschmutzung der Umwelt gering. So entspricht die von den fünf österreichischen TKV-Anstalten abgeleitete Abwasserfracht weniger als 50 000 EGW, eine im Vergleich zu anderen industriellen Einleitern geringe Menge. Desgleichen hat bisher TKV-Abluft noch nicht zu gravierenden Umweltschädigungen geführt. Im regionalen Bereich sind solche Betriebe dennoch erhebliche Umweltstörfaktoren. Der Standort an oftmals unzureichenden Vorflutern hat bei direkter Einleitung des Abwassers weitreichende Folgen für das Gewässer. Die unangenehm riechende Abluft verpestet im Umkreis von einigen Kilometern die Luft und führt zu starken Geruchsbelästigungen bei der benachbarten Bevölkerung.

Um das Abluftproblem bei TKV-Anstalten in den Griff zu bekommen,

wurden in den letzten Jahren die verschiedensten Verfahren für sich allein oder in Kombination mit anderen getestet, entsprechend modifiziert, den Verhältnissen bei TKV-Anstalten angepaßt und durch verfahrens-, wärme- und energietechnische Berechnungen abgesichert.

Die entscheidenden Kriterien für eine erfolgreiche Abluftbehandlung sind:

- das Entstehen von Abluft einzuschränken bzw. zu vermeiden,
- die belästigende Abluft vollständig zu erfassen, und
- die Schadstoffe durch entsprechende Behandlung vollständig aus der Luft zu entfernen.

Das Abluftproblem kann nur durch kombinierten Einsatz von internen und externen Maßnahmen zufriedenstellend gelöst werden. Diese Maßnahmen umfassen innerbetriebliche Maßnahmen (z.B. rascher Materialfluß und rascher Prozeßablauf, sorgfältige und einwandfreie Arbeitsweise u.a.), getrennte Behandlung der verschiedenen Abluftarten und den Einsatz wirtschaftlicher und betriebssicherer Verfahren.

Reinigung und Geruchsfreimachung von TKV-Abwasser bilden immer einen Komplex. Eine Trennung dieser beiden Schritte ist nicht möglich, da zahlreiche der im TKV-Abwasser enthaltenen Schmutzstoffe geruchsaktiv sind. Ein Ab- bzw. Umbau dieser Schmutzfracht ist daher stets mit einer Abnahme bzw. Entfernung von Geruch verbunden.

Die Zusammensetzung von TKV-Abwasser aus organischen, biologisch leicht abbaubaren Stoffen macht die biologische Reinigung zum Mittel der Wahl zur Behandlung dieses Abwassers. Bisher gibt es noch kein anderes Verfahren, welches mit ähnlicher Sicherheit und ähnlichem Wirkungsgrad arbeitet wie das Belebungsverfahren.

Wie bei allen gewerblichen und industriellen Abwässern stellt sich auch bei TKV-Abwasser die Frage, ob eine gemeinsame Reinigung mit häuslichem Abwasser oder ob eine getrennte Reinigung zweckmäßiger ist.

Prinzipiell bestehen folgende Möglichkeiten:

- Werkskläranlage als Hauptkläranlage ohne Nachschaltung einer Sammelkläranlage
- Ableitung der industriellen Abwässer in örtliche oder überörtliche Sammelkläranlagen ohne Vorbehandlung im Industriebetrieb
- Werkskläranlage als Vorreinigungsanlage für die örtliche Sammelkläranlage

In Fachkreisen besteht im allgemeinen die Ansicht, einer gemeinsamen Reinigung von häuslichem und industriellem Abwasser den Vorzug zu geben (z.B. W.v.d. EMDE, 1976, H. NEUMANN, 1977). Eine allgemein gültige Entscheidung hierüber kann nicht getroffen werden, sondern muß von Fall zu Fall überprüft und bewertet werden. Als Entscheidungshilfen hiefür dienen folgende Kriterien:

- Grad der Abwasserreinigung
- Örtliche Gegebenheiten
- Art und Anfall des Abwassers
- Betrieb der Kläranlage
- wirtschaftliche Überlegungen

Bau und Betrieb größerer Anlagen sind billiger als eine entsprechende Anzahl kleinerer Anlagen. Einerseits nimmt der spezifische Baupreis bei kleineren Anlagen stark zu, andererseits gibt es bei der Errichtung einer Kläranlage eine Reihe von Ausgaben, die unabhängig von der Anlagengröße sind.

Große Kläranlagen können fachmännischer und sorgfältiger betreut und gewartet werden als kleinere, da auf große Kläranlagen eher entsprechend geschultes Personal eingesetzt wird. Die bessere Wartung der Anlage zeigt sich in einer zuverlässigeren Wirkung der Anlage.

Beim Industrieabwasser fehlen oft Nährstoffe oder bestimmte Spurenelemente. Durch Mischung mit Kommunalabwasser werden solche fehlende Stoffe ergänzt. Dadurch wird ein ausgewogenes Nährstoffverhältnis geschaffen. Konzentrationsschwankungen und Abwasserstöße, bei Indu-

strieabwasser häufig auftretend, können bei gemeinsamer Behandlung ausgeglichen werden.

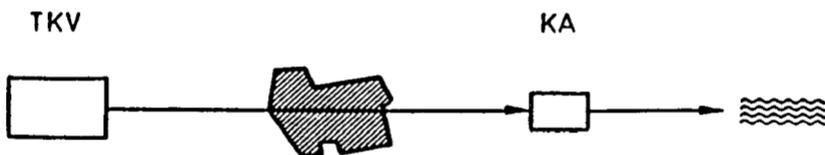
Ist ein Anschluß des Industriebetriebes an das Kanalnetz wirtschaftlich nicht vertretbar, so kann eine getrennte Reinigung zielführender sein.

Treten im Kanalnetz Korrosions- bzw. Geruchsprobleme auf, so ist als Lösung für diesen Fall eine Kombination von Einzelanlage und Verbandsanlage zweckmäßiger. In diesem Fall erfolgt auf dem Werksgelände eine Teilreinigung des Abwassers. Das vorgereinigte Abwasser wird dann zusammen mit dem entstehenden Überschussschlamm zur Verbandskläranlage geleitet. Im Extremfall bildet auch hier eine getrennte Behandlung eine mögliche Lösung.

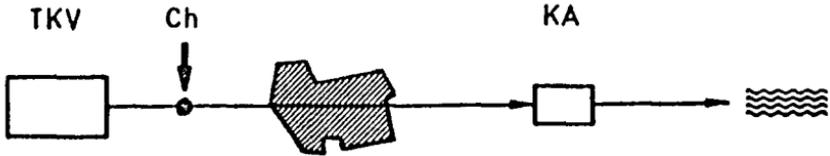
Zusammenfassend wird auf Grund der angegebenen Argumente in der Mehrzahl der Fälle eine gemeinsame Behandlung günstiger als eine getrennte Behandlung sein.

Zur Behandlung von TKV-Abwasser bieten sich folgende Varianten an:

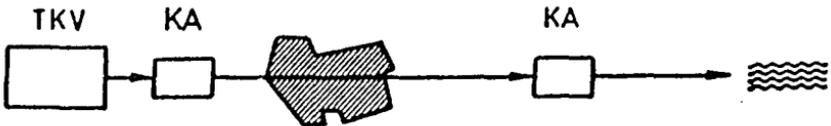
- a) Einleitung des TKV-Abwassers in die städtische Kanalisation und gemeinsame Reinigung.



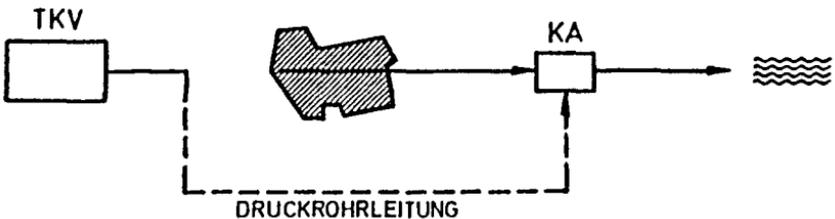
b) Einleitung des TKV-Abwassers in die Kanalisation nach einer chemischen Vorbehandlung und gemeinsame Reinigung.



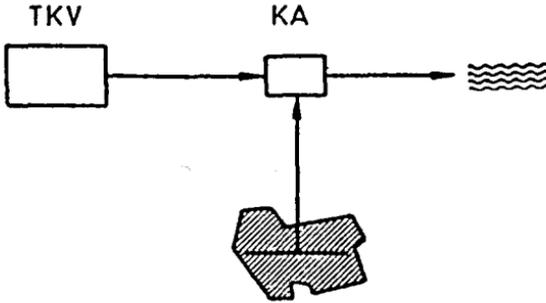
c) Vor Einleitung in die Kanalisation biologische Vorbehandlung des TKV-Abwassers und Reinigung in Sammelkläranlage.



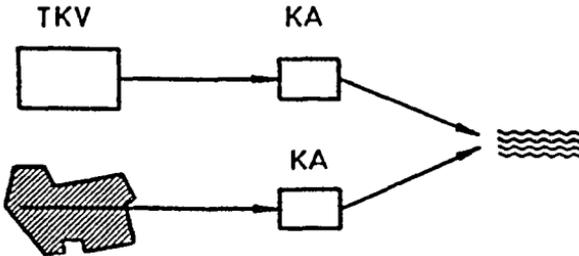
d) Ist eine Einleitung in die Kanalisation aus Geruchs- und Korrosionsgründen nicht möglich, so empfiehlt sich der Bau einer Druckrohrleitung und die direkte unterirdische Einleitung in das Belebungsbecken.



- e) Einleitung von häuslichem und TKV-Abwasser in gemeinsame Kläranlage.



- f) Ist der Anschluß an die Kanalisation unmöglich, so muß das Abwasser in einer Betriebskläranlage gereinigt werden.



## 5. Untersuchungen zur biologischen Reinigung von TKV-Abwasser

### 5.1. Ausgangssituation und Betriebsbeschreibung

Zur schadlosen Verwertung der im Burgenland anfallenden Tierkörper, animalischen Konfiskate, Fleisch- und Knochenabfälle wurde im Gemeindegebiet von Raiding-Unterfrauenhaid eine Tierkörperverwertungsanstalt errichtet und im Jahre 1976 in Betrieb genommen.

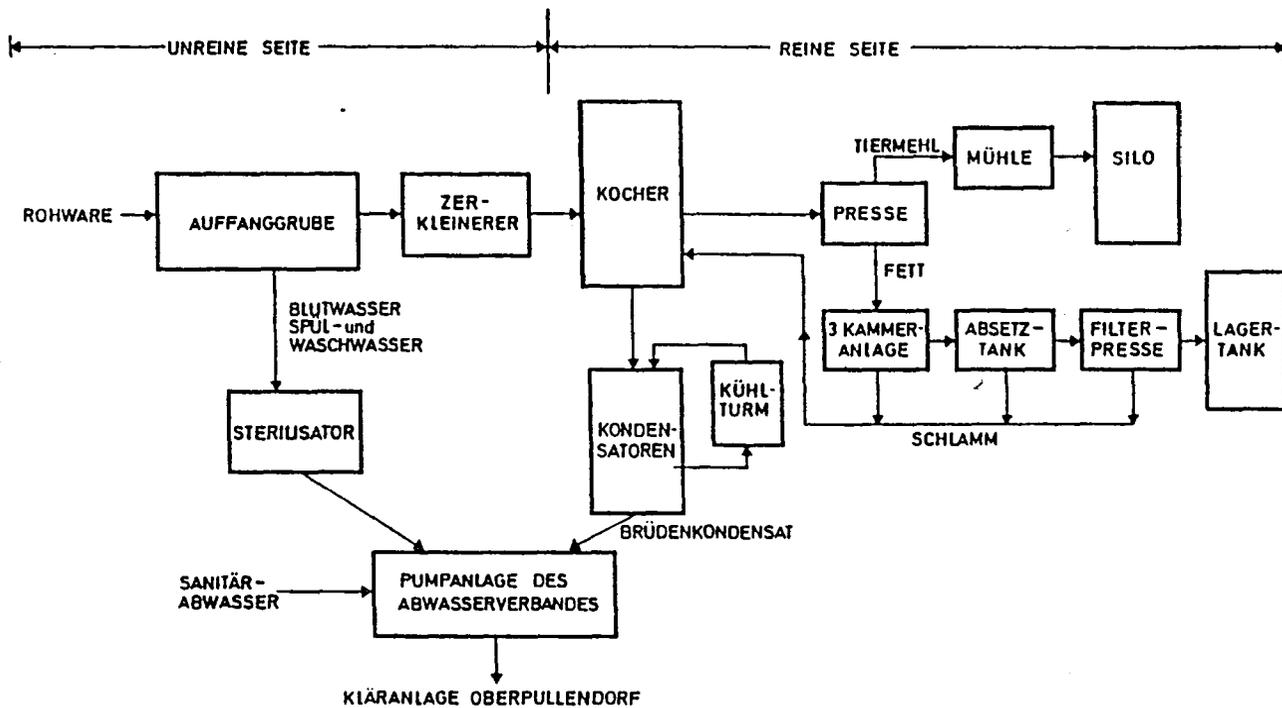
Dieser Betrieb arbeitet nach dem Hartmann-Trockenschmelz-Verfahren mit anschließender mechanischer Entfettung (siehe Abb. 6).

Das angelieferte Rohmaterial wird in die Auffangmulde gekippt. Eine Transportschnecke fördert das Rohgut in den Brecher, in dem das Material zu faustgroßen Stücken zerkleinert wird. Mit dem zerkleinerten Material werden dann vier jeweils ca. 4 Tonnen fassende Kessel beschickt, in denen das Rohmaterial sterilisiert wird. Die Trocknung des aufgeschlossenen Gutes erfolgt in den Kochkesseln. Die entstehenden Brüden werden dann mit Oberflächenkondensatoren niedergeschlagen und in den Kanal abgelassen. Das Kühlwasser wird im Kreislauf geführt. Ausreichende Rückkühlung erfolgt durch einen Kühlturm.

Das getrocknete Gemisch aus Fett und Mehl wird auf mechanischem Weg getrennt. Bis August 1978 waren hiezu hydraulische Pressen eingesetzt, danach wurde eine Schneckenpresse installiert.

Der Betrieb beschäftigt derzeit etwa 15 Personen. Produziert wird von Dienstag bis Freitag. Der Montag ist als "Servicetag" reserviert. Nach dem jetzigen Ausbaustand können maximal ca. 25 Kocherfüllungen, das sind etwa 100 t Rohmaterial, sterilisiert werden. Momentan ist der Betrieb nur teilweise ausgelastet. Für eine eventuelle Vergrößerung des Betriebes ist Platz zur Aufstellung

Abb. 6: Fließschema der TKV Unterfrauenhald



zweier weiterer Sterilisatoren vorhanden. Alle übrigen Anlagenteile, wie die Schneckenpresse oder die Mahlanlage, verkraften ohne weiteres eine solche Erweiterung des Betriebes.

Die TKV Unterfrauenhaid ist an das Leitungsnetz des örtlichen Wasserversorgungsverbandes angeschlossen.

Das anfallende Abwasser des Betriebes sollte ursprünglich nach Speicherung und Vorbelüftung in einem ca. 70 m<sup>3</sup> großen Becken direkt in den Verbandssammler eingeleitet werden. In der Übergabestation ist eine pH- und eine Temperaturregistrierung und ein Pumpstundenzähler eingebaut. Kühlwasser sollte in den nahegelegenen, kleinen Vorfluter eingeleitet werden.

Der Verbandssammler - ein kleiner Teil ist eine Druckrohrleitung, der größere eine Freispiegelleitung - leitet das Abwasser durch mehrere Ortschaften zur etwa 10 km entfernt gelegenen Verbandskläranlage. Nach Inbetriebnahme der TKV-Anstalt verursachte das Betriebsabwasser entlang der gesamten Fließstrecke extreme Geruchsbelästigungen. Auf der Verbandskläranlage rief das TKV-Abwasser erhebliche Betriebsstörungen, besonders Fettablagerungen im Einlaufbauwerk, Sandfang und Vorklärbecken, hervor. Diese Mißstände erforderten nun Maßnahmen zu deren Beseitigung.

## 5.2. Versuchsziel

Im Rahmen dieser Arbeit sollte die zweckmäßigste Lösung des Abwasserproblems der TKV-Unterfrauenhaid erarbeitet werden. Unter Ausnutzung der vorhandenen Einrichtungen (Übergabebauwerk und Kanal) wurde als günstigste Lösung eine Vorbehandlung des TKV-Abwassers vor Ableitung in den Kanal und eine Nachreinigung in der Verbandskläranlage Oberpullendorf angesehen. Nach dem jetzigen Stand der Technik kommen nur biologische Verfahren zur Reinigung und Geruchsfreimachung in Frage.

Folgende Schwerpunkte wurden in der vorliegenden Arbeit behandelt:

1. Reinigung und Geruchsfreimachung von TKV-Abwasser mit verschiedenen Modifikationen biologischer Verfahren (einstufiges Belebungsverfahren - kontinuierliche Fermentation).
2. Erarbeitung der Betriebsdaten solcher Anlagen (Reinigungsleistung, Sauerstoffverbrauch und Schlammproduktion).
3. Überprüfung der erhaltenen Resultate an Kläranlagen bei TKV-Anstalten unter besonderer Berücksichtigung der Geruchsfreimachung.

Die unter Punkt 1 und 2 genannten Untersuchungen wurden im Labormaßstab durchgeführt. Das für die Versuche erforderliche Abwasser stammte von der TKV Unterfrauenhaid. Erkenntnisse, die aus früheren Laborversuchen bei der TKV Regau gewonnen wurden, wurden berücksichtigt (W.v.d. EMDE, 1974). Die Untersuchungen an den Großanlagen wurden bei der TKV Unterfrauenhaid und bei der TKV Landscha durchgeführt.

### 5.3. Laborversuche mit dem Abwasser der TKV Unterfrauenhaid

#### 5.3.1. Versuchsdurchführung

Bei den verwendeten Laboranlagen handelt es sich um Plexiglasanlagen (Abb. 7), bei denen Belebungsbecken und Nachklärbecken eine Einheit sind.

Das Volumen des Belebungsbeckens beträgt 7,5 Liter, jenes des Nachklärbeckens 2,5 Liter. Die Belüftung und Durchmischung des Belebtschlamm-Abwassergemisches erfolgt mit Membranluftpumpen, welche etwa 120 - 180 l Luft/h bzw. 70 - 80 mg O<sub>2</sub>/l.h eintragen. Der sich im Nachklärbecken abscheidende Schlamm gelangt selbsttätig wieder in den Belüftungsteil der Anlage. Für die Versuche der kontinuierlichen Fermentation wurde bei dieser Anlage Bele-

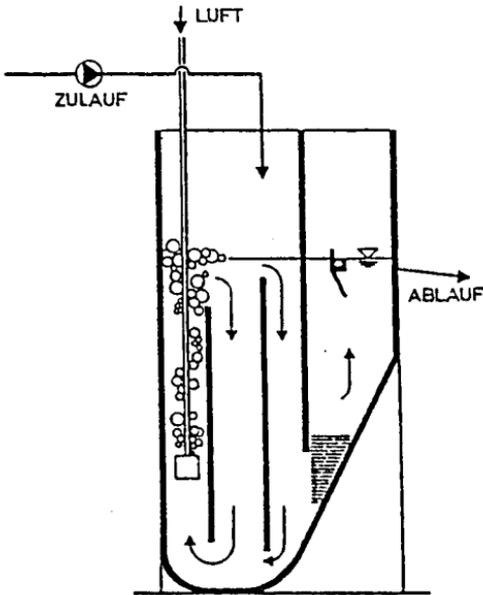


Abb. 7: Laborversuchsanlage

bungsbecken und Nachklärbecken mit einer Plexiglasplatte fix abgetrennt und im Belebungsbecken ein Überlauf eingesetzt.

Die Laboranlagen wurden mit belebtem Schlamm aus der Kläranlage Oberpullendorf beimpft. Diese Kläranlage reinigte zum Zeitpunkt dieser Untersuchungen das Abwasser der TKV Unterfrauenhaid. Der belebte Schlamm war daher an dieses Abwasser adaptiert.

Als Abwasser für diese Untersuchungen diente Brüdenkondensat der TKV Unterfrauenhaid, welches einmal wöchentlich vom Betrieb nach Wien gebracht wurde. Fingerpumpen, welche auf konstante Förderleistung eingestellt waren, pumpten das Abwasser aus einem Vorratsgefäß in die Laboranlagen. Die Anlagen wurden somit konstant beschickt und belastet. Durch Zusatz von Phosphorsalz sollte im Anlagenzulauf ein ausgeglichenes Nährstoffverhältnis erreicht werden.

Das gereinigte Abwasser wurde in einem Sammelgefäß aufgefangen. Die Laboranlagen wurden täglich gewartet und betreut. Dreimal in der Woche erfolgten Probennahme und Schlammuntersuchungen. Sowohl bei den Zulaufproben als auch bei den Ablaufproben handelte es sich um Mischproben aus dem Zulaufbehälter bzw. dem Ablaufsammelgefäß. Die Zulaufproben wurden vor der chemischen Analyse mit einem hochtourigen Mixer homogenisiert, die Ablaufproben wurden im abgesetzten Zustand, bei der kontinuierlichen Fermentation im filtrierten Zustand analysiert.

Folgende Analysen wurden durchgeführt:

Zulauf: pH, COD, TOC, BSB<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub>-N, (NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>)-N, PO<sub>4</sub>-P, Abwassermenge

Belebungsbecken: pH, Schlammvolumen nach 30 Minuten im Standzylinder, Trockensubstanz, Überschussschlammmenge, Temperatur im Belebungsbecken, Sauerstoffverbrauch

Ablauf: COD, TOC, BSB<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub>-N, (NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>)-N, PO<sub>4</sub>-P, Geruch

Die verwendeten Analysenverfahren sind im Anhang zusammengestellt.

### 5.3.2. Versuchsergebnisse und Diskussion

#### 5.3.2.1. Kontinuierliche Fermentation

Die im Rahmen dieser Versuche gemessenen und berechneten Kennwerte sind in Tabelle 13 zusammengefaßt.

Der im System enthaltene belebte Schlamm wurde in den ersten Versuchstagen ausgewaschen. Mit Hilfe einer Massenbilanz über die Organismen wurde die Menge an ausgewaschenem belebten Schlamm berechnet und mit den gemessenen Trockensubstanzgehalten verglichen. Für einen homogenen, stationären Rührkessel gilt folgende Massenbilanz über die Organismen:

Abwasser: TKV Unterfrauenhaid Brüdenkondensat			Mittel	
Raumbeschickung	$q_{R, BB}$	l/l.d	0,23	0,09
Aufenthaltszeit	$t_{BB}$	h	104	--
COD-Zulauf		mg/l	2766	1092
COD-Ablauf (filtriert)		mg/l	267	95
COD-Abnahme	$\eta_{COD}$	%	90,3	--
COD-Raumbelastung	$B_{R, COD}$	g/l.d	0,64	--
COD-Schlammbelastung	$B_{TS, COD}$	g/g.d	0,15-1,6	--
BSB <sub>5</sub> -Zulauf		mg/l	1939	995
BSB <sub>5</sub> -Ablauf (filtriert)		mg/l	39	8
BSB <sub>5</sub> -Abnahme	$\eta_{BSB_5}$	%	98,0	--
BSB <sub>5</sub> -Raumbelastung	$B_{R, BSB_5}$	g/l.d	0,45	--
BSB <sub>5</sub> -Schlammbelastung	$B_{TS, BSB_5}$	g/g.d	0,10-1,1	--
TOC-Zulauf		mg/l	924	333
TOC-Ablauf (filtriert)		mg/l	64	30
TOC-Abnahme	$\eta_{TOC}$	%	93,1	--
TOC-Raumbelastung	$B_{R, TOC}$	g/l.d	0,21	--
TOC-Schlammbelastung	$B_{TS, TOC}$	g/g.d	0,05-0,5	--
Gesamt-Stickstoff-Zulauf		mg/l	887	170
Gesamt-Stickstoff-Ablauf		mg/l	782	61
PO <sub>4</sub> -P-Zulauf		mg/l	13,6	3,7
PO <sub>4</sub> -P-Ablauf		mg/l	8,3	3,0
Temperatur (Belebungsbecken)	T	°C	19,6	0,8
Trockensubstanz	TS <sub>R</sub>	g/l	4,4-0,4	--
Schlammvolumen	SV <sub>R</sub>	ml/l	110-40	--
Schlammindex	I <sub>R</sub>	ml/g	65	--
Grundatmung	OV <sub>SV</sub>	mg/l.h	21	14
Substratatmung	OV <sub>G</sub>	mg/l.h	23	12
Maximalatmung	OV <sub>M</sub>	mg/l.h	41	18

Tab. 13: Kontinuierliche Fermentation - Meßergebnisse

$$V \cdot \frac{dT_{SR}}{dt} = V \cdot Y_S \cdot \frac{dS}{dt} - Q \cdot TS_R$$

Veränderung der Biomasse im Becken      Zuwachs im Becken      Organismen im Ablauf

$\frac{Y_S}{S}$       Ausnutzungsfaktor      [g/g]  
Substratkonzentration      [mg/l]

Für dieses Beispiel wurde folgende modifizierte Bilanzgleichung verwendet:

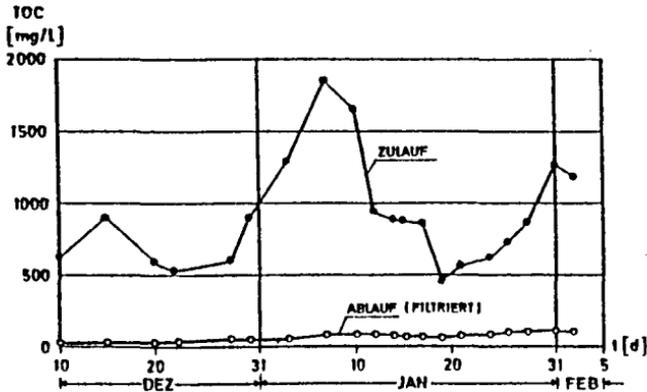
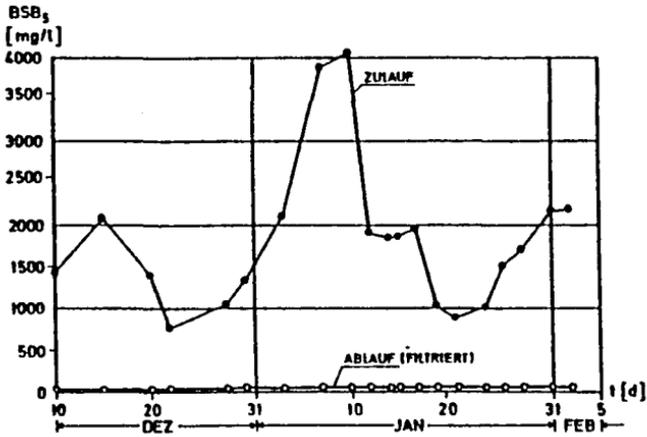
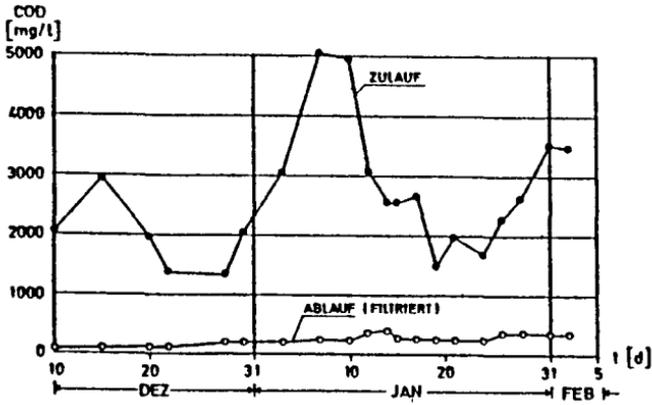


Abb. 8: Kontinuierliche Fermentation -  
Ganglinie der organischen Verschmutzung

$$V \cdot \frac{\Delta TS_R}{\Delta t} = 0,3 \cdot V \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t} - Q \cdot TS_R$$

- $Q$  Abwassermenge [l/d]  
 $\Delta TS_R$  Änderung des Schlammgehaltes im Becken [g/l]  
 $\Delta S$  Abnahme der Verschmutzung ( $BSB_5$ ) [mg/l]  
 $t$  Dauer des Bilanzzeitraumes [d]  
 $Y_S=0,3$  Ausnützungsfaktor bei TKV-Anlagen [g/g]

Die Berechnungstabelle findet sich im Anhang. In Abbildung 9 sind die berechneten und gemessenen Schlammgehalte dargestellt. Es ergibt sich eine gute Übereinstimmung.

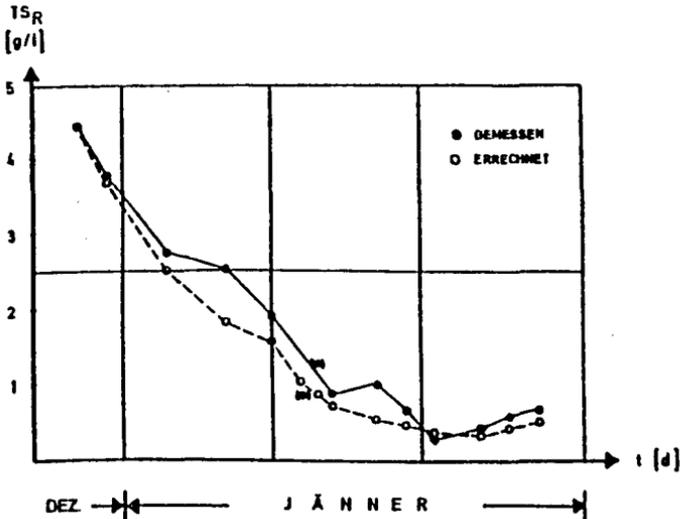


Abb. 9 : Kontinuierliche Fermentation - gemessene und berechnete Schlammgehalte

Erst gegen Ende des Berechnungszeitraumes stellte sich ein Gleichgewichtszustand ein. Bedingt durch das Auswaschen der Biomasse sank der Schlammgehalt von 4,4 g/l auf 0,5 g/l, dementsprechend nahmen die Belastungswerte von  $B_{TS,BSB_5} \sim 0,1$  g/g.d auf  $B_{TS,BSB_5} \sim 1$  g/g.d zu. Die Reinigungsleistung sank von  $\eta_{BSB_5} > 99$  % zu Beginn der Versuche auf  $\eta_{BSB_5} \sim 96$  % zu Ende der Untersuchungen ab (Abb. 8).

Mit der Verschlechterung der Ablaufqualität änderten sich auch die Schlammigenschaften. Der zu Beginn gut absetzende Schlamm ging in Blähschlamm über. Der Kläranlagenablauf - anfangs war er praktisch geruchsfrei und über dem Reaktionsbecken konnte nur der belebtem Schlamm eigene Geruch wahrgenommen werden - wurde im Laufe der Zeit immer schlechter desodoriert und behielt immer mehr den typischen TKV-Geruch.

### 5.3.2.2. Einstufiges Belebungsverfahren

Die Laborversuche mit dem einstufigen Belebungsverfahren wurden bei drei verschiedenen Belastungen durchgeführt, um Aufschluß über die Belastbarkeit, Reinigungswirkung, Sauerstoffverbrauch und Überschussschlammanfall zu bekommen. Eine Zusammenfassung und Gegenüberstellung aller gemessenen und berechneten Daten ist in Tabelle 14 zu finden.

Nach der Einarbeitung der drei Anlagen stellten sich folgende mittlere Raum- und Schlammbelastungen ein:

gemessen als $BSB_5$	$B_R$ [kg/m <sup>3</sup> .d]	$B_{TS}$ [kg/kg.d]
Anlage 1	1,83	0,18
Anlage 2	0,83	0,11
Anlage 3	0,49	0,08

Tab. 15: Belastungswerte der verschiedenen Versuchseinstellungen

Unter diesen Betriebsbedingungen war der Reinigungserfolg gut. In der hochbelasteten Anlage 1 betrug die  $BSB_5$ -Abnahme etwa 93 % (COD-Abnahme > 80 %), in den beiden niedriger belasteten Anlagen wurden fast 99 % des  $BSB_5$  bzw. 92 % des COD entfernt. Bei einer  $BSB_5$ -Raumbelastung  $\sim 1$  g/l.d und bei einer  $BSB_5$ -Schlammbelastung  $\sim 0,1$  g/g.d können Ablaufwerte von  $< 25$  mg/l  $BSB_5$  erreicht werden. Die Ganglinien der COD-Werte von Zu- und Ablauf (Abb.10) zeigt weiters, daß während der ganzen Untersuchungsperiode bei allen drei Versuchsanlagen recht konstante Ablaufergebnisse erhalten wurden.

Tab. 14: Belebungsverfahren - Meßergebnisse

Abwasser: TKV Unterfrauenhaid Brüdenkondensat			Anlage 1		Anlage 2		Anlage 3	
			M	σ	M	σ	M	σ
Raumbeschickung	$q_{R, BB}$	l/l.d	1,02	0,24	0,46	0,16	0,26	0,06
Aufenthaltzeit	$t_{BB}$	h	23,5	----	52	----	92	----
COD-Zulauf		mg/l	2723	927	2723	927	2723	927
COD-Ablauf		mg/l	509	80	173	33	192	31
COD-Abnahme	$\eta_{COD}$	%	81,3	----	93,7	----	91,7	----
COD-Raumbelastung	$B_{R, COD}$	g/l.d	2,78	----	1,20	----	0,70	----
COD-Schlammbelastung	$B_{TS, COD}$	g/g.d	0,27	----	0,16	----	0,13	----
BSB <sub>5</sub> -Zulauf		mg/l	1855	836	1855	836	1855	836
BSB <sub>5</sub> -Ablauf		mg/l	140	12	23	7	23	6
BSB <sub>5</sub> -Abnahme	$\eta_{BSB_5}$	%	92,5	----	98,8	----	98,8	----
BSB <sub>5</sub> -Raumbelastung	$B_{R, BSB_5}$	g/l.d	1,83	----	0,80	----	0,49	----
BSB <sub>5</sub> -Schlammbelastung	$B_{TS, BSB_5}$	g/g.d	0,18	----	0,11	----	0,08	----
TOC-Zulauf		mg/l	911	331	911	331	911	331
TOC-Ablauf		mg/l	167	30	46	13	46	12
TOC-Abnahme	$\eta_{TOC}$	%	81,7	----	95,0	----	94,5	----
TOC-Raumbelastung	$B_{R, TOC}$	g/l.d	0,92	----	0,40	----	0,25	----
TOC-Schlammbelastung	$B_{TS, TOC}$	g/g.d	0,09	----	0,05	----	0,05	----
NH <sub>4</sub> -N-Zulauf		mg/l	833	119	833	119	833	119
NH <sub>4</sub> -N-Ablauf		mg/l	613	175	421	135	279	78
(NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> )-N-Ablauf		mg/l	36	57	91	75	233	75
PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -Zulauf		mg/l	15,0	4,4	15,0	4,4	15,0	4,4
PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -P-Ablauf		mg/l	12,6	3,9	11,9	5,1	10,9	5,1
Trockensubstanz	$TS_{BR}$	g/l	10,24	----	7,68	----	5,38	----
organ.Trockensubstanz	$oTS_R$	g/l	5,26	----	3,57	----	2,82	----
Schlammvolumen	$SV_R$	ml/l	678	182	398	185	242	56
Schlammindex	$I_{SV}$	ml/g	66	----	52	----	45	----
Temperatur (Belebungsbecken)	$T$	°C	19,5	0,9	19,6	0,7	19,4	1,0
Grundatmung	$OV^G$	mg/l.h	87	----	38	----	40	----
Substratatmung	$OV^S$	mg/l.h	98	----	42	----	40	----
Maximalatmung	$OV^M$	mg/l.h	144	----	104	----	104	----
Überschußschlammabzug	$US_R$	l/l.d	0,03	----	0,02	----	0,01	----
Überschußschlammabzug	$US_R$	g/l.d	0,32	----	0,14	----	0,06	----
Schlammalter	$t_S$	d	31	----	59	----	83	----

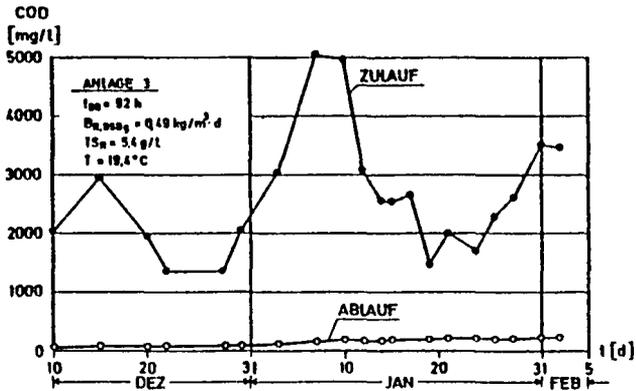
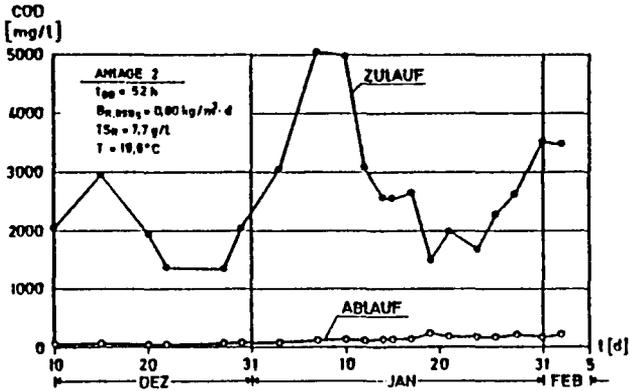
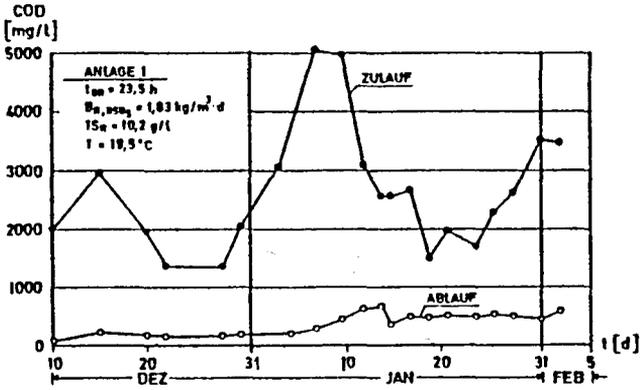


Abb. 10: Versuche mit dem Belebungsverfahren  
COD-Ganglinien (Zu- und Ablauf)

Großen Einfluß auf die Reinigungswirkung hat das Nährstoffangebot. Während Stickstoff im TKV-Abwasser überreichlich vorhanden ist, tritt Phosphor als Minimumfaktor in Erscheinung, sodaß unbedingt eine Phosphordosierung notwendig ist (W.v.d. EMDE, 1974). Bei diesen Versuchen wurde Phosphor im Verhältnis  $BSB_5:P \sim 100:1$  zugegeben. Der tatsächlich benötigte Phosphorverbrauch betrug etwa 0,25 % bezogen auf den entfernten  $BSB_5$ .

Neben der Entfernung der organischen Kohlenstoffverbindungen ist das nächste Ziel die Oxidation und Entfernung der Stickstoffverbindungen. Im Rahmen dieser Versuche wurden bei den niedriger belasteten Anlagen (Versuch 2 und 3) die Ammoniumverbindungen teilweise oxidiert, und somit die Grundlage für eine mögliche Stickstoffelimination auf biologischem Wege geschaffen.

Qualitativ unterschied sich der Ablauf von Versuchsanlage 1 insofern von den beiden Versuchseinheiten, daß er trüb war und einen deutlich wahrnehmbaren TKV-Geruch hatte.

Für die Auslegung der Belüftungseinrichtung ist die Kenntnis des Zusammenhanges zwischen Belastung und Sauerstoffverbrauch notwendig:

	$\eta_{R,COD}^B$ [g/l.d]	$OV_R$ [g/l.d]	$OV_R / \eta_{R,COD}^B$ [g/g]
Anlage 1	2,24	2,36	1,05
Anlage 2	1,13	1,00	0,89
Anlage 3	0,64	1,04	1,63

Tab. 16: Sauerstoffverbrauch bei den verschiedenen Versuchseinstellungen

Der Sauerstoffverbrauch liegt in ähnlicher Größenordnung wie bei Kommunalabwasser. Tritt Stickstoffoxidation auf, so nimmt der Sauerstoffverbrauch höhere Werte an (Anlage 3).

Der belebte Schlamm bestand aus kompakten Flocken (Abb. 11). Protozoen waren kaum vorhanden. In Versuchsanlage 1 wurden zahlreiche freischwebende Bakterien gefunden. Während der Versuchsperiode bildeten sich in allen drei Anlagen keine fädigen Organismen. Der

sich bildende, belebte Schlamm setzte sich in allen Anlagen gut ab. Der Schlammindex lag in allen Fällen unter 100 ml/g.

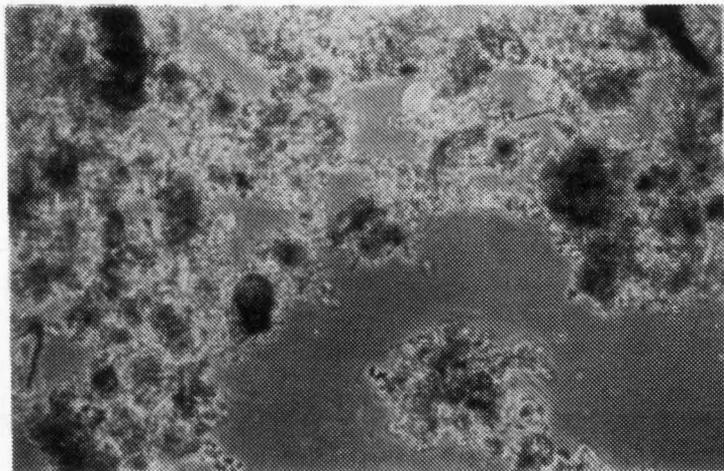


Abb.11: Belebter Schlamm aus Anlage 3

Aussagen über den Überschussschlammanfall können auf Grund dieser Versuche nicht gemacht werden. Betriebsschwierigkeiten bei solchen Laboranlagen, wie z.B. Schlammabtreiben, Anhaften des Schlammes an den Anlagenwänden etc., verfälschen den Wert für den Überschussschlammanfall.

#### 5.4. Untersuchungen auf der Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid

##### 5.4.1. Betriebsproduktion

Das in der TKV Unterfrauenhaid verarbeitete Rohmaterial besteht zum Großteil aus Konfiskaten und Knochen. Nur etwa 2 - 3 % des verarbeiteten Rohgutes entfällt auf Tierkörper.

Die in diesem Betrieb verarbeitete Rohwarenmenge läßt sich aus der Anzahl Kochchargen ermitteln. Ein Sterilisator-kessel faßt

etwa 4 Tonnen Rohmaterial. Ein Überblick über die jährlichen Verarbeitungszahlen ist in Tabelle 17 zusammengestellt. Eine detaillierte Aufstellung befindet sich im Anhang.

Jahr	Anzahl der Arbeitstage [d]	Anzahl der Kochungen [-]	Verarbeitete Rohware [t]	täglich verarbeitete Rohware [t/d]
1976	211	1197	4788	22,3
1977	326	2101	8404	25,1
1978	289	2333	9332	34,3

Tab. 17: Verarbeitungsmenge der TKV Unterfrauenhaid (1976 - 1978)

In den ersten drei Jahren hat einerseits die verarbeitete Rohwarenmenge stark zugenommen, andererseits konnte durch eine rationelle Betriebsweise die tägliche Verarbeitung von kaum 20 t/d im Jahre 1976 bis auf annähernd 50 t/d Ende 1978 gesteigert werden.

Die Menge an verarbeiteter Rohware zwischen 31.3. - 20.12.1978 ist in Abb. 12 graphisch dargestellt.

Insgesamt wurden in diesem Zeitraum 7248 t Rohware angeliefert und zu Fett und Mehl verarbeitet, was einer mittleren täglichen Verarbeitungsmenge von  $34,7 \pm 16,6$  t entspricht. Die Verarbeitungsmenge war während der ganzen Zeit keinen Schwankungen unterworfen. Lediglich die Produktion wurde im September 1978 von einem 6-Tage-Betrieb auf einen 4-Tage-Betrieb umgestellt. Diese an sich wirtschaftlichere Auslastung des Betriebes ist natürlich mit einem noch ausgeprägteren, stoßweisen Abwasseranfall verbunden.

Auf Grund des hohen Knochenanteils in der Rohware hat diese Anstalt eine relativ hohe Produktionsausbeute. Ca. 25 - 30 % Tiermehl und 10 - 15 % Fett bezogen auf das eingebrachte Material werden hergestellt.

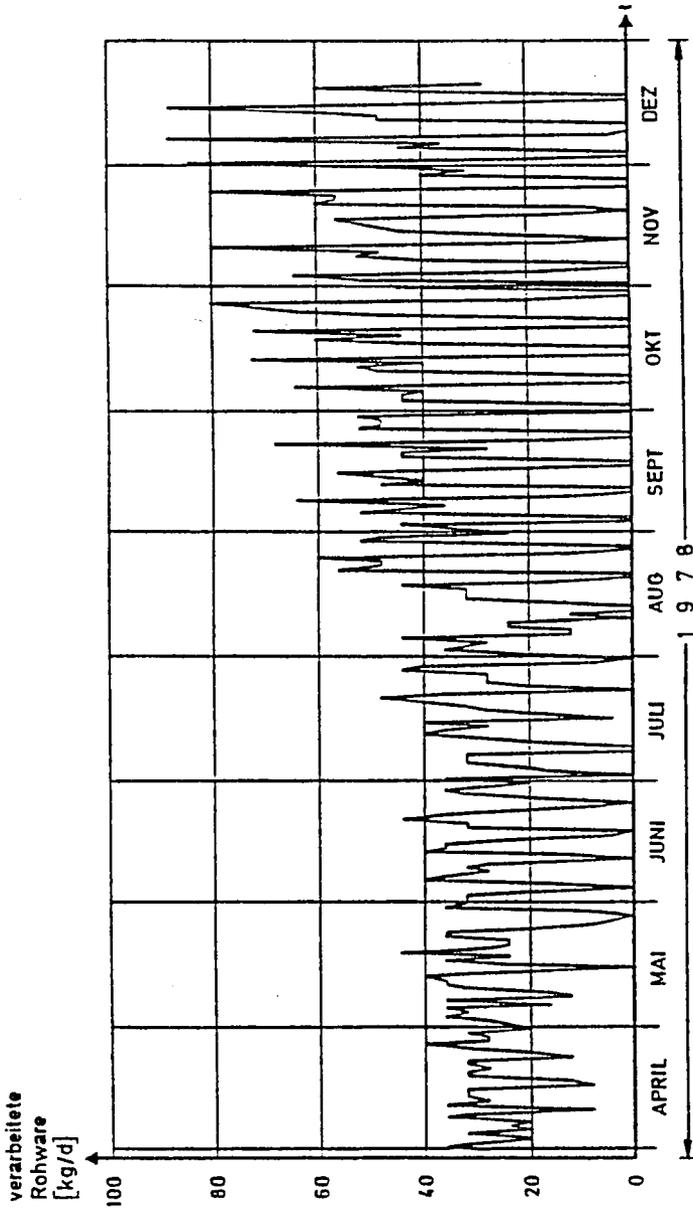


Abb. 12: Verarbeitete Rohware der TKV Unterfrauenhaid (1978)

#### 5.4.2. Abwassermengen

Die Gesamtabwassermenge des Betriebes läßt sich aus der Laufzeit der Abwasserpumpen in der Übergabestation an den Abwasserverband errechnen. Die Pumpleistung wurde mit 11,4 l/s bestimmt.

Aufzeichnungen über den Abwasseranfall dieses Betriebes sind im Zeitraum vom 3.12.1976 - 15.1.1977 sowie im Zeitraum vom 31.3. - 20.12.1978 vorhanden.

Vom 3.12.1976 bis 15.1.1977 wurden 997 m<sup>3</sup> Abwasser in das Kanalnetz des Abwasserverbandes eingeleitet. Je Arbeitstag sind dies 28,5 m<sup>3</sup> bzw. bezogen auf die verarbeitete Rohware 1,2 m<sup>3</sup>/t Abwasser. Mittels Meßwehr und Pegelaufzeichnung wurde die anfallende Kondensatmenge erfaßt. Im Untersuchungszeitraum fielen etwa 457 m<sup>3</sup> Kondensat an. Die Brüdenkondensatmenge machte somit etwa 45 % der Gesamtabwassermenge aus. Der spezifische Kondensatanfall betrug 13,0 m<sup>3</sup> je Arbeitstag bzw. 0,55 m<sup>3</sup> je Tonne verarbeiteter Rohware.

Die Abwassermenge der unreinen Seite kann aus der Einschaltzeit der entsprechenden Abwasserpumpe abgeschätzt werden. Die mittlere Abwassermenge der unreinen Seite betrug etwa 2 m<sup>3</sup>/d.

Im Zeitraum 31.3. - 20.12.1978 fielen im Betrieb 16 560 m<sup>3</sup> Abwasser an, bzw. im Mittel 62,5 m<sup>3</sup>/d. Die Abwasserganglinie ist in Abb. 13 dargestellt. Das Abwasser fällt nicht gleichmäßig während des ganzen Tages, sondern entsprechend dem Verarbeitungsrhythmus stoßweise an. Extrem hohe Wassermengen, z.B. am 30.5. 795 m<sup>3</sup>/d oder am 23.8.1978 845 m<sup>3</sup>/d sind auf innerbetriebliche Zwischenfälle (z.B. Frischwasserableitung durch Vergessen des Abdrehens eines Wasserleitungshahnes) zurückzuführen.

Aus den Meßdaten ergab sich für den Zeitraum 31.3. - 20.12.1978 ein mittlerer spezifischer Abwasseranfall von etwa 2,3 m<sup>3</sup>/t Rohwaren. Dieser Wert schwankte zwischen 1,5 - 3,5 m<sup>3</sup>/t. Dieser Wert ist höher als während der ersten Meßperiode. Ursache hierfür waren Kühlwasserverluste bei den Kondensatoren.

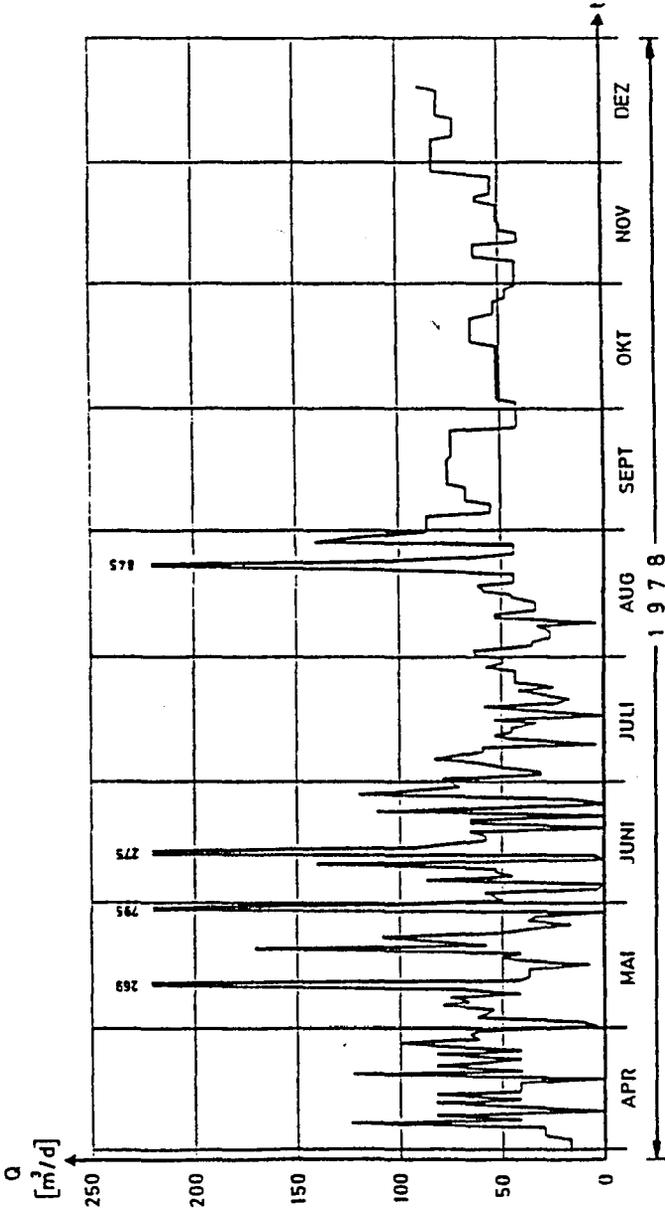


Abb. 13: Abwasseranfall der TKV Unterfrauenhaid

### 5.4.3. Schmutzfrachten und Abwasserzusammensetzung

Das Abwasser der TKV Unterfrauenhaid hat die für ein solches Abwasser typische Zusammensetzung und Beschaffenheit. Die mittlere Abwasserzusammensetzung ist aus Tab.18 zu ersehen.

Betriebsabwasser der TKV Unterfrauenhaid (31.3. - 20.12.1978)	Verschmutzung	Fracht
Verarbeitete Rohwarenmenge	27,2 t/d	
Abwassermenge	62,4 m <sup>3</sup> /d	
COD	4637 mg/l	289 kg/d
BSB <sub>5</sub>	3043 mg/l	190 kg/d
TOC	1542 mg/l	96 kg/d
NH <sub>4</sub> -N	342 mg/l	21,3 kg/d
Gesamt-Stickstoff	391 mg/l	24,4 kg/d
PO <sub>4</sub> -P	14,2 mg/l	0,9 kg/d
Gesamt-Phosphor	19,6 mg/l	1,2 kg/d
pH	6,7 - 9,2	
Absetzbare Stoffe	9,6 ml/l	
Chlorid	ca. 100 mg/l	
Fett (Petrolätherextr.Stoffe)	250-500 mg/l	
Temperatur	15 - 35 °C	

Tab. 18: Abwasserzusammensetzung der TKV Unterfrauenhaid

Das Abwasser der TKV Unterfrauenhaid ist trüb, grau gefärbt und hat einen stark fauligen, oftmals widerlichen Geruch. Es zeigt neutrale bis schwach alkalische Reaktion. Die Temperatur des Kläranlagenzulaufes schwankt zwischen 15 - 35 °C, im Mittel beträgt sie 27 °C. Erwartungsgemäß ist die organische Belastung sehr hoch. Zeitweise werden Spitzenwerte im Zulauf bis zu 30 000 mg COD/l bzw. 25 000 mg BSB<sub>5</sub>/l erreicht. Hauptverantwortlich für diese Extremwerte sind Abläufe der unreinen Seite (Blutwasser, Körpersäfte und dergleichen).

Im Vergleich zu Kommunalabwasser gibt es einige deutliche Unterschiede. Das COD/BSB<sub>5</sub>-Verhältnis ist mit 1,54 niedriger als bei häuslichem Abwasser und weist auf eine gute biologische Abbaubarkeit. Der Stickstoffgehalt in diesem Abwasser ist sehr hoch.

Phosphor ist nur sehr wenig enthalten und kann bei der biologischen Reinigung begrenzend wirken.

Aus den vorliegenden Meßdaten läßt sich folgende spezifische Abwasserfracht errechnen:

1 t Rohware liefert i.M.	10,6 kg COD
	7,0 kg BSB <sub>5</sub>
	3,5 kg TOC
	0,9 kg Stickstoff und
	0,05 kg Phosphor.

Das Abwasser einer Tonne Kochgut entspricht somit etwa 100 - 150 Einwohnergleichwerten.

Die verhältnismäßig hohen, spezifischen Schmutzfrachten werden durch die hohen Sommerwerte sowie durch innerbetriebliche Ursachen, wie z.B. Abschwemmen erheblicher Mengen Blut, verursacht.

#### 5.4.4. Betriebskläranlage

Die Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid wurde in Blockbauweise errichtet (Abb. 14 und 15).

Das vom Betrieb kommende Abwasser wird in einem 10 m<sup>3</sup> großen Mischbecken mit dem Rücklaufschlamm gemischt. Ein langsames Rührwerk durchmischt das Schlamm-Abwasser-Gemisch und verhindert Ablagerungen. Die Rücklaufschlammmenge ist zwischen 0 und 8 m<sup>3</sup>/h einstellbar.

Das Abwasser-Schlamm-Gemisch fließt über einen kleinen Überfall in das Belebungsbecken. Es hat die Ausmaße von 7,5 m x 7,5 m bei einer Wassertiefe von 3,0 m. Je nach Einstellung des Ablaufwehres beträgt der Nutzinhalt des Beckens zwischen 150 m<sup>3</sup> und 160 m<sup>3</sup>. Mit Hilfe des höhenverstellbaren Ablaufschützes kann die Eintauchtiefe des Kreisels und somit der Sauerstoffeintrag variiert wer-

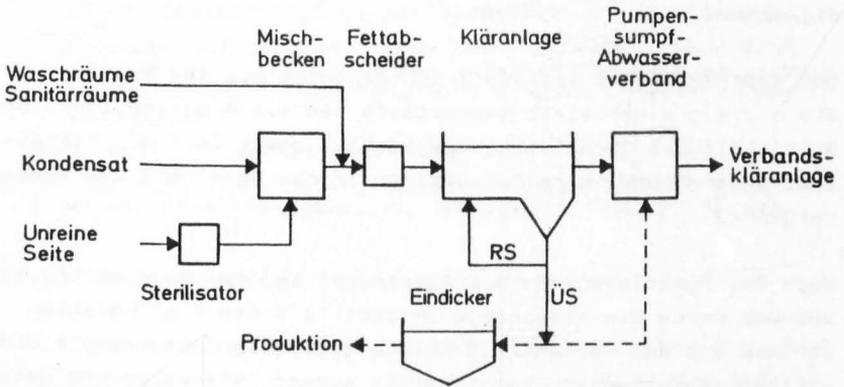


Abb. 14: Abwasserfließschema der TKV Unterfrauenhaid

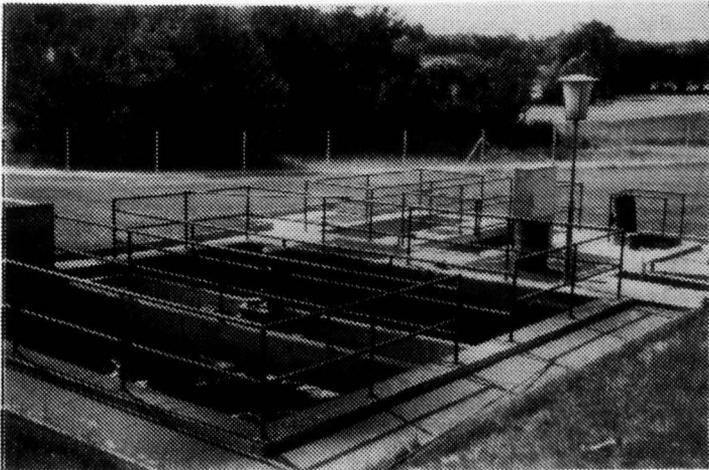


Abb. 15: Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid

den. Bis August 1978 war ein Kreiselmotor mit einer fixen Geschwindigkeit installiert, danach ein solcher mit zwei Geschwindigkeiten.

Das Nachklärbecken ist als Trichterbecken mit den Ausmaßen 4,0 m x 4,0 m und einer Wassertiefe von 4,0 m ausgebildet. Der Nutzinhalt des Nachklärbeckens beträgt somit 26,7 m<sup>3</sup>. Der Ablauf gelangt über eine Ablaufrinne in das Kanalnetz des Abwasserverbandes.

Nach der Funktionsprobe der Kläranlage und dem Sauerstoffzufuhrversuch wurde die Kläranlage im März 1978 mit 8 m<sup>3</sup> belebtem Schlamm aus der Verbandskläranlage Oberpullendorf beimpft und mit Betriebsabwasser beschickt. Ab August 1978 wurde das Betriebsabwasser in einem neu errichteten Fettfang vorgereinigt.

Die Rücklaufschlammförderung wurde auf 2,5 l/s eingestellt. Dem Abwasser wurde Phosphor in Form von Phosphordünger zugesetzt. Ins Belebungsbecken wurde zur Verbesserung der Schlammigenschaften Eisensulfat zudosiert.

Die Überwachungs- und Wartungsarbeiten auf der Kläranlage wurden von einem hierfür bereitgestellten Arbeiter durchgeführt.

#### 5.4.5. Untersuchungsprogramm - Kenngrößen - Probennahme

Im einzelnen umfaßte das Untersuchungsprogramm bei der Betriebskläranlage der TKV Unterfrauenhaid folgende Punkte:

1. Sauerstoffzufuhrversuch (Reinwasser - Betriebsbedingungen)
2. Betrieb der Kläranlage während der Einfahr- un Optimierungsphase (1.4. - 20.12.1978)
3. Fremdüberwachung der Kläranlage (Jänner - April 1979)
4. Tageserhebung auf der Kläranlage nach etwa einjährigem Betrieb der Kläranlage (Juni 1979)
5. Auswirkungen auf die Verbandskläranlage.

Folgende Kenngrößen wurden während der Versuche gemessen:

Zulauf: COD, BSB<sub>5</sub>, TOC, NH<sub>4</sub>-N, (NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>)-N, Kjeldahl-Stickstoff, PO<sub>4</sub>-P, Gesamtphosphor, pH, absetzbare Stoffe, Geruch.

Belebungsbecken: Zulaufmenge, Temperatur, Schlammvolumen nach 30 Minuten, Trockensubstanz, Sauerstoffgehalt und Sauerstoffverbrauch, Energieverbrauch, mikroskopische Untersuchungen.

Nachklärbecken: Sichttiefe, Schlamm Spiegel (fallweise).

Ablauf: COD, BSB<sub>5</sub>, TOC, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, Kjeldahl-Stickstoff, PO<sub>4</sub>-P, Gesamtphosphor, pH, absetzbare Stoffe, Geruch.

Die verwendeten Analysenverfahren sind im Anhang angeführt.

Die Zulaufproben der Kläranlage wurden mit Hilfe eines Probennehmergerätes gezogen. Bis Ende August 1978 wurden die Tageszulaufproben einzeln analysiert. Danach wurden die Tagesproben zu mengenproportionalen Wochenmischproben für die Analyse zusammengesetzt. Vom Ablauf wurde täglich eine Stichprobe genommen. Die Proben wurden in der TKV Unterfrauenhaid durch Tiefgefrieren konserviert und fallweise zur Analyse nach Wien gebracht.

#### 5.4.6. Sauerstoffzufuhrversuche

Der Sauerstoffeintrag des Kreisels wurde in Reinwasser und bei Betriebsbedingungen gemessen.

Die Bestimmung der Sauerstoffzufuhr in Reinwasser wurde nach ÖNORM M 5888 vorgenommen. Als Reinwasser wurde Leitungswasser verwendet. Durch Zugabe von Natriumsulfit wurde der im Becken gelöste Sauerstoff chemisch gebunden. Als Katalysator diente Kobaltchlorid. Mit Sauerstoffsonden wurde der Sauerstoffgehalt gemessen und auf einem Schreiber registriert.

Nach Zugabe der Chemikalien wurde vor Versuchsbeginn (Einschalten des Kreisels) fünf Minuten auf Sauerstoffgehalt 0 mg/l im Becken gehalten. Der Versuch wurde abgebrochen, nachdem 20 Minuten keine Änderung des Sättigungswertes beobachtet worden war. Die Temperatur im Belebungsbecken und die Leistungsaufnahme des Kreisels

wurden gemessen. Aus dem Anstieg des Sauerstoffgehaltes wurde die Belüftungskonstante  $k [h^{-1}]$  ermittelt.

Für den praktischen Betrieb ist die Sauerstoffzufuhr unter Betriebsbedingungen maßgebend. Dieser Versuch wurde nach den Angaben von R. KAYSER, 1967, durchgeführt.

Der Zufuhrversuch wurde nach einem Wochenende durchgeführt. Dies bedeutet, daß mindestens zwei Tage lang kein Abwasser in die Kläranlage eingeleitet worden war, und somit im Belebungsbecken die Atmung konstant war. Um den im Belebungsbecken enthaltenen Sauerstoff auszuzehren, wurde die Belüftung abgestellt. Etwa alle zehn Minuten erfolgte kurzzeitiges Einschalten des Kreisels, damit sich der absetzende Schlamm nicht zu sehr eindickte, sondern in Schwebelage gehalten wurde.

Nach dem Erreichen der Sauerstofffreiheit im Belebungsbecken wurde der Zufuhrversuch durch Einschalten der Belüftung begonnen. Der weitere Ablauf des Zufuhrversuches bei Betriebsbedingungen (Aufnahme der Zufuhrkurve mit Sauerstoffsonden, Auswertung des Versuches) erfolgte wie beim Reinwasserversuch.

Die Sauerstoffzufuhr im Reinwasser wurde bei einer Eintauchtiefe von 12,5 cm und 18 cm gemessen. Bei der geringsten Eintauchtiefe (= 9 cm) wurde nur die Energieaufnahme bestimmt. Die Zufuhrversuche bei Betriebsbedingungen wurden bei drei verschiedenen Eintauchtiefen (13 cm, 17 cm und 21 cm) durchgeführt.

In Tabelle 19 sind die Ergebnisse der Zufuhrversuche zusammengestellt. Die graphische Auswertung ist in Abbildung 16 zu finden.

Im Reinwasser beträgt die Sauerstoffzufuhr bei einer Motorleistung von 17,0 kW 25,4 kg  $O_2/h$ . Der Sauerstoffertrag liegt bei 1,49 kg  $O_2$  je kWh. Wird die Leistung auf 11,6 kW erniedrigt, so sinkt die Sauerstoffzufuhr auf 16,3 kg  $O_2/h$  und der Ertrag auf 1,41 kg  $O_2$  je kWh. Bei minimaler Eintauchtiefe (= 9 cm) beträgt der Energie-

Eintauch- tiefe [cm]	N [kW]	OC [kgO <sub>2</sub> /h]	O <sub>N</sub> [kgO <sub>2</sub> /kWh]
Reinwasserversuche:			
9	9,6	--	--
12,5	11,6	16,3	1,41
18	17,0	25,4	1,49
Betriebsbedingungen:			
13	13,9	13,7	0,99
17	15,3	17,8	1,16
21	18,9	22,8	1,21

Tab. 19: Sauerstoffzufuhrversuche

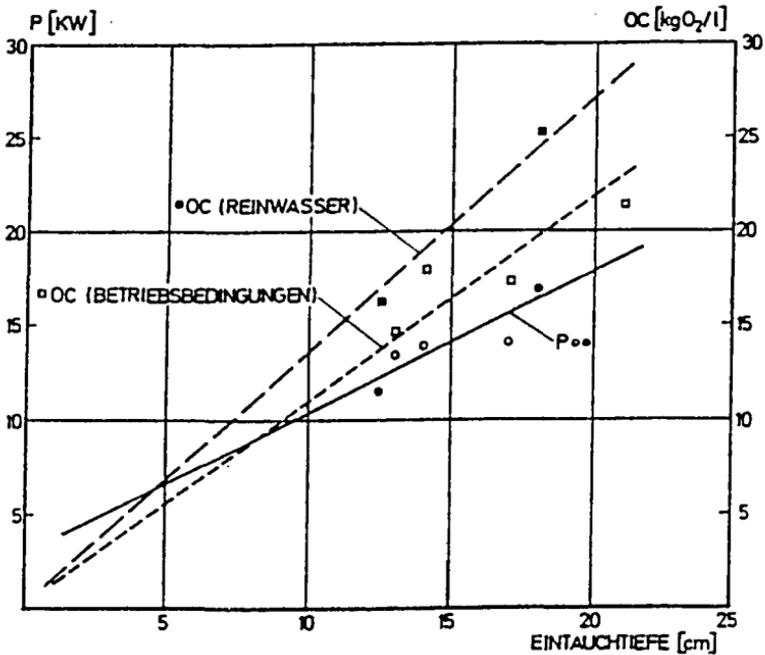


Abb. 15: Sauerstoffzufuhrversuche

aufwand 9,6 kW. Auf Grund der graphischen Auswertung (Abb.16) ist eine Sauerstoffzufuhr von 12 - 13 kg O<sub>2</sub>/h und ein Sauerstoff-ertrag von ca. 1,3 kg O<sub>2</sub>/kWh zu erwarten.

Die Zufuhrwerte bei Betriebsbedingungen liegen etwa 20% unter den vergleichbaren in Reinwasser. Es errechnet sich ein Sauerstoffübertragungsfaktor  $\alpha = 0,81$ . Bei der Nennleistung des Motors werden ca. 23 kg O<sub>2</sub>/h eingetragen, bei minimaler Eintauchtiefe (etwa 9 cm) werden noch 10 kg Sauerstoff je Stunde eingetragen. Der Sauerstoff-ertrag schwankt zwischen 1,0 und 1,2 kg O<sub>2</sub>/kWh.

#### 5.4.7. Betriebsergebnisse der Kläranlage und Diskussion

##### 5.4.7.1. Belastung und Reinigungsleistung der Betriebskläranlage

Einen Überblick über sämtliche gemessenen und berechneten Daten der Betriebskläranlage der TKV Unterfrauenhaid im Zeitraum vom 31.3. - 20.12.1978 gibt Tabelle 20. In dieser Tabelle sind die Monatsmittelwerte, das Gesamtmittel sowie die Minimum- und Maximumwerte angegeben.

Tab. 20: Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid  
Versuchsergebnisse

Kläranlage TKV Unterfrauenhaid 31.3. - 20.12.1978			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Mittel	min.	max.
Rohwarenmenge		t/d	26,8	24,8	24,1	24,4	24,5	28,3	26,3	31,7	32,2	27,2	o	o
Abwassermenge	Q	m <sup>3</sup> /d <sub>3</sub>	52,5	80,4	61,2	43,2	79,6	68,1	52,9	54,0	79,8	62,4	o	845,4
Raunbeschickung	q <sub>R</sub>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> .d	0,34	0,52	0,39	0,28	0,51	0,44	0,34	0,35	0,51	0,40	o	-
COD-Zulauf		mg/l	3018	3110	4312	3457	9255	10095	5390	1940	1803	4637	380	34600
COD-Ablauf		mg/l	397	593	308	284	1029	344	213	117	117	378	56	2762
COD-Abnahme		g	86,9	80,9	92,8	91,8	88,9	96,6	96,0	94,0	93,5	91,8	-	-
COD-Raumbelastung	h <sub>R</sub> COD	kg/m <sup>3</sup> .d	1,03	1,61	1,70	0,96	4,58	4,44	1,83	0,68	0,92	1,85	-	-
COD-Schlammbelastung	TS.COD	kg/kg.d	0,11	0,14	0,15	0,08	0,26	0,27	0,15	0,09	0,14	0,16	-	-
BSB <sub>5</sub> -Zulauf		mg/l	2403	1933	3242	2441	5852	6059	3533	1280	1210	3043	180	25600
BSB <sub>5</sub> -Ablauf		mg/l	151	232	131	65	334	81	-	-	-	-	12	703
BSB <sub>5</sub> -Abnahme		g	93,7	89,0	96,0	97,3	96,3	98,7	-	-	-	-	-	-
BSB <sub>5</sub> -Raumbelastung	h <sub>R</sub> BSB <sub>5</sub>	kg/m <sup>3</sup> .d	0,82	1,00	1,28	0,68	2,90	2,66	1,20	0,45	0,62	1,29	-	-
BSB <sub>5</sub> -Schlammbelastung	TS,BSB <sub>5</sub>	kg/kg.d	0,09	0,09	0,11	0,05	0,16	0,16	0,10	0,06	0,09	0,11	-	-
TOC-Zulauf		mg/l	928	997	1406	1106	2869	3156	2264	640	594	1542	102	9120
TOC-Ablauf		mg/l	143	212	97	94	322	114	69	31	38	125	17	891
TOC-Abnahme		g	84,6	78,7	93,1	91,5	88,8	96,4	97,0	95,2	93,5	91,8	-	-
TOC-Raumbelastung	h <sub>R</sub> TOC	kg/m <sup>3</sup> .d	0,32	0,52	0,55	0,31	1,42	1,39	0,77	0,22	0,30	0,62	-	-
TOC-Schlammbelastung	TS.TOC	kg/kg.d	0,04	0,05	0,05	0,02	0,08	0,08	0,06	0,03	0,04	0,05	-	-
NH <sub>4</sub> -N-Zulauf		mg/l	327	310	308	305	518	409	398	275	260	342	87	1047
Ges. Stickstoff Zulauf		mg/l	396	322	370	384	611	465	453	301	281	391	87	1190
NH <sub>4</sub> -N-Ablauf		mg/l	267	321	233	238	352	321	360	261	225	284	45	504
(NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N)-Ablauf		mg/l	0,7	0,6	0,4	0,5	0,8	0	1,1	0,2	0,1	0,5	o	45
Ges. Stickstoff Ablauf		mg/l	268	360	266	282	391	356	400	294	288	317	47	560
PO <sub>4</sub> -P-Zulauf		mg/l	9,8	8,0	7,4	10,6	23,7	34,6	18,0	7,5	6,4	14,2	0,2	51,6
Ges. P-Zulauf		mg/l	13,4	15,1	10,6	17,5	30,5	48,2	25,1	9,0	7,1	19,6	0,6	92,8
PO <sub>4</sub> -P-Ablauf		mg/l	3,1	2,6	0	0,9	2,5	0,3	1,1	3,4	1,0	2,0	o	7,4
Ges. P-Ablauf		mg/l	6,4	4,3	0,4	1,4	3,8	5,0	1,5	4,1	1,2	3,3	o	12,9
pH Zulauf		-	7,8	8,0	8,1	8,0	-	-	-	-	-	-	6,7	92
pH Ablauf		-	8,1	7,8	7,8	7,8	-	-	-	-	-	-	7,1	8,5
Absetzbare Stoffe Zulauf		ml/l	15	8	14	19	8	7	3	7	5	9,6	0,2	70
Absetzbare Stoffe Ablauf		ml/l	o	o	1,2	o,1	o,1	o,2	o	o	o	0,15	o	2,0
P-Zugabe		kgP/d	0,98	1,26	1,30	1,38	0,63	0,80	0,73	1,00	0,90	0,99	o	1,50
Fe-Dosierung		kgFe/d <sub>3</sub>	5,04	8,77	6,93	7,48	3,35	2,27	1,49	1,73	2,40	4,46	o	16,0
Fe-Dosierung		g Fe/m <sup>3</sup>	94	109	113	173	42	33	26	32	30	71	-	-
Temperatur - BB		°C	14,0	15,3	18,4	19,1	21,4	19,1	16,4	5,9	5,9	15,6	2	35
Schlammvolumen	TS <sub>BB</sub>	ml/l	647	825	725	945	1350	1209	1077	2021	1760	1092	210	1700
Trockensubstanz	TS	g/l	9,80	11,5	11,6	12,8	17,8	16,5	12,2	7,63	6,79	11,7	6,44	21,86
Schlammindex	TS <sub>SV</sub>	ml/g	66	72	62	74	76	73	88	265	259	94	-	-
Sauerstoffgehalt	O <sub>2</sub>	mg/l	5,2	6,4	5,2	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-
Sichttiefe		cm	12	9	7	11	19	8	14	25	43	15	o	50
Energieverbrauch		kWh/d	419	407	403	389	397	385	367	371	335	386	-	-

Mit Hilfe der gemessenen Daten kann der Zusammenhang zwischen Belastung und Reinigungsleistung der Kläranlage aufgestellt werden.

Während des Untersuchungszeitraumes stellten sich folgende Belastungen ein:

	Raumbelastung $B_{R_3}$ [kg/m <sup>3</sup> .d]	Schlammbelastung $B_{TS}$ [kg/kg.d]
COD	1,85	0,16
BSB <sub>5</sub>	1,29	0,11
TOC	0,62	0,05

Tab. 21: Belastungswerte der Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid

Diese Belastungswerte wurden bisweilen erheblich überschritten. Durch flüssige Abgänge der unreinen Seite (z.B. Blut, Körpersäfte etc.) stiegen die Raumbelastung bis auf  $\sim 10$  kg COD/m<sup>3</sup>.d bzw.  $\sim 7$  kg BSB<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>.d und die Schlammbelastung bis auf  $\sim 1,2$  kg COD/kg.d bzw.  $\sim 0,8$  kg BSB<sub>5</sub>/kg.d an.

Ein Bild über die Reinigungsleistung im Überwachungszeitraum gibt die COD-Ganglinie von Zu- und Ablauf (Abb. 17).

Bei der Beurteilung der Reinigungsleistung der Kläranlage muß berücksichtigt werden, daß in den ersten Monaten kein störungsfreier Betrieb gegeben war. In der Einfahrphase mußten sich die Mikroorganismen erst an das Abwasser anpassen. Zwei bis drei Wochen nach Anfahren der Kläranlage wurde bereits eine gute Ablaufqualität erreicht. Bis August 1978 verursachte die fehlende Fettabscheidung Betriebsprobleme (z.B. Aufschwimmen einer Fettschicht im Nachklärbecken). Der Einbau des Fettabscheiders, einer neuen Fettzentrifuge im Betrieb und der Austausch des Kreiselmotors beeinträchtigten ebenfalls die Kläranlagenfunktion. Diese Beeinträchtigungen sind in der schlechten Ablaufqualität im Mai 1978 und August 1978 zu erkennen.

Für eine Beurteilung der Kläranlagenleistung kann aus diesen Grün-

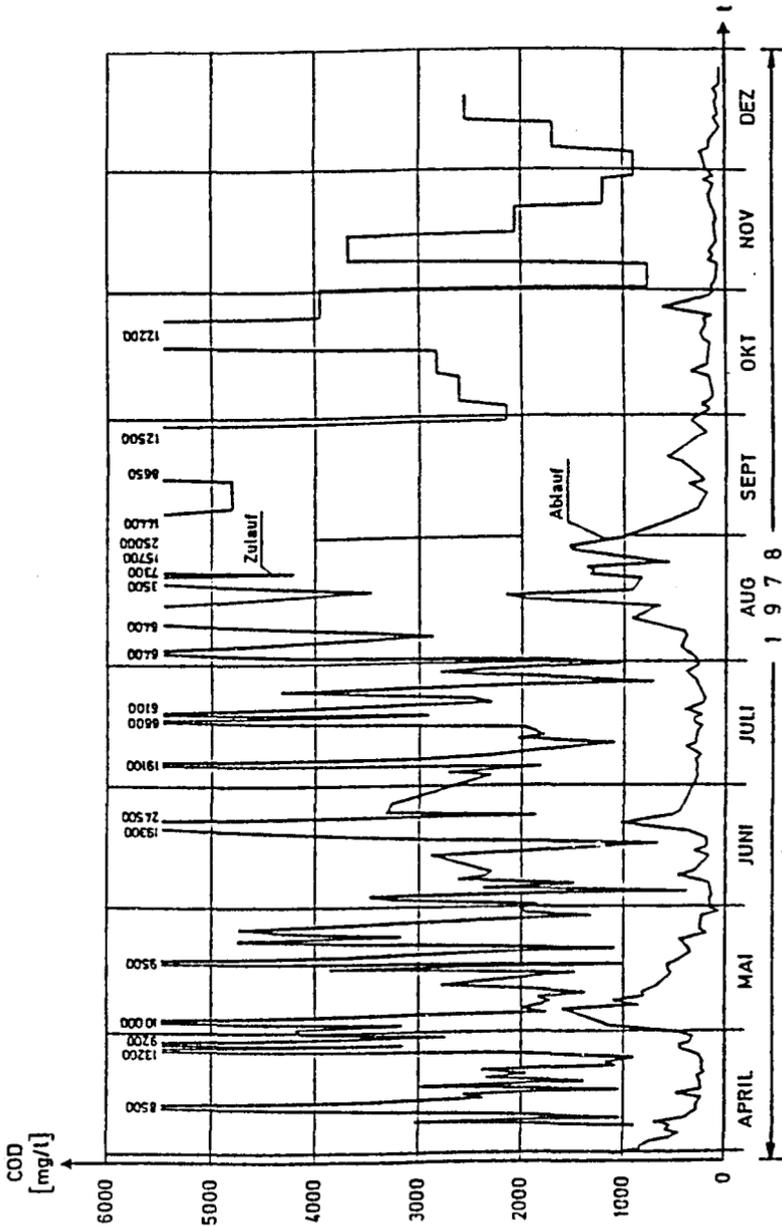


Abb. 17: Kläranlage der TKV Unterfrauenhaaid  
COD-Ganglinie von Zu- und Ablauf

den daher nur der Zeitraum zwischen September und Dezember 1978 herangezogen werden.

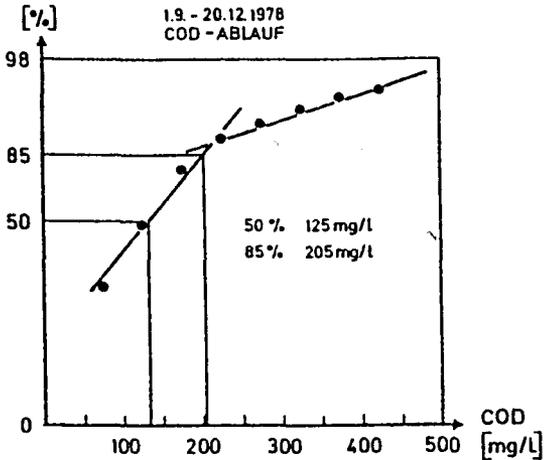


Abb.18: Häufigkeitsverteilung  
COD - Ablauf

In diesen 4 Monaten wurden 95 % des COD in der Kläranlage aus dem Abwasser entfernt. Im Häufigkeitsnetz stellt sich dieses Ergebnis wie folgt dar: An 50 % der Betriebstage war die COD-Ablaufkonzentration kleiner als 125 mg/l, an 85 % der Tage weniger als 205 mg/l. Auf Grund dieser guten Ablaufqualität und der festgestellten Abwassermengen kann mit Sicherheit angenommen werden, daß in dieser Periode jederzeit die konsensmäßig vorgeschriebene Ablaufracht von 40 kg BSB<sub>5</sub>/d eingehalten werden konnte.

Der Kläranlagenablauf war frei von absetzbaren Stoffen, leicht gelblich gefärbt und nahezu geruchsfrei. Die Sichttiefe im Nachklärbecken stieg von etwa 10 - 15 cm zu Beginn dieses Zeitraumes auf fast 60 cm Mitte Dezember an.

Während die organische Verschmutzung und der Geruch größtenteils entfernt wurden, wurden nur etwa 20 % des zufließenden Stickstoffs durch Einbau in den gebildeten belebten Schlamm entfernt. Eine größere Stickstoffelimination konnte wegen des Fehlens von Nitrifikation und Denitrifikation nicht erreicht werden.

Als Folge der Eisendosierung wurde fast der gesamte im Rohabwasser enthaltene Phosphor chemisch gebunden und somit aus dem Abwasser entfernt.

#### 5.4.7.2. Sauerstoffgehalt und Sauerstoffverbrauch

Für den aeroben, biologischen Abbau der organischen Verschmutzung war ausreichend Sauerstoff im Belebungsbecken vorhanden. Der Sauerstoffgehalt schwankte zwischen 1 bis 10 mg O<sub>2</sub>/l, im Mittel lag die Sauerstoffkonzentration bei ca. 5 mg O<sub>2</sub>/l. Die Einhaltung dieses hohen Sauerstoffgehaltes im Belebungsbecken ist mit einem großen Energieaufwand verbunden. Zum Abbau für 1 kg BSB<sub>5</sub> wurden im Mittel 2,1 kWh, für 1 kg COD 1,45 kWh verbraucht.

Die direkte Atmungsmessung führte zu widersprüchlichen Ergebnissen. Es wurde daher der Sauerstoffverbrauch aus der Sauerstoffzufuhr und dem Sauerstoffgehalt im Belebungsbecken nach folgender Formel berechnet:

$$OV_R = \alpha \cdot OC_R \frac{c_s - c_x}{c_s}$$

OC <sub>R</sub>	Sauerstoffzufuhr [kgO <sub>2</sub> /d]
α	Sauerstoffübertragungsfaktor
c <sub>s</sub>	Sauerstoffsättigungswert [mgO <sub>2</sub> /l]
c <sub>x</sub>	Sauerstoffgehalt im Belebungsbecken [mgO <sub>2</sub> /l]

Die für die Berechnung notwendigen Parameter wurden in den Sauerstoffzufuhrversuchen und durch die Registrierung der Sauerstoffganglinie im Belebungsbecken von April bis Juni 1978 ermittelt. Beispielhaft ist in Abb. 19 die Sauerstoffganglinie über eine Woche aufgezeichnet. Diese Ganglinie zeigt eindeutig den stoßweisen Betrieb der Sterilisation. Der Einleitung von Betriebsabwasser in die Kläranlage folgt eine markante Abnahme des Sauerstoffgehaltes im Belebungsbecken. Bei Arbeitspausen im Betrieb (z.B. am Wochenende) steigt die Sauerstoffkonzentration sehr hoch an.

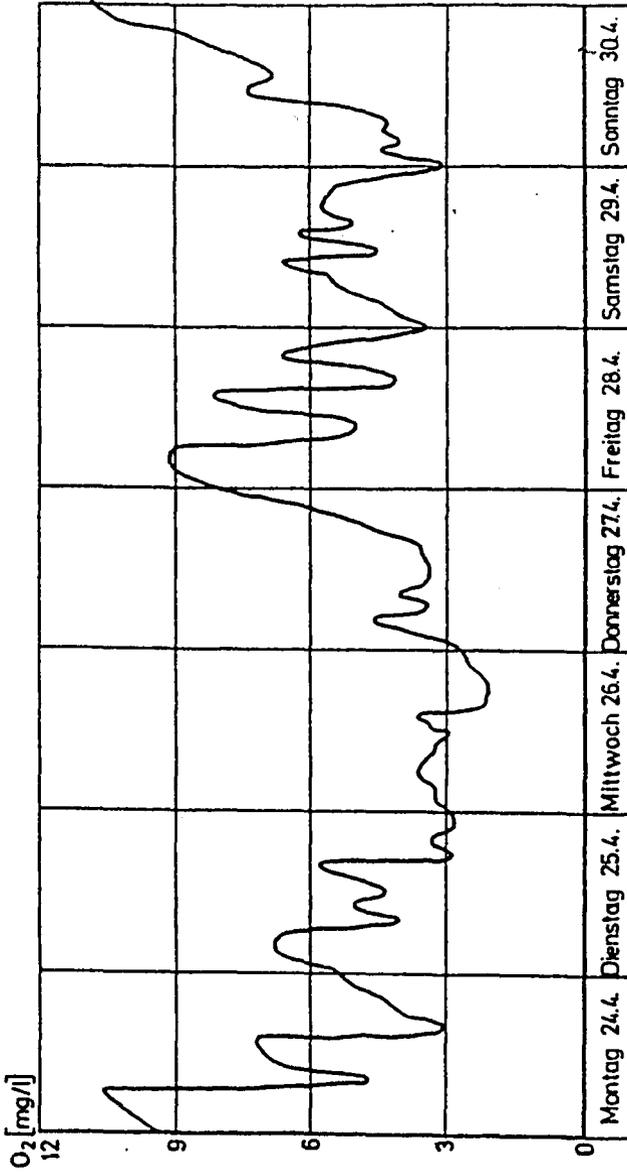


Abb. 19: Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid  
Sauerstoffganglinie

Aus den vorliegenden Meßdaten wurde für den Zeitraum 14.4. - 30.7. 1978 folgender mittlerer Sauerstoffverbrauch errechnet:

$OC_R$ (Reinwasser)	15,2 kg O <sub>2</sub> /h
$\alpha$ (Sauerstoffübertragungsfaktor)	0,81
$V_{BB}$ (Volumen Belebungsbecken)	155 m <sup>3</sup>
Temperatur im Belebungsbecken	i.M. 16°
$c_s$ (O <sub>2</sub> -Sättigungswert)	i.M. 9,75 mg/l
$c_x$ (O <sub>2</sub> -Gehalt im Belebungsbecken)	i.M. 4,9 mg/l

$$OV_R = \alpha \cdot OC_R \cdot \frac{c_s - c_x}{c_s} = 0,81 \cdot 15,2 \cdot \frac{9,75 - 4,9}{9,75} =$$

$$= 6,12 \text{ kg O}_2/\text{h} = 147,0 \text{ kg O}_2/\text{d} \text{ bzw. } \sim 40 \text{ mg O}_2/\text{l.h}$$

Im betrachteten Zeitraum betrug die Substratatmung 147 kg O<sub>2</sub>/d. Von der mittleren, täglichen Schmutzfracht von 248 kg COD wurden 220 kg biologisch entfernt. Zirka zwei Drittel hiervon wurden im Energiestoffwechsel veratmet, der Rest in Zellsubstanz umgewandelt. Bei einer abgebauten BSB<sub>5</sub>-Fracht von 143 kg/d erhält man für  $OV_R / \eta_{BR} \sim 1,0$  kg O<sub>2</sub>/kg BSB<sub>5</sub>.

#### 5.4.7.3. Schlammgehalt und Schlammeigenschaften

Die Konzentration an belebtem Schlamm schwankte zwischen 5 und 22 g/l. Im Mittel betrug der Schlammgehalt 11,0 g/l. Den Verlauf während der Untersuchung zeigt das Diagramm in Abb. 20.

Zur Verbesserung der Schlammeigenschaften wurde von Inbetriebnahme der Kläranlage an Eisensulfat zugesetzt. Die Dosierung erfolgte so, daß die gewünschte Menge Eisensulfat direkt ins Belebungsbecken gekippt wurde.

Der sich bildende, belebte Schlamm zeigte eine recht kompakte Flockenstruktur. Die Flocken waren von zahlreichen Organismenarten besiedelt, wie z.B. Wimpertierchen, Geißeltierchen, Rädertierchen etc.

Fädige Organismen bildeten sich in diesem Untersuchungsabschnitt

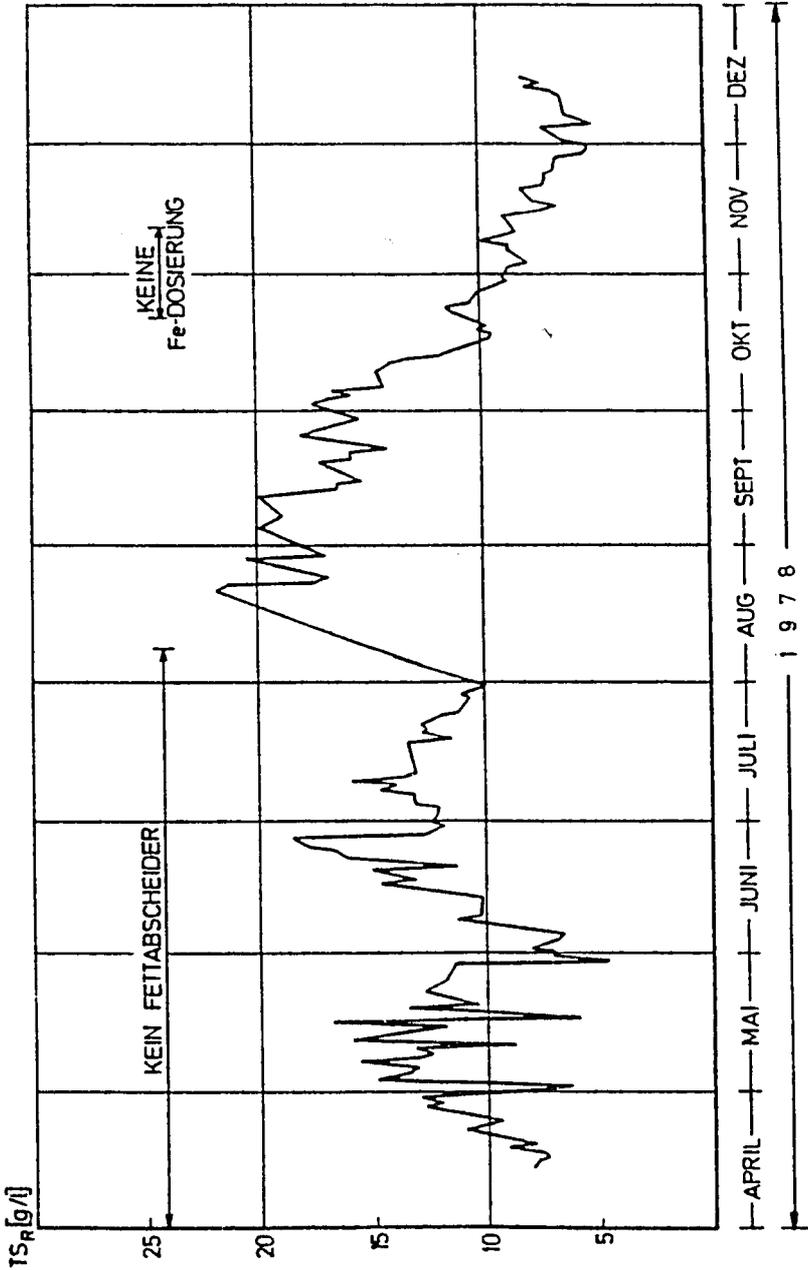


Abb. 20: Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid  
Schlammgehalt

(bis September 1978) nicht. In den Flocken waren Eisenhydroxidteilchen eingelagert. (Abb. 21).

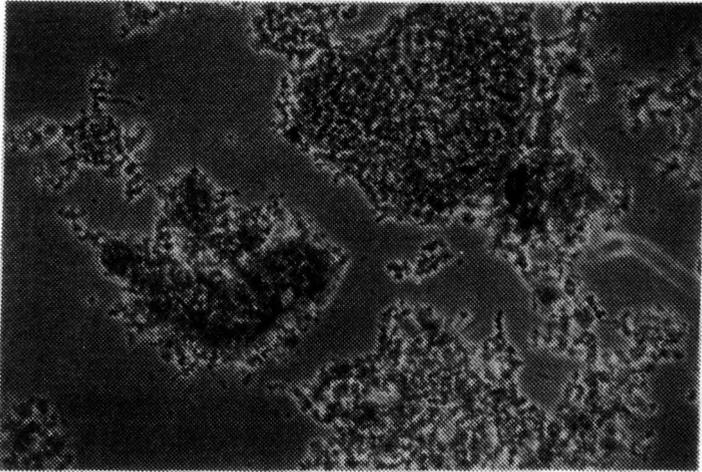


Abb. 21: Belebtschlammflocken mit eingelagerten Eisenteilchen

Die Zugabe von Eisensulfat verhinderte die Bildung von Blähschlamm. Während dieses Zeitraumes lag der Schlammindex stets unter 100 ml/g, im Mittel bei 75 ml/g. Ab Oktober 1978 wurde die Eisendosierung schrittweise vermindert (Tab. 22). Die Verminderung der Eisensulfatzugabe war mit dem Auftreten von fadenförmigen Organismen, vor allem *Microthrix*, begleitet (Abb. 22). Die sich verschlechternden Schlammeigenschaften führten zu Schlammabtreiben aus dem Nachklärbecken. Am 10.11.1978 wurde die Eisendosierung wieder aufgenommen.

Periode	Eisendosierung		I <sub>SV</sub> [ml/g]
	[kg Fe/Tag]	[kgFe/m <sup>3</sup> Abw.]	
31.3. - 31.7.1978	7,1	0,120	69
1.8. - 31.8.1978	3,3	0,048	76
1. - 30.9.1978	2,3	0,029	73
1. - 22.10.1978	1,3	0,025	81
23.10. - 10.11.1978	0	0	175
11.11. - 20.12.1978	2,6	0,045	302
6.6.1979	2,6	0,045	195

Tab. 22: Eisendosierung bei der Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid

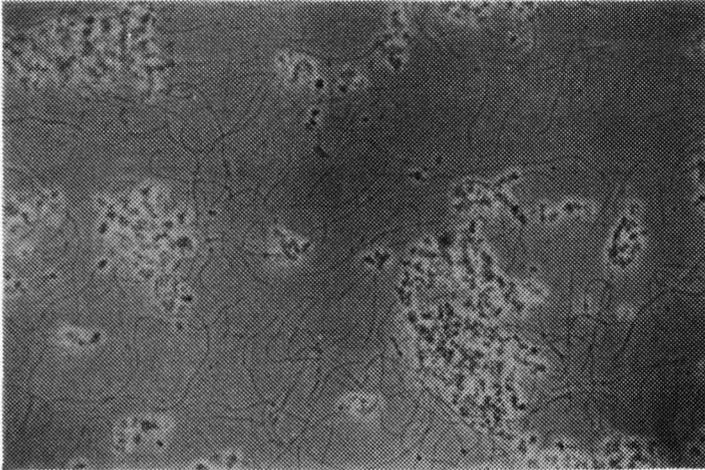


Abb. 22: Fadenförmige Organismen

#### 5.4.7.4. Schlammproduktion

Die Schlammproduktion kann abgeschätzt werden aus

1. der tatsächlich abgezogenen Überschussschlammmenge,
2. dem Schlammzuwachs in Perioden ohne Schlammabzug,
3. der COD-Bilanz und
4. Berechnung nach dem Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik.

##### 1. Überschussschlammmenge

Die Schlammproduktion setzt sich aus der mit der Überschussschlamm-  
pumpe abgezogenen Menge Schlamm und der Zunahme an Schlamm im Be-  
lebungsbecken zusammen.

$$US = \Delta TS_R \cdot V_{BB} + Q_{US} \cdot TS_{R,US}$$

$\Delta TS_R$	=	$TS_{R,e} - TS_{R,o}$	Schlammgehalt im Belebungsbecken zu Beginn und am Ende der Untersuchungsperiode [g/l]
$V_{BB}$			Volumen Belebungsbecken, [m <sup>3</sup> ]
$Q_{US}$			Überschussschlammmenge [m <sup>3</sup> /d]
$TS_{R,US}$			Trockensubstanzgehalt des Überschussschlammes [g/l]

Bis zum Einbau des Fettfanges im August 1978 war an eine Abschätzung des zugewachsenen Schlammes auf diesem Weg nicht zu denken. Das Nachklärbecken wirkte als Fettfang. Ein Gemisch aus Fett und belebtem Schlamm schwamm innerhalb kurzer Zeit auf der Oberfläche des Nachklärbeckens auf, und wurde täglich, längstens jedoch jeden zweiten Tag, abgesaugt und in die Produktion zurückgeführt.

Beispielhaft wurde versucht, aus den vorliegenden Daten den Überschußschlammfall für den Zeitraum von 7. - 21.9.1978 abzuschätzen.

abgebaute BSB <sub>5</sub> -Fracht	4570 kg
TS <sub>R,o</sub> 7.9.1978	18,9 g/l
TS <sub>R,o</sub> 21.9.1978	18,0 g/l
$\Delta TS_{R,e}$	-0,9 g/l
Volumen Belebungsbecken	155 m <sup>3</sup>
$\Delta TS_{R, BB}$	-0,9 x 155 = -140 kg
abgezogene Schlammmenge	36 m <sup>3</sup> bzw. 563 kg

$$\underline{US} (7.-21.9.1978) = 563 \text{ kg} - 140 \text{ kg} = \underline{423 \text{ kg}}$$

Nach dieser Abschätzung sind lediglich 10 % der abgebauten BSB<sub>5</sub>-Fracht in Biomasse übergeführt worden. Dieses Ergebnis darf nicht überbewertet werden, da einerseits unkontrolliert abfließender Schlamm nicht erfaßt wird, und andererseits, wie im Fall der TKV Unterfrauenhaid, als Überschußschlamm nicht nur Biomasse, sondern auch Eisenhydroxid- und Eisenphosphatschlamm abgezogen wird.

## 2. Ermittlung aus dem Schlammzuwachs

In Perioden, in denen kein Schlamm abgezogen wird, kann die Schlammproduktion aus dem Schlammzuwachs im Belebungsbecken abgeschätzt werden.

$$US = V_{BB} \cdot (TS_{R,e} - TS_{R,o})$$

US	Überschußschlammfall [kg]
V <sub>BB</sub>	Volumen Belebungsbecken [m <sup>3</sup> ]
TS <sub>R,o</sub>	Schlammgehalt zu Beginn der Meßperiode [kg/m <sup>3</sup> ]
TS <sub>R,e</sub>	Schlammgehalt am Ende der Meßperiode [kg/m <sup>3</sup> ]

Diese Abschätzung berücksichtigt nicht den Überschußschlammfall

verursacht durch den Eisen- und Phosphorschlamm. Nach Zugabe des Eisensulfats  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  laufen folgende Reaktionen im Belebungsbecken ab:

1. Oxidation des zweiwertigen zu dreiwertigem Eisen
2. chemische Fällung  $\text{Fe}^{3+} + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{Fe PO}_4$
3. Hydrolyse  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe (OH)}_3$

Reaktion 1 ist bereits nach 3 - 5 Minuten abgeschlossen, Reaktion 2 läuft rascher als Reaktion 3 ab. Chemisch gesehen reagiert 1 Mol  $\text{Fe}^{3+}$  mit 1 Mol  $\text{PO}_4^{3-}$ , d.h. pro kg Phosphor werden ca. 1,8 kg Eisen benötigt. Die stöchiometrische Auswertung obiger Gleichungen ergibt, daß aus 1 kg Phosphor 4,87 kg  $\text{FePO}_4$  und aus 1 kg Eisen 1,91 kg  $\text{Fe(OH)}_3$  entstehen. Auf Grund dieser Tatsachen kann für den Eisen-schlamm folgende Berechnungsformel aufgestellt werden:

$$US_{\text{Fe}} = (P_{\text{O}} - P_{\text{S}}) 4,87 + \left[ \text{Fe}_{\text{O}} - (P_{\text{O}} - P_{\text{S}}) \cdot 1,8 \right] \cdot 1,91$$

$P_{\text{O}}$  Phosphorfracht und dosierte Phosphormenge [kg]  
 $P_{\text{S}}$  im Biomasse aufgenommene Phosphorfracht [kg]  
 $\text{Fe}_{\text{O}}$  dosierte Eisenmenge [kg]

Vereinfachend wird angenommen, daß für den Abbau von 100 Teilen  $\text{BSB}_5$  etwa 0,5 Teile Phosphor erforderlich sind.

Für die Berechnung der Schlammproduktion wird der Zeitraum zwischen 14.4. - 3.5.1978 (Einfahrphase) und zwischen 30.5. - 26.6.1978 herangezogen.

Bezugszeitraum		14.4. -	30.5. -
		3.5.1978	26.6.1978
Schlammgehalt (Beginn)	kg/m <sup>3</sup>	7,4	4,8
Schlammgehalt (Ende)	kg/m <sup>3</sup>	14,9	18,5
Volumen Belebungsbecken	m <sup>3</sup>	155	155
täglicher Schlammzuwachs	kg/d	61	79
abgebaute BSB <sub>5</sub> -Fracht	kg/d	156	235
P (P-Fracht Abwasser + P-Dosierung)	kg/d	1,9	1,8
P <sub>0</sub> (= 0,5 % x abg. BSB <sub>5</sub> -Fracht)	kg/d	0,8	1,2
ΔP = P - P <sub>0</sub>	kg/d	1,1	0,6
(P - P <sub>0</sub> ) · S <sub>4,87</sub>	kg/d	5,4	2,9
Fe <sup>0</sup> (dosierte Fe-Menge)	kg/d	9,9	6,6
(Fe <sup>0</sup> - ΔP · 1,8) 1,91	kg/d	15,1	8,8
täglicher Schlammzuwachs durch Fe u.P	kg/d	20	12
tägliche Schlammproduktion US	kg/d	41	67
US/η BSB <sub>5</sub>	kg/kg	0,26	0,29

Tab.23: Schlammproduktion berechnet aus Schlammzuwachs

### 3. Indirekte Bestimmung aus der COD-Bilanz

Der Überschussschlammanfall läßt sich mit Hilfe von Stoffbilanzen erfassen. Am gebräuchlichsten sind Stoffbilanzen auf Grund des COD. Die COD-Bilanz über eine Belebungsanlage lautet (Abb. 23):

$$Q_Z \cdot COD_Z = Q_A \cdot COD_A + V_{BB} \cdot OV_R + Q_{US} \cdot COD_{US}$$

COD Zulaufkraft	$Q_Z \cdot COD_Z$	[kg/d]
COD Ablaufkraft	$Q_A \cdot COD_A$	[kg/d]
Fracht an Sauerstoffverbrauch	$V_{BB} \cdot OV_R$	[kg/d]
COD-Fracht an Überschussschlamm	$Q_{US} \cdot COD_{US}$	[kg/d]

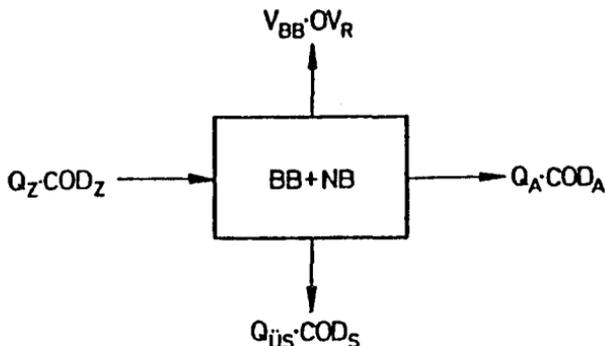


Abb. 23: COD - Bilanz

Da die Bezugswerte für die entfernte COD-Fracht und die Fracht an Sauerstoffverbrauch gemessen wurden, kann nach Umformung obiger Gleichung der in den Überschussschlamm eingebaute COD berechnet werden. Im Fall der TKV Unterfrauenhaid trat keine Stickstoffoxidation auf, sodaß der Sauerstoffverbrauchswert nicht um den Anteil der Stickstoffatmung korrigiert werden mußte.

Es ergibt sich somit für die Schlammproduktion:

$$US_R = Q_{US} \cdot COD_S = Q_Z \cdot COD_Z - V_{BB} \cdot OV_R - Q_A \cdot COD_A$$

Bei Einsetzen der Meßwerte (Tagesmittel) für den Zeitraum vom 14.4.-31.7.1978 erhält man:

COD - Zulauffracht	248 kg/d
COD - Ablauffracht	28 kg/d
Sauerstoffverbrauchsfracht	147 kg/d

$$US = Q_{US} \cdot COD_S = 248 \text{ kg/d} - 147 \text{ kg/d} - 28 \text{ kg/d}$$
$$US = \underline{\underline{73 \text{ kg COD/d}}}$$

Je Tag fielen bei dieser TKV Kläranlage im Mittel 73 kg COD Überschussschlamm an, das sind etwa 30 % des täglich zugeführten COD. Üblicherweise wird für belebten Schlamm die Einheit [kgTS<sub>R</sub>] verwendet. In Analysen wurde für diesen belebten Schlamm die Beziehung 1 kg Trockensubstanz = 1,45 kg COD ermittelt. Dieses ungewöhnliche Verhältnis erklärt sich aus dem hohen Fettgehalt des Schlammes. Nach Umrechnung sind daher im Mittel etwa 50 kg Biomasse je Tag produziert worden.

#### 4. Berechnung der Schlammproduktion

Die Schlammproduktion ist abhängig von der neu gebildeten Biomasse, dem Anteil der Selbstverzehrung und dem durch biologische Umbauprozesse verminderten Anteil an abfiltrierbaren Stoffen (R. KAYSER, 1971, W.v.d. EMDE, 1979). Die entsprechende Berechnungsformel für die Schlammproduktion lautet:

$$US_R = a \cdot q_R \cdot S_O + c \cdot q_R \cdot TS_O - (1 - 0,1) \cdot x \cdot 0,08 \cdot f_T \cdot TS_R$$

$US_R$	Überschußschlammanfall [kg TS/m <sup>3</sup> ·d]
$q_R$	hydraulische Raumbeschickung [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ·d]
$S_R^O$	organische Verschmutzung im Zulauf [kg BSB <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> ]
$TS_O$	ungelöste Stoffe im Zulauf [kg/m <sup>3</sup> ]
$x$	aktiver Anteil der Schlamm Trockensubstanz
$a$	Koeffizient für reines Bakterienwachstum
$c$	Koeffizient für die Aufnahme ungelöster Stoffe in den Belebtschlamm
$b = x \cdot 0,08 \cdot f_T$	Beiwert für den endogenen Abbau
$TS_R$	Schlamm Trockensubstanz [kg/m <sup>3</sup> ]
$f_T$	Temperaturfaktor Umrechnung von 15° C auf Versuchstemperatur

Es wurden die für Kommunalabwasser geltenden Beiwerte verwendet. Sämtliche Bestimmungsstücke außer dem aktiven Anteil  $x$  des belebten Schlammes waren bekannt. Der aktive Anteil der Biomasse des belebten Schlammes  $x$  ergibt sich als Quotient aus der täglich neu gebildeten Biomasse vermindert um den Anteil der Selbstverzehrung und der gesamten Überschußschlammproduktion. Der Anteil an Eisen- und Phosphorverbindungen im Schlamm muß berücksichtigt werden. Die Berechnung des aktiven Anteils  $x$  und der Überschußschlammproduktion ist im Anhang durchgeführt.

Auf Grund dieser Berechnung ergibt sich für den Zeitraum vom 31.3. - 20.12.1978 ein mittlerer Schlammanfall von 53 kg  $TS_R$ /d. Bei einer mittleren, täglichen abgebauten BSB<sub>5</sub>-Fracht von 190 kg ergibt sich  $US_R/\eta_{B_R} = 0,28$  kg/kg.

Die Gegenüberstellung der auf verschiedenen Wegen ermittelten Überschußschlammwerte stimmt zum Teil recht gut überein (Tab. 24).

Die Abschätzung der Überschußschlammmenge aus der Laufzeit der Überschußschlammpumpe führte zu nicht brauchbaren Ergebnissen. Die anderen Methoden lieferten Ergebnisse in derselben Größenordnung. Der spezifische Überschußschlammanfall lag danach bei etwa 0,30 kg Trockensubstanz je kg abgebauten BSB<sub>5</sub> - ein Wert, der in der Literatur (K.W. ROENNEFAHRT, U. PAUL, 1968) sowie in den Betriebserfahrungen anderer TKV-Klärwerke bestätigt wird.

Methode		gemessen	Schlammzuwachs		COD-Bilanz	Berechnung
Zeitraum		7.-21. 9.	14.4. 3.5.	30.5. 26.6.	1.4.- 31.7.	1.4.- 20.12.
Verarbeitete Rohware	t/d	30,3	27,2	24,2	25,0	27,2
$B_{TS.BSB_5}$	kg/kg.d	0,12	0,09	0,10	0,08	0,10
abgebaute $BSB_5$ -Fracht	kg/d	261	156	235	143	190
Schlammproduktion	kg/d	31	41	67	50	53
$US_R/\eta B_R$	kg/d	0,12	0,27		0,35	0,28
$US_R/t$ Rohware	kg/t	1,02	1,5	2,8	2,0	1,95

Tab. 24 : Schlammproduktion berechnet nach verschiedenen Methoden

#### 5.4.7.5. Schlammbeseitigung

Die Behandlung und Beseitigung von Überschussschlamm kann durch Ausfaulen des Schlammes, durch landwirtschaftliche Verwertung, durch aerobe Stabilisierung oder durch Verbrennen erfolgen. Bei TKV-Anstalten kommen zwei weitere Möglichkeiten in Betracht, den Überschussschlamm sicher und schadlos zu beseitigen:

1. Ableitung des Überschussschlammes gemeinsam mit dem gereinigten Abwasser und Behandlung auf der Verbandskläranlage.
2. Rückführung des Überschussschlammes in den Produktionsprozeß und Herstellung von Futtermittel.

Im Falle einer Vorreinigung des Abwassers im Betrieb ist die Ableitung des Überschussschlammes mit dem gereinigten Abwasser in die Kanalisation der einfachste Weg.

Normalerweise besteht belebter Schlamm aus etwa 20 - 45 % Eiweißstoffen, ca. 250 mg Vitaminen je kg Trockensubstanz und wertbestimmenden Spurenelementen. Das Schlammprotein ist vollwertiges Eiweiß, wie der Gehalt an Aminosäuren zeigt (Tab. 25).

Aminosäuregehalt von belebtem Schlamm in g/kg Trockensubstanz.

Alanin	35	Lysin	26-48
Arginin	18-23	Methionin	4,6-6
Asparaginsäure	46	Phenylalanin	10-22
Cystein	2,5	Prolin	17
Glutaminsäure	47	Serin	15-21
Glycin	24-27	Threonin	15-23
Histidin	3-8,5	Tryptophan	0-4,7
Isoleucin	17-20	Tyrosin	9-21
Leucin	22-33	Valin	20-27

Literatur: U.A. CORTI, 1953  
 R. EGGERSDORFER et.al., 1973  
 D. BARDTKE, E. THOMANETZ, 1979

Vitamingehalt von belebtem Schlamm in g/kg Trockensubstanz

Pyridoxin, B <sub>6</sub>	9,0	Riboflavin, B <sub>2</sub>	
Thiamin, B <sub>1</sub>	8,0	(Lactoflavin) <sup>2</sup>	11,0
B <sub>12</sub>	1,9	Nikotinsäure, B-Gruppe	
Biotin, H	1,8	(Niacin)	120
Folsäure	2,0		

Literatur: R. EGGERSDORFER et al., 1973

Tab. 25: Aminosäure- und Vitamingehalt von belebtem Schlamm

Fütterungsversuche mit belebtem Schlamm haben positive Ergebnisse erbracht (I. MALEK, Z. FENCL, 1966). U.A. CORTI, 1953, setzt den Eiweißwert von 1 kg belebtem Schlamm demjenigen von 5 l Kuhmilch gleich. Das durch Hitzebehandlung belebter Schlämme erhaltene Produkt entspricht nicht ganz der Qualität von Tiermehl (Tab. 26).

	Tiermehl	Belebter Schlamm
Roheiweiß	50 - 65 %	20 - 45 %
Fett	10 - 15 %	10 - 20 %
Asche	20 - 30 %	30 %
Sonstiges (Zellulose, Lignin etc.)	-	bis zu 15 %

Lit.: R. EGGERSDORFER et al., 1973  
 Futtermittelanaysen der TKV Unterfrauenhaid

Tab. 26: Zusammensetzung von Tiermehl und belebtem Schlamm

Von den in Klärschlamm enthaltenen Schadstoffen muß auf den Schwermetallgehalt auf Grund der Schädlichkeit für Tiere besonderes Augenmerk gelegt werden. Der Schwermetallgehalt von belebtem Schlamm liegt ca. ein bis zwei Zehnerpotenzen höher als die bei Futtermittel tolerierbaren Gehalte. Die geringe Menge des zu verarbeitenden Überschussschlammes im Vergleich zur verarbeiteten Rohware erlauben aber eine gemeinsame Verarbeitung zu Futtermittel.

Schwermetallgehalt in mg/kg TS			TKV- Unter- frauen- haid	Richtwerte	
	G. USRAEL, 1980	ATV, 1976		Steier- mark	BRD
Cu	380-800	100-2100	50	500	1200
Mn	-	-	120	-	-
Fe	-	-	14000	-	-
Zn	1500-3000	820-7130	310	2000	3000
Co	-	8-11	5	100	-
Mo	-	-	5	50	-
Pb	180-700	149-265	380	500	1200
Cd	2-80	3-97	1	10	30
Cr	90-630	50-3770	70	500	1200
Ni	50-380	30-920	1	200	200

Tab. 27: Schwermetallgehalt von belebtem Schlamm

Wird der Überschussschlamm in die Produktion zurückgeführt, so errechnen sich die in Tabelle 28 angegebenen Zunahmen der Schwermetallgehalte im Endprodukt. (US ~ 2 kg/t Rohware,  $\eta$  ~ 30 %).

		Zunahme des Schwermetallgehaltes im produzierten Futtermittel [mg/kg]
Kupfer	Cu	0,3
Mangan	Mn	0,7
Zink	Zn	1,8
Kobalt	Co	∨ 0,03
Molybdän	Mo	∨ 0,03
Blei	Pb	2,4
Cadium	Cd	∨ 0,006
Chrom	Cr	0,6
Nickel	Ni	∨ 0,006
Eisen	Fe	84

Tab. 28: Zunahme des Schwermetallgehaltes im Endprodukt bei Aufarbeitung des Überschussschlammes im Betrieb

Die hygienische Unbedenklichkeit des zu Futtermittel aufgearbeiteten Überschussschlammes ist wegen der bei der Drucksterilisation eingehaltenen Bedingungen gewährleistet.

Entscheidende Kriterien für die zu wählende Art der Schlammbehandlung sind die Menge von Überschussschlamm und wirtschaftliche Gesichtspunkte. Bei Verhältnissen wie bei der TKV-Unterfrauenhaid entstehen etwa 2 kg Überschussschlamm je Tonne Rohware, bei Annahme von 1 % Trockengehalt 200 l/t. Bei einer mittleren Tagesverarbeitung von 50 t Rohware/d ergibt dies täglich eine Schlammproduktion von 100 kg Überschussschlamm bzw. 10 m<sup>3</sup>/d. Im Vergleich zu der bei der Kläranlage Oberpullendorf anfallenden Schlammmenge (Bemessungswert: 25 000 EGW, bei 60 g US/E.d → 1 500 kg Überschussschlamm) ist dies gering.

Eine Kostenabschätzung beider Varianten gibt folgendes Bild:

a) Rückführung des Schlammes in die Produktion

Verarbeitete Rohware ~50 t/d

Schlammfall ~100 kg/d mit 1 % Feststoffgehalt bzw. 10 m<sup>3</sup>/d

	100 kg/d Überschussschlamm		50 t/d Rohware
	1 % Feststoffgehalt	20 % Feststoffgehalt	40 % Feststoffgehalt
Schlammmenge	10 m <sup>3</sup>	0,6 m <sup>3</sup>	-
zu verdampfende Wassermenge	9,9 t	0,5 t	30 t
Heizölbedarf +)	1,2 t	0,06 t	3,6 t
Heizölkosten +)	2435 öS	123 öS	7380 öS
Investitionskosten für Dekanter	--	ca. 800 000	-
Kosten pro Tag (10 Jahre 200 Arbeitstage/a)	--	400 öS	-
Gesamtkosten	2435 öS	523 öS	7380 öS
Erlös (Ausbeute 100 kg à 3,- öS)	300 öS	300 öS	60 000 öS

+) Betriebswerte der TKV Unterfrauenhaid: Um 1 l Wasser zu verdampfen, benötigt man 0,12 kg Öl, 1 t Heizöl kostet 2.050 öS.

Tab. 29: Kostenvergleich der verschiedenen Varianten der Überschussschlammabeseitigung

Eine Rücknahme des Überschussschlammes ist nur bei entsprechender Schlammmentwässerung rentabel. Auf Grund der geringen Menge Überschussschlamm im Vergleich zur verarbeiteten Rohware ist die Qualitätsverschlechterung des Endproduktes minimal (weniger als 0,5 % bezogen auf den Eiweißgehalt).

b) Schlammbehandlung in der Kläranlage Oberpullendorf:

Der in der Betriebskläranlage anfallende Schlamm ( $\sim 10 \text{ m}^3/\text{d}$  mit 1 % Feststoffgehalt = 100 kg/d) wird in den Kanal abgelassen und in der Verbandskläranlage behandelt. Die Behandlungskosten für  $1 \text{ m}^3$  Schlamm mit 3 % Feststoffgehalt (= 30 kg  $\text{TS}_R$ ) können mit 50 öS angenommen werden. Daraus ergeben sich im vorliegenden Fall Schlammbehandlungskosten in Höhe von 165 öS. Bei einem Gasanfall von  $\sim 400 \text{ l/kg oTS}$  und einem organischen Trockensubstanzgehalt von 70 %  $\text{TS}_R$  entstehen aus dieser Schlammmenge ca.  $25 \text{ m}^3$  Faulgas, dessen Wert mit weniger als 25 öS festgesetzt werden kann.

Wirtschaftlich gesehen gibt es bei den verschiedenen Varianten der Schlammbeseitigung (Ableitung in den Kanal bzw. Rückführung in die Produktion nach Entwässerung) keine ins Gewicht fallenden Kostenunterschiede.

#### 5.4.8. Geruchsfreimachung des Abwassers

Neben der biologischen Reinigung des Abwassers der TKV Unterfrauenhaid wurde die sichere und wirksame Desodorierung des Abwassers vor Einleitung in den Kanal angestrebt. Zur Beurteilung der Geruchsfreimachung wurden daher Geruchsmessungen an Zu- und Ablauf der Kläranlage durchgeführt. Zur quantitativen Beurteilung von Wasserproben wird der Geruchsschwellenwert bestimmt. Der Geruchsschwellenwert bestimmt den Verdünnungsgrad der zu untersuchenden Probe mit geruchsfreiem Wasser, bei dem eine Gruppe von Testpersonen gerade noch den Geruch wahrnehmen kann. Zur Geruchsmessung wurde das in Abschnitt B 1/2 der Deutschen Einheitsverfahren beschriebene Verfahren heran-

Probenbezeichnung	Untersuchungstemperatur °C	Zahl der Testpersonen	GSW Geruchsschwellenwert	COD Chemischer Sauerstoffbedarf (mg/l)
<b>Zulauf TKV:</b>				
11.10.	20	5	4000	3740
16.10.	21	5	800	1750
25.10.	20	5	2200	2010
31.10.	20	5	1800	2140
18.10.	20	5	8800	9080
24.10.	21	6	4400	3950
2.11.	20	6	1500	1466
7.11.	22	5	1300	762
8.11.	20	7	700	1150
20.11.	21	9	4000	2826
20.12.	23	4	2500	2063
<b>Ablauf TKV:</b>				
16.10.	21	5	4	162
18.10.	20	6	20	157
24.10.	20	6	20	149
31.10.	21	6	10	122
2.11.	20	6	4	123
7.11.	22	5	7	157
20.11.	22	9	6	104
20.12.	21	5	4	112

Tab. 30: Geruchsmessungen bei der Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid

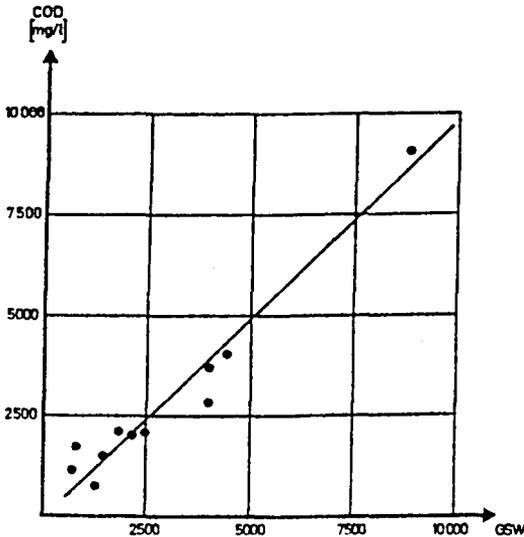


Abb. 24: Zusammenhang COD - Geruchsschwellenwert im TKV-Abwasser

Die Auswertung des Geruchstestes ist in Tabelle 30 zusammengestellt. Der Geruchsschwellenwert von TKV-Abwasser kann bis 500 mal höher sein als die entsprechenden Werte für häusliches Abwasser. Nach Messungen am Zulauf der Kläranlage Blumental sowie nach Literaturangaben (F. MALZ, 1979) hat Kommunalabwasser im unbehandelten Zustand einen Geruchsschwellenwert zwischen 80 bis 100. Der Geruch des TKV-Abwassers schwankt in Abhängigkeit von seiner Verschmutzung. Der Kläranlagenablauf der TKV Unterfrauenhaid kann gegenüber Rohabwasser als nahezu geruchlos bezeichnet werden. Bei der biologischen Behandlung nimmt der Geruchsschwellenwert um 2 - 3 Zehnerpotenzen ab und liegt in der Größenordnung von biologisch gereinigtem, häuslichen Abwasser.

Einige Proben wurden gaschromatographisch untersucht. Folgende Arbeitstechnik wurde eingehalten:

Aus 100 ml der filtrierte Probe wurden die flüchtigen Anteile mit Stickstoff ausgetrieben und in einer Kühlfalle bei  $-50^{\circ}\text{C}$  angereichert. Die Anreicherungszeit betrug 15 Minuten. Die Anreicherungssäule wurde dann mit dem Temperaturprogramm ( $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}/\text{Minute}$ ) bis  $150^{\circ}\text{C}$  aufgeheizt. Die Auftrennung der flüchtigen Anteile erfolgte mit einer Silikonsäule (20 % SE 30 auf Chromosorb W). Als Detektor diente ein Flammenionisationsdetektor.

Je ein Chromatogramm von Zu- und Ablauf der TKV-Kläranlage sind in Abb. 25 dargestellt. Zu gleichen Retentionszeiten sind charakteristische Peaks zu erkennen. Die Peakflächen, welche proportional den jeweils zu bestimmenden Substanzen sind, sind bei den Abläufen wesentlich kleiner als bei den Zuläufen, das heißt, daß im Ablauf weniger flüchtige und somit auch geruchsaktive Stoffe als im Zulauf enthalten sind.

Die Abnahme der Geruchsschwellenwerte, die charakteristische Änderung der Chromatogramme sowie die Tatsache, daß seit Inbetriebnahme der TKV-Kläranlage keine Klagen über Geruchsbelästigungen mehr laut geworden sind, bestätigen den Erfolg der Maßnahme zur Geruchsfreimachung des TKV-Abwassers.

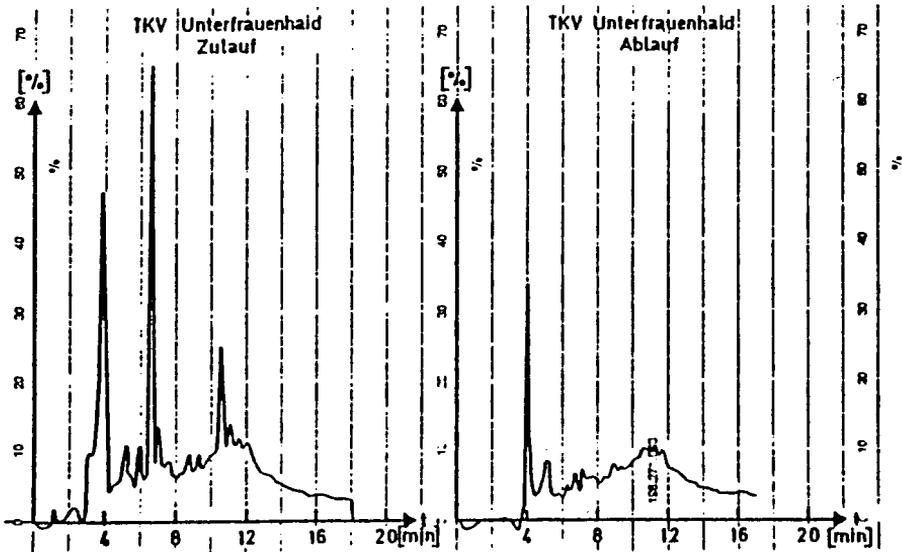


Abb. 25: Chromatogramme von Zu- und Ablauf der Kläranlage der TKV-Unterfrauenhaid

#### 5.4.9. Fremdüberwachung der Kläranlage

Von Jänner bis April 1979 wurde die Kläranlagenfunktion durch Fremdüberwachung kontrolliert. Zur Anwendung kam ein System, welches auf kosten- und zeitsparende Weise die entsprechenden Informationen liefert (W.v.d. EMDE, 1977, N. MATSCHÉ, 1977).

Der Klärwärter der TKV Unterfrauenhaid erhielt sogenannte "Pendelpackungen", welche mit 6 Analysencups gefüllt waren. Von Montag bis Freitag einer jeden Woche sollte er täglich eine Ablaufprobe und einmal in der Woche eine Schlammprobe in je eines dieser Röhrchen abfüllen. Waren sämtliche sechs Gefäße gefüllt, wurde die Pendelpackung samt den Proben eingesandt und die chemischen und mikroskopischen Untersuchungen durchgeführt.

Im betrachteten Zeitraum wurden folgende Ergebnisse erhalten:

Ablaufwerte	50 % kleiner als	85 % kleiner als
COD	127 mg/l	158 mg/l
TOC	41 mg/l	46 mg/l
NH <sub>4</sub> -N	239 mg/l	266 mg/l
(NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> )-N	0,3 mg/l	1,8 mg/l
PO <sub>4</sub> -P	0,7 mg/l	3,1 mg/l

Tab. 31: Fremdüberwachung der Betriebskläranlage

Die Ergebnisse der Fremdüberwachung zeigen, daß im Überwachungszeitraum die Kläranlage gut funktionierte. Die organische Verschmutzung in der Mehrzahl der Fälle war sehr niedrig. Einige Male - vor allem nach Feiertagen (z.B. Ostern) - konnte sogar bis zu 10 mg/l (NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>)-N nachgewiesen werden. Die mikroskopische Zusammensetzung des Schlammes war gegenüber früheren Untersuchungen nahezu unverändert.

#### 5.4.10. Tagesuntersuchung 6./7.6.1979

Am 6./7.6.1979 wurde in einer 24-Stunden-Untersuchung die Funktion der Kläranlage nach etwa einjährigem Betrieb geprüft.

Vom Zulauf wurden 2-Stunden-Mischproben, vom Ablauf der Kläranlage alle 2 Stunden Stichproben gezogen. Die entnommenen Proben wurden auf COD, BSB<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub>-N und PO<sub>4</sub>-P untersucht. Die Erfassung von pH-Wert, Temperatur, Abwassermenge, Sauerstoffgehalt sowie Schlammuntersuchungen ergänzten diese Analysen. Eine Zusammenfassung der Resultate ist in der folgenden Tabelle zu finden:

Tab. 32: Tagesuntersuchung 6./7.6.1979 - Nebergebältsse

Z u l a u f :	Q	C O D		B S B 5		P O 4 - P		N H 4 - N	
	m <sup>3</sup> /2h	mg/l	kg/2h	mg/l	kg/2h	mg/l	kg/2h	mg/l	kg/2h
6.6.12-14	10,6	3000	31,8	2252	23,9	9,3	0,10	266	2,8
14-16	20,3	6200	125,9	3846	78,1	21,0	0,43	267	5,4
16-18	18,2	3775	68,7	2035	37,0	9,0	0,16	281	5,1
18-20	12,3	5132	63,1	3735	45,9	9,6	0,12	275	3,4
20-22	12,3	3887	47,8	2610	32,1	7,7	0,09	161	2,0
22-24	12,3	3165	38,9	2075	25,5	7,7	0,09	165	2,0
7.6. 0-2	14,4	2443	35,2	1540	22,2	7,7	0,11	169	2,4
2-4	14,4	4934	71,0	3280	47,2	13,5	0,19	234	3,4
4-6	4,1	26960	110,5	17900	73,4	109,8	0,45	447	1,8
6-8	14,4	3878	55,8	2418	34,8	8,7	0,13	233	3,4
8-10	14,4	2887	41,6	1705	24,6	3,9	0,06	199	2,9
10-12	15,1	7173	108,3	4339	65,5	11,6	0,18	208	3,1
Summe	162,8	4905	798,6	3134	510,2	19,2	3,12	232	37,7
A b l a u f :									
6.6.12-14	10,6	232	3,0	149	1,9	0,4	0,01	145	1,9
14-16	20,3	283	5,7	149	3,0	1,8	0,04	153	3,1
16-18	18,2	330	6,0	149	2,7	1,1	0,02	145	2,6
18-20	12,3	409	5,0	213	2,6	2,4	0,03	141	1,7
20-22	12,3	421	5,2	192	2,4	2,4	0,03	140	1,7
22-24	12,3	281	3,5	141	1,7	1,8	0,02	154	1,9
7.6. 0-2	14,4	283	4,1	141	2,0	1,3	0,02	160	2,3
2-4	14,4	283	4,1	142	2,0	0,7	0,01	160	2,3
4-6	4,1	277	1,1	146	0,6	0,6	0,01	136	2,0
6-8	14,4	554	8,0	385	5,2	1,6	0,02	228	3,3
8-10	14,4	529	7,6	317	4,6	1,6	0,02	232	3,3
10-12	15,1	507	7,6	294	4,4	1,3	0,02	228	3,4
Summe	162,8	375	61,0	210	34,2	1,5	0,2	172	28,0

Abwasser:	4,4 m <sup>3</sup> Abwasser/t Rohware
	21,8 kg COD/t Rohware
	13,9 kg BSB <sub>5</sub> /t Rohware
	0,1 kg PO <sub>4</sub> -P/t Rohware
	1,0 kg NH <sub>4</sub> -N/t Rohware
Belebungsbecken: Volumen	157 m <sup>3</sup>
B <sub>R,COD</sub>	= 5,1 kg/m <sup>3</sup> .d
B <sub>R,BSB<sub>5</sub></sub>	= 3,3 kg/m <sup>3</sup> .d
B <sub>TS,COD</sub>	= 0,6 kg/kg.d
B <sub>TS,BSB<sub>5</sub></sub>	= 0,4 kg/kg.d
Belüftungszeit des Abwassers	22,8 h
Reinigungsleistung:	$\eta_{\text{COD}} = 92,4 \%$
	$\eta_{\text{BSB}_5} = 93,3 \%$
pH-Wert	Zulauf 7,5-8,8      Ablauf 7,5
Temperatur	~ 30°C                      21-24°C
Belebungsbecken:	
Schlammgehalt	8,6 gTS/l
Schlammvolumen	1650 ml/l
Schlammindex	192 ml/g
O <sub>2</sub> -Zufuhr	ca. 550 kgO <sub>2</sub> /d
Verarbeitete Rohware	36,7 t

Tab. 33: Tagesuntersuchung 6./7.6.1979  
Berechnete Kennwerte

An diesem Untersuchungstag wurden überaus hohe Verschmutzungswerte festgestellt. Die relativ hohe Abwassermenge ist auf Frischwasser-verluste der Kondensatoren auf Grund eines Betriebsschadens zurückzuführen. Die große Schmutzfracht je Tonne verarbeiteter Rohware ist eine Folge der warmen Witterung während der Untersuchung sowie der Einleitung von Blut aus der unreinen Seite.

Unter diesen Bedingungen war die Kläranlage sehr hoch belastet. Die Auslegungsdaten der Kläranlage wurden überschritten. Der hohe Schlammgehalt im Belebungsbecken, eine ausreichende Sauerstoffversorgung der Mikroorganismen und die entsprechende Belüftungszeit des Abwassers

ermöglichten trotz dieser extremen Belastung der Kläranlage ein gutes Reinigungsergebnis: Über 90 % der Verschmutzung gemessen als COD bzw. als BSB<sub>5</sub> wurden an diesem Tag auf biologischem Wege aus dem Abwasser entfernt.

## 5.5. Untersuchungen auf der Verbands- kläranlage Oberpullendorf

### 5.5.1. Verbandskläranlage

Der Abwasserverband "Mittleres Burgenland" entsorgt das Gebiet zwischen Oberpullendorf und Siegraben einerseits und Schwarzenbach andererseits.

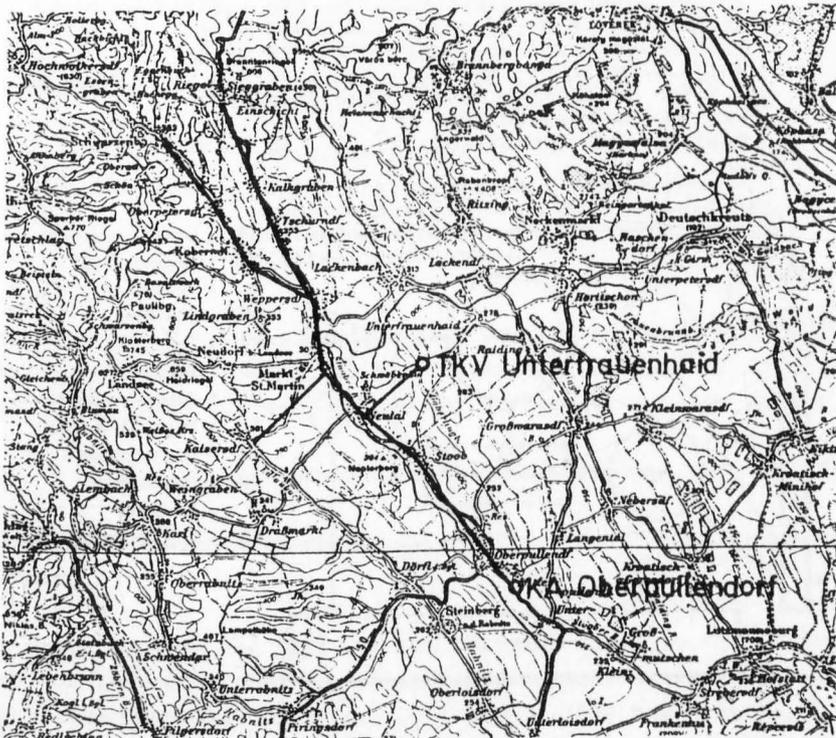


Abb. 26: Abwasserverband Mittleres Burgenland

Zum Zeitpunkt der Untersuchungen setzte sich der Zulauf zur Kläranlage Oberpullendorf hauptsächlich aus häuslichem Abwasser mit relativ großem Fremdwasseranteil zusammen. Der Industrieabwasseranteil war gering. Das biologisch vorgereinigte TKV-Abwasser wurde über den Sammelkanal zur Kläranlage Oberpullendorf geleitet, wo es gleichsam in einer zweiten Stufe nachgereinigt wurde.

Der Abwasserverband "Mittleres Burgenland" wählte als Abwasserreinigungsverfahren das einstufige Belebungsverfahren und anaerobe Schlammbehandlung.

Folgende Planungswerte sind der Kläranlage zugrunde gelegt:

Einwohnergleichwerte	25 000 EGW
spezifischer Abwasseranfall	150 l/EGW.d
Abwassermenge	3750 m <sup>3</sup> /d
Trockenwetterabfluß (TWA)	75 l/s
Bei Regenwetter:	
3,5 TWA mechanisch biologische Reinigung	
6,5 TWA Regenklärbecken	
Spezifischer Schmutzanfall	60 g BSB <sub>5</sub> /EGW.d

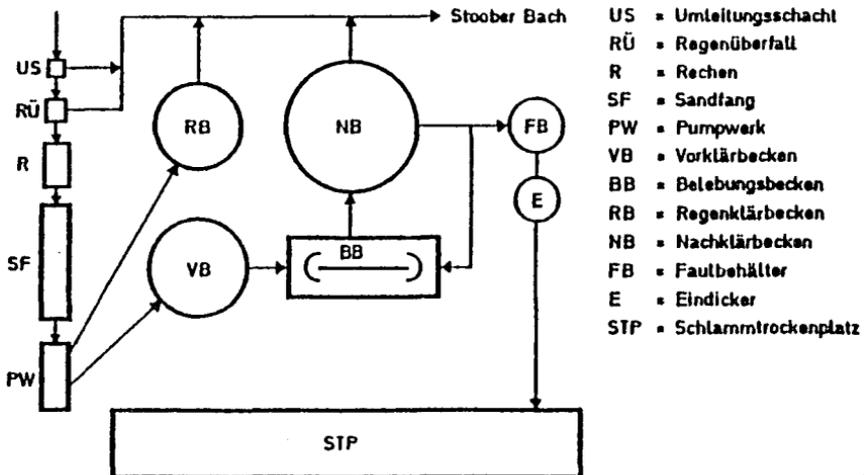


Abb. 27: Schema der Kläranlage Oberpullendorf

Die Anlage besteht aus folgenden Teilen:

Rechen:	automatischer Greiferrechen
Sandfang:	belüfteter Längssandfang mit seitlicher Öl- und Fettfangrinne
Pumpwerk:	2 Schneckenpumpen Fördermenge 3,5 TWA = 2 x 130 = 260 l/s
Vorklärbecken:	Rundbecken mit zentraler Beschickung V = 940 m <sup>3</sup> Aufenthaltszeit bei 3,5 TWA 1 Stunde
Belebungsbecken:	Einteiliges Rechteckbecken V = 1125 m <sup>3</sup> 3 Mammutrotoren Ø 1000 mm, 6,0 m lang
Nachklärbecken:	Rundbecken mit zentraler Beschickung V = 1940 m <sup>3</sup> Aufenthaltszeit bei 3,5 TWA 2 Stunden
Faulbehälter:	Schlammanfall 2,0 l/EGW.d Aufenthaltszeit 20 Tage V = 1000 m <sup>3</sup>
Regenklärbecken:	Runde Flachbecken für 6,5 TWA Zulauf über Stengeleinläufe V = 870 m <sup>3</sup> Aufenthaltszeit 0,5 Stunden
Nebenanlagen:	Umleitung, Eindicker, Schlammplätze, Schaltwarte mit Labor und Nebenräumen, Verbandszentrale, Garagen, Werkstätten, Klärwärterwohnhaus.

Messungen auf der Verbandskläranlage vor und nach der Inbetriebnahme der Betriebskläranlage der TKV-Anstalt sollten den Einfluß dieses Abwassers auf den Betrieb der Verbandskläranlage zeigen.

#### 5.5.2. Ergebnisse der Fremdüberwachung

Die Fremdüberwachung wurde wie in Kapitel 5.4.9. beschrieben durchgeführt.

Die erste Überwachung fällt in den Zeitraum vom 7.2. - 15.7.1977, also vor Inbetriebnahme der Betriebskläranlage, weiters wurde die Kläranlage Oberpullendorf vom 5.9. - 13.11.1978 bzw. vom 30.10. - 24.12.1979 überwacht, in Perioden also, in denen nur biologisch behandeltes TKV-Abwasser in den Verbandskanal übergepumpt wurde.

Die Überwachungsergebnisse sind in Tab. 34 zusammengestellt:

Mittelwerte		vor Inbetriebnahme der TKV-Kläranlage 7.2. - 15.7.1977	nach Inbetriebnahme der TKV-Kläranlage 5.9. - 13.11.1978 u. 30.10. - 24.12.1979
Abwassermenge	m <sup>3</sup> /d	3219 ± 1471	3331 ± 1277
Ablauf: COD	mg/l	24 ± 9	27 ± 5
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	1,4	6,2
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	13,8 ± 4,8	17,5 ± 9,2
PO <sub>4</sub> -P	mg/l	3,5 ± 1,3	6,6 ± 1,9

Tab. 34: Fremdüberwachung der Kläranlage  
Oberpullendorf

Während der Überwachungszeiträume wurde in der Verbandskläranlage etwa gleichviel Abwasser gereinigt. Die Reinigungsleistung muß als gut bezeichnet werden. Die Anforderung an die Ablaufqualität einer Kläranlage, daß 80 % aller Proben einen COD von weniger als 75 mg/l haben soll, wurde von dieser Kläranlage erfüllt und eingehalten. Die Nährstoffkonzentration hat sich im zweiten Überwachungsabschnitt erhöht, was auf die steigende Zahl der Hausanschlüsse zurückzuführen ist.

Bei den derzeitigen Belastungsverhältnissen in der Verbandskläranlage kann eine negative Beeinflussung der Reinigungsleistung durch das TKV-Abwasser praktisch ausgeschlossen werden.

### 5.5.3. Detaillierte Untersuchung 31.7. - 11.8.1978

In einer eingehenderen Untersuchung sollten einerseits Daten über Belastungs- und Reinigungsleistung der Verbandskläranlage gewonnen werden, und andererseits der Anteil der TKV-Abwasser am Gesamtabwasser festgestellt werden. Diese Untersuchung wurde nur an Werktagen durchgeführt.

In der ersten Versuchswoche mußte die Betriebskläranlage der TKV Unterfrauenhaid wegen Einbau des neuen Fettfanges außer Betrieb genommen werden. In der zweiten Untersuchungswoche wurde von der Tier-

Körperverwertungsanstalt nur biologisch gereinigtes Abwasser zur Kläranlage geleitet.

Die Abwasserprobennahme wurde wie folgt durchgeführt:

Bei Zu- und Ablauf wurde mit Hilfe automatischer Probennahmegeräte 6<sup>h</sup>-Proben gezogen, welche zu mengenproportionalen Tagesmischproben zusammengesetzt wurden. Die auf der Kläranlage Oberpullendorf gezogenen Proben wurden im Kühlschrank konserviert. Die Proben wurden auf COD, BSB<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, Kjeldahl-Stickstoff, PO<sub>4</sub>-P und Gesamtphosphor untersucht.

Die im Rahmen der Eigenüberwachung auf der Kläranlage Oberpullendorf gemessenen Daten wurden zur Auswertung ebenfalls herangezogen.

Die laufende Überwachung bei der Betriebskläranlage der TKV Unterfrauenhaid gab Auskunft über die Verschmutzung und Fracht der abgeleiteten Betriebsabwässer.

Wegen der unterschiedlichen Bedingungen während der beiden Wochen wurde eine getrennte Auswertung vorgenommen (Tab. 35).

Die Belastung der Kläranlage Oberpullendorf an Werktagen ist in der Aufstellung in Tabelle 36 ersichtlich.

	Mittelwert	spez. Werte pro	
Abwassermenge	2463 m <sup>3</sup> /d	200 l/E.d	12315 EGW
COD	789 kg/d	100 g/E.d	7890 EGW
BSB <sub>5</sub>	382 kg/d	60 g/E.d	6370 EGW
TOC	260 kg/d	32 g/E.d	8130 EGW
Stickstoff	98 kg/d	10 g/E.d	9800 EGW
Phosphor	25 kg/d	4 g/E.d	6250 EGW
			Mittelwert 7690 EGW

Tab. 36: Belastung der Kläranlage Oberpullendorf

Kläranlage Oberpullendorf		31.7.-5.8.78 TKV- Kläranlage außerBetrieb	6.-11.8.1978 TKV- Kläranlage in Betrieb
Abwassermenge Q	$\frac{m^3}{d}$	2460	2465
Raumbeschickung $q_R$	$\frac{m^3}{m^3 \cdot d}$	2,19	2,19
COD-Zulauf	mg/l	370	271
COD-Ablauf	mg/l	38	21
COD-Abnahme $\eta_{COD}$	%	89,7	92,3
COD-Raumbelastung $B_{R,COD}$	$\frac{kg}{m^3 \cdot d}$	0,81	0,59
COD-Schlammbelastung $B_{TS,COD}$	$\frac{kg}{kg \cdot d}$	0,05	0,03
BSB <sub>5</sub> -Zulauf	mg/l	177	133
BSB <sub>5</sub> -Ablauf	mg/l	3	3
BSB <sub>5</sub> -Abnahme $\eta_{BSB_5}$	%	98,4	97,9
BSB <sub>5</sub> -Raumbelastung $B_{R,BSB_5}$	$\frac{kg}{m^3 \cdot d}$	0,39	0,29
BSB <sub>5</sub> -Schlammbelastung $B_{TS,BSB_5}$	$\frac{kg}{kg \cdot d}$	0,02	0,02
TOC-Zulauf	mg/l	118	93
TOC-Ablauf	mg/l	11	6
TOC-Abnahme $\eta_{TOC}$	%	90,5	93,5
TOC-Raumbelastung $B_{R,TOC}$	$\frac{kg}{m^3 \cdot d}$	0,26	0,20
TOC-Schlammbelastung $B_{TS,TOC}$	$\frac{kg}{kg \cdot d}$	0,02	0,01
Gesamt-Stickstoff-Zulauf	mg/l	45,0	33,9
NO <sub>3</sub> -N-Ablauf	mg/l	14,3	8,6
Gesamt-Stickstoff-Ablauf	mg/l	18,5	12,5
Gesamt-Phosphor-Zulauf	mg/l	10,9	9,2
Gesamt-Phosphor-Ablauf	mg/l	7,6	4,5
Absetzbare Stoffe Zulauf	ml/l	6,6	1,9
Absetzbare Stoffe Ablauf	ml/l	0	0
Temperatur Belebungsbecken	°C	17,3	17,1
Trockensubstanz TS <sub>R</sub>	g/l	15,7	17,5
Schlammvolumen SV <sub>R</sub>	ml/l	340	470
Sichttiefe	cm	150	143

Tab. 35: Kläranlage Oberpullendorf - Meßergebnisse

Vom 31.7.-11.8.1978 schwankte die tägliche Zulauffracht zwischen 450 - 1250 kg COD bzw. 240 - 550 kg BSB<sub>5</sub>, im Mittel betrug die tägliche Zulauffracht etwa 800 kg COD bzw. 390 kg BSB<sub>5</sub>. Daraus errechnet sich eine mittlere, tägliche Belastung von etwa 7700 EGW. Die höhere hydraulische Belastung (12315 EGW bzw. 320 l/E.d) erklärt sich durch den hohen Fremdwasseranteil des Abwassers.

Bei der sich einstellenden Belastung ( $B_{R,BSB_5} = 0,4 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ ,  $B_{TS,BSB_5} = 0,02 \text{ kg/kg.d}$ ) wurden mehr als 90 % des COD, mehr als 98 % des  $BSB_5$  und mehr als 90 % des TOC entfernt. Die Stickstoffverbindungen im Rohabwasser wurden fast vollständig zu Nitrat oxidiert.

Der direkte Vergleich der Zulauffracht zur Kläranlage Oberpullendorf mit der an den Abwasserverband abgegebenen TKV-Abwasserfracht läßt den geringen Anteil des TKV-Abwassers am Gesamtabwasser erkennen.

		31.7. - 3.8.1978 TKV-Kläranlage außer Betrieb			6.8. - 9.8.1978 TKV Kläranlage in Be- trieb		
		Ober- pullen- dorf	TKV Unter- frauen- haid	Anteil d. TKV-Ab- wassers [%]	Ober- pullen- dorf	TKV Unter- frauen- haid	Anteil d. TKV-Ab- wassers [%]
Q	$\text{m}^3/\text{d}$	2458	47,5	1,9	2465	18,9	0,8
COD	kg/d	909	157	17,3	668	8,6	1,3
$BSB_5$	kg/d	435	99	22,8	328	2,2	0,7
TOC	kg/d	290	57	19,7	229	3,6	1,6
Ges.N	kg/d	111	17	15,3	84	6,4	7,6
Ges.P	kg/d	27	0,4	1,5	25	0,2	0,8

Tab. 37: Anteil des TKV-Abwassers am Gesamt-  
zulauf der Kläranlage Oberpullendorf

Mengenmäßig fällt das TKV-Abwasser nicht ins Gewicht (Anteil: < 2 % der Gesamtwassermenge). Verschmutzungsmäßig hängt der Anteil von der Vorbehandlung des TKV-Abwassers ab. Bei Einleitung unbehandelten TKV-Abwassers betrug die organische Schmutzfracht etwa 20 % der Zulauffracht der Verbandskläranlage. Die von der TKV-Anstalt abgeleitete Phosphormenge ist unbedeutend.

Im Fall einer biologischen Vorbehandlung des TKV-Abwassers sind die abgeleiteten Schmutzfrachten im Vergleich zum übrigen Abwasser (Anteil  $\sim 1$  % an der Gesamtzulaufverschmutzung der Verbandskläranlage) minimal.

Die abgeleitete Stickstoffmenge bleibt nahezu unverändert, da in der Betriebskläranlage nur die für den Zellaufbau erforderlichen Mengen an Stickstoff entfernt werden. Für die Verbandskläranlage entsteht durch die Ableitung des im Betriebsklärwerk abgezogenen Überschussschlammes eine zusätzliche Belastung für den mechanischen Teil und für die Faulung.

Weit unangenehmer und auffallender sind die durch das Rohabwasser verursachten Unannehmlichkeiten im Kanal und auf der Kläranlage. Bei fehlender biologischer Vorbehandlung treten entlang des Kanals und im mechanischen Teil der Verbandskläranlage Geruchsemissionen und Betriebsschwierigkeiten (z.B. Fettkrusten an den Wänden) auf.

## 5.6. Untersuchungen auf der Betriebskläranlage der TKV Landscha

### 5.6.1. Beschreibung des Betriebes und der Kläranlage.

Der im Jahre 1972 modernisierte Betrieb entsorgt die Steiermark sowie weite Teile Kärntens und Salzburgs. Das Verarbeitungsschema entspricht dem der TKV Unterfrauenhaid. In 7 Kochern à 4 t wird das anfallende Material sterilisiert und danach in Schnecken zentrifugen entfernt.

Die TKV Landscha reinigt ihr Abwasser in einer zweistufigen Belebungsanlage mit getrennten Schlammkreisläufen. Abbildung 28 zeigt diese Kläranlage, das Fließschema ist in Abbildung 29 dargestellt. Eine Zusammenfassung der Bemessungsdaten ist in Tabelle 38 gegeben.

Das Abwasser der reinen und unreinen Seite wird in einem zentralen Pumpenschacht gesammelt. Hier ist eine Temperaturmeßeinrichtung installiert, die gekoppelt mit einer Frischwasserzuleitung automatisch für eine maximale Temperatur von 30°C sorgt. Vom Pumpenschacht wird das Abwasser kontinuierlich in die Kläranlage gepumpt.

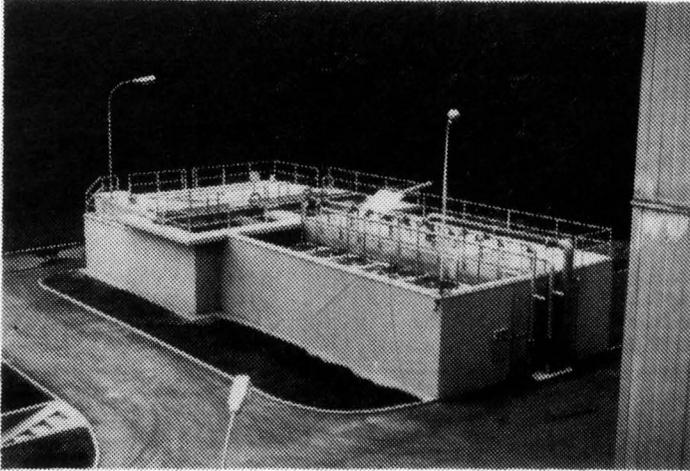


Abb. 28: Kläranlage der TKV Landscha

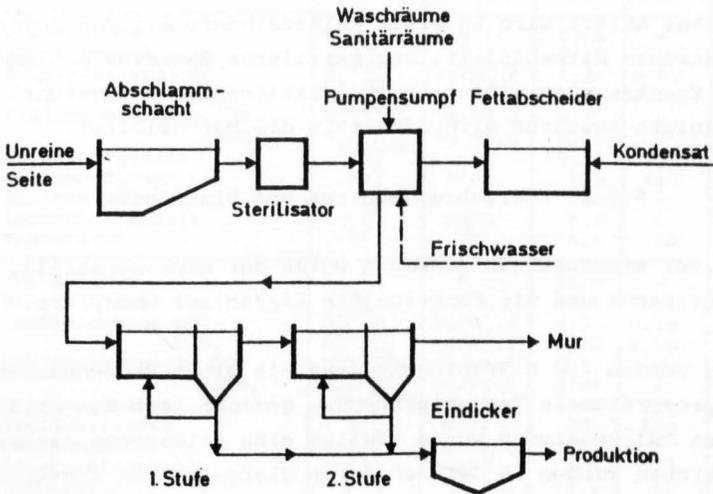


Abb. 29: Fließschema der Kläranlage der TKV Landscha

		1. Stufe	2. Stufe
Tägliche BSB <sub>5</sub> -Fracht	450 kg/d		
Tägliche Abwassermenge	528 m <sup>3</sup> /d		
Raumbelastung B <sub>R</sub> , BSB <sub>5</sub>	kg/m <sup>3</sup> ·d	2,5	0,7
Schlammbelastung B <sub>TS</sub> , BSB <sub>5</sub>	kg/kg·d	0,5	0,2
Q <sub>RS</sub> : Q <sub>18</sub>	---	0,5	0,5
Sauerstofflast OC <sub>R</sub> : B <sub>R</sub>	kg/kg	1,5	2,5
Volumen Belebungsbecken	m <sup>3</sup>	180	180
Sauerstoffbedarf	kg/h	28,2	11,5
Aufenthaltszeit Nachklärung	h	4,5	4,5
Oberflächenbelastung	m <sup>3</sup> /h	0,6	0,6
Volumen Nachklärbecken	m <sup>3</sup>	52	52
Oberflächen Nachklärbecken	m <sup>2</sup>	21	21

Tab. 38: Bemessungsdaten der Kläranlage  
der TKV Landschaft

Die Sauerstoffversorgung erfolgt mit feinblasiger Druckbelüftung. Das erste Belebungsbecken ist geruchsdicht abgedeckt. Die entstehende Abluft wird in einem Kalksteinturm mit den anderen Abluftströmen mitbehandelt. Der anfallende Überschußschlamm wird nach Entwässerung wieder dem Produktionsprozeß zugeführt. Das gereinigte Abwasser wird direkt in die Mur geleitet.

#### 5.6.2. Betriebsergebnisse und Diskussion

In einer einmonatigen Erhebung wurde der Abwasseranfall, die Abwasserfracht und die Funktion der Kläranlage überprüft.

Hiezu wurden vom Kläranlagenzulauf mit einem Probennahmengerät zeitproportionale Tagesmischproben gezogen, von den Abläufen der beiden Anlagenstufen wurde täglich eine Stichprobe genommen. Die Proben wurden im Betrieb durch Tiefgefrieren konserviert. Die abwassertechnischen Parameter (COD, BSB<sub>5</sub>, PO<sub>4</sub>-P, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N) wurden beim Rohabwasser von den homogenisierten Proben, bei den Abläufen von den abgesetzten Proben bestimmt. Die verwendeten Analysenvorschriften sind im Anhang zusammengestellt.

TKV Landscha 31.8. - 24.9.1978			Mittel	Min.	Max.	
Abwassermenge	Q	m <sup>3</sup> /d	176	87	229	
Temperatur Zulauf	T	°C	16,5	13	20	
COD-Zulauf		mg/l	1516	120	3272	
COD-Ablauf I		mg/l	567	229	1576	
COD-Ablauf II		mg/l	91	52	174	
BSB <sub>5</sub> -Zulauf		mg/l	1113	64	2417	
BSB <sub>5</sub> -Ablauf I		mg/l	281	-	-	
BSB <sub>5</sub> -Ablauf II		mg/l	27	-	-	
NH <sub>4</sub> -N-Zulauf		mg/l	107,0	8,0	218	
(NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> )-N-Zulauf		mg/l	-	-	-	
NH <sub>4</sub> <sup>2</sup> N <sub>3</sub> -Ablauf		mg/l	107,2	28,8	208	
(NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> )-N-Ablauf I		mg/l	-	-	-	
NH <sub>4</sub> <sup>2</sup> N-Ablauf II		mg/l	104,3	13,8	176,2	
NO <sub>2</sub> -N-Ablauf II		mg/l	5,3	-	23,3	
NO <sub>3</sub> -N-Ablauf II		mg/l	-	-	-	
PO <sub>3</sub> -P-Zulauf		mg/l	3,1	-	8,3	
PO <sub>4</sub> -P-Ablauf I		mg/l	1,1	0,2	4,6	
PO <sub>4</sub> -P-Ablauf II		mg/l	1,1	0,1	3,4	
pH-Zulauf			7,9	6,8	9,0	
pH-Ablauf I			7,7	7,3	8,4	
pH-Ablauf II			7,7	7,4	8,5	
1. Stufe	COD-Abnahme	η COD	§	62,6	-	-
	BSB <sub>5</sub> -Abnahme	η BSB <sub>5</sub>	§	74,8	-	-
	Raumbelastung COD	E <sub>R</sub> , COD	kg/m <sup>3</sup> .d	1,50	0,13	4,11
	BSB <sub>5</sub>	E <sub>R</sub> , BSB <sub>5</sub>	kg/m <sup>3</sup> .d	1,10	0,07	3,07
	Schlammbelastung COD	E <sub>TS</sub> , COD	kg/kg.d	0,24	-	-
	BSB <sub>5</sub>	E <sub>TS</sub> , BSB <sub>5</sub>	kg/kg.d	0,18	-	-
	Trockensubstanz	T <sub>S</sub> , BSB <sub>5</sub>	g/l	6,27	5,2	7,1
	Schlammvolumen	SV <sub>R</sub>	ml/l	630	400	920
	Schlammindex	ISV	ml/g	100	-	-
	Sauerstoffgehalt	O <sub>2</sub>	mg/l	0,8	-	3,6
Temperatur	T <sup>2</sup>	°C	18,0	16	20	
2. Stufe	COD-Abnahme	η COD	§	84,0	-	-
	BSB <sub>5</sub> -Abnahme	η BSB <sub>5</sub>	§	90,4	-	-
	Raumbelastung COD	E <sub>R</sub> , COD	kg/m <sup>3</sup> .d	0,57	0,20	1,98
	BSB <sub>5</sub>	E <sub>R</sub> , BSB <sub>5</sub>	kg/m <sup>3</sup> .d	0,28	0,10	0,98
	Schlammbelastung COD	E <sub>TS</sub> , COD	kg/kg.d	0,17	-	-
	BSB <sub>5</sub>	E <sub>TS</sub> , BSB <sub>5</sub>	kg/kg.d	0,08	-	-
	Trockensubstanz	T <sub>S</sub> , BSB <sub>5</sub>	g/l	3,43	2,5	4,7
	Schlammvolumen	SV <sub>R</sub>	ml/l	460	320	640
	Schlammindex	ISV	ml/g	134	-	-
	Sauerstoffgehalt	O <sub>2</sub>	mg/l	3,6	1,0	5,5
Temperatur	T <sup>2</sup>	°C	18,5	17	20	
Gesamt	Raumbelastung COD	E <sub>R</sub> , COD	kg/m <sup>3</sup> .d	0,75	0,06	2,05
	BSB <sub>5</sub>	E <sub>R</sub> , BSB <sub>5</sub>	kg/m <sup>3</sup> .d	0,55	0,03	1,63
	Gesamt COD-Abnahme	η COD	§	94,0	-	-
Gesamt BSB-Abnahme	η BSB	§	97,5	-	-	

Tab. 39: Kläranlage der TKV Landscha - Meßergebnisse

Für die Auswertung wurden vom Betrieb bekanntgegebene Verarbeitungsmengen sowie die vom Klärwärter an Ort und Stelle gemessenen Daten (Abwassermenge, pH-Wert, Schlammvolumen, Trockensubstanz, Sauerstoffgehalt in den Belebungsbecken) herangezogen. Die Meßdaten sind in Tabelle 39 zusammengestellt.

Im September 1978 wurden je Arbeitstag im Mittel 75 t Rohware, hauptsächlich Konfiskate, sterilisiert. Abbildung 30 zeigt, daß in diesem Betrieb nur an 5 Tagen Rohmaterial verarbeitet wurde, und daß die tägliche Verarbeitungsmenge zwischen 50 und 100 t Rohmaterial schwankte. Verglichen mit der Jahresverarbeitungsmenge wurde in diesem Zeitabschnitt eine unterdurchschnittliche Menge Rohware in Fett und Mehl umgewandelt.

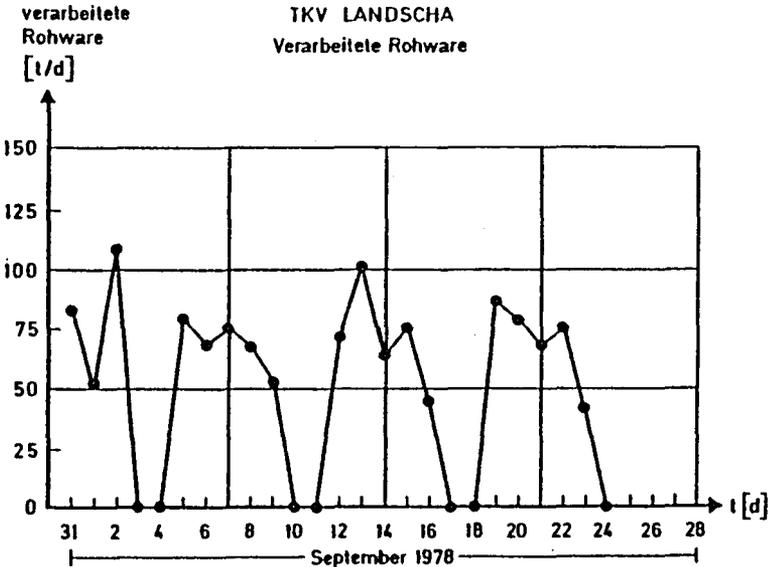


Abb. 30: TKV-Landscha - Verarbeitete Rohware

Zwischen 31.8. - 24.9.1978 fielen  $4397 \text{ m}^3$  Betriebsabwasser an, was einem täglichen Abwasseranfall von ungefähr  $175 \text{ m}^3$  entspricht. Die Abwasserganglinie ist in Abb. 31 dargestellt.

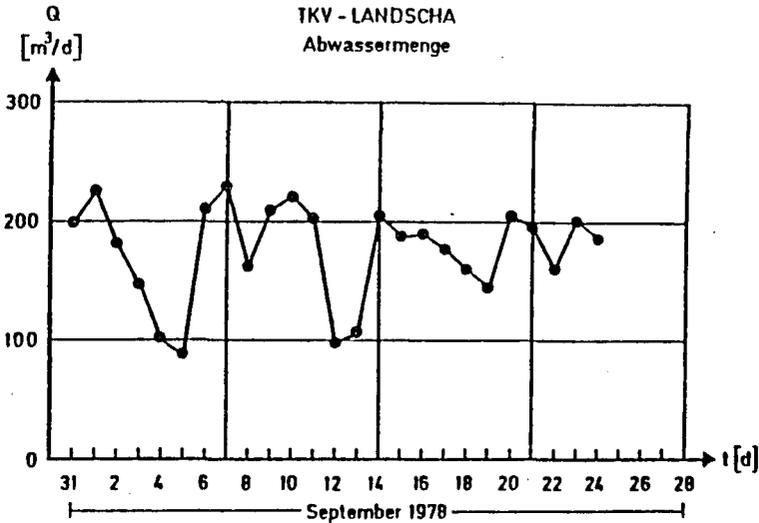


Abb. 31: TKV-Landscha - Abwasseranfall

Bezogen auf die verarbeitete Rohware errechnet sich ein spezifischer Abwasseranfall von  $2,5 \text{ m}^3/\text{t}$  Rohware, ein im Vergleich mit anderen Anstalten relativ hoher Wert, der sich mit der Zugabe von 1 - 2 l/s Frischwasser zum Abwasser erklärt.

Das Abwasser zeigt die für solche Betriebe typischen Eigenschaften (graue Färbung, geringer Schwebstoffgehalt, widerwärtiger Geruch). Infolge der Verdünnung mit Frischwasser ist die Verschmutzungskonzentration im Vergleich zu anderen TKV-Anstalten geringer. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden folgende spezifische Schmutzfrachten gefunden:

1 t Rohware liefert		i.M.	min.	max.
COD	kg/t	4,9	2,4	9,2
BSB <sub>5</sub>	kg/t	3,6	1,6	6,9
NH <sub>4</sub> -N	kg/t	0,4	0,1	0,4
PO <sub>4</sub> -P	kg/t	0,01	0,01	0,02

Diese Werte liegen etwa in der Größenordnung, wie sie bei vielen anderen Anstalten gefunden werden.

Bei Vergleich der Bemessungsdaten mit den Meßwerten erkennt man, daß das Klärwerk im Untersuchungszeitraum belastungsmäßig nicht ausgelastet war. Lediglich bei Belastungsstößen wurden die Auslegungswerte überschritten. Die erzielte Reinigungsleistung kann als gut bezeichnet werden. In der höher belasteten ersten Stufe wurden mehr als 60 % des COD bzw. annähernd 75 % des BSB<sub>5</sub> entfernt (siehe Abb.32). Der Zulauf zur zweiten Stufe enthielt wenig abfiltrierbare Stoffe und wenig gelöste, organische Stoffe. Dementsprechend bildete sich in der zweiten Stufe wenig Überschussschlamm, wodurch ein hohes Schlammalter eingehalten werden konnte. Es stellten sich bereits solche Bedingungen ein, daß der im Abwasser enthaltene Stickstoff teilweise oxidiert werden konnte. Wie auch bei anderen TKV-Kläranlagen wurde auch hier nur eine Oxidation bis zum Nitrit festgestellt. Der Ablauf der Kläranlage war weitgehend schwebstofffrei, farblos und geruchsneutral.

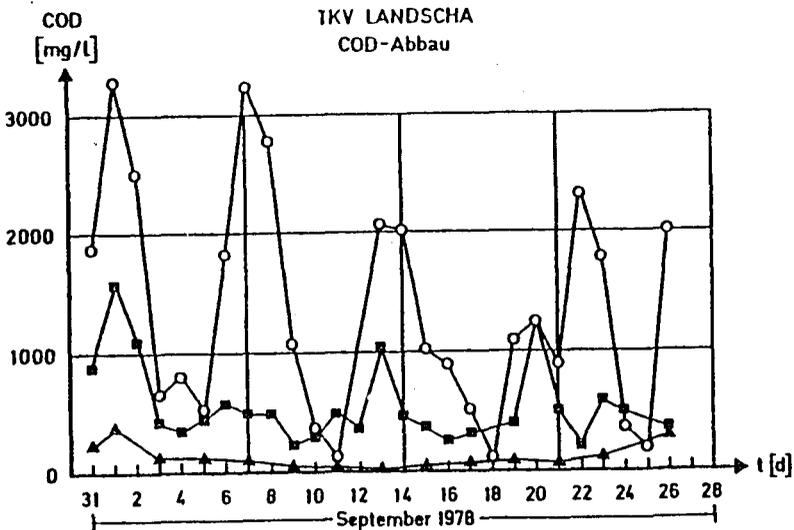


Abb. 32: TKV Landscha - COD-Abbau

Eine COD-Bilanz ermöglicht einen Überblick über die Vorgänge in dieser Kläranlage. Die Zu- und Ablauf-COD-Fracht sowie die Überschussschlammmenge wurden gemessen. Da die Messung des Sauerstoffverbrauchs kein sinnvolles Resultat ergab, wurde diese Größe aus der COD-Bilanz abgeschätzt.

Frachten:	COD	BSB <sub>5</sub>
Zulauf	267 kg/d	196 kg/d
Ablauf I	100 kg/d	50 kg/d
Ablauf II	16 kg/d	5 kg/d
Überschussschlamm (1kg COD = 1kg TS <sub>R</sub> )		
1.Stufe		63 kg/d
2.Stufe		6,5 kg/d
$\Delta$ = Sauerstoffverbrauch		
1.Stufe		104 kg/d
2.Stufe		77,5 kg/d

Tab. 40: TKV Landscha - COD-Bilanz

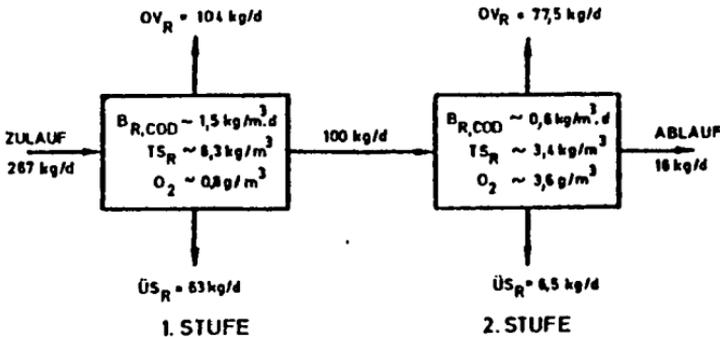


Abb. 33: TKV Landscha - COD-Bilanz

Aus der Kenntnis des Sauerstoffverbrauches ( $OV \sim 181,5 \text{ kg/d}$ ), des mittleren Sauerstoffgehaltes in den beiden Belebungsbecken (1. Becken  $c_x = 0,8 \text{ mg/l}$ , 2. Becken  $c_x = 3,6 \text{ mg/l}$ ) und des Sauerstoffsättigungswertes ( $T = 18^\circ\text{C}$ ,  $c_s = 9,0 \text{ mg/l}$ ) läßt sich die Sauerstoffzufuhr abschätzen:

$$\alpha OC_R = OV_R \cdot \frac{c_s}{c_s - c_x}$$

$$\alpha OC_R = 181,5 \cdot \frac{6,8}{9,0 - 6,8} = 240 \text{ kg/h}$$

Die Belüfter tragen etwa  $240 \text{ kg O}_2/\text{h}$  in die Belebungsbecken ein. Bei einer Gebläseleistung von  $568 \text{ m}^3/\text{h}$  und einer Einblastiefe von  $3,8 \text{ m}$  ergibt sich daraus eine Sauerstoffzufuhr von ungefähr  $4,7 \text{ g O}_2/\text{m}^3 \cdot \text{m}_{\text{ET}}$ . Dieser Wert liegt in einer für feinblasige Belüftung üblichen Größenordnung. Diese Berechnung bestätigt somit die Richtigkeit des durch die COD-Bilanz erhaltenen Sauerstoffverbrauchswertes.

Auf Grund dieser Daten können folgende spezifischen Kennwerte für diese Kläranlage errechnet werden:

	$OV_R/\eta^{B_R}$ [kg O <sub>2</sub> /kg BSB <sub>5</sub> ]	$US_R/\eta^{B_R}$ [kg TS <sub>R</sub> /kg BSB <sub>5</sub> ]
1. Stufe	0,70	0,43
2. Stufe	1,72	0,14
Gesamt	0,95	0,37

Tab. 41: Sauerstoffverbrauch und Schlammproduktion der Kläranlage der TKV Landscha

Diese Werte entsprechen den bei der TKV Unterfrauenhaid erhaltenen Ergebnissen.

## 6. Kostenüberlegungen

Kostenwerte sind eine wertvolle Entscheidungshilfe bei der Auswahl eines Abwasserreinigungsverfahrens. Im folgenden werden daher die bei Planung und Errichtung sowie die während des Betriebes entstandenen Kosten der Betriebskläranlage der TKV Unterfrauenhaid zusammengestellt und mit entsprechenden Werten anderer TKV-Anstalten verglichen.

Für die im Jahre 1977 errichtete Betriebskläranlage der TKV Unterfrauenhaid sind folgende Baukosten entstanden:

Grundstückserwerb	öS	10 000
Projekterstellung und Planung	öS	135 000
diverse Baumeisterarbeiten	öS	878 000
maschinelle Einrichtung	öS	547 000
elektrische Installationen	öS	297 000
Sonstiges (Wegebau, Umzäunung, gärtnerische Gestaltung etc.)	öS	200 000
		<hr/>
	öS	2 067 000
		=====

Die Betriebskläranlage wurde laut technischem Bericht für eine Schmutzfracht von 180 kg BSB<sub>5</sub>/d bemessen, was 3000 Einwohnergleichwerten entspricht. Daraus ergeben sich spezifische Baukosten von 690 öS/EGW. Dieser günstige Wert ist einerseits auf den sehr niedrigen Grundstückspreis und auf die relativ billigen Baumeisterpreise zurückzuführen, andererseits durch die auf Grund der geringen Menge hoch verschmutzten Abwassers und auf Grund der vorgegebenen, örtlichen Gegebenheiten möglichen Konzeption einer Kläranlage ohne mechanischen Teil und ohne Schlammbehandlung bedingt. Diese Faktoren beeinflussen auch den Anteil der verschiedenen Kostenarten am Gesamtbaupreis. Abweichend von dem üblichen Aufteilungsschlüssel entfallen bezogen auf die gesamten Investitionskosten etwa 0,5 % auf den Grunderwerb, 58,5 % auf die baulichen Kosten, 27 % auf die Kosten für die maschinelle

Ausrüstung und 14 % auf die Kosten für die elektrische Ausrüstung.

Die Jahreskosten einer Kläranlage setzen sich aus den Kapitalkosten (Kosten für die Tilgung oder Amortisation und die Verzinsung des aufgewendeten Kapitals) und den Betriebskosten zusammen. Die Betriebskosten umfassen Personalkosten, Sachkosten einschließlich Instandsetzungskosten und Energiekosten. Zur Abschätzung der Betriebskosten wurden die während der ersten Betriebsmonate entstandenen Ausgaben herangezogen und auf jährliche Kosten hochgerechnet.

Zur Wartung der Kläranlage wurde vom Betrieb ein Arbeiter angestellt, der etwa ein Drittel seiner Arbeitszeit für die Kläranlage aufwendet. Die monatlichen Personalkosten für einen Arbeiter betragen nach Auskunft der Betriebsleitung ca. öS 21.000.

Unter Sachaufwand fallen die Kosten für das Eisensulfat und den Phosphordünger. In den ersten neun Monaten wurden 10 000 kg Eisensulfat und ca. 2 500 kg Phosphordünger verbraucht. Der BTKV Unterfrauenhaid kosten diese Produkte 67,5 g je kg Eisensulfat und 2,30 öS je kg Phosphordünger. Der niedrige Eisensulfatpreis ergibt sich daher, daß der Betrieb den notwendigen Transport des Eisensulfats in Eigenregie durchführt. Für die Instandhaltung und Reparatur werden 3 % p.a. der Kosten der maschinellen Ausrüstung und 0,5 % p.a. der Kosten der baulichen Anlagen eingesetzt.

Ein bedeutender Teil der Aufwendungen für die Kläranlage entfällt auf die Energiekosten. In den ersten neun Monaten wurden ca. 105 000 kWh verbraucht. Der Preis für 1 kWh betrug im Jahre 1978 unter Berücksichtigung von Bereitstellungsgebühr, Verbrauchspreis und steuerlichen Belastungen ca. 90 g.

Auf Grund dieser Festlegungen ergeben sich folgende jährliche Betriebskosten:

	öS/a
Personalkosten	98 000
Stromkosten	127 200
Eisensulfat	9 000
Phosphordünger	7 700
Instandhaltung: maschinell	25 300
baulich	5 400
Summe Jahresbetriebskosten	<u>272 600</u> =====

Auf Grund der Betriebsergebnisse 1978 sind für diese Betriebskläranlage Betriebskosten von etwa öS 270 000 pro Jahr zu erwarten. Personal- und Stromkosten machen den Großteil der Betriebskosten aus. 36 % der Betriebskosten entfallen auf Personalkosten, 46 % auf Stromkosten. Lediglich 17 % der Betriebskosten wurden für Wartung und Instandhaltung ausgegeben.

Für die TKV Unterfrauenhaid können folgende mittlere, jährliche Produktionsdaten, Belastungswerte und Reinigungsergebnisse angegeben werden:

Verarbeitete Rohware	9 300 t/a
Wert der produzierten Stoffe (Ausbeute 12 % Fett zu 4,5 öS/kg 25 % Mehl zu 3,0 öS/kg)	12 Mio. öS/a
Abwasseranfall	22 000 m <sup>3</sup> /a
Schmutzfracht	69,5 t BSB <sub>5</sub> /a bzw. 3160 EGW
BSB <sub>5</sub> -Abbau	mind. 97 %

Tab. 42: Produktionsdaten und Abwasserkennwerte der TKV Unterfrauenhaid

Bezogen auf die oben angeführten Parameter ergeben sich somit spezifische Betriebskosten von öS 12 je m<sup>3</sup> Abwasser, öS 4 je kg abgebauten BSB<sub>5</sub> und öS 85 je Einwohnergleichwert.

Für wirtschaftliche Überlegungen sind bei den Jahresgesamtkosten neben den Betriebskosten noch die Kapitalkosten und sonstige Kosten zu berücksichtigen. Als Nutzungsdauer der baulichen Anlagenteile werden 30 Jahre angenommen. Die Lebensdauer der maschinellen Ausrüstung wird mit 15 Jahren angesetzt. Der bankmäßige Zinsfuß kann derzeit mit 9 % p.a. festgesetzt werden. Aus diesen Angaben errechnet sich für die baulichen Anlagenteile ein Kapitaldienstfaktor von 9,7 % p.a., für die maschinellen Anlagenteile ein solcher von 12,4 % p.a. und für das Grundstück ein solcher von 9,0 % p.a. An sonstigen Kosten ist auf die Abgabe an den Abwasserverband hinzuweisen, die für 1978 öS 170 600 betrug.

Man erhält daher folgende Jahresgesamtkosten:

Kapitalkosten: baulich	öS 104 600
maschinell	öS 104 700
Grundstück	öS       900
	<hr/>
Gesamt	öS 210 200
Betriebskosten	öS 272 600
Verbandskosten	öS 170 600
	<hr/>
Jahresgesamtkosten	öS 653 400
	=====

Bezogen auf die oben angegebenen Betriebsparameter ergeben sich als spezifische Jahresgesamtkosten

öS 70 je t verarbeiteter Rohware

öS 30 je m<sup>3</sup> Abwasser

öS 207 je Einwohnergleichwert und

öS 10 je kg abgebauten BSB<sub>5</sub>.

5,4 % bezogen auf den Wert der produzierten Stoffe sind für die Abwasserreinigung aufzuwenden.

Ein Vergleich der Kostenwerte verschiedener Betriebe gestaltet sich insofern schwierig, da die Informationen hierüber recht spärlich sind. Ein direkter Vergleich ist kaum möglich, da veröffentlichte Kostenwerte oft auf verschiedenen Grundwerten basieren und häufig bei Kostenberechnungen Kalkulationsmängel auftreten.

Unter diesen Gesichtspunkten ist es verständlich, daß die folgenden Vergleiche, erarbeitet aus verschiedenen privaten Mitteilungen sowie aus einzelnen Literaturzitatzen, nur grobe Abschätzungen geben können.

In Tabelle 43 sind Bau- und Investitionskosten verschiedener in- und ausländischer TKV-Kläranlagen gegenübergestellt. Die angegebenen Preise wurden nach dem Baukostenindex auf das Jahr 1977 hochgerechnet. Für die Umrechnung der ausländischen Geldbeträge in Schillingbeträge wurde ein mittlerer Umrechnungskurs verwendet ( 1 DM ~ 7,50 öS, 1 hfl ~ 6,80 öS ).

Um die einzelnen Betriebskläranlagen kostenmäßig vergleichen zu können, sind zum einen die Baukosten über die Bemessungswerte (Abb. 34), zum anderen die spezifischen Baukosten je EGW über die Bemessungswerte (Abb. 35) aufgetragen worden.

Aus den beiden Zusammenhängen zeigt sich, daß die Baukosten mit zunehmender Anlagengröße absolut zunehmen, relativ werden aber größere Anlagen jedoch billiger. Im Vergleich mit Kommunalanlagen fällt auf (W. FLÖGL, 1980), daß die für Betriebskläranlagen von TKV-Anstalten erhaltenen Baukostenwerte geringer sind. Abwasserbeschaffenheit und die Möglichkeit, diese Anlagen ohne mechanische Stufe und ohne Schlammbehandlung zu errichten, sind kostensparende Faktoren. Aufwendige Anlagenlösungen (mehrstufige Anlagen) liegen ungünstiger als einstufige Anlagen. O<sub>2</sub>-Begasungsanlagen sind vor allem bei kleinen Einheiten teurer als konventionelle Belebungsanlagen.

Tab. 43: Baukosten von TKV-Kihranlagen

TKV-Anstalt	Verarbeitungs- kapazität (t/a)	Anlagen- typ	Baukosten		Bemes- sungs- wert (EGW)	spezifische Baukosten	
			(Baujahr)	bez. 1977		(8S/EGW)	(8S/t ver- arb. Rohware)
Sonnen Breugel	200 000	Carrousel	2,5 Mio hfl (1972)	25,3 Mio 8S	60 000	421	127
Bergum	200 000	Carrousel	3,0 Mio hfl (1973)	25,0 Mio 8S	60 000	417	125
Hamel-Afferde	30 000	Kompakt	0,5 Mio DM (1975) 0,9 Mio DM (1977)	11,0 Mio 8S	7 000	1517	370
Peckelsheim	12 000	Kaskade	7,0 Mio DM (1976)	7,9 Mio 8S	5 800	1362	660
Bentrup	15 000	Kompakt	0,35 Mio DM (1976)	2,8 Mio 8S	4 200	667	183
St. Erasmus	7 500	O <sub>2</sub>	0,55 Mio DM (1976)	4,3 Mio 8S	1 900	2260	573
Oberding	15 000	O <sub>2</sub>	0,4 Mio DM (1974)	3,7 Mio 8S	3 000	1233	247
Plattling	50 000	O <sub>2</sub>	2,0 Mio DM (1977)	15,0 Mio 8S	37 500	400	300
Unterfrauenhaid	10 000	1-stufig	2,1 Mio 8S (1977)	2,1 Mio 8S	3 000	700	210
Landscha	25 000	2-stufig	8,0 Mio 8S (1975)	9,0 Mio 8S	7 500	1200	360

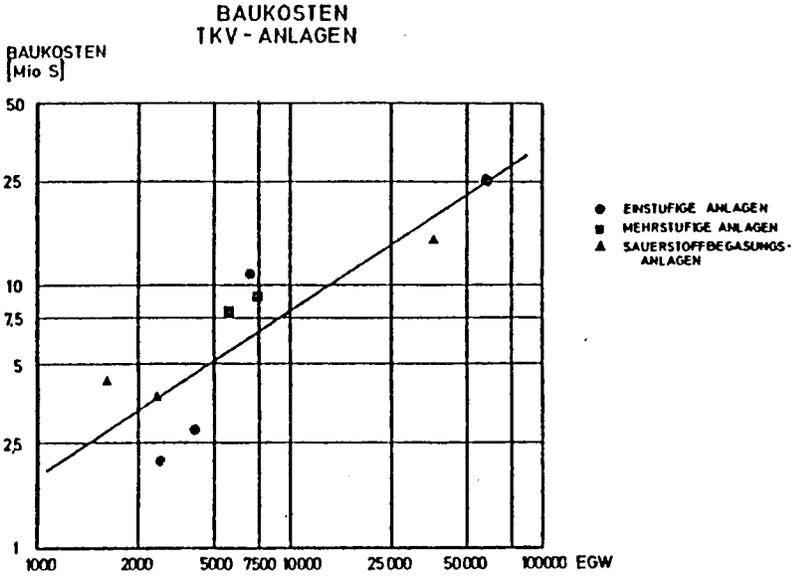


Abb. 34: Baukosten von TKV-Kläranlagen

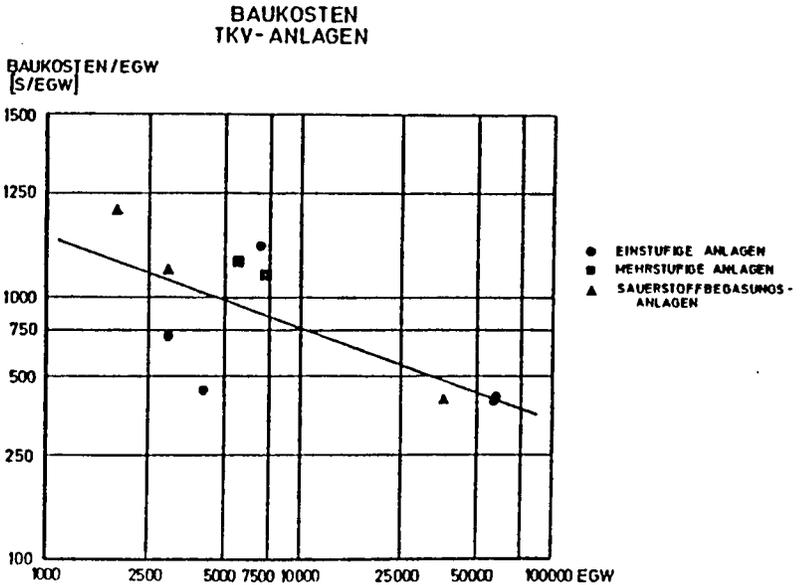


Abb. 35: Baukosten/EGW von TKV-Kläranlagen

Abschließend ein Vergleich der Jahresgesamtkosten zwischen der Sauerstoffbegasungsanlage der TKV Oberding (L. HUBER, H. BAUMUNG, 1976) und der Betriebskläranlage der TKV Unterfrauenhaid. Beide Betriebe haben eine Verarbeitungskapazität und einen Abwasseranfall ähnlicher Größenordnung.

Anlagentyp	TKV Oberding Sauerstoffbegasungsanlage	TKV Unterfrauenhaid Einstufige Belebungsanlage
Baujahr	1974	1977
Baukosten (bez. auf 1977) [Mio öS]	3,7	2,1
EGW (Betrieb)	2700	3160
Abwassermenge [ $m^3/d$ ]	26	62,5
abgebaute Schmutzfracht [kg/d]	162	183
Jahresgesamtkosten (bez. auf 1978) [Mio. öS]	0,55	0,65
Jahresgesamtkosten je $m^3$ Abwasser [öS/ $m^3$ ]	58	30
Jahresgesamtkosten je EGW [öS]	204	207
Jahresgesamtkosten je kg abgebauten BSB <sub>5</sub> [öS/kg]	9,30	9,60

Tab. 44: Jahresgesamtkosten für die Kläranlage der TKV Oberding bzw. der TKV Unterfrauenhaid

In dieser Zusammenstellung sind die Kostenwerte der TKV Oberding mittels der entsprechenden Kostenindices hochgerechnet und mit einem mittleren Umrechnungskurs in Schillingbeträge umgerechnet.

Der direkte Vergleich zwischen einstufigem Belebungsverfahren und der Sauerstoffbegasungsanlage bringt keinem der beiden Verfahren wesentliche Kostenvorteile. O<sub>2</sub>-Begasungsanlagen sind auf Grund ihrer höher entwickelten Technologie teurer in den Baukosten als vergleichbare, einstufige Belebungsanlagen. In den Jahresgesamtkosten ist die Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid wegen der Verbandskosten etwas ungünstiger.

## 7. Zusammenfassung und Folgerungen

Die ständig steigenden Mengen an Schlachtabfällen und an unbrauchbaren Tierkörpern und Tierkörperteilen werden heute meist durch Drucksterilisation bei gleichzeitiger Gewinnung der in solchen Materialien enthaltenen, wertvollen Rohstoffe beseitigt.

Leider ist diese umweltpolitisch äußerst wichtige Aufgabe mit der Emission übelriechender Abluft und mit der Abgabe hochverschmutzten, stinkenden Abwassers verbunden. Die früher ergriffenen Maßnahmen - die Errichtung der TKV - Anstalten in abgeschiedenen Gebieten und die Behandlung des Abwassers in Faulgruben und mit großräumigen Abwasserreinigungsverfahren - werden den gestiegenen Anforderungen an die Abluft- und Abwasserreinigung nicht mehr gerecht und müssen daher durch effektivere Verfahren ersetzt werden.

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Versuche unternommen, Abluft und Abwasser von TKV-Anstalten entsprechend zu behandeln. Entscheidend sind hierfür

- die Vermeidung und das Geringhalten solcher Emissionen,
- die vollständige Erfassung aller Abwasser- und Abluftströme und
- die Anwendung geeigneter Behandlungsverfahren.

Der gemeinsame Einsatz prozeßtechnischer und außerbetrieblicher Maßnahmen sorgen für eine wirkungsvolle und effektive Lösung der der Umweltprobleme bei TKV-Anstalten.

In TKV-Anstalten entstehen Verfahrens- und Raumabluft. Bei den in dieser Abluft enthaltenen Inhaltsstoffen handelt es sich um flüchtige Zersetzungsprodukte des Rohmaterials, welche bereits in geringen Konzentrationen äußerst geruchsintensiv sind. Durch eine rasche Verarbeitung des Rohmaterials, den Einsatz geschlossener Verarbeitungssysteme, peinliche Sauberkeit im Betrieb und sorgfältige Arbeitsweise können die Geruchsemissionen auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Zur Abluftbehandlung werden heute in den meisten Fällen Wasch- und Verbrennungsverfahren mit Erfolg eingesetzt. Die Waschverfahren können ein- bzw. mehrstufig ausgeführt

sein und verwenden im einfachsten Fall Wasser, zur Verbesserung des Wirkungsgrades diverse Chemikalien (Laugen, Säuren, Oxidationsmittel) oder belebten Schlamm. Bei der Verbrennung unterscheidet man thermische und katalytische Verfahren. Der an sich kostspielige Betrieb von Verbrennungsanlagen kann durch Einrichtungen zur Wärmerückgewinnung wirtschaftlicher gestaltet werden.

Bei TKV-Anstalten fallen Abwasser aus der Aufgabenhalle, Brüdenkondensat, Wasch- und Spülwasser, Sanitärwasser und eventuell Kühlwasser an. Menge und Beschaffenheit des TKV-Abwassers hängen von Art und Zustand des Rohmaterials und dem gewählten Verarbeitungsverfahren ab. Durch das Verarbeitungsverfahren werden die Art der Entspannung, die Trocknung und Entfettung und die Brüdenkondensation festgelegt - alles für das Abwasser entscheidende Prozeßschritte.

Chemisch gesehen sind die Inhaltsstoffe von TKV-Abwasser Zersetzungsprodukte von Fetten und Eiweißstoffen, welche einerseits das Abwasser sehr hoch belasten, andererseits für den unangenehmen Geruch verantwortlich sind. TKV-Abwasser ist meist leicht trüb, frei von größeren Mengen abfiltrierbarer Stoffe, reagiert annähernd neutral ( $\text{pH} \sim 6-9$ ) und hat beim Ableiten aus dem Betrieb weniger als  $30^{\circ}\text{C}$ . Als Richtwerte für Abwassermenge und Abwasserverschmutzung einer TKV-Anstalt können angenommen werden:

- 1 - 2 m<sup>3</sup> Abwasser/t Rohware (ohne Frischwasserverdünnung)
- 3,6 - 7 kg BSB<sub>5</sub>/t Rohware
- 5 - 11 kg COD /t Rohware
- 0,5 - 1 kg Stickstoff/t Rohware
- <0,1 kg Phosphor/t Rohware

Auf Grund des Zustandes des Rohmaterials können diese Werte in weiten Grenzen schwanken.

Der hohe Gehalt an sauerstoffzehrenden Stoffen und der starke, ekelerregende Geruch machen eine Behandlung des TKV-Abwassers unbedingt erforderlich. Reinigung und Geruchsfreimachung des TKV-

Abwassers sind zwei miteinander eng verknüpfte Prozesse, die voneinander nicht zu trennen sind.

Zur Behandlung von TKV-Abwasser kommen biologische und physikalisch-chemische Verfahren in Frage. Die Entscheidung, welchem dieser Verfahren der Vorzug zu geben ist, hängt vom gewünschten Reinigungsgrad, der Art und dem Anfall des Abwassers, der Einfachheit und Sicherheit des Betriebes der Reinigungsanlage und der Wirtschaftlichkeit des eingesetzten Verfahrens ab. Unter Berücksichtigung dieser Punkte können diese beiden Verfahrensgruppen wie folgt beurteilt werden:

- Die Verschmutzung und die Geruchsstoffe in TKV-Abwasser bestehen aus Substanzen, welche auf biologischem Weg vollständig in umweltfreundliche Produkte, wie Wasser, Kohlendioxid und neue Biomasse ab- bzw. umgebaut werden können. Es verbleibt praktische keine Restverschmutzung. Eine Behandlung von TKV-Abwasser auf diesem Weg ist daher naheliegend.
- Bei entsprechender Auslegung zeichnen sich die biologischen Verfahren durch einen einfachen Betrieb, hohe Betriebssicherheit, gute Anpassungsfähigkeit an die Gegebenheiten bei TKV-Anstalten, gleichmäßige Reinigungsleistung und günstige Bau- und Betriebskosten aus.
- Zur Behandlung von TKV-Abwasser wurden bis jetzt physikalisch-chemische Verfahren nur versuchsweise eingesetzt. Zu erwähnen sind hier Flockungs- und Fällungsverfahren, welche aber auf Grund der Beschaffenheit von TKV-Abwasser keine zufriedenstellende Resultate liefern. Durch eine chemische Behandlung kann bei entsprechendem Chemikalieneinsatz TKV-Abwasser gereinigt und geruchsfrei gemacht werden. Es können aber unter Umständen bedenkliche Abbauprodukte entstehen.
- Auf jeden Fall sind bei physikalisch-chemischer Behandlung von TKV-Abwasser im Vergleich zu den biologischen Verfahren hohe Investitions- und Betriebskosten zu erwarten. Überdies erfordern der komplizierte Betrieb und die Gefahr von Betriebsstörungen bei solchen Anlagen die Betreuung durch entsprechend ausgebildetes Fachpersonal.
- Üblicherweise werden physikalisch-chemische Verfahren nach

der biologischen Behandlung von Abwasser eingesetzt. Dieser Aufgabenbereich scheidet bei TKV-Anstalten aus, da zum einen im biologisch gereinigten TKV-Abwasser fast keine Restverschmutzung vorhanden ist, und zum anderen bei den österreichischen Betrieben keine Aufbereitung des gereinigten Abwassers erforderlich ist.

- Ein Wirtschaftlichkeitsvergleich dieser beiden Verfahrensgruppen sieht die biologischen Verfahren im Vorteil. Mit dem Belebungsverfahren kann beispielsweise  $1 \text{ m}^3$  TKV-Abwasser um ca. 30 S gereinigt und geruchsfrei gemacht werden. Bei einer chemischen Behandlung sind für eine vergleichbare Reinigungsleistung bereits Chemikalienkosten in Höhe von 25 - 100 S je Kubikmeter Abwasser zu erwarten. Hinzu müssen überdies noch die recht bedeutenden Investitions- und Erhaltungskosten gerechnet werden.

Unter den biologischen Verfahren werden heute zur Reinigung von TKV-Abwasser praktisch nur kleinräumige, technische Verfahren - also das Belebungsverfahren bzw. das Tropfkörperverfahren - eingesetzt. Ursache hierfür sind die stark zugenommenen Abwassermengen infolge der Betriebsvergrößerungen, die Tatsache, daß vielfach die für die großräumigen Abwasserreinigungsverfahren notwendigen Landflächen nicht mehr zur Verfügung stehen, und als Folge der Verschärfung der Umweltprobleme die gestiegenen Anforderungen an die Abwasserreinigung.

Wegen seiner Anpassungsfähigkeit an die verschiedensten Abwässer, der Flexibilität, des einfachen Betriebes und der Wirtschaftlichkeit ist das Belebungsverfahren heute das meist verwendete Abwasserreinigungsverfahren bei TKV-Anstalten. Nur bei einigen wenigen TKV-Anstalten wird das Abwasser mit dem Tropfkörperverfahren (Kunststofftropfkörper) gereinigt.

Die Frage einer getrennten oder gemeinsamen Reinigung von industriellem und häuslichem Abwasser muß in jedem Fall unter Berücksichtigung der geforderten Ablaufqualität, der örtlichen Gegeben-

heiten, der Art und Menge des Abwassers, der betrieblichen Verhältnisse und wirtschaftlicher Überlegungen überprüft werden. Folgende Argumente sprechen für eine gemeinsame Behandlung von TKV-Abwasser und häuslichem Abwasser:

- TKV-Abwasser weist einen Mangel an Phosphorverbindungen auf. Durch Mischung mit Kommunalabwasser wird ein Ausgleich der Nährstoffverhältnisse erreicht.
- TKV-Abwasser fällt stoßweise an. Die Mischung mit anderen Abwässern bringt einen Konzentrationsausgleich mit sich.
- Durch die zumeist günstige Verschiebung der Abwasserbeschaffenheit entwickeln sich Mischpopulationen, die gegenüber Stoßbelastungen weniger empfindlich sind und Abwasserstöße besser abfangen können.
- Vom Standpunkt der Betriebsüberwachung und Betriebssicherheit ist die Betreuung der Gemeinschaftskläranlage durch entsprechend geschulte Klärwärter vorteilhaft.
- Bei den wirtschaftlichen Überlegungen ist darauf hinzuweisen, daß bei größeren Anlagen die spezifischen Kosten sinken. Regionalanlagen sind wirtschaftlicher als mehrere kleine Anlagen. Wegen des besseren Wirkungsgrades erhalten diese auch günstigere Förderungsbedingungen als kleinere Einheiten.

Demgegenüber ergeben sich folgende Nachteile einer gemeinsamen Reinigung:

- Die entlegene Lage von TKV-Anstalten kann einen Anschluß an eine Kanalisation unmöglich machen.
- Bei der Abwasserableitung kann es entlang des Kanals zu Geruchsentwicklungen und im mechanischen Teil der Sammelkläranlage zu Betriebsschwierigkeiten kommen.
- Gründe, die eine gemeinsame Reinigung von Industrie- und Kommunalabwasser ausschließen (z.B. extreme Zusammensetzung des Industrieabwassers, toxische Eigenschaften, Beeinträchtigung der biologischen Reinigung etc.) liegen bei TKV-Abwasser nicht vor.

Aus dieser Zusammenstellung ist zu erkennen, daß im Normalfall eine gemeinsame Reinigung vorteilhafter als eine getrennte ist. Man wird daher bestrebt sein, das Abwasser von TKV-Anstalten direkt in die Kanalisation oder, falls Schwierigkeiten im Kanal oder auf der Kläranlage auftreten, nach entsprechender Vorbehandlung einzuleiten. Nur wenn dies unter den vorgegebenen Verhältnissen unmöglich ist (zu langer Kanalweg, bereits ausgelastete Verbandskläranlage), wird man eine betriebsinterne Vollreinigung des Abwassers vornehmen. Die letzte Entscheidung über die zu wählende Variante muß natürlich von Fall zu Fall untersucht werden.

Im Fall einer Vorreinigungsstufe kann das Abwasser

- mit dem einstufigen Belebungsverfahren bzw.
- mit der kontinuierlichen Fermentation

behandelt werden. Am Beispiel der TKV Unterfrauenhaid wurden diese beiden Möglichkeiten untersucht. Das einstufige Belebungsverfahren hat sich dabei als überlegen erwiesen. Bei einer Aufenthaltszeit des Abwassers im Belüftungsbecken von 4 Tagen wurden mit dem Belebungsverfahren eine wesentlich bessere Reinigungsleistung und eine wirkungsvollere Geruchsfreimachung erzielt als bei der kontinuierlichen Fermentation.

Wird das Abwasser in einer Betriebskläranlage gereinigt, so kann diese ein- bzw. mehrstufig ausgeführt sein. Mehrstufige Anlagen werden vor allem dann gewählt, wenn schwierige Abwasserverhältnisse vorliegen oder ein besonderer Reinigungseffekt erzielt werden soll. Beim Vergleich einstufiger und zweistufiger Anlagen ergeben sich folgende Gesichtspunkte:

- Bei guter Funktion der ersten Stufe besteht die Gefahr, daß die nachfolgende Stufe zuwenig Nährstoffe erhält, und dadurch die Reinigungsleistung beeinträchtigt wird.
- Arbeitet die erste Stufe nicht ausreichend, kann die zweite Stufe überlastet werden.
- Die Steuerung der Sauerstoffzufuhr ist bei mehrstufigen Anlagen komplizierter als bei einstufigen Anlagen.

- Ein mehrstufiger Betrieb kann sich günstig auf die Bläh-schlammentwicklung auswirken.
- Für Industrieabwasser mit toxischen bzw. geruchsaktiven Inhaltsstoffen sind zweistufige Anlagen mehr gefährdet als einstufige. Im hochbelasteten, ersten Belebungsbecken kann es schnell zu Vergiftungserscheinungen bzw. Austreiben von Geruchsstoffen kommen.

Eine endgültige Entscheidung über Verwendung ein- bzw. mehrstufiger Belebungsanlagen bei TKV-Anstalten kann wiederum nur nach entsprechender Überprüfung im Einzelfall entschieden werden. Im allgemeinen ist eine einstufige Anlage vorteilhafter als eine mehrstufige.

In Laborversuchen mit dem Brüdenkondensat der TKV Unterfrauenhaid und in Untersuchungen auf der Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid und der TKV Landscha wurden Bemessungs- und Betriebskenndaten für TKV-Kläranlagen erarbeitet:

- TKV-Abwasser ist gut mit dem Belebungsverfahren zu reinigen. Bis zu einer Belastung von  $B_R, BSB_5 \sim 1,8 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$  und  $B_{TS}, BSB_5 \sim 0,2 \text{ kg/kg} \cdot \text{d}$  werden mehr als 90% des  $BSB_5$  aus dem Abwasser entfernt.

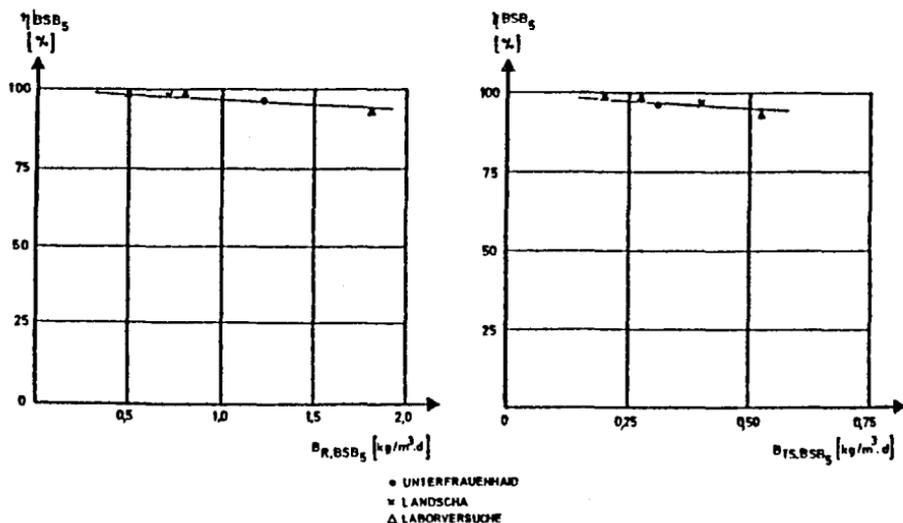


Abb. 36:  $BSB_5$ -Abbau bei TKV-Kläranlagen in Abhängigkeit von der Belastung

- Der geringe Phosphorgehalt im TKV-Abwasser erfordert die Zugabe von Phosphorsalzen, um etwaige Mangelerscheinungen auszuschließen (Phosphorzugabe  $\sim 0,5\%$  der  $BSB_5$ -Fracht).
- Für den praktischen Betrieb einer Belebungsanlage interessiert der Sauerstoffverbrauch der Mikroorganismen im Verhältnis zur Raumabbauleistung. Übereinstimmend wurde bei allen Versuchen  $OV_R/\eta_{R,BSB_5} \sim 1,0 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$  gefunden. Tritt Stickstoffoxidation auf, so ist dieser Wert natürlich höher.
- Die Überschussschlammproduktion je kg  $BSB_5$ -Abbau beträgt bei TKV-Kläranlagen nur  $0,3 \text{ kg } TS_R$ . Die Schlammproduktion ist somit geringer als bei vergleichbaren Kommunalkläranlagen. Je Tonne verarbeiteter Rohware muß mit einem Schlammanfall von etwa  $2 \text{ kg } TS_R$  gerechnet werden.
- Bei Reinigung von TKV-Abwasser in Belebungsanlagen tritt bevorzugt Blähschlamm auf. Um nachteilige Folgen der Blähschlammentwicklung zu vermeiden, empfiehlt es sich, durch Zugabe von Chemikalien eine Beschwerung der Schlammflocken zu erreichen und dadurch die Absetzeigenschaften zu verbessern. Durch Zugabe von  $50 \text{ g}$  Eisensulfat je  $\text{m}^3$  Abwasser wird innerhalb kurzer Zeit eine Verbesserung der Schlamm-eigenschaften erreicht.
- Bei TKV-Kläranlagen kann der Überschussschlamm durch Rückführung in die Produktion beseitigt werden. Hierbei werden die im Schlamm enthaltenen Eiweißstoffe zurückgewonnen. Im Vergleich zu anderen Schlammbehandlungsmethoden ist diese Art der Schlamm-beseitigung recht kostengünstig. Die entstehenden Unkosten werden durch den Erlös aus dem gewonnenen Futtermittel nahezu gedeckt. Wird das Abwasser im Betrieb nur vorgereinigt, so empfiehlt sich als Alternative neben der Rücknahme in den Betrieb die Ableitung des Überschussschlammes mit dem gereinigten Abwasser zur Verbandskläranlage.
- In den letzten Jahren ist man zur Erkenntnis gekommen, daß eine vollbiologische Reinigung des Abwassers mit weitgehender Entfernung der Kohlenstoffverbindungen und Oxidation der Stickstoffverbindungen anzustreben ist, um nachteilige Aus-

wirkungen auf das Gewässer (Eutrophierung, Belastung des Sauerstoffhaushaltes) zu vermeiden. Die mikrobielle Oxidation der Stickstoffverbindungen hängt von einer Reihe von Faktoren ab, wie z.B. dem pH-Wert, dem Ammonium- und Nitritgehalt im Abwasser, dem Sauerstoffgehalt im Belebungsbecken, dem Schlammalter und dem Gehalt an sonstigen Nitrifikationsinhibitoren. Die Stickstoffoxidation in diesem Abwasser ist, wie die Laborversuche gezeigt haben, durchaus möglich (Abb. 37). Bei Reinigung des TKV-Abwassers gemeinsam mit häuslichem Abwasser in einer Gruppenkläranlage sowie bei getrennter Reinigung in Betriebskläranlagen, die als Langzeitbelebungsanlagen bzw. als zweistufige Belebungsanlagen ausgelegt sind, kann eine Nitrifikation erwartet werden.

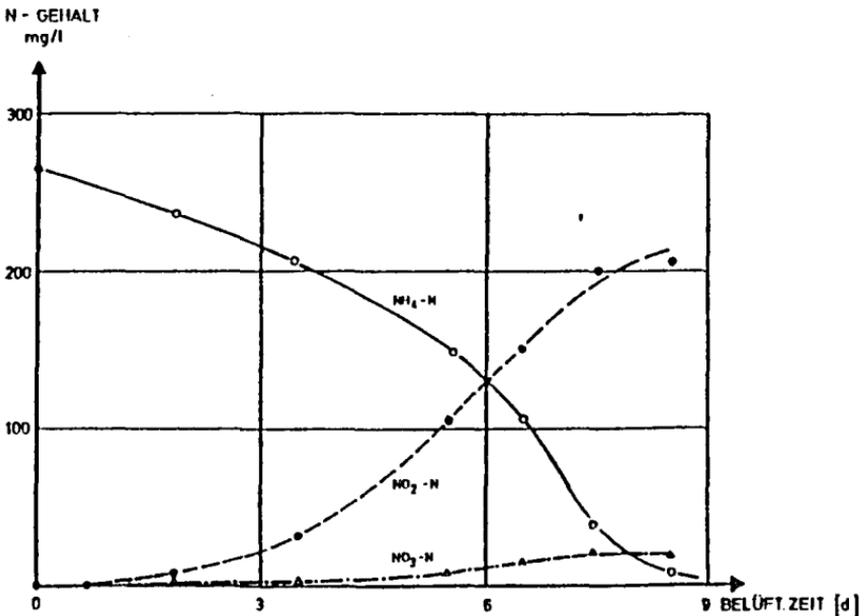


Abb. 37: Nitrifikation von TKV-Abwasser im Standversuch

Um etwas über Betriebsbedingungen, Betriebsschwierigkeiten und Betriebskosten bei der Oxidation der im TKV-Abwasser enthaltenen Stickstoffverbindungen aussagen zu können, müssen entsprechende, weitere Untersuchungen durch-

geführt werden. Mit der prinzipiellen Möglichkeit der Nitrifikation ist die Grundlage für eine Stickstoffentfernung aus diesem Abwasser über anschließende Denitrifikationsreaktionen gegeben.

- Neben der Reinigung des Abwassers ist die Geruchsfreimachung eine vordringliche Aufgabe. Auf biologischem Weg ist eine weitgehende Desodorierung möglich. Während TKV-Rohabwasser einen Geruchsschwellenwert zwischen 1000 und 8000 hat, ist biologisch gereinigtes TKV-Abwasser nahezu geruchsfrei ( $GSW \sim 4 - 10$ ). Im Vergleich zu physikalisch-chemischen Methoden, die nur für den Augenblick eine Desodorierung bewirken, ist hier auf die ausgezeichnete Wirkung bei gleichzeitig geringen Betriebskosten hinzuweisen.
- Über die Desodorierung des Abwassers hinaus besteht die Möglichkeit einer biologischen Abluftbehandlung. Es sind zwei Behandlungsverfahren denkbar:
  - a) Die Belüfter tragen statt Reinluft Abluft aus Betriebs hallen in das Belebungsbecken ein. Der Sauerstoffbedarf für eine Kläranlage einer TKV-Anstalt mit 100 t Tagesverarbeitung beträgt bei Annahme von  $OC_R/B_R \sim 3$  kg/kg etwa 2100 kg  $O_2/d$ . Bei einer Druckbelüftung mit 3 m Einblastiefe und einem  $OC_R = 5$  g  $O_2/m^3 \cdot m$  müssen je Stunde 6000  $m^3$  Luft in das Belebungsbecken eingetragen werden. Diese Luftmenge kann somit durch Einblasen in das Belebungsbecken gereinigt werden.
  - b) Bei der Biowäsche wird die Abluft in entsprechenden Reaktionsbehältern mit belebtem Schlamm in Kontakt gebracht und desodoriert. Der Schlamm wird regeneriert und wieder als Absorptionsmittel verwendet. Bei einigen TKV-Anstalten gibt es bereits solche Biowäscher. Die größten derzeit in Betrieb befindlichen biologischen Luftreinigungsanlagen sind auf einen Luftdurchsatz von 300 000  $m^3/h$  ausgelegt.

- Am Beispiel der TKV Unterfrauenhaid wurden die spezifischen Jahresgesamtkosten errechnet. Für eine TKV-Kläranlage solcher Größenordnung ergeben sich spezifische Jahresgesamtkosten von 70 öS/t Rohware, 30 öS/m<sup>3</sup> Abwasser, 207 öS je Einwohnergleichwert und 10 öS/kg abgebauten BSB<sub>5</sub>. Bei einem solchen Betrieb sind für die Reinigung und Geruchsfreimachung des Abwassers ungefähr 5 - 6 % bezogen auf den Wert der produzierten Endprodukte aufzuwenden.

Zusammenfassend können folgende Bemessungswerte für TKV-Kläranlagen angegeben werden:

- Fall 1: Das TKV-Abwasser wird im Betrieb biologisch vorge-reinigt und desodoriert. Das vorbehandelte Abwasser wird in die Kanalisation eingeleitet und in der Verbandskläranlage gemeinsam mit häuslichem Abwasser nachgereinigt.

$\eta_{BSB_5}$	> 90 %
$B_{R,BSB_5}$	< 1 kg/m <sup>3</sup> .d
$B_{R,N}$	~ 0,15 kg/m <sup>3</sup> .d
$T_{SR}$	~ 4 kg/m <sup>3</sup>
$B_{TS,BSB_5}$	< 0,25 kg/kg.d
Grundatmung $OV_G$	0,4 kg/m <sup>3</sup> .d
Substratatmung $GOV_G$	0,5 kg/m <sup>3</sup> .d
Stickstoffatmung $\delta V_N$	0 kg/m <sup>3</sup> .d
Sauerstoffverbrauch $N_{(ges.)}$	0,9 kg/m <sup>3</sup> .d
$\omega_{OC_R}$	1,3 kg/m <sup>3</sup> .d
$\omega_{OC/B_R}$ (Betrieb)	~ 1,2 kg/kg
$\omega_{OC/B_R}$ (Bemessung)	2 kg/kg
$US_R/\eta_{B_R}$	~ 0,3 kg/kg
P-Dosierung	~ 0,5 % der BSB <sub>5</sub> -Fracht
Fe-Dosierung	5gg FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O je m <sup>3</sup> Abwasser

- Fall 2: Das TKV-Abwasser wird im Betrieb vollbiologisch gereinigt. Nitrifikation wird angestrebt.

a) Einstufige Belebungsanlage:

$\eta_{BSB_5}$	> 95 %
$B_{R,BSB_5}$	< 0,3 kg/m <sup>3</sup> .d
$B_{R,N}$	~ 0,05 kg/m <sup>3</sup> .d
$TS_R$	~ 4 kg/m <sup>3</sup>
$B_{TS,BSB_5}$	< 0,075 kg/kg.d
Grundatmung OV	0,4 kg/m <sup>3</sup> .d
Substratatmung $OV_G$	0,15 kg/m <sup>3</sup> .d
Stickstoffatmung $OV_N$	0,25 kg/m <sup>3</sup> .d
Sauerstoffverbrauch <sup>N</sup> (ges.)	0,8 kg/m <sup>3</sup> .d
$\alpha_{OC_B}$	0,85 kg/m <sup>3</sup> .d
$\alpha_{OC/B_R}$ (Betrieb)	~ 2,7 kg/kg
$\alpha_{OC/B_R}$ (Bemessung)	4 kg/kg
$US_R/\eta_{B_R}$	~ 0,3 kg/kg
P-Dosierung	~ 0,5 % der $BSB_5$ -Fracht
Fe-Dosierung	5g FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O je m <sup>3</sup> Abwasser

b) Zweistufige Belebungsanlage:

		1. Stufe	2. Stufe
$\eta_{BSB_5}$		> 95	
Volumen Belebungsbecken		$V_{BB1}$	$V_{BB2}$
$B_{R,BSB_5}$	kg/m <sup>3</sup> .d	< 1	< 0,1
$B_{R,N}$	kg/m <sup>3</sup> .d	0,15	0,15
$TS_R$	kg/m <sup>3</sup>	~ 4	~ 3
$B_{TS,BSB_5}$	kg/kg.d	< 0,25	< 0,08
Grundatmung OV	kg/m <sup>3</sup> .d	0,4	0,3
Substratatmung $OV_G$	kg/m <sup>3</sup> .d	0,5	0,05
Stickstoffatmung $OV_N$	kg/m <sup>3</sup> .d	0	0,7
Sauerstoffverbrauch <sup>N</sup> (ges.)	kg/m <sup>3</sup> .d	0,9	1,05
$\alpha_{OC_B}$	kg/m <sup>3</sup> .d	1,3	1,1
$\alpha_{OC/B_R, ges.}$ (Betrieb)	kg/kg	~ 1,2	~ 1,1
$\alpha_{OC/B_R, ges.}$ (Bemessung)	kg/kg	2	1,5
$US_R/\eta_{B_R}$	kg/kg	~ 0,3	0,1
P-Dosierung		0,5 % d. $BSB_5$ -Fr.	
Fe-Dosierung		5g FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O je m <sup>3</sup> Abwasser	

A N H A N G

Beschreibung von Anlagen zur Abwasserreinigung und  
Abluftbehandlung bei TKV-Anstalten

Verarbeitungsmenge der TKV Unterfrauenhaid 1976-1978

Analysenmethoden

Diverse Berechnungen

## 1. Abwasserreinigungsanlagen

### 1.1. Vorbehandlung vor Einleitung ins Kanalnetz

- a) Fleischmehlfabrik Wagner, Lühr & Sohn, Brögbern (Niedersachsen, H. NEUMANN, 1978)

Das anfallende Betriebsabwasser wird in einer Betriebskläranlage teilbiologisch vorgereinigt und anschließend über eine Druckrohrleitung der Kanalisation und der Kläranlage der Stadt Lingen/Ems zugeführt. Durch diese Teilreinigung soll zum einen die Kommunalkläranlage entlastet werden, zum anderen Geruchsbelästigungen im Kanalnetz und auf der Kläranlage verhindert werden. Die Kläranlage ist so ausgelegt, daß der Ablauf-BSB<sub>5</sub> nicht 300 mg/l überschreitet. Folgende klärtechnischen Daten können angegeben werden:

Abwassermenge	i.M. 75 m <sup>3</sup> /d
Volumen Belebungsbecken	130 m <sup>3</sup> /d
q <sub>R</sub>	0,6 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> .d
BSB <sub>5</sub> -Fracht	i.M. 159 max.300 kg/d
B <sub>R,BSB<sub>5</sub></sub>	i.M. 1,2 max. 2,3 kg/m <sup>3</sup> .d

Da die Kläranlage bisher nicht ausgelastet ist, wird eine biologische Vollreinigung erreicht.

- b) Knochenverwertung Fa. Scheidemandel, Wiesbaden  
(H.NEUMANN, 1978, LINDE-Firmenprospekt)

Vor Einleitung in das städtische Kanalnetz wird das anfallende Abwasser in einer einstufigen Sauerstoffbegasungsanlage vorgereinigt. Folgende Auslegungsdaten können angegeben werden:

Abwassermenge	481 m <sup>3</sup> /d
BSB <sub>5</sub> -Fracht	1780 kg/d
BSB <sub>5</sub> -Raumbelastung	2,85 kg/m <sup>3</sup> .d
Belebungsbeckeninhalt	625 m <sup>3</sup>
Stromverbrauch	348 kWh/d
Sauerstoffverbrauch	1070 Nm <sup>3</sup> /d

W.BISCHOFBERGER (1980) gibt folgende, derzeitige Betriebswerte an:

Abwassermenge	204 m <sup>3</sup> /d
BSB <sub>5</sub> -Fracht	650 kg/d
BSB <sub>5</sub> -Raumbelastung	1 kg/m <sup>3</sup> .d
BSB <sub>5</sub> -Schlammbelastung	0,05 kg/kg.d
BSB <sub>5</sub> -Ablauf	30 mg/l

## 1.2. Betriebskläranlagen

### a) TKV Lockweiler in Wadern ü. Saar (A. DENNE, 1966)

Das Abwasser wird nach einem Puffer- und Vorklärbecken in einem Aero-Accelator gereinigt. Der Aero-Accelator ist eine Kompaktkläranlage, bei der Belebungs- und Nachklärbecken platzsparend in einem Bauwerk vereinigt sind. Das dem Klärwerk zufließende Abwasser wird mit Frischwasser im Verhältnis 1:9 verdünnt. Der Kläranlagenablauf wird in einem Fischteich nachgereinigt. In den Jahren 1966-1968 stellte sich im Mittel eine BSB<sub>5</sub>-Raumbelastung von  $B_R = 0,5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$  ein. Bei dieser Belastung wurde eine ausgezeichnete Reinigungsleistung ( $\eta_{BSB_5} > 95 \%$ ) erzielt.

Beim Aero-Accelator kann die Abwasserreinigung mit einer Abluftbehandlung kombiniert werden. Die entstehende Abluft wird von dem für den Sauerstoffeintrag erforderlichen Gebläse angesaugt und in das Belebungsbecken eingebracht, wo die Geruchsstoffe spontan durch die Bakterien abgebaut werden. So kann die im Sammelkanal und in den einzelnen Abwasserbehandlungsstufen anfallende Abluft sowie auch ein Teil der in den Betriebshallen entstehenden Gerüche biologisch desodoriert werden.

b) Fa. ORTIMA in Hameln-Afferde (Niedersachsen, H. NEUMANN, 1978)

Diese TKV-Anstalt in Hameln - Afferde verarbeitet 110 t/d Rohmaterial (60 % Knochen, 40 % Kadaver). Die Rohware wird sterilisiert, getrocknet und schließlich durch Benzinextraktion entfettet.

Das Abwasser wird in einer Kompakt-Kläranlage nach dem System Zarnack gereinigt. Im Belebungsbecken, das konzentrisch um den trichterförmigen Nachklärraum angeordnet ist, bewirken mehrere Mampumpen am Rand des Beckens die Belüftung. Das angesaugte Belebtschlamm-Abwasser-Gemisch wird an der Oberfläche des Belebungsbeckens tangential ausgestoßen und ruft eine spiralförmige Strömung im Becken hervor.

Der Kläranlage wurden folgende Bemessungsdaten zugrundegelegt:

Abwasseranfall	205 m <sup>3</sup> /d
BSB <sub>5</sub> -Fracht	410 kg/d
B <sub>R,BSB<sub>5</sub></sub>	0,8 kg/m <sup>3</sup> .d
B <sub>TS,BSB<sub>5</sub></sub>	0,2 kg/kg.d
V <sub>BB</sub>	510 m <sup>3</sup>
V <sub>NB</sub>	50 m <sup>3</sup>

Das biologisch gereinigte Abwasser wird in einen kleinen Vorfluter geleitet.

Das im Jahre 1975 errichtete Klärwerk war bereits 1977 so sehr überlastet, daß eine Erweiterung unumgänglich wurde. 1978 errichtete der Betrieb eine Anlage gleichen Typs mit dreifachem Nutzinhalt.

c) Landestierkörperverwertungsanstalt Bentrup  
Fleischmehlfabrik R. Ebelt KG

Dieser Betrieb verarbeitet täglich etwa 50 t Rohware mit dem Trockenschmelzverfahren und anschließender mechanischer Entfettung zu Tierkörpermehl und Tierfett.

Das Abwasser dieses Betriebes wird in einer Biogest-Anlage gereinigt. Das Belebungsbecken ( $V = 980 \text{ m}^3$ ) und das Nachklärbecken ( $V = 250 \text{ m}^3$ ) sind in einem Baukörper untergebracht.

Die Anlage ist derzeit folgendermaßen belastet:

Abwassermenge	$50 \text{ m}^3/\text{d}$
BSB <sub>5</sub> -Fracht	i.M. $300 \text{ kg/d}$
Stickstofffracht	i.M. $35 \text{ kg/d}$
BSB <sub>5</sub> -Raumbelastung	$0,3 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$
BSB <sub>5</sub> -Schlammbelastung	$0,03 \text{ kg/kg} \cdot \text{d}$
COD-Ablauf	$\sim 50 \text{ mg/l}$
BSB <sub>5</sub> -Ablauf	$\sim 10 \text{ mg/l}$

Der Ablauf dieser Anlage wird zur Nachreinigung durch drei Fischteiche geleitet und gelangt schließlich in einen meist wasserlosen Graben. Der anfallende Überschussschlamm wird landwirtschaftlich verwertet.

Bei dieser Anlage ist die Abwasserbehandlung mit der Abluftreinigung kombiniert. Das Drehkolbengebläse saugt die zum Belüften des Abwasser-Schlamm-Gemisches notwendige Luft aus den Betriebshallen an und trägt diese in das Belebungsbecken ein, wo die Geruchsstoffe biologisch abgebaut werden.

d) B.V. Chemische Bedrijven van de N.C.B.  
Son en Breugel (Nord-Brabant)

Diese Tierkörperverwertungsanstalt verarbeitet jährlich etwa  $200\,000 \text{ t}$  abgabepflichtiges Material mit dem Trockenschmelzverfahren und mechanischer Entfettung.

Das anfallende Abwasser wird in einer Carrousel-Anlage gereinigt. Die gesamte Anlage besteht aus Fettfang  $V = 34 \text{ m}^3$ , Belebungsbecken  $V = 7500 \text{ m}^3$ , Nachklärbecken  $V = 400 \text{ m}^3$  und 2 hintereinander geschalteten Fischteichen.

Folgende Betriebsdaten können für diese Kläranlage angegeben werden:

Abwassermenge mit Verdünnungswasser	2800 m <sup>3</sup> /d
BSB <sub>5</sub> -Fracht	3500 kg/d
BSB <sub>5</sub> -Raumbelastung	0,45 kg/m <sup>3</sup> .d
BSB <sub>5</sub> -Schlammbelastung	0,07 kg/kg.d

Im Mittel beträgt die Ablaufqualität:

BSB <sub>5</sub>	< 10 mg/l
pH	5-6
NH <sub>4</sub> -N	0-10 mg/l
(NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> )-N	0-10 mg/l

Der täglich abgezogene Überschussschlamm wird eingedickt und die eiweißreichen Trockenschlämme erneut dem Sterilisationsprozeß zugeführt.

e) BV Nederlandse Thermo-Chemische Fabrieken, Bergum (Friesland)

Dieser Betrieb verarbeitet jährlich etwa 200 000 t Rohware, wobei neben Knochen, Kadavern und Konfiskaten auch bedeutende Mengen an Blut, Federn und Borsten verwertet werden. Als Abwasserbehandlungsanlage wird eine Carrousel-Anlage eingesetzt, welche nur insofern modifiziert worden ist, daß dem Belebungsbecken eine hochbelastete erste Stufe vorgeschaltet ist (Abb. 38). Streng genommen wird hier das Prinzip der Kaskadenschaltung angewendet. Das erste Becken (V= 950 m<sup>3</sup>) wird mit 50 % des Betriebsabwassers und dem gesamten Rücklaufschlamm beschickt. In das Carrousel-Becken (V= 7500 m<sup>3</sup>) wird dann der Ablauf der Vorstufe zusammen mit dem restlichen Abwasser eingeleitet. Die Belastungsdaten entsprechen etwa denen in Son. Der Ablauf der Kläranlage, der direkt einem Vorfluter zugeführt wird, erfüllt die strengen Einleitungsbedingungen.

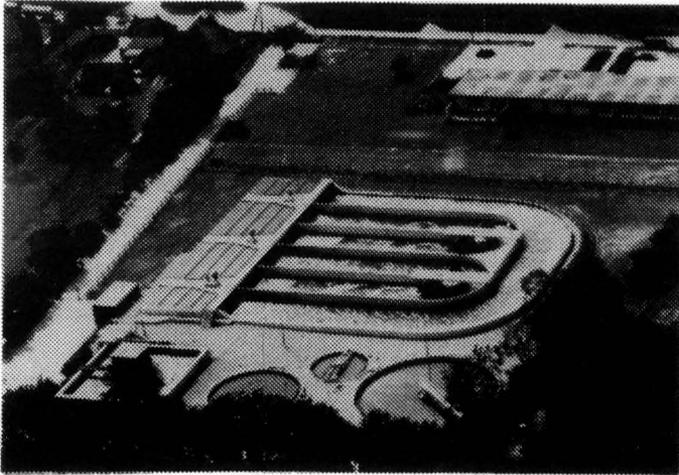


Abb. 38: Carrousel-Anlage der TKV Bergum

H.D. STENSEL und W. CHRIST, 1979, geben folgende durchschnittliche Reinigungsergebnisse für diese Anlage an:

[mg/l]	Zulauf	Ablauf	Abbau
BSB <sub>5</sub>	750	5,0	99,3 %
COD	1050	-	-
TKN	277	6,9	97,5 %
NH <sub>4</sub> -N	-	4,0	-
NO <sub>3</sub> -N	-	20,4	-
Gesamt-N	277	27,3	90,1

f) TKV Hüttenfeld/Bergstraße (G. STURM, 1970)

Die TKV Hüttenfeld arbeitet nach dem Extraktionsverfahren, wobei Perchloräthylen als Lösungsmittel verwendet wird. Die ungünstigen Vorflutverhältnisse zwangen zu einer biologischen Vollreinigung des anfallenden Abwassers. Nach entsprechenden Voruntersuchungen und Modellversuchen entschloß man sich zur Errichtung einer zweistufigen Belebungsanlage mit nachgeschalteter Schlammstabilisation.

Als Auslegungs- und Bemessungsdaten können angegeben werden:

Abwassermenge	40 m <sup>3</sup> /d
BSB <sub>5</sub> -Fracht	137 kg/d
Belebung 1: Nutzinhalt	71 m <sup>3</sup>
BSB <sub>5</sub> -Raumbelastung	1,94 kg/m <sup>3</sup> .d
BSB <sub>5</sub> -Schlammbelastung	0,4 kg/kg.d
Nachklärbecken 1 Nutzinhalt	8,5 m <sup>3</sup>
Belebung 2: Nutzinhalt	58 m <sup>3</sup>
BSB <sub>5</sub> -Raumbelastung	0,47 kg/m <sup>3</sup> .d
BSB <sub>5</sub> -Schlammbelastung	0,10 kg/kg.d
Nachklärbecken 2 Nutzinhalt	12 m <sup>3</sup>
Stabilisierungsbecken	74 m <sup>3</sup>
Nacheindicker	14 m <sup>3</sup>

Das planende Ingenieurbüro führte in den ersten beiden Betriebsjahren ausgedehnte Untersuchungen durch. Es konnten hierbei gute Abbauergebnisse ( $\eta_{BSB_5} > 99 \%$ ) erreicht werden. 90 % des biologischen Abbaues erfolgten in der ersten Stufe. Die geforderten Ablaufergebnisse wurden ohne weiteres unterboten.

g) Fleischmehlfabrik August Rehrmann in Peckelsheim  
(Nordrhein-Westfalen, H. NEUMANN, 1978)

Die TKV Peckelsheim verarbeitet mit dem Hartmann-Trockenschmelzverfahren und anschließender mechanischer Entfettung derzeit 40 t/d Konfiskate und Kadaver. Die Abwasserreinigung erfolgt in einer mehrstufigen Belebungsanlage in Kaskadenschaltung, welche 1976 in Betrieb genommen wurde.

Dieser Anlagentyp besteht aus folgenden Verfahrensstufen: Pumpensumpf, Abwasserhebewerk, Belebungsbecken I ( $V = 95 \text{ m}^3$ ), Belebungsbecken II - IV ( $V = \hat{a} 452 \text{ m}^3$ ), Nachklärbecken, Schlamm-silo. Die Belebungsbecken sind in Kaskadenschaltung hintereinander geschaltet. Diese Kläranlage wurde für einen Schmutzwasser-

anfall von  $50 \text{ m}^3/\text{d}$  und einer  $\text{BSB}_5$ -Fracht von  $350 \text{ kg O}_2/\text{d}$  ausgelegt. Für die Belebungsstufen I - III wurden folgende Belastungswerte angesetzt:

	I	II	III
Raumbelastung [ $\text{kg BSB}_5/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ ]	3,7	0,19	0,019
Schlammbelastung [ $\text{kg BSB}_5/\text{kg} \cdot \text{d}$ ]	0,7	0,04	0,004

In einem Schönungsteich erfolgt eine Nachreinigung des biologisch gereinigten Abwassers.

Untersuchungen im Jahre 1977 und 1978 ergaben ausgezeichnete Reinigungsergebnisse. Über 99 % des  $\text{BSB}_5$  und über 90 % des Stickstoffs wurden in dieser Anlage aus dem Abwasser entfernt.

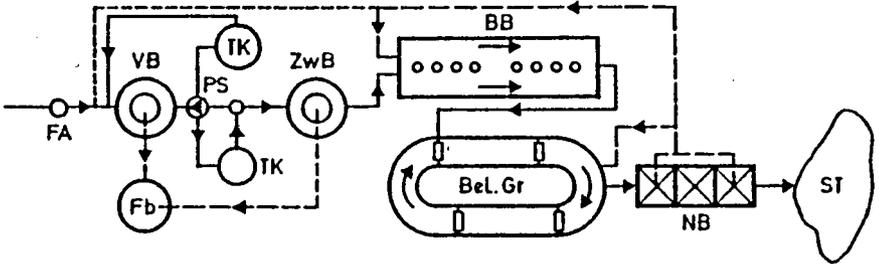
h) Eiweiß- und Fettverwertungsges.m.b.H. Belm-Icker  
(Niedersachsen, H. NEUMANN, 1967-1978)

Icker ist die größte TKV-Anstalt der BRD. Derzeit werden ca. 90 000 t/a Rohwaren verarbeitet. Die Knochen (etwa 40 000 t/a) werden nach dem Stork-Duke-Verfahren, einem kontinuierlichen Verwertungsverfahren, verarbeitet. Die Kadaver und die Konfiskate werden nach dem Trockenschmelzverfahren mit anschließender mechanischer Entfettung verwertet.

Das anfallende Abwasser (etwa  $300 \text{ m}^3/\text{d}$  mit einem  $\text{BSB}_5$  von  $4000 \text{ mg/l}$ ) wird in einer kombiniert-mehrstufigen Kläranlage gereinigt. Es handelt sich hierbei um eine in den letzten Jahren auf Grund des stark gestiegenen Verarbeitungsumfanges (1963:  $30 \text{ t/d}$ , 1978:  $300 \text{ t/d}$ ) mehrmals erweiterte Abwasserreinigungsanlage.

Die Kläranlage wird nach folgendem Schema betrieben:

Fettabscheider, Vorklärung, Tropfkörperstufe, Zwischenklärung, Belebungsbecken 1, Belebungsbecken 2 (Oxidationsgraben), Nachklärung und Speicher- sowie Schönungsteiche.



- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| VB = Vorklärbecken       | PS = Pumpensumpf         |
| Bel Gr = Belebungsbecken | Fb = Faulbehälter        |
| NB = Nachklärung         | ZwB = Zwischenklärbecken |
| TK = Tropfkörper         | FA = Fettabscheider      |
| BB = Belebungsbecken     | ST = Schönungsteich      |

Abb. 39: Fließschema der Kläranlage der TKV Icker

Das mechanisch vorbehandelte Abwasser fließt in den Tropfkörper-Pumpensumpf und wird von dort auf die beiden parallel geschalteten Kunststofftropfkörper gepumpt.

Bei den Tropfkörpern werden als Füllmaterial PVC - Profilfolien verwendet, die in 10 m langen Bahnen an Flacheisen hängen (spez. Oberfläche des verstopfungssicheren Füllmaterials  $120 - 190 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ). Die Tropfkörper (Höhe 10 m; Nutzinhalt  $320$  und  $270 \text{ m}^3$ ) haben einen quadratischen Grundriß. In dieser Tropfkörperstufe ergeben sich die folgenden mittleren Belastungswerte:

Oberflächenbeschickung	$1,0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
Raubelastung	$1,4 \pm 0,9 \text{ kg BSB}_5/\text{m}^3 \cdot \text{d}$
Reaktionsflächenbelastung	$9 \pm 7 \text{ g BSB}_5/\text{m}^2 \cdot \text{d}$
Wirkungsgrad	$87 \pm 8 \%$
Abbauaufwand	$0,3 \pm 0,1 \text{ kWh/kg BSB}_5$

Das Rücklaufverhältnis der Tropfkörper beträgt etwa 500 - 600 %. Der Ablauf der Tropfkörperstufe (etwa 80 % des Ausgangs-BSB<sub>5</sub>) gelangt sodann nach einer Zwischenklärung in ein 920 m<sup>3</sup> großes Belebungsbecken, welches 4-fach unterteilt ist und 8 Kreiselbelüfter (à 7,5 kW, ca. 11 kg O<sub>2</sub>/h) hat. Als 2. Belebungsstufe schließt sich danach der 300 m<sup>3</sup> große Oxidationsgraben an. Nach der Nachklärung folgen Speicher- und Ausgleichsbecken (V ~ 20000 m<sup>3</sup>), welche während der Niedrigwasserperioden Restbelastungen des Kläranlagenablaufes von dem winzigen Vorfluter fernhalten sollen.

Die anfallenden Primärschlämme und die Schlämme der Zwischenklärung werden nach Eindickung in beheizbaren Faulbehältern des Klärwerkes behandelt. Der Überschussschlamm der Belebungsstufe wird nach Eindickung dem Produktionsprozeß wieder zugeführt.

Derzeit wird eine befriedigende Reinigungsleistung erreicht (BSB<sub>5</sub> < 30 mgO<sub>2</sub>/l, COD < 200 mg/l).

- 1) Tierkörperbeseitigungsanstalt Oberding Ernst Berndt & Co, (Bayern, A. WILDMOSER, 1974 - 1976, LINDE-Firmenprospekt)

Diese TKV-Anstalt verarbeitet täglich 50 t Konfiskate und Kadaver mit dem Contipressverfahren (Trockenschmelzverfahren und mechanische Entfettung). Als Reserve steht eine alte Perchloräthylenanlage zur Verfügung.

In einer Belebungsanlage mit Sauerstoffbegasung - der ersten bei einer TKV-Anstalt - wird das anfallende Abwasser gereinigt. Die Anlage der TKV Oberding besteht aus Fettabscheider, Ausgleichsbecken (95 m<sup>3</sup> Nutzinhalt, mit Propellerrührer und Dosierungsmöglichkeit für Nährsalzzugabe und pH-Regulierung), 2 Belebungsbecken à 67 m<sup>3</sup> und einem Nachklärbecken (V = 15 m<sup>3</sup>). Der Kläranlagenablauf wird in einen Vorfluter geleitet. Die Kläranlage München-Ost behandelt den anfallenden Überschussschlamm.

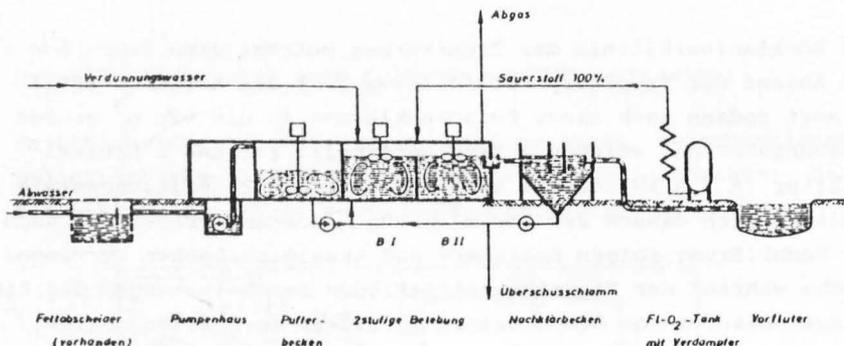


Abb. 40: Fließschema der Kläranlage der TKV Oberding

Folgende Auslegungsdaten wurden der Anlage zugrunde gelegt:

Abwassermenge (unverdünnt)	26 m <sup>3</sup> /d
Abwassermenge (mit Verdünnungswasser)	31 m <sup>3</sup> /d
BSB <sub>5</sub> -Fracht	179 kg/d
BSB <sub>5</sub> -Raumbelastung	1,34 kg/m <sup>3</sup> .d
BSB <sub>5</sub> -Schlammbelastung	0,2 kg/kg.d
Sauerstoffverbrauch	5,5 m <sup>3</sup> /h

Untersuchungen im Jahre 1975 ergaben ausgezeichnete Abbauergebnisse: BSB<sub>5</sub>-Elimination >99 %, BSB<sub>5</sub>-Ablauf <28 mg/l.

j) TKV St. Erasmus (Bayern, LINDE-Firmenprospekt)

Diese Tierkörperverwertungsanstalt, unweit Mühlendorf/Inn gelegen, verarbeitet jährlich ca. 7500 t Kadaver und Konfiskate. Nach Sterilisation der Rohware wird das Kochgut mit Benzinextraktion entfettet. Die Brüdenkondensate werden zum Teil noch mit Einspritzkondensatoren, zum Teil durch Oberflächenkondensatoren niedergeschlagen.

Die Abwasserreinigung erfolgt in einer einstufigen Sauerstoffgasungsanlage.

Folgende Bemessungsdaten sind der Anlage zugrunde gelegt:

Abwassermenge	35 m <sup>3</sup> /d
BSB <sub>5</sub> -Fracht	114 kg/d
BSB <sub>5</sub> -Raumbelastung	1,7 kg/m <sup>3</sup> .d
Stromverbrauch	74 kWh/d
Sauerstoffverbrauch	60 Nm <sup>3</sup> /d

W. BISCHOFBERGER, 1980, gibt folgende Betriebsergebnisse an:

Q	15,6 m <sup>3</sup> /d
BSB <sub>5</sub> -Fracht	12 kg/d
B <sub>R,BSB<sub>5</sub></sub>	0,18 kg/m <sup>3</sup> .d
TS <sub>R</sub>	3,6 kg/m <sup>3</sup>
B <sub>TS,BSB<sub>5</sub></sub>	0,05 kg/kg.d
BSB <sub>5</sub> -Ablauf	11 mg/l

98,6 % der BSB<sub>5</sub>-Fracht werden entfernt. Bei der geringen Belastung wird Stickstoff oxidiert. Die Schlammproduktion ist gering.

k) Zentrale Fleischmehlerzeugung Niederbayern Plattling  
(Bayern, A. WILDMOSER, 1978, LINDE-Firmenprospekt)

Die ZFN Plattling ist als zentrale Verwertungsanlage in Niederbayern geplant, welche Konfiskate, Knochen und Kadaver, aber auch Blut und Federn verarbeiten soll. Die Konfiskate werden mit dem Centrimeal-Verfahren, Blut und Federn mit einfachen Hydrolyse- bzw. Koagulationsverfahren verarbeitet. Derzeit wird in diesem Betrieb etwa 200 t Material je Tag verarbeitet.

Das Abwasser wird in einer 1976 errichteten Sauerstoffbegasungsanlage gereinigt.

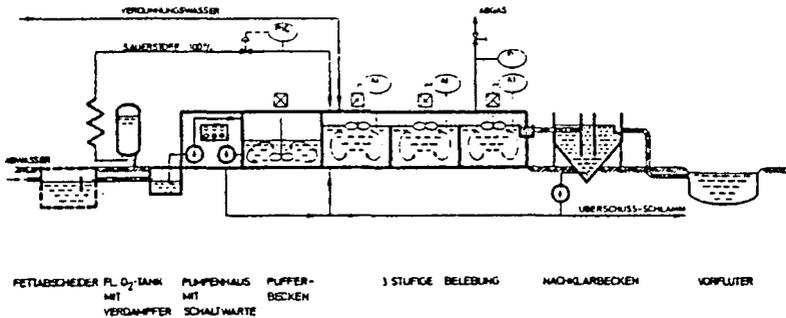


Abb. 41: Fließschema der Kläranlage der ZFN Plattling

Die Anlage der ZFN Plattling besteht aus Fettabscheider, Ausgleichsbecken ( $V = 600 \text{ m}^3$ ), 3 Belebungsbecken (Gesamtvolumen  $1200 \text{ m}^3$ ) und einem Nachklärbecken ( $V = 538 \text{ m}^3$ ). Das gereinigte Abwasser wird in die Isar geleitet. Der anfallende Überschussschlamm wird nach Eindickung in die Produktion zurückgenommen.

Der Anlage wurden folgende Auslegungsdaten zugrunde gelegt:

Abwasser + Verdünnungswasser	572 $\text{m}^3/\text{d}$
BSB <sub>5</sub> -Fracht	1,65 t/d (im Winter die Hälfte)
BSB <sub>5</sub> -Raumbelastung	1,34 $\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$
BSB <sub>5</sub> -Schlammbelastung	0,2 $\text{kg}/\text{kg} \cdot \text{d}$
Max. Gesamt-Leistungsaufnahme der Anlage	47 kW
Sauerstoffverbrauch im Jahresmittel	45 $\text{Nm}^3/\text{h}$

Eine Überprüfung im Jahre 1979 ergab folgendes Betriebsergebnis (W. BISCHOFBERGER, 1980):

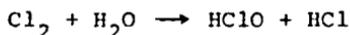
Abwassermenge	288 $\text{m}^3/\text{d}$
BSB <sub>5</sub> -Fracht	1900 $\text{kg}/\text{d}$
BSB <sub>5</sub> -Raumbelastung	1,6 $\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$
Schlamm-trockengewicht	17 $\text{kg}/\text{m}^3$
BSB <sub>5</sub> -Schlammbelastung	0,1 $\text{kg}/\text{kg} \cdot \text{d}$
BSB <sub>5</sub> -Ablauf	15 $\text{mg}/\text{l}$
BSB <sub>5</sub> -Abbau	99,8 %

## 2. Abluftbehandlungsanlagen

- a) Steirische Tierkörperverwertungsges.m.b.H. Landscha  
(H. KURMEIER, 1971, J. BERNERT, 1977)

In diesem Betrieb werden ca. 60000 m<sup>3</sup>/h Abluft mit dem Kalksteinturmverfahren gereinigt. Dieses Verfahren arbeitet nach folgendem Prinzip:

In einem vorzugsweise mit Kalkstein gefüllten Reaktionsturm rieselt kontinuierlich Umlaufwasser herab, und das zu reinigende Abgas wird im Gegenstrom durch die Kalksteinfüllung gedrückt. Gleichzeitig in den Abgasstrom eingeführtes Chlor setzt sich im Kalksteinbett entsprechend der nachfolgenden Gleichung primär zu Hypochlorit und Chlorid um:



Während das gebildete Hypochlorit die Geruchsträger oxidiert, werden die entstehenden sauren Bestandteile sekundär vom Kalk gebunden:



Die gereinigte Abluft entweicht geruchlos aus dem Turmschornstein. Überschüssiges Chlorgas löst sich im Umlaufwasser, welches zur Wassereinsparung umgepumpt wird und zur vielfachen Berieselung verwendet wird. Der Überlauf an Umlaufwasser hat einen waschküchenartigen Geruch. Abbildung 41 zeigt das Fließschema eines Kalksteinturmes.

H. KURMEIER, 1971 zeigt an Hand von Prüfungsergebnissen von Kalksteintürmen bei verschiedenen TKV-Anstalten, daß der übliche, üble TKV-Geruch vollständig entfernt wird, und daß der Gehalt an flüchtigen Säuren zu etwa 50% und der Gehalt der Abluft an oxidierbaren Substanzen um 60-75 % durch die Turmbehandlung eliminiert wird. Ähnlich günstige Ergebnisse gibt J. BERNERT, 1977 an: Mit dem Kalksteinturm können 99,7 % Schwefelwasserstoff, ungefähr 95 % Ammoniak, 90 % organische Amine und 75-80 % der organischen Inhaltsstoffe im Abgas entfernt werden.

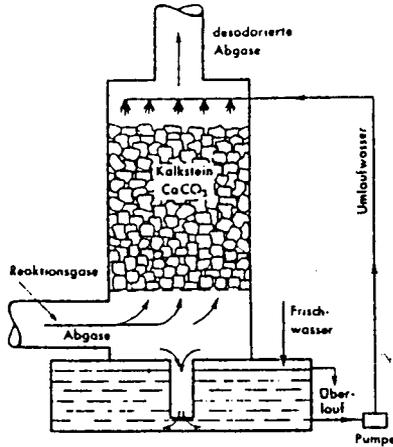


Abb. 42: Schema des Kalksteinturmes

b) Burgenländische Tierkörperverwertungsges.m.b.H. Unterfrauen-  
haid, (Montage A-S, KAJ E. ANDERSEN, Technischer Bericht)

Bei der TKV Unterfrauenhaid besteht eine Kombination zwischen  
Kondensationsanlage, Kühlturm und Luftreinigung (Luftwäscher).

Die Brühdämpfe werden an der Spitze des Kühlturmes auf mehrere  
Leitungen verteilt. Beim Abwärtsfließen werden die Brüden durch  
im Gegenstrom eingeblasene Luft ( $1500 \text{ m}^3/\text{min}$ ) und durch Einsprühen  
von Wasser ( $320 \text{ m}^3/\text{h}$ ) zum Kondensieren gebracht. Das eingesprühte  
Wasser sammelt sich am Boden des Turmes, von wo eine Pumpe den  
ständigen Wasserkreislauf aufrecht erhält. Die vollständige Konden-  
sation der Brüden und die Abkühlung des Kondensates auf unter  $30^\circ\text{C}$   
verhindert, daß nicht kondensierte Gase und Dämpfe in die Atmosphäre  
gelangen und zu Geruchsbelästigungen führen. Die für den Kühlturm  
erforderliche Luft wird über Abluftkanäle, welche über den Geruchs-  
quellen der reinen und unreinen Seite angeordnet sind, abgesaugt  
und den Einsaugöffnungen des Kühlturmes zugeführt.

Beim Durchsaugen der geruchsbeladenen Abluft durch den Kühlturm

werden die Geruchsstoffe beim Kontakt mit dem über spezielle Wassersprühdüsen eingesprühten Wasser absorbiert. Durch ständige Zufuhr frischen Wassers zum Umlaufwasser und durch Ableitung geruchsbeladenen Wassers werden die Geruchsstoffe aus dem System abgeführt. Die Reinigung des Abwassers des Luftwäschers erfolgt in der Kläranlage. Geruchsstoffe, die nicht absorbiert werden, werden durch die hohen Austrittsgeschwindigkeiten der gereinigten Abluft aus dem Luftwäscher rasch mit der atmosphärischen Luft vermischt und mit relativ großer Sicherheit unter die Geruchsschwelle verdünnt.

Kühlturm und Luftwäscher sind folgendermaßen bemessen:

Kondensierbare Menge von Brüedendampf	9,4 t/h
Durchgesaugte Luftmenge	90000 m <sup>3</sup> /h
Volumen der Arbeitsräume	4200 m <sup>3</sup> /h
Max. Luftaustausch	ca. 22 mal/h
Leistung der Umlaufwasserpumpe	320 m <sup>3</sup> /h

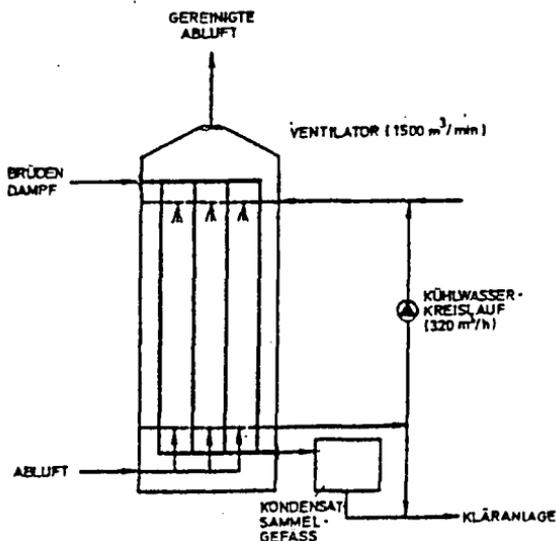


Abb. 43: Schema des Luftwäschers der TKV Unterfrauenhaid

c) Einstufige Biowäsche

Mehrere TKV-Anstalten reinigen ihre Abluft in einstufigen "Biowaschanlagen".

Bei der TKV Icker wird die über Pufferbecken, Ausgleichsbecken, Absetzbecken und Tropfkörper entstehende Abluft möglichst vollständig erfaßt und in einem 10 m hohen, röhrenförmigen Reaktionsgefäß im Gegenstrom mit Rücklaufschlamm in Kontakt gebracht und dadurch desodoriert. Das Reaktionsrohr wird dauernd mit frischem Rücklaufschlamm aus der Kläranlage beschickt. Der beladene belebte Schlamm wird zur Regenerierung direkt ins Belebungsbecken geleitet.

Die TKV Son reinigt die in den Hallen der reinen Seite anfallende Abluft auf biologischem Wege in einem Turmreaktor. In diesem mit Tischtennisbällen gefüllten Reaktor werden etwa 300 000 m<sup>3</sup>/h Abluft mit belebtem Schlamm in Kontakt gebracht und desodoriert. In einem belüfteten Vorratstank wird der mit den Geruchsstoffen beladene, belebte Schlamm regeneriert. Neben diesem Kreislauf wird gleichzeitig dauernd frischer belebter Schlamm aus der Kläranlage in den Vorratsbehälter gepumpt. Der überschüssige Schlamm fließt zur Kläranlage zurück.

Bei der TKV Lockweiler in Wadern ü. Saar (A. DENNE, 1966) und bei der TKV Bentrup bestehen eine Kombination von Abluftbehandlung und Abwasserreinigung. Das Gebläse saugt die zum Belüften des Abwasser-Schlamm-Gemisches notwendige Luft aus den Betriebshallen an und trägt diese in das Belüftungsbecken ein. Die Geruchsstoffe der Abluft werden im Belebungsbecken von den Mikroorganismen adsorbiert und spontan abgebaut. Auf diese Weise kann zumindest ein Teil der in einem solchen Betrieb entstehenden Abluft zufriedenstellend gereinigt werden.

d) TKV St. Erasmus (N. SCHIPPERT, 1979)

Diese TKV-Anstalt reinigt die mit geruchsintensiven organischen Stoffen beladene Abluft in einem zweistufigen im Gegenstrom betriebenen Wäscher.

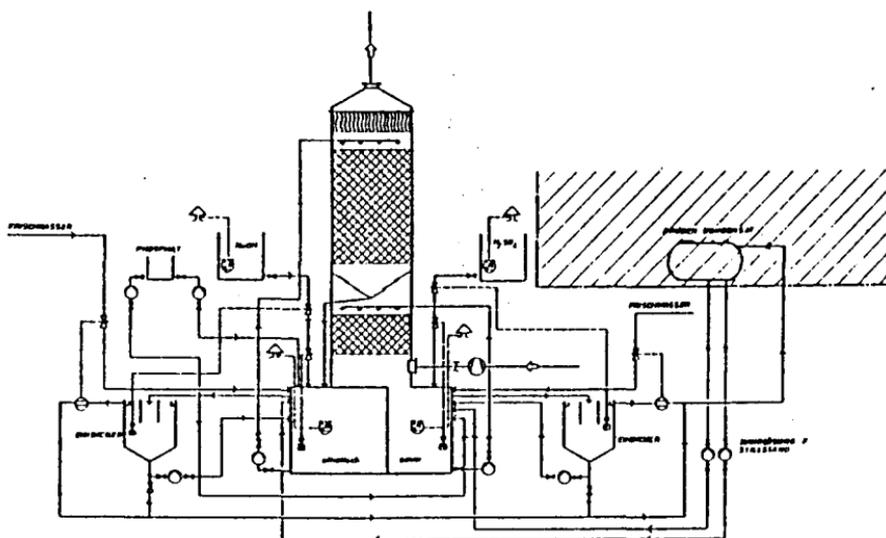


Abb. 44: Schema der Abluftbehandlungsanlage der TKV St. Erasmus

In der ersten Stufe wird mit einer im Kreislauf geführten schwach sauren (pH ca. 5,5) Belebtschlammkultur gewaschen, in der zweiten Stufe dient als Waschflüssigkeit ein an schwach alkalisches Milieu (pH ca. 8,5) adaptierter belebter Schlamm. Dadurch werden in der ersten Stufe alle alkalischen Bestandteile der Abluft (etwa 20 - 30 % der organischen Kohlenstoffverbindungen in der Abluft und Ammoniak), in der zweiten Stufe alle sauren Bestandteile (etwa 70 - 80 % der organischen Kohlenstoffverbindungen in der Abluft) entfernt. Die beiden Stufen sind zur Verbesserung der

Waschwirkung mit Spezialfüllkörper gefüllt. Eine entsprechende Regeltechnik sorgt für die Einhaltung der gewünschten pH-Werte in den beiden Stufen, den notwendigen Zusatz von Nährstoffen (Phosphor) und die Ergänzung und Zudosierung von Frischwasser, um eine Aufsalzung der Waschlösung, die Anreicherung von biologischen Hemmstoffen zu vermeiden und Verdampfungsverluste auszugleichen. Der belebte Schlamm wird im Umpumpbecken regeneriert.

Die Anlage ist für eine Abluftmenge von 40 000 m<sup>3</sup>/h ausgelegt. In der gereinigten Abluft wurden Geruchsschwellenwerte zwischen 40 und 60 Geruchseinheiten gemessen.

- e) Oberösterreich. Tierkörperverwertungsges.m.b.H. Regau  
(Informationsschrift der TKV Regau)

Im Hinblick auf die Größe dieses Betriebes, die Menge der zu verarbeitenden Rohware und mit Rücksicht auf die Lage des Betriebes neben Wohn- und Siedlungsgebieten war eine wirksame Abluftreinigung eine vordringliche Aufgabe.

In dieser Anstalt wird die mit Geruch behaftete und von den verschiedenen Anfallstellen über Rohrleitungen und Ventilatoren erfaßte Abluft in einer speziellen Brennkammer auf mindestens 800 °C erhitzt und der Geruch damit auf thermische Art völlig vernichtet.

Da die thermische Verbrennung für sich allein aus wirtschaftlichen Gründen ein völlig indiskutables Verfahren zur Abluftreinigung ist, wurde die Abluftbehandlung mit einer Dampferzeugung kombiniert.

In zwei getrennten Abluftleitungssystemen wird die geruchsintensive Abluft den Brennkammern der Nachverbrennungsanlage zugeführt. Staubhältige Abluft aus der Mühle wird als Sekundärluft tangential in die Brennkammer eingeblasen. Als Primärluft wird geruchsintensive, aber staubfreie Luft aus den Apparaten der Anlieferungshalle, von den Extrakteuren und der Fettklärung direkt den Brennern der Abgasreinigungsanlage zugeführt. Je nach Dampf-

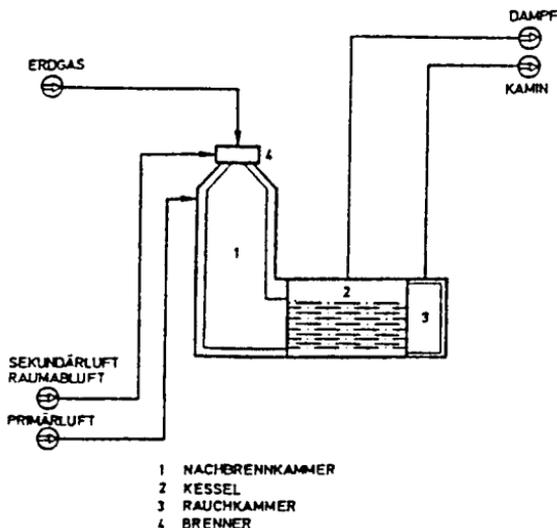


Abb. 45: Schema der Abluftbehandlungsanlage der TKV Regau

bedarf wird die Abluft auf mindestens  $800^{\circ}\text{C}$  und auf höchstens  $1100^{\circ}\text{C}$  erhitzt. Im nachgeschalteten Abhitzekessel wird die Abwärme der gereinigten Luft zur Erzeugung von Dampf herangezogen. Die heiße Abluft aus den Brennkammern wird in zwei Rauchrohrkesseln mit Dampfleistungen von je  $10\text{ t/h}$  auf ca.  $250^{\circ}\text{C}$  gekühlt und über den Kamin abgeleitet.

Durch die automatische Koppelung des Dampfverbrauches mit der Brennerleistung und der Abluftmenge wird eine maximal mögliche Wärmeausnutzung garantiert und die Betriebskosten der Abluftreinigung auf ein Minimum gesenkt. Die Brennerleistung ist so bemessen, daß bei Kleinstellung noch ein für die Geruchs-beseitigung ausreichender Luftverbrauch gewährleistet ist. Mit dieser Anlage kann maximal etwa  $22\text{ t}$  Dampf je Stunde erzeugt werden.

3. Verarbeitungsmenge der TKV Unterfrauenhaid  
(1976 - 1978)

	Arbeits- tage	Verarbeitungsmengen		tägliche Verarbeitungsmenge [t/d]
		[Chargen]	[t]	
1976 IV	13	58	232	17,9
V	21	89	356	17,0
VI	23	99	396	17,2
VII	26	137	548	21,1
VIII	26	137	548	21,1
IX	26	152	632	24,3
X	26	180	720	27,7
XI	24	154	616	25,7
XII	26	185	740	28,5
Gesamt	211	1197	4788	22,3
1977 I	25	150	600	24
II	24	123	492	20,5
III	28	163	652	23,3
IV	25	163	652	26,1
V	25	204	816	32,6
VI	28	169	676	24,1
VII	28	159	636	22,7
VIII	29	175	700	24,1
IX	29	186	744	25,7
X	28	168	672	24,0
XI	29	207	828	28,6
XII	28	184	736	26,3
Gesamt	326	2101	8404	25,1
1978 I	30	194	776	25,9
II	26	160	640	24,6
III	29	203	812	28,0
IV	30	201	804	26,8
V	28	192	768	27,4
VI	26	181	724	27,8
VII	26	189	756	29,1
VIII	24	190	760	31,7
IX	20	212	848	42,4
X	15	204	816	54,4
XI	21	238	952	45,3
XII	14	169	676	48,3
Gesamt	289	2333	9332	34,3

#### 4. Verwendete Analysenmethoden

Chemischer Sauerstoffbedarf (COD): Institutsmethode (N.MATSCHÉ, 1979)  
bzw. mit COD-Gerät (G.SCHIERJOTT, 1971)

Gesamter organischer Kohlenstoffgehalt (TOC): Analysen-  
automat (H.BLEIER, 1971)

Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB<sub>5</sub>): Verdünnungsmethode (Deutsche  
Einheitsverfahren)

pH - Wert mit pH - Elektrode

Ammonium (NH<sub>4</sub>-N): Berthelot-Reaktion mit Analysenautomat (Techn.  
Autoanalyzer Ind.Methods)

Nitrit (NO<sub>2</sub>-N): Bildung des Diazofarbstoffes mit Analysenautomat  
(Techn.Autoanalyzer Ind.Methods)

Nitrat (NO<sub>3</sub>-N): Reduktion zu Nitrit und Messung des Nitrits mit  
Analysenautomaten (Techn.Autoanalyzer  
Ind. Methods)

Phosphat (PO<sub>4</sub>-P): Ammonmolybdatmethode mit Analysenautomat (Techn.  
Autoanalyzer Ind. Methods)

Kjeldahl-Stickstoff (TKN): Aufschluß und Messung des Ammonium-  
gehaltes (Techn. Autoanalyzer Ind.Methods)

Gesamt-Phosphor: Aufschluß und Messung des Phosphatgehaltes  
(Techn. Autoanalyzer Ind. Methods)

Schlammanalysen (Trockensubstanz, organische Trockensubstanz,  
Schlammvolumen, absetzbare Stoffe): Deutsche Einheitsverfahren

Sauerstoffverbrauch: Messung im Atmungsgefäß nach R. KAYSER, 1967

Geruchsschwellenwert: Deutsche Einheitsverfahren

## 5. Kontinuierliche Fermentation - Schlammbilanz

$$V_{BB} \cdot TS_{R,e} = V_{BB} \cdot TS_{R,o} + 0,3 \cdot Q \cdot BSB_{5,Z} - Q \cdot TS_{R,o}$$

$$US = 0,3 \cdot Q \cdot BSB_{5,Z}$$

Datum	Q [l/d]	$V_{BB} \cdot TS_{R,o}$ [mg]	$TS_R$ [g/l]	$Q \cdot BSB_5$ [mg]	US [mg]	$Q \cdot TS_{R,o}$ [mg]	$V_{BB} \cdot TS_{R,e}$ [mg]
28.12.	1,50	33225	4,43	979	294	3323	30196
29.12.	1,50	30196	4,03	979	294	3020	27470
30.12.	0,75	27470	3,66	1869	561	3296	24735
31.12.	0,75	24735	3,30	1869	561	2968	22328
1.1.	0,75	22328	2,98	1869	561	2679	20210
2.1.	0,75	20210	2,69	1869	561	2425	18346
3.1.	0,90	18436	2,45	4937	1481	3110	16708
4.1.	0,90	16708	2,28	4937	1481	2840	15348
5.1.	0,90	15348	2,05	4937	1481	2649	14220
6.1.	0,90	14220	1,90	4937	1481	2417	13248
7.1.	1,28	13248	1,77	4871	1461	2125	12620
8.1.	1,28	12620	1,68	4871	1461	2019	12062
9.1.	1,28	12062	1,61	4871	1461	1930	11593
10.1.	1,20	11593	1,55	4368	1310	3594	9309
11.1.	1,20	9309	1,24	4368	1310	2889	7733
12.1.	2,33	7733	1,03	5857	1760	3326	6167
13.1.	2,33	6167	0,82	5857	1760	2652	5275
14.1.	2,33	5275	0,70	5857	1760	2268	3777
15.1.	3,23	3777	0,50	2565	770	680	3867
16.1.	3,23	3867	0,52	2565	770	696	3941
17.1.	1,35	3941	0,53	1741	522	906	3557
18.1.	1,35	3557	0,47	1741	522	818	3260
19.1.	1,73	3260	0,44	1713	514	880	2894
20.1.	1,73	2894	0,39	1713	514	782	2626
21.1.	2,03	2626	0,35	2223	667	788	2505
22.1.	2,03	2505	0,33	2223	667	752	2421
23.1.	2,03	2421	0,32	2223	667	726	2361
24.1.	2,25	2361	0,32	3887	1166	826	2701
25.1.	2,25	2701	0,36	3887	1166	945	2922
26.1.	2,63	2922	0,39	4371	1311	1022	3210
27.1.	2,63	3210	0,43	4371	1311	1124	3397
28.1.	--	3397	0,45	--	--	--	--

6. Rechnerische Ermittlung der Schlammproduktion und der aktiven Biomasse der Kläranlage der TKV Unterfrauenhaid

$$US_R = 0,6 \cdot q_R \cdot S_O + 0,6 \cdot q_R \cdot TS_O - x \cdot 0,08 \cdot f_T \cdot TS_R + 0,1 \cdot x \cdot 0,08 \cdot f_T \cdot TS_R$$

$$x = \frac{0,6 \cdot q_R \cdot S_O - 0,9 \cdot x \cdot 0,08 \cdot f_T \cdot TS_R}{0,6 \cdot q_R \cdot S_O - 0,9 \cdot x \cdot 0,08 \cdot f_T \cdot TS_R + 0,6 \cdot q_R \cdot TS_O + q_R [4,9 \cdot \Delta P + (Fe - 1,8 \Delta P) 1,9]}$$

$q_R$	$0,4 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$
$S_R$	$3043 \text{ mg BSB}_5/\text{l}$
$TS_O$	$300 \text{ mg/l}$
$T_O$	$15,6^\circ\text{C}$
$f_T$	$1,043$
$TS_R$	$11,7 \text{ kg/m}^3$
$P^R$	$15,9 \text{ mg/l}$
$FE^O$	$71,5 \text{ mg/l}$
$BSB_5$	abg. $190 \text{ kg/d}$

$$A = 0,6 \cdot q_R \cdot S_O = 0,6 \cdot 0,4 \cdot 3043 = 0,73 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$$

$$B = 0,6 \cdot q_R \cdot TS_O = 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,3 = 0,07 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$$

$$C = 0,08 \cdot f_T \cdot TS_R = 0,08 \cdot 1,043 \cdot 11,7 = 0,98 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$$

$$D = 0,4 \cdot [\Delta P \cdot 4,87 + (FE - 1,8 \cdot \Delta P) \cdot 1,91] = 0,06 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$$

Aktive Biomasse:

$$2^{x_1} = \frac{A+B+C+D}{1,8 \cdot C} \pm \sqrt{\left(\frac{A+B+C+D}{1,8 \cdot C}\right)^2 - \frac{A}{0,9 \cdot C}}$$

$$2^{x_1} = \frac{0,73+0,07+0,98+0,06}{1,8 \cdot 0,98} \pm \sqrt{\left(\frac{0,73+0,07+0,98+0,06}{1,8 \cdot 0,98}\right)^2 - \frac{0,73}{0,9 \cdot 0,98}}$$

$$2^{x_1} = 1,04 \pm \sqrt{1,04^2 - 0,83} = 1,04 \pm \sqrt{0,26} = 1,04 \pm 0,51$$

$$\underline{\underline{2^{x_1} = 0,53}}$$

Schlammproduktion:

$$US_R = A + B - 0,9 \cdot C \cdot x$$

$$US_R = 0,73 + 0,07 - 0,46 = 0,34$$

$$\underline{\underline{US_R = 53 \text{ kg/d}}}$$

$$US_R/\eta^B_R = 53 : 190 = 0,28 \text{ kg } TS_R/\text{kg BSB}_5 \text{ abg.}$$

Literaturverzeichnis

- ANDERSON KAJ E. (1979)  
Technischer Bericht der Abluftanlage der TKV Unterfrauenhaid  
ABWASSERTECHNISCHE VEREINIGUNG e.V. in Bonn (1976)  
Merkblatt über die Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft, München 1976
- BAKER R.A. (1963)  
Threshold Odors of Organic Chemicals, Journal AWWA 55 (1963), 913-  
Journal AWWA 55 (1963), 913-916
- BARDTKE R., THOMANETZ E. (1979)  
Belebtschlamm als Proteinquelle  
Stuttg. Ber. zur Abfallwirtschaft 10 (1979), 329-345
- BARTL R., SCHAAFF A., ZEMAN A. (1979)  
Geruchsmessungen in Kommunalkläranlagen  
GWf 120 (1979), 269-274
- BERNERT J. (1977)  
Das Kalksteinturmverfahren  
Wasser, Luft, Betrieb 21 (1977), 353-356
- BISCHOFBERGER W. (1980)  
Belebungsanlagen mit Sauerstoffbegasung für industrielle Abwässer  
in Deutschland, GWA 42 (1980), 609-633
- BLEIER H. (1971)  
Ein Analysenautomat zur Bestimmung der organischen Belastung  
von Wasser und Abwasser, Dissertation TH Wien, 1971
- BONINSEGGNI C. (1974)  
Analyse von Gerüchen bei der Kehrrichtkompostierung  
Dissertation ETH Zürich, 1974
- BORCHERT M. (1972)  
Tierkörperbeseitigungsanstalt Berlin  
TKV-Nachrichten 24 (1972), 49-52
- BUNDGAARD E., BANGSBO D. (1980)  
Advanced Biological Treatment of Wastewater from Rendering Plants  
3rd Int. Congress on Ind. Waste Water and Wastes, Stockholm 1980
- CARLSON D.A., LEISER C.P. (1966)  
Soil Beds for the Control of Sewage Odors  
Journal WPCF 38 (1966), 829-840
- CLEVE U. (1975)  
Planung von Anlagen zur Trocknung und Verarbeitung organischer  
Rohstoffe, Wasser, Luft, Betrieb 19(1975)
- CORTI U.A. (1953)  
Eiweißchemische Untersuchungen an Belebtschlamm  
Schw. Ztschr. f. Hydrologie 15 (1953), 152-157
- DENNE A. (1966)  
Die Abwasserreinigung der Chemiewerke Claus Holzer, Lockweiler  
TKV-Nachrichten 18 (1966), 85-88

DEUTSCHE EINHEITSVERFAHREN ZUR WASSER-, ABWASSER- UND SCHLAMM-  
UNTERSUCHUNG, 3. Auflage, 7. Lieferung (1975)

DIETZ F., TRAUD J. (1978)

Geruchs- und Geschmacks-Schwellenkonzentration von Phenolkörpern  
GWf 119 (1978), 318-325

EGGERSDORFER R., MÜLLER U., OBERBACHER B., SCHÖNBORN W. (1973)

Verwertung von Klärschlamm zur Herstellung von Futtermitteln  
Abwassertechnik 5/6, 1973

V. D. EMDE W. (1976)

Erfahrungsgrundsätze für die Wassergütewirtschaft aus abwasser-  
technischer Sicht, BMLF, Sektion IV

V. D. EMDE W., FLECKSEDER H., BEGERT A., RUIDER E. (1974)

Erhebung der Schmutzstofffrachten aus der TKV Regau und Möglich-  
keiten zur Abwasserreinigung,  
Unveröffentlichtes Institutsgutachten, 1974

V. D. EMDE W., BEGERT A., RUIDER E., SPATZIERER G. (1977)

Systematische Untersuchung der Abwasseranlagen, Rationelle  
Methoden der Eigen- und Fremdüberwachung, BMLF, Sektion IV

V. D. EMDE W., HOEKSTRA J.T., RUIDER E., STALZER W. (1977)

Schmutzstofffrachten aus der TKV Unterfrauenhaid und Möglich-  
keiten zur Beseitigung der Geruchsbelästigung durch das Abwasser  
Unveröffentlichtes Institutsgutachten, 1977

V. D. EMDE W. (1979)

Rücklaufschlammverhältnis, Überschußschlammfall und Schlammalter  
ÖWWV-Fortbildungskurs "Biologische Abwasserreinigung" 1979

ENVIRONMENTAL PROTECTION SERVICE REPORT Nr. EPS 3-WP-79-7

Biological Treatment of Food Processing Wastewater Design and  
Operations Manual, Stanley Associates Engineering Ltd., Oct. 1979

FISCHER J. (1977)

Tierkörperverwertungsanstalt St. Erasmus  
Jahresbericht 1976

FLÖGL W. (1980)

Vergleichende Kostenuntersuchungen über das Belebungsverfahren  
Dissertation TU Wien, 1980

HELMER P. (1972)

Sorption und mikrobieller Abbau in Bodenfiltern  
Stuttg. Ber. zur Siedlungswasserwirtschaft, 51 (1972)

HABELT R. (1980)

Tierkörperbeseitigung aus Sicht der österreichischen Veterinär-  
verwaltung, Ztschr. für Bakteriologie 170 (1980)

HUBER L., BAUMUNG H. (1976)

Das Belebungsverfahren mit technischem Sauerstoff bei einer TKV-  
Anstalt, GWf 117 (1976), 209-215

JOERGENSEN S.E. (1973)

The Combination Precipitation - Ion Exchange - Process for Waste  
Water from the Food Industry, Vatten 29 (1973), 40

- KAYSER R. (1967)  
Sauerstoffzufuhr von Abwasserbelüftern unter Betriebsbedingungen  
Veröffentl. d. Inst. f. Stadtbauwesen d. TH Braunschweig H.1, 1967
- KAYSER R. (1971)  
Berechnung des Überschussschlammanfalles beim Belebungsverfahren  
ÖAR 16 (1971), 73-78
- KNOP W. (1974)  
Verminderung der durch TKV-Anstalten verursachten Geruchsbelästigungen, Wasser, Luft, Betrieb 18 (1974), 598-605
- KOHLER H., HOMANS W.J., BARDTKE D. (1979)  
Desodorisierung von geruchsintensiver Industrieabluft  
GWf 120 (1979), 282-287
- KRAPF W. (1978)  
Persönliche Mitteilung anlässlich der Tagung der Internationalen Gesellschaft für Tierhygiene, 21./22.9.1978, Altmünster
- KROISS J., LETTNER J. (1979)  
Reinigung von Abwässern aus Tierkörperbeseitigungsanstalten  
Diplomarbeit Universität für Bodenkultur Wien, 1979
- KURMEIER H. (1963)  
Probleme der Desodorierung von TKV-Anstalten  
Wasser, Luft, Betrieb 7 (1963), 18-20
- KURMEIER H. (1971)  
Das Kalksteinturmverfahren zur Desodorierung von riechenden Abgasen  
Gesundheitsingenieur 92 (1971), H. 6, 169-173
- LANDESKAMMER FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, STEIERMARK:  
Möglichkeiten und Grenzen der Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft, 2. Auflage
- LEHR- UND HANDBUCH DER ABWASSERTECHNIK  
Herausgeber: Abwassertechnische Vereinigung e.V. in Bonn (1975)
- LINDE AG., Werksgruppe TVT MÜNCHEN  
Informationsschriften über O<sub>2</sub>-Begasungsanlagen bei TKV-Anstalten
- MALEK I, FENCL Z. (1966)  
Theoretical and Methodological Basis of Continuous Culture of Microorganisms, Czechoslovak Academy of Sciences, Prague 1966
- MALZ F. (1979)  
Analytik von Geruchsemissionen und andere Meßprobleme an der Schnittstelle Luft/Wasser  
Technische Akademie Wuppertal 10.-12.12.1979
- MATSCHÉ N. (1977)  
Praxis der Kläranlagenüberwachung  
Wasser und Abwasser, 1977/78, 157 - 172
- MATSCHÉ N. (1979)  
Chemie in der Abwasserreinigung  
ÖWWV-Fortbildungskurs "Biologische Abwasserreinigung" 1979
- MEINCK F., STOOFF H., KOHLSCHÜTTER H. (1968)  
Industrieabwässer, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1968

- NEUMANN H., VIEHL K. (1966)  
Belebungsgraben für die Reinigung der Abwässer einer TKV-Anstalt  
GWF 107 (1966), 1151-1154
- NEUMANN H. (1967)  
Reinigung der Abwässer einer TKV-Anstalt mit dem Belebungsverfahren  
TKV-Nachrichten 19 (1967), 121-125 und 134-136
- NEUMANN H. (1972)  
Die Kläranlage der TKV-Anstalt Icker  
Städtehygiene 5 (1972), 1-11
- NEUMANN H. (1975)  
Gewässerschutzprobleme bei der Tierkörperbeseitigung  
ATV-Kurs, Tutzing 1975
- NEUMANN H. (1975)  
Abwasserrreinigung bei Tierkörperverwertungsanstalten  
Die Fleischmehlindustrie 27 (1975), 94-98 und 108-112
- NEUMANN H. (1977)  
Abwasserprobleme der NÖ Tierkörperbeseitigungsges.m.b.H.  
Unveröffentlichtes Gutachten, Hildesheim 1977
- NEUMANN H. (1977)  
Probleme beim Betrieb von Gruppenklärwerken und Gruppenkanalisationen  
ATV-Landestagung Nord-West, Lübeck, 5./6.5.1977
- NEUMANN H. (1978)  
Tierkörperbeseitigung, ATV-Kurs Laasphe, 9.-13.10.1978
- ÖNORM M 5888 (1979)  
Sauerstoffzufuhr-Leistung von Belüftungseinrichtungen, Bestimmung  
in Reinwasser, Ausgabedatum 1.5.1979
- ÖSTERREICHISCHES STATISTISCHES ZENTRALAMT (1977/78)  
Statistische Nachrichten, 33. Jahrgang, 1978
- OSTENDARP E. (1977)  
Tierkörperbeseitigung, Diplomarbeit TH Aachen, 1977
- v. OSTERTAG R., MOEGLE E., BRAUN S. (1958)  
Die Tierkörperbeseitigung, Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg  
Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg, 1958
- PERRIN C. (1969)  
Abwässer eines Betriebes zur Verwertung von Schlachtnebenprodukten  
und Tierkörpern, Jahrbuch Chem. Ind., 1969, 73-76
- QUILLMANN H. (1970)  
Beseitigung der Geruchsbelästigung aus TKV-Anstalten durch katalytische Verbrennung, TKV-Nachrichten 22 (1970), 13-15
- RAUEN H. M. (1964)  
Biochemisches Taschenbuch, Springer Verlag, 2. Auflage, 1964
- REICHERTER U., SONTHEIMER H. (1973)  
Anwendung von Ozon bei der Wasser- und Abwasserreinigung  
Vom Wasser 41 (1973), 369-380
- TKV REGAU (1977)  
Jahresbericht der OÖ Tierkörperverwertungsges.m.b.H. Regau 1977

- RICKE G., NEUMANN H. (1969)  
Kunststofftropfkörper zur Reinigung des Abwassers einer TKV-Anstalt  
TKV-Nachrichten 21 (1969), 13-18
- ROENNEFAHRT K.W., PAUL U. (1968)  
Die biologische Reinigung von Abwasser aus TKV-Anstalten  
Wasser, Luft, Betrieb 12 (1968), 34-37
- SCHIERJOTT G. (1970)  
Ein System zur kontinuierlichen Bestimmung des CSB wässriger Lösungen  
Dissertation TH Wien, 1970
- SCHIPPERT N. (1979)  
Biologische Abluftreinigung in TKV-Anstalten  
Die Fleischmehlindustrie 31 (1979), 211-212
- SCHWARZBACH E. (1974)  
Verfahren zur Beseitigung von Geruchsemissionen aus der Tierkörper-  
verwertung, Die Fleischmehlindustrie 26(1974), H.4
- SCHILLING K. (1959)  
Chlordioxyd zur Geruchsbekämpfung und Abwasserdesinfektion in  
TKV-Anstalten, TKV-Nachrichten 11(1959)
- SICKERT E.  
Geruchsbekämpfung im Klärwerk Kohlbrandhöft  
Baubehörde Hamburg, Amt für Ingenieurwesen III
- STENSEL H.D., CHRIST W. (1979)  
Kläranlage zur biologischen Stickstoffbeseitigung  
Wasser, Luft, Betrieb 23 (1979), 13-15
- STRAUCH D., BAADER W., TIETJEN C. (1977)  
Abfälle aus der Tierhaltung  
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1977
- STURM G. (1970)  
Biologische Reinigung des Abwassers von TKV-Anstalten  
TKV-Nachrichten 22 (1970), 25-28
- SUMMER W. (1971)  
Geruchlosmachung von Luft und Abwasser  
R. Oldenbourg, München und Wien, 1971
- TECHNICON REPORTS (1974)  
Autoanalyzer Industrial Methods, 1974
- TEGGE E. (1977)  
Tierkörperbeseitigungsgesetz  
Deutscher Gemeindeverlag, W. Kohlhammer, 1977
- USRAEL G. (1980)  
Umweltverträglichkeit der Schlammbehandlung  
15. ÖWWV-Seminar Raach, 28.1.-1.2.1980
- WICHMANN H. (1980)  
Behandlungs- und Verarbeitungsverfahren in der Tierkörperbeseitigung  
Zeitschrift für Bakteriologie 170 (1980), H. 3/4
- WILDMOSE A., REIMANN H. (1974)  
Reinigung des Abwassers aus einer TKV-Anstalt mit O<sub>2</sub> nach dem  
LINDOX-Verfahren, Die Fleischmehlindustrie 26 (1974), 25-28

WILDMOSER A., REIMANN H. (1976)

1 Jahr Betrieb der LINDOX-Abwasseranlage bei der TKV Oberding  
Die Fleischmehlindustrie 28 (1976), 66-70

WILDMOSER A. (1978)

Abwasserreinigung mit technischem Sauerstoff  
Wasser, Luft, Betrieb 22 (1978), 26-28

ZARNACK-KLÄRTECHNIK

Informationen über Anlagen zur Behandlung von TKV-Abwasser

W I E N E R   M I T T E I L U N G E N  
W A S S E R   -   A B W A S S E R   -   -   G E W Ä S S E R

Eine von den Wasserbauinstituten an der Technischen Universität in Wien und dem Institut für Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur, Wien, herausgegebene Schriftenreihe.

Verzeichnis und Preise der bisher erschienenen Titel. Stand Juli 1980

	Preis (öS)
Band 1: Kresser, W.: Das Wasser (1968)	100.-
Band 2: Breiner, H.: Die Gesetzmäßigkeiten der stationären Flüssigkeitsströmungen durch gleichförmig rotierende zylindrische Rohre (1968)	200.-
Band 3: von der Emde, W.: Abwasserreinigung-Grundkurs (1969)	vergriffen
Band 4: 4. Seminar ÖWWV, Raach 1969 Abwasserreinigungsanlagen Entwurf - Bau - Betrieb (1969)	vergriffen
Band 5: 5. Seminar ÖWWV, Raach 1970 Zukunftsprobleme der Trinkwasserversorgung (1970)	vergriffen
Band 6: 6. Seminar ÖWWV, Raach 1971 Industrieabwässer (1971)	vergriffen
Band 7: 7. Seminar ÖWWV, Raach 1972 Wasser- und Abfallwirtschaft (1972)	vergriffen
Band 8: Schmidt, F.: Das vollkommene Peilrohr (Zur Methodik der Grundwasserbeobachtung) (1972)	250.-
Band 9: Doleisch, M.: Über die Auswertung von Abflußmessungen auf elektronischen Rechenanlagen Pruzinsky, W.: Über die Anwendung von radioaktiven Tracern in der Hydrologie (1972)	250.-
Band 10: 1. Hydrologie-Fortbildungskurs Hochschule für Bodenkultur (1972)	vergriffen
Band 11: Gutknecht, D.: Vergleichende Untersuchungen zur Berechnung von Hochwasserabflüssen aus kleinen Einzugsgebieten (1972)	vergriffen
Band 12: 8. Seminar ÖWWV, Raach 1973 Uferfiltrat und Grundwasseranreicherung (1973)	270.-

Band 13:	von der Emde, W., Fleckseder, H., Huber, L., und Viehl, K.: Zellstoffabwässer - Anfall und Reinigung (1973)	vergriffen
Band 14:	2. Hydrologie-Fortbildungskurs 1973 Hochschule für Bodenkultur (1973)	vergriffen
Band 15:	9. Seminar ÖWWV, Raach 1974 Neue Entwicklungen in der Abwassertechnik (1974)	300.-
Band 16:	von der Emde, W.: Praktikum der Kläranlagentechnik (1974)	250.-
Band 17:	Behr, O.: Stabilitätsuntersuchung von Abflußprofilen mittels hydraulischer Methoden und Trend- analyse (1974)	250.-
Band 18:	3. Hydrologie-Fortbildungskurs 1975 Universität für Bodenkultur (1975)	180.-
Band 19:	1. Hydrologisches Seminar des ÖWWV 1976 Universität für Bodenkultur (1976)	180.-
Band 20:	11. Seminar ÖWWV, Raach 1976 Abfall- und Schlammbehandlung aus wasser- wirtschaftlicher Sicht (1976)	320.-
Band 21:	2. Hydrologisches Seminar des ÖWWV 1977 Technische Universität Wien (1977)	300.-
Band 22:	12. Seminar ÖWWV, Raach 1977 Abwasserreinigung in kleineren Verhält- nissen (1977)	350.-
Band 23:	Baron, W., Heindl, W., Behr, O., Reitinger, J.: Methoden zur rechnerischen Behandlung von Grundwasserleitern (1978)	200.-
Band 24:	Begert, A.: Ein Beitrag zur Reinigung der Abwässer eines Chemiefaserwerkes, eines chemischen Betriebes und einer Kokerei (1978)	vergriffen
Band 25:	Kroiß, H.: Ein Beitrag zur Reinigung von Zuckerfabriks- abwasser (1978)	vergriffen
Band 26:	Gutknecht, D.: Methoden der hydrologischen Kurzfristvorher- sage (1978)	300.-
Band 27:	13. Seminar ÖWWV, Raach 1978 Wasserversorgung - Gewässerschutz	350.-
Band 28:	14. Seminar ÖWWV, Raach 1979 Industrieabwasserbehandlung - Neue Ent- wicklungen (1979)	400.-

- Band 29: Frischherz, H.:  
Probleme der Uferfiltration und Grundwasser-  
anreicherung mit besonderer Berücksichtigung  
des Wiener Raumes 350.-
- Band 30: Beiträge zu Hydraulik, Gewässerkunde und  
wasserwirtschaft: o.Univ.Prof.DDr.Werner Kresser  
zum 60. Geburtstag 350.-
- Band 31: Schügerl, W.:  
Grundwasserzuströmungsverhältnisse zu Horizon-  
talfilterrohrbrunnen 200.-
- Band 32: 3. Hydrologisches Seminar des ÖWWV 1980  
Institut für Wasserwirtschaft, Univ. für  
Bodenkultur (1980) 350.-
- Band 33: Kulturtechnik und Wasserwirtschaft - heute (1)  
(1980) 350.-
- Band 34: 15. Seminar ÖWWV, Raach 1980  
Behandlung und Beseitigung kommunaler und  
industrieller Schlämme (1980) 350.-
- Band 35: Usrael, G.:  
Faktoren, die die Inaktivierung von Viren  
beim Belebungsverfahren beeinflussen (1980) 250.-
- Band 36: Flögl, W.:  
Vergleichende Kostenuntersuchungen über das  
Belebungsverfahren (1980) 350.-
- Band 37: Ruider, E.:  
Ein Beitrag zur Reinigung und Geruchsfrei-  
machung aus Tierkörperverwertungsanstalten  
(1980) 350.-

Zu beziehen durch:

Band 1, 2, 8, 9, 17, 21, 23, 26, 30, 31

Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und  
Wasserwirtschaft, Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13, A-1040 Wien

Band 12, 15, 16, 20, 28, 34, 35, 36, 37

Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau,  
Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13, A-1040 Wien

Band 18, 19, 22, 27, 29, 32, 33

Institut für Wasserwirtschaft  
Universität für Bodenkultur,  
Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

