

Abwasserprobleme in der Lebensmittelindustrie und in der Landwirtschaft

W. BIFFL

1. Allgemeines

Die Abwässer der Lebensmittelindustrie enthalten vorwiegend organische Bestandteile — hauptsächlich hochmolekulare Eiweißverbindungen, Kohlehydrate und Fette —, die im Gegensatz zu jenen des häuslichen Abwassers in noch relativ unzersetztem und daher energiereicherem Zustand vorliegen. (MEINCK 1968).

Zu den organischen Inhaltsstoffen kommen noch je nach Ausgangsrohstoff anorganische Salze, erdige Beimengungen usw.

Die organischen Bestandteile der Abwässer der Lebensmittelindustrie sind einem biologischen Abbau leicht zugänglich.

Probleme bei der biologischen Abwasserbehandlung treten u. a. allerdings dadurch auf, daß der Abwasseranfall häufig ungleichmäßig und stoßweise erfolgt, bei mehreren Betriebsarten sogar auf eine bestimmte Jahreszeit beschränkt bleibt, im weiteren dadurch, daß die Konzentrationen der organischen Inhaltsstoffe meist sehr hoch liegen und daß die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe im Vergleich zu häuslichen Abwässern relativ einseitig ist und mitunter Mangel an Nährstoffen — z. B. N- und P-Verbindungen — besteht.

Unter Punkt 2 sind die einzelnen biologischen Verfahren zur Behandlung von Abwässern der Lebensmittelindustrie mit ihren Vor- und Nachteilen beschrieben sowie innerbetriebliche wasserwirtschaftliche Maßnahmen als Voraussetzung für eine sinnvolle Abwasserreinigung angeführt.

Die Abwässer bzw. flüssigen Abfallstoffe aus der Landwirtschaft (Jauche, Gülle, Sickersäfte aus Gärfutterbereitung) fallen durch die Intensivierung der landwirtschaftlichen Betriebe, durch deren Spezialisierung und großzügige maschinelle Ausrüstung in verstärktem Maße an. Durch ihre hohe organische Belastung wirken sie sich in kommunalen Klär-

anlagen und in Vorflutern sehr nachteilig aus. Sie sollten daher — von Ausnahmen abgesehen — auf landwirtschaftlich genutzten Flächen untergebracht und als Dünger verwertet werden. Im Abschnitt 3 sind Zahlen betreffend Menge und Zusammensetzung dieser hochkonzentrierten flüssigen Abfallstoffe der Landwirtschaft sowie deren nachteiliger Einfluß auf die Reinigungskraft kommunaler Kläranlagen sowie auf den Sauerstoffhaushalt von Oberflächenwässern angegeben. Im weiteren sind verschiedene Methoden zur Reinigung dieser Abwässer angeführt. (Diese Reinigungsverfahren sind allerdings noch mit sehr hohen Kosten verbunden und setzen daher ihrer Anwendung enge Grenzen.)

2. Abwasserprobleme in der Lebensmittelindustrie

Wie bereits unter Punkt 1 angeführt, sind die organischen Inhaltsstoffe der Abwässer der Lebensmittelindustriebetriebe einem biologischen Abbau gut zugänglich. Für ihre biologische Reinigung werden heute folgende Verfahrensarten angewendet:

- a) mit anaerobem Abbau:
 - Abwasserteiche,
 - Faulung ohne Bakterienrückführung,
 - Faulung mit Bakterienrückführung,
- b) mit aerobem Abbau:
 - Abwasserlandbehandlung,
 - Abwasserteiche,
 - Tropfkörperverfahren,
 - Belebungsverfahren.

Über die Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren sowie den Anwendungsbereich ist in der Literatur schon vielfach berichtet worden. Im folgenden ist daher nur ein kurzer Überblick über die einzelnen Verfahren gegeben. Im besonderen ist lediglich auf die Weiterentwicklung des Tropfkörper-Verfahrens hinsichtlich der Reinigung von organisch hochbelasteten Abwässern der Nahrungsmittelindustrie eingegangen.

2.1. Anaerobe Reinigungsverfahren

Die Anwendung anaerober Reinigungsverfahren ist vor allem bei höher konzentrierten Abwässern (unterer Grenzwert: BSB₅ 2.000 mg/l; vgl. v. d. EMDE 1971) zu empfehlen. Der besondere Vorteil einer anaeroben Behandlung bzw. Vorbehandlung liegt in der im Vergleich zum aeroben Abbau geringen Überschußschlammproduktion. Das am meisten eingesetzte Verfahren ist die Faulung ohne Bakterienrückführung

nach dem Prinzip der kontinuierlichen Fermentation. Die praktische Ausführung sind anaerobe Abwasserteiche bzw. gelegentlich konventionelle Faulbehälter. Abwasserteiche beanspruchen viel Platz. Sie haben den Vorteil, daß sie bei großer Betriebssicherheit und geringen Betriebskosten nur einer geringen Wartung bedürfen. Nachteilig hingegen sind die häufig auftretenden Geruchsentwicklungen während der warmen sowie die klimabedingte schlechte Abbauleistung in kalten Jahreszeiten.

2.2. Aerobe Reinigungsverfahren

2.2.1. Abwasserlandbehandlung

Die landwirtschaftliche Verwertung (Verrieselung und Verregnung), die vor allem im anglo-amerikanischen Raum sehr verbreitet war und früher von Fachleuten als die beste Art der Behandlung von Abwässern der Lebensmittelindustrie angesehen wurde, kommt heute nur noch selten zur Anwendung (vgl. STALZER 1972). Die entscheidende Problematik ist durch den großen Flächenbedarf, die Schwierigkeiten der Unterbringung des Abwassers bei Frost- und Regenzeiten, die Erschwernisse einer gleichmäßigen Verteilung bei der Verrieselung bzw. den großen Arbeitsaufwand bei der Verregnung gegeben.

2.2.2. Abwasserteiche

Abwasserteiche haben sich zur Behandlung von konzentrierten Abwässern der Lebensmittelindustrie, vor allem bei jenen mit Kampagnetrieb wegen ihrer Pufferfähigkeit, Betriebssicherheit und ihres geringen Wartungsaufwandes gut bewährt.

Generell kann zwischen unbelüfteten und belüfteten bzw. zwischen anaeroben, aerob-anaeroben sowie aeroben Teichen unterschieden werden. Vor allem mit der kombinierten Anwendung, nämlich 1. Stufe unbelüfteter anaerober Teich und nachgeschalteter belüfteter aerober Teich konnten gute Abbauleistungen erzielt werden. Nachteilig beim belüfteten aeroben Teich ist neben dem großen Flächenbedarf u. a. der hohe Schwebstoffgehalt des Ablaufes anzusehen, durch den mindestens 25% der eingebrachten BSB₅-Fracht wieder abfließen. Es ist daher zweckmäßig, hinter dem belüfteten aeroben Teich ein Absetzbecken oder einen Absetzteich nachzuschalten.

Die theoretische Grundlage zur Bemessung von Abwasserteichen sowie Beispiele von technischen Ausführungen hat v. d. EMDE (1971) übersichtlich zusammengestellt.

2.2.3. Tropfkörperverfahren

Das Tropfkörperverfahren ist rd. 80 Jahre alt und seinerzeit aus Versuchen über die intermittierende Bodenfiltration entwickelt worden. Gelegentlich wird heute das Tropfkörperverfahren in seiner herkömmlichen Form (Abwasserreinigung mittels brockengefüllter Spültropfkörper) als veraltet und überholt angesehen, weil in erster Linie die Verstopfungsgefahr zur Raumbelastung und vor allem zur Zulaufkonzentration verhältnismäßig enge Grenzen setzt. Um der Verstopfungsgefahr bei Spültropfkörpern zu begegnen, hat man schon seit mehr als 30 Jahren die verschiedensten Füllmaterialien erprobt, die gegenüber dem Hohlraumvolumen oder der spezifischen Oberfläche Verbesserungen versprochen. Gleichzeitig wurde dabei eine Gewichtsverminderung des Füllmaterials angestrebt, um Boden und Wände des Tropfkörpers zu entlasten. Von allen untersuchten Vorschlägen haben sich bisher nur regelmäßig geformte Füllelemente aus Kunststoff durchgesetzt, die praktisch verstopfungssicher sind.

Damit unterliegt die Anwendung des Tropfkörperverfahrens nicht mehr den engen Grenzen zur Konzentration und Belastung und das Tropfkörperverfahren ist vorteilhaft auch für bestimmte industrielle Abwässer — im besonderen für stark belastete Abwässer der Gärungs- und Lebensmittelindustrie — und für landwirtschaftliche Abwässer geeignet (RINCKE 1967 und 1969, BORN 1971, BIFFL 1972).

Durch die hohe spezifische Oberfläche dieser regelmäßig geformten Füllelemente von 200 bis 250 m²/m³ (im Vergleich: spez. Oberfläche der herkömmlichen Hochofenschlackefüllung \varnothing 40 bis 80 mm: 90 bis 100 m²/m³) und durch das große Hohlraumvolumen von 95 v. H. (verstopfungssicher bis zu einer Raumbelastung von 9 kg BSBs/m³ und Tag) bringt der kunststoffgefüllte Tropfkörper sehr gute Reinigungsleistungen (Siehe Abb. 1).

Bei seinem Einsatz zur Teilreinigung oder als 1. Stufe bei stärker konzentrierten Abwässern der Lebensmittelindustrie bieten sich im Vergleich zum Belebungsverfahren folgende Vorteile an:

1. Geringerer Stromverbrauch, etwa nur 0,07 bis 0,14 kWh/kg eliminiertem BSBs, d. h. rd. 20% der vergleichbaren Energiemenge bei Belebungsverfahren
und
2. Stabile Betriebsverhältnisse gegenüber der bei vielen Abwasserarten der Lebensmittelindustrie im Belebungsverfahren — z. B. infolge des hohen Gehaltes an Kohlehydraten, infolge Nährstoffmangels usw. —

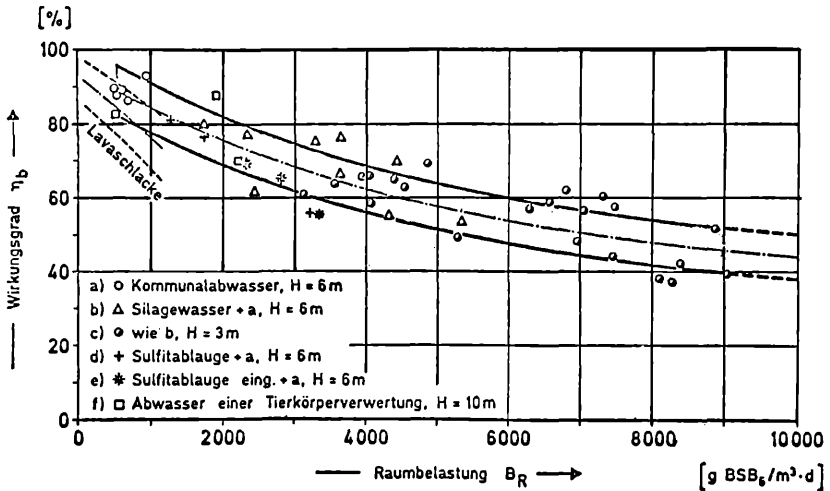


Abbildung 1

bestehenden Blähschlammgefahr bei gleichzeitiger geringer Empfindlichkeit gegen Schaumentwicklungen.

Nach RINCKE (1971 a) lassen folgende Verhältnisse die Anwendung des kunststoffgefüllten Tropfkörpers technisch und wirtschaftlich besonders zweckmäßig erscheinen:

1. Höhere Konzentrationen (BSB₅ 600 bis 7.000 mg/l).
2. Einsatz zur biologischen Teilreinigung (BSB₅-Abbau: 60 bis 80%) vor einer weiteren Stufe oder der Ableitung in eine kommunale Kläranlage.
3. Zeitlich ausgeglichener oder leicht ausgleichbarer Abwasseranfall.
4. Abwässer aus Landwirtschaft, Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie, Papierindustrie oder Industrie ähnlicher Abwasserbeschaffenheit, bzw. aus Gemeinden mit wesentlichen Einflüssen derartiger Betriebe.
5. Abwässer, die bei anderen Reinigungsverfahren zu Betriebsstörungen führen (z. B. Blähschlammbildung, Schaumentwicklung, Verpilzung).

2.2.4. Belebungsverfahren

Das Belebungsverfahren ist heute soweit entwickelt, daß es auch für industrielle Abwässer immer mehr verwendet wird.

In der Tabelle 1 ist eine Übersicht über die wichtigsten industriellen Abwassertypen gegeben, deren biologische Reinigung — vielfach allerdings erst nach gewissen Vorbehandlungen — mit dem Belebungsverfahren zweckmäßig sein kann. Bei den verschiedenen Abwässern der Lebensmittelindustrie mit ihren vorwiegend organischen, kohlehydratreichen Inhaltsstoffen, kann z. B. bei höheren Konzentrationen eine anaerobe Vorstufe (Abwasserteiche, „Anaerob-Aerob-Verfahren“; siehe KOLLATSCH 1968 und OFFHAUS 1969) oder eine teilbiologische Vorreinigung in kunststoffgefüllten Tropfkörpern zweckmäßig sein, um gegebenenfalls die intensive Behandlung im Belebungsbecken erst zu ermöglichen bzw. u. a. das Wachstum von fadenförmigen Organismengruppen (Blähschlamm) in der Belebung zu unterbinden. Ein Mangel an Stickstoff- und Phosphor-Verbindungen kann ebenfalls bei Abwässern der Lebensmittelindustrie gegeben sein und den biologischen Abbau im Belebungsbecken vermindern bzw. das Wachstum fadenförmiger Organismen fördern. In diesem Zusammenhang sei u. a. auf Untersuchungen von STALZER (1972) verwiesen, der durch Zugabe von P- und N-Salzen zu Abwässern der Konservenindustrie zur Erreichung des gewünschten Nährstoffverhältnisses nämlich $BSB_5 : N : P = 100 : 8 : 1$ bei höheren Schlammbelastungen eine wesentliche Steigerung des biologischen Abbaus erzielen konnte. Gleichmaßen konnte z. B. STÜRZER (1973) bei Molkereiabwässern durch N-Zugabe ebenfalls eine merkbare Erhöhung der Reinigungsleistung in Belebungsanlagen erzielen.

Eine umfassende Zusammenstellung über notwendige Vorbehandlung von industriellen Abwässern zur Vermeidung von Betriebsstörungen in Belebungsanlagen ist im Bericht zur Abwasser- und Abfalltechnik der ATV, Bonn 1970, unter dem Titel „Die Biologische Reinigung von Industrie-Abwasser nach dem Belebungsverfahren“ erschienen. Im weiteren ist ausführlich hierüber von v. d. EMDE (1971) berichtet worden.

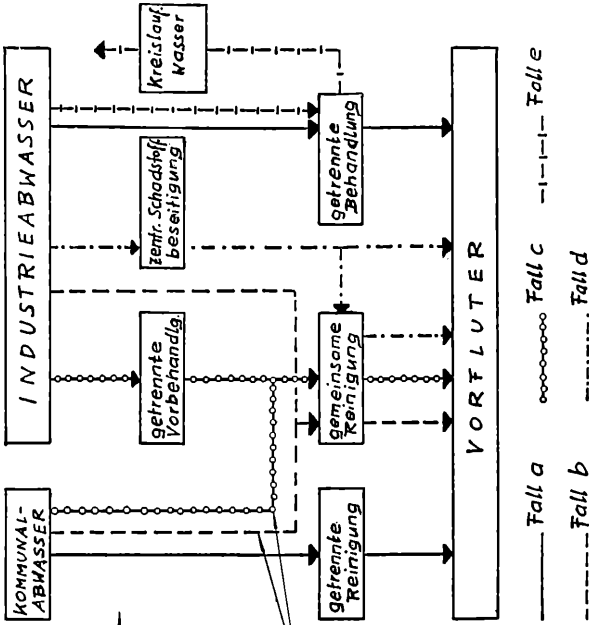
Allgemein ist es vorteilhaft, die Abwässer der Lebensmittelindustrie gemeinsam mit häuslichen bzw. städtischen Abwässern zu behandeln (Mengen- und Konzentrationsausgleich, breiteres Nährstoffangebot usw.). Siehe RINCKE 1971 b und Abb. 2. Voraussetzung für jede sinnvolle und wirtschaftliche Abwasserbehandlung — ob sie nun getrennt oder gemeinsam mit städtischen Abwässern erfolgt — ist jedenfalls eine geordnete innerbetriebliche Wasserwirtschaft zur Verringerung des Abwasseranfalles und der Belastung (siehe Pkt. 2.3.).

ÜBERSICHT ÜBER DIE WICHTIGSTEN INDUSTRIELLEN ABWASSERTYPEN, DEREN BIOLOGISCHE REINIGUNG MIT DEN BELEBUNGSVERFAHREN ZUNECKHÄSSIG SEIN KANN. (entn. aus: Berichte der ATV 1970 "DIE Biot. REINIGUNG VON IND-ABW. NACH DEN BEL.-VERFAHREN.")

Bräuereien u. Getränkeindustrie	Hefeherstellung	Papier- u. Papiereindustrie
Braunschlichterzeugung	Kartoffelverarb. Betriebe	Tetrochemische Industrie
Brennereien, Fermentation	KOKEREIEN	Pharmazeutische Industrie
Chemische Industrie	KONSERVENFABRIKEN	Sauerkrautfabriken
Erdölraffinerien	KNOCHENMEHLFABRIKEN	Schlachthöfe
Farbenfabriken	Kunststoffindustrie	Speiseeisfabriken
Faserplattenwerke	Lackfabriken	Stärkefabriken
Fischmehlfabriken	Leimherstellung	Textilindustrie
Fleischkonservenfabriken	Mälzereien	Tierkörperverwertung
Gaswerke, Schwelereien	Margarineherstellung	Viskoseherstellung
Gärungsgewerbe	Molkereien	Käschereien
Gerbereien, Lederfabriken	Obstverarbeitung	Zellstoffindustrie (Waschwasser)
Halbzellstoffabriken (Waschwasser)	Ölmühlen	Zuckerfabriken

Tabelle 1

GEMEINSAME ODER GETRENNTE ABWASSERREINIGUNG
(nach Rincke, 1971)



Abwasserart	Zusammensetzung		Konzentration		Gifstoffgehalte		Behandlungsart — siehe Abb.
	einselig + mehrselig	+	normal + hoch	+	kein + ja	+	
1	+	—	—	—	—	—	b (a)
2	—	—	—	—	—	—	b
3	—	—	+	—	—	—	b, c
4	+	+	+	—	—	—	c (b)
5	+	—	—	+	+	+	a (c)
6	—	—	—	—	+	+	e, a, (c)
7	+	+	+	+	+	+	c, d (a)
8	—	—	+	+	+	+	d, (a), (c)
			Kühlwasser				e

4.... Abwasser aus der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie

Abbildung 2

2.3. Einfache innerbetriebliche Maßnahmen zur Verringerung des Abwasseranfalles bzw. der Belastung

In der Tabelle 2 sind einige Zahlen betreffend Wasserbedarf, Abwasseranfall und die im Abwasser enthaltenen organischen Belastungen (ausgedrückt in Schmutzmengeneinwohnergleichwerten, 1 EGW = 54 g BSB₅/Tag) angegeben.

Tabelle 2

Wasserverbrauch bzw. Abwasseranfall und Schmutzmengeneinwohnergleichwerte verschiedener Gärungs- und Lebensmittelbetriebe

Lfd. Nr.	Industriebetrieb	Wasserverbrauch bzw. Abwasseranfall je Rohstoff- bzw. Produktionseinheit	Schmutzmengen- Einwohner- gleichwert je Rohstoff- bzw. Produktionseinheit	Literaturhinweis
1	Brauerei	10—100 hl/hl Bier	32/hl Bier	STECHER 1939 KAR 1948 bzw. 1951
		5—8 hl/hl Bier ohne Kühlwässer	100/hl Bier	WAGNER 1950 STRELL 1955
		5,8—9,6 hl/hl Bier	90/hl Bier 7,1—17,6/hl Bier	KAESS 1956 NOACK 1963
			12,8—28,1/hl Bier	UHL und Mitarbeiter 1964
			16,1—25,7/hl	BUCKSTEEG W. und KOR-NATZKY 1967
			25/hl Bier	KLEE 1970
		3—60 hl/hl Bier		STUNDL 1971
		3—30 hl/hl Bier	10—19,5/hl Bier	Eigene Untersuchungen
2	Brennerei	50—150 hl/hl Sprit		KAR 1948, 1951
			1500/t Kartoffel	WAGNER 1950
			2000/t Getreide	WAGNER 1950

Lfd. Nr.	Industriebetrieb	Wasserverbrauch bzw. Abwasseranfall je Rohstoff- bzw. Produktionseinheit	Schmutzmengen- Einwohnergleichwert je Rohstoff- bzw. Produktionseinheit	Literaturhinweis
3	Konservenfabrik	2—11 m ³ /t	500/t	IMHOFF
	Beispiele:			
	Karotten	6,3 m ³ /t		
	Erbsen	6,8 m ³ /t		
	Spinat	5,5 m ³ /t		
	Tomatenmark	2,1 m ³ /t		ELDRIDGE 1947
	grüne Bohnen	11,6 m ³ /t		
	rote Rüben	6,8 m ³ /t		
	grüne Bohnen	20 m ³ /t	130/t	Eigene Untersuchungen
	rote Rüben	35 m ³ /t	360/t	
	Babykost	80—160 m ³ /t	550—1280/t	
	Bohnen	14—23 m ³ /t	73—150/t	
	Erbsen	30—60 m ³ /t	150—280/t	
	Erdbeeren	30—40 m ³ /t	930—1100/t	
	Fertigkost	30—50 m ³ /t	280—460/t	
	Gurken	15—30 m ³ /t	73—110/t	
	Karotten	20—40 m ³ /t	370—740/t	STALZER 1972
	Mischsalate	25—100 m ³ /t	150—560/t	
	Paprika	35—45 m ³ /t	460—650/t	
	Sellerie	10—15 m ³ /t	280—560/t	
	Spinat	90—95 m ³ /t	73—110/t	
	Zuckermais	16—27 m ³ /t	370—560/t	
4	Mälzerei		10/100 kg Getreide	WAGNER 1950
			8—10/100 kg Getreide	BUCKSTEEG 1961
			11/100 kg Getreide	MEINCK 1968

fd. Jr.	Industriebetrieb	Wasserverbrauch bzw. Abwasseranfall je Rohstoff- bzw. Produktionseinheit	Schmutzmengen- Einwohnergleichwert je Rohstoff- bzw. Produktionseinheit	Literaturhinweis
		5—18 m ³ /t Gerste		Angaben des Institutes für Gärungsgewerbe in Berlin
		10,6 m ³ /t Gerste	11,5/100 kg Getreide	Eigene Untersuchungen
5	Molkerei		167/1000 l Milch (mit Molkenablauf)	CALVERT 1934
		4—10 m ³ /1000 l Milch	15/1000 l Milch	ELDRIDGE 1942 KAR 1948 und 1951
		1,5—2 m ³ /1000 l Milch	30/1000 l Milch	WAGNER 1950 STRELL 1955
		0,5—3 m ³ /1000 l Milch ohne Kühlwasser	5—50/1000 l Milch	STUNDL 1971
5	Schlachthof	19,6/Rind		CALVERT 1934
		300—600 l/GVE		KAR 1948, 1951
		1000 l/Schlachtung	200/Rind	WAGNER 1950 STRELL 1955
			30—70/Rind	BUCKSTEEG 1961
		400—500 l/GVE	100—200/GVE	LIEBMANN 1961
		600—9600 l/GVE	70—200/GVE	IMHOFF
		300—400 l/Schwein	30—100/Schwein	STUNDL 1971

Lfd. Nr.	Industriebetrieb	Wasserverbrauch bzw. Abwasseranfall je Rohstoff- bzw. Produktionseinheit	Schmutzmengen- Einwohnergleichwert je Rohstoff- bzw. Produktionseinheit	Literaturhinweis
		1000 l/Rind 120 l/Schwein 280 l/Rind 70—90 l/ Schwein	17/Rind 7/Schwein 30/Rind 7,5/Schwein	MÄRKI 1971 MÄRKI 1972 Eigene Untersuchungen
7	Stärkefabrik			
	Kartoffelstärke	10—20 m ³ /t Kartoffel	500/t Kartoffel	KAR 1948, 1951 WAGNER 1950 STRELL 1955
		10—12 m ³ /t Kartoffel		
		12,75 m ³ /t Kartoffel		ROSENAUER 1965
	Maisstärke		250—280/t Mais 100—200/t Mais 15—25/t Mais	SEYFRIED 1962
		8—10 m ³ /t Mais	100—500/t Mais	ROSENAUER 1965
	Weizenstärke		900—1700/t Weizen 800—1000/t Weizen	SEYFRIED 1962 IMHOFF
8	Zuckerfabriken			
			280/t Rübe 126—230/t Rübe	NOLTE 1928 ELDRIDGE 1947
		10—20 m ³ /t Rübe		KAR 1948, 1951
			700/t Rübe 120—400/t Rübe	WAGNER 1950 IMHOFF
		10—20 m ³ /t Rübe		STRELL 1955

Lfd. Nr.	Industriebetrieb	Wasserverbrauch bzw. Abwasseranfall je Rohstoff- bzw. Produktionseinheit	Schmutzmengen- Einwohnergleichwert je Rohstoff- bzw. Produktionseinheit	Literaturhinweis
		14,5—17,9 m ³ /t	155—205/t Rübe	KRAMER 1959
		0,5 m ³ /t Rübe		KLAPPER 1968
		0,5—10 m ³ /t Rübe mit Kreislauf-führung	15—30/t Rübe	STUNDL 1971
		10—14 m ³ /t Rübe	125—280/t Rübe	STUNDL 1971

Aus den Werten der Tabelle 2 ist zu erkennen, daß der Wasserverbrauch und dementsprechend der Abwasseranfall, aber auch die im Abwasser enthaltene organische Belastung bei Betrieben mit gleicher Produktion innerhalb sehr weiter Grenzen schwankt. Dies ist ein Zeichen dafür, daß die innerbetriebliche Wasserbewirtschaftung auch in Betrieben mit gleichem technologischen Prinzip oft sehr voneinander abweicht und daß der Wasserhaushalt innerhalb der einzelnen Betriebe durch innerbetriebliche Maßnahmen stark beeinflußt werden kann. Einfache innerbetriebliche Maßnahmen als Voraussetzung einer planmäßigen Bewirtschaftung des Wassers sind u. a.:

- a) die Überprüfung des Wasserhaushaltes des Betriebes auf Grund einer verfahrenstechnischen Betriebsanalyse mit dem Ziel einer Verringerung von Reinwasserverbrauch und Abwasseranfall,
- b) die Trennung von Schmutzwässern von nicht oder nur wenig verunreinigten Wässern, z. B. Trennung von Abwässern und Kühlwässern,
- c) die gänzliche oder teilweise Rücknahme von Kühlwässern in den Betrieb zur Verminderung des Wasserverbrauches des Betriebes und der thermischen Belastung des Vorfluters unter Bedachtnahme auf eine optimale und wirtschaftliche Eindickung des Kreislaufwassers (KIRNBAUER 1969) und unter Anwendung moderner Methoden der Kühlwasserchemie (z. B. Einsatz von Dispergiermitteln, Korrosionsinhibitoren und spezifisch wirkender Mikrobiozide) zur Vermeidung

- von Betriebsschwierigkeiten infolge Steinablagerungen, Korrosionen, Algen- oder Schleimbildungen (KIRNBAUER 1970),
- d) die gänzliche oder teilweise Rücknahme von bestimmten Abwässern, eventuell nach erfolgter Zwischenreinigung oder Desinfektion (z. B. Waschwässer bei Zuckerfabriken, Kartoffelstärkefabriken usw.),
 - e) die Verwertung gewisser konzentrierter organischer Abwässer nach entsprechender Vorbehandlung (z. B. Eindickung, Verhefung) und Verarbeitung mit anderen geeigneten speziell festen Abfallstoffen zu Futtermittel, Düngemittel oder ähnlichem.

Vor allem was die unter Punkt d) und e) angeführten Maßnahmen anlangt, bieten sich noch verschiedentlich weitergehende Möglichkeiten an, um auf den Wasserhaushalt Einfluß zu nehmen bzw. um die im Abwasser enthaltenen Schmutzstoffe wirtschaftlich zu nutzen.

Neben den innerbetrieblichen Maßnahmen zur Verminderung des Wasserverbrauches und zur Verringerung der Abwasserlast ist die Zurückhaltung und die Entfernung absetzbarer oder schwimmfähiger Abfallstoffe aus dem Abwasser schon an der Entstehungsstelle im Betrieb durch mechanische Einrichtungen wie Rechen, Siebvorrichtungen, Filteranlagen, Zentrifugen, Fett- und Ölabscheider sowie unter Umständen durch Absetzbecken usw. im Hinblick auf eine notwendige nachfolgende Abwasserbehandlung außerhalb des Betriebes — etwa gemeinsam mit kommunalem Abwasser in einer Gemeindekläranlage — immer wirtschaftlich und von Vorteil.

Einige praktische Beispiele für Maßnahmen in Lebensmittelbetrieben zur Verringerung des Wasserverbrauches, des Abwasseranfalles und der Abwasserlast hat u. a. BIFFL (1972) zusammengestellt.

3. Abwasserprobleme in der Landwirtschaft

Die Intensivierung der Landwirtschaft führt u. a. zwangsläufig zu einer immer stärkeren Vereinheitlichung und Vergrößerung der Tierbestände und bringt dadurch in erhöhtem Maße eine konzentrierte Produktion von flüssigen und festen Abfallstoffen auf kleinem Raum mit sich.

Die flüssigen Abfallstoffe setzen sich vorwiegend aus den Stallabgängen (Jauche, Gülle) sowie aus zeitweisen Abläufen von Silofutteranlagen zusammen, die sich bei Einleitung in kommunale Kläranlagen oder in Vorflutern sehr nachteilig bemerkbar machen, andererseits aber derzeit noch nur mit hohen Kosten gereinigt werden können (Siehe Pkt. 3.1.

und 3.2.). Sie sollten daher — wie bisher — möglichst auf landwirtschaftlich genutzten Flächen untergebracht werden.

3.1. Jauche und Gülle

In der Tabelle 3 sind einige Werte*) betreffend Menge und BSB₅ von Jauche und Gülle angegeben. Schon geringe Mengen an Jauche können die Reinigungsleistung von kommunalen Kläranlagen stark beeinträchtigen. In diesem Zusammenhang hat u. a. WACHS (1969) festgestellt, daß etwa 50% der Kläranlagen in kleinen Landgemeinden einen ungenügenden Kläreffekt zeigen, wobei nach KLOTTER (MENKENS et al, 1965) die Beanstandungen in rd. 80% dieser Fälle auf die Einleitung von Jauche bzw. Stallabgängen zurückzuführen sind. WACHS (1969) hat im weiteren durch Untersuchungen nachgewiesen, daß bei Gemeindekläranlagen die Zugabe von nur 1 l Jauche/angeschlossenem EGW und Tag die BSB₅-Werte im Ablauf bis auf das 3fache, die Ammoniakgehalte sogar bis auf das 4- bis 7fache ansteigen lassen. Es ist daher bei bestehen-

TABELLE 3: JAUCHE GÜLLE ; anfallende Mengen und BSB₅- Werte

JAUCHE		Menge [t/d]	BSB ₅ - Werte [mg/l]	EGW		Literatur:
Schwein	4	30.000 <i>frisch</i>	6.800 <i>n. 3 Monaten</i>	2,2	0,5	Liebmann 1965
Rind	16	18.000 <i>frisch</i>	10.000 <i>n. 3 Monaten</i>	5,3	3	Schellinga 1969 Wachs 1969 Scherb 1970
Vollgülle						eigene Untersuchungen
Schwein	7,5	20.000		3		
Rind	45	19.000		15		

Tabelle 3

*) Mittelwerte (Jauche- und Gülleanfall unterliegt großen Schwankungen; je nach Stallart, Tierart, Haltung, Alter, Gewicht, Rasse und Fütterungsart der Tiere, Entmistungsverfahren und Stallsäuberung können die anfallenden Mengen und Konzentrationen erheblich variieren).

den Kläranlagen genau zu beachten, daß keine Stallabgänge zur Kläranlage abgeleitet werden.

In ausgesprochenen Viehzuchtgebieten wird vielfach empfohlen, bei Kläranlagenneuerrichtungen gewisse Sicherheiten (25 bis 50% größere Anschlußwerte) einzuplanen, um Belastungen durch unbeabsichtigte Jaucheeinleitungen aufnehmen zu können (SCHERB 1970).

Die Behandlung von landwirtschaftlichen Abgängen in dafür besonders gestalteten Kläranlagen und vor allem dafür bemessenen Kläranlagen ist wohl technisch möglich, aber ziemlich kostspielig.

Dieser Weg sollte aber nur dann eingeschlagen werden, wenn die Ausbringung der Stallabgänge auf landwirtschaftliche Flächen aus betrieblichen Gründen — etwa Massentierhaltungen ohne ausreichend zugehörige landwirtschaftliche Flächen usw. — nicht durchführbar ist.

In den Niederlanden bestehen nach SCHELTINGA (1969) mehrere Anlagen für die biologische Behandlung von flüssigen Stallabgängen. In den USA sind bereits eine große Zahl von Kläranlagen bei Schweinemästereien im Einsatz (MORRIS 1968). Es handelt sich dabei durchwegs um Langzeitbelüftungsanlagen, z. B. um Oxydationsgräben, die bei Aufenthaltszeiten von mindestens 20 bis 30 Tagen (!) und Schlammbelastungen von $B_{TS} < 50 \text{ g BSB}_5/\text{kg TS,d}$ gefahren werden müssen. Nach SCHERB (1970) hat sich eine Schlammbelastung von $30 \text{ g BSB}_5/\text{kg TS,d}$ besonders bewährt.

In den Tabellen 4 und 5 sind Reinigungsleistungen von Kläranlagen für Massentierhaltungen angegeben.

Tabelle 4
Reinigungsleistungen von Kläranlagen für Massentierhaltungen
(nach SCHELTINGA, 1969)

	Schweine		Kälber		Hühner	
	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf	Zulauf	Ablauf
BSB ₅ (mg/l)	24.600	70	31.300	140	14.500	170
CSB (mg/l)	53.900	1.230	71.200	990	37.600	1.000
NH ₃ (mg/l)	8.000	150	4.300	1.300	4.600	1.000
pH	8,0	7,1	7,8	8,6	8,7	8,6
TS (g/l)	338	—	32,4	—	31,1	—

Tabelle 5

Reinigungsleistung im Oxydationsgraben bei Beschickung mit Rinder-
gülle; Schlammbelastung: 30 g BSB₅/kg TS_d
(nach SCHERB, 1970)

	Zulauf			Ablauf			Elimination %
	max.	mittel	min.	max.	mittel	min.	
BSB ₅ (mg/l)	12.900	9.549	3.856	24	19	5	99,8
CSB (mg/l)	76.779	35.294	14.979	574	397	262	98,9

Das ablaufende Abwasser aus derartigen Viehzuchtkläranlagen hat trotz BSB₅-Elimination von über 99% noch deutlich braune Färbung (Pyrrolfarbstoffe) und entsprechend geringe Sichttiefe.

Stickstoff (100 bis 200 mg/l) und Phosphor (5 bis 20 mg/l) sind im Ablauf in erheblicher Menge enthalten.

Nach eigenen Erfahrungen fällt kein Abwasser an, wenn z. B. bei Schweinemasttierhaltungen auf Spaltenböden der Oxydationsgraben unmittelbar unter diesen Spaltenböden angelegt wird. Durch die lange Aufenthaltszeit und die jeweils warme Stalltemperatur sind die Verdunstungswerte so hoch, daß zusätzlich Verdünnungswasser zugegeben werden muß, um die anfallende Gülle im Graben in Bewegung halten zu können. Bei derartigen „Gülleverwertungsanlagen“ fällt lediglich ein Teil der aerob umgesetzten Gülle als Überschufschlamm an. Allgemein erhebt sich in diesem Zusammenhang die Frage, ob es nicht zweckmäßiger wäre, die anfallenden konzentrierten Stallabgänge zu sammeln, weiter einzudicken und gegebenenfalls zu trocknen bzw. zu verbrennen, als sie durch Schwemmentmischung verdünnt abzuleiten und dann in Langzeitbelüftungsanlagen unter hohen Kosten zu behandeln.

Eine weitere Möglichkeit zur Behandlung von Stallabgängen ist in Abwasserteichen gegeben. U. a. haben hierfür UHLMANN und KLOSE (1959), SCHMIDT (1965), HART und TURNER (1965) Bemessungswerte angegeben.

3.2. Sickersäfte aus Siloanlagen

In ländlichen Gemeinden wird heute die Gärfutterbereitung in vermehrtem Umfang durchgeführt. Sinn der Einsilierung von Futterpflan-

zen — Gras, Klee, Rüben, Rübenblätter, Raps usw. — ist die Gewinnung von Dauerfutter. Durch Milchsäurebakterien wird das Futter konserviert. Ein Teil der Gäräfte tritt dabei im Silo aus. In der Abb. 3 sind die anfallenden Sickersaftmengen zusammengestellt.

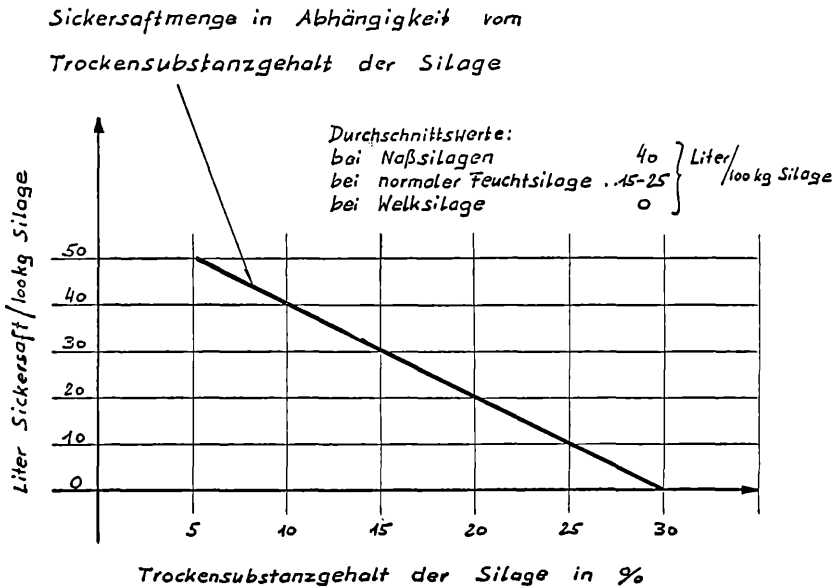


Abbildung 3

Die Menge des anfallenden Preßsaftes ist zwar relativ gering — bei ganzjähriger Silagefütterung werden je GVE ca. 12 bis 14 m³ Siloraum gefüllt, wobei je 100 kg Silage im Mittel etwa 15 bis 35% als Saft anfallen.

Die Gefährlichkeit der Siloflüssigkeiten liegt aber in der extrem hohen organischen Belastung. Die BSBs-Konzentrationen liegen nach VIEHL und RÜFFER (1967) rd. zwischen 50.000 bis 80.000 mg/l, nach SCHERB (1969) zwischen rd. 40.000 bis 80.000 mg/l (siehe Tabelle 6), in den meisten Fällen zwischen 70.000 bis 80.000 mg/l, so daß die BSBs-Fracht von 1 m³ Silosaft etwa 1.500 EGW entspricht.

Tabelle 6
Zusammensetzung der Sickersäfte aus der Rübenblattsilage

	nach VIEHL und RÜFFER		nach SCHERB	
BSB ₅ (mg/l)	49.000	— 73.800	41.000	— 81.200
KMnO ₄ (mg/l)	61.800	— 109.800	91.392	— 120.000
Ges.-N (mg/l)	1.770	— 2.130	1.089	— 1.911
Ges.-P (mg/l)	1.140	— 1.500	600	— 1.120
Kalium (mg/l)	3.652	— 3.884		4.400
Chlorid (mg/l)	3.400	— 7.000		4.600
pH	3,6—	4,6	3,8—	4,7
absetzbare Stoffe (ml/l)		n. n.		0,02
Ges.-Schwebestoffe (ml/l)	165	— 416		146
Trockensubstanz (g/l)		61,4		58
organische Säuren (mg/l)		10.000	15.000	— 21.000

In den ersten 2 bis 3 Wochen, in welchen bereits ca. 75 bis 80% der gesamten anfallenden Saftmengen (siehe Abb. 4) zum Abfluß gelangen, können z. B. in einem Silo mittlerer Größe mit einem Fassungsvermögen von 100 m³ bei der Silierung von Rübenblatt oder Mais im Mittel rd. 1 bis 1,5 m³ Siloflüssigkeit pro Tag entsprechend einer Schmutzfracht von rd. 1.500 bis 2.200 Einwohnern, gemessen an der BSB₅-Fracht, anfallen. (Bei der Silage von Gras sind die anfallenden Schmutzmengen-EGW etwa um die Hälfte geringer.)

Aus diesen Zahlen kann man ermessen, daß in einer Landgemeinde mit mehreren Silos erhebliche Mengen an organischen Substanzen mit den anfallenden Preßsäften zum Abfluß gelangen können.

Der Silosaft wird, falls er genügend verdünnt ist — etwa im Vorfluter oder in der kommunalen Kläranlage — viel schneller abgebaut als städtisches Abwasser, so daß es bei Einleitung in einen Vorfluter durch einen „explosiven Momentaneffekt“ (KARLGREN 1966) zu plötzlichem Sauerstoffschwund, in der kommunalen Kläranlage zur totalen Überlastung kommen kann.

Schon bei einem Anteil von 0,5 bis 1% von Silowässern am städtischen Abwasser steigt die BSB₅-Konzentration auf weit über 1.000 mg/l an, der pH-Wert sinkt auf 5 ab und entsprechend geht die Abbauleistung einer Kläranlage stark zurück (siehe Abb. 5).

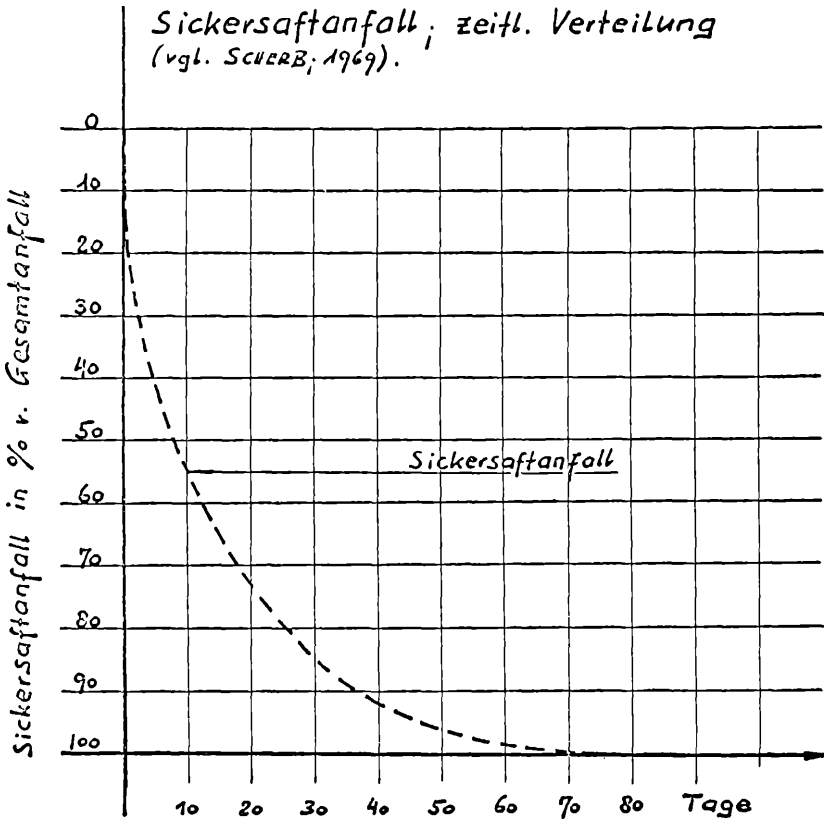


Abbildung 4

Der Einfluß von Sickersaft auf die Reinigungsleistung einer schwachbelasteten Belebungsanlage mit längerer Belüftungszeit (n. SCHERB 1969):

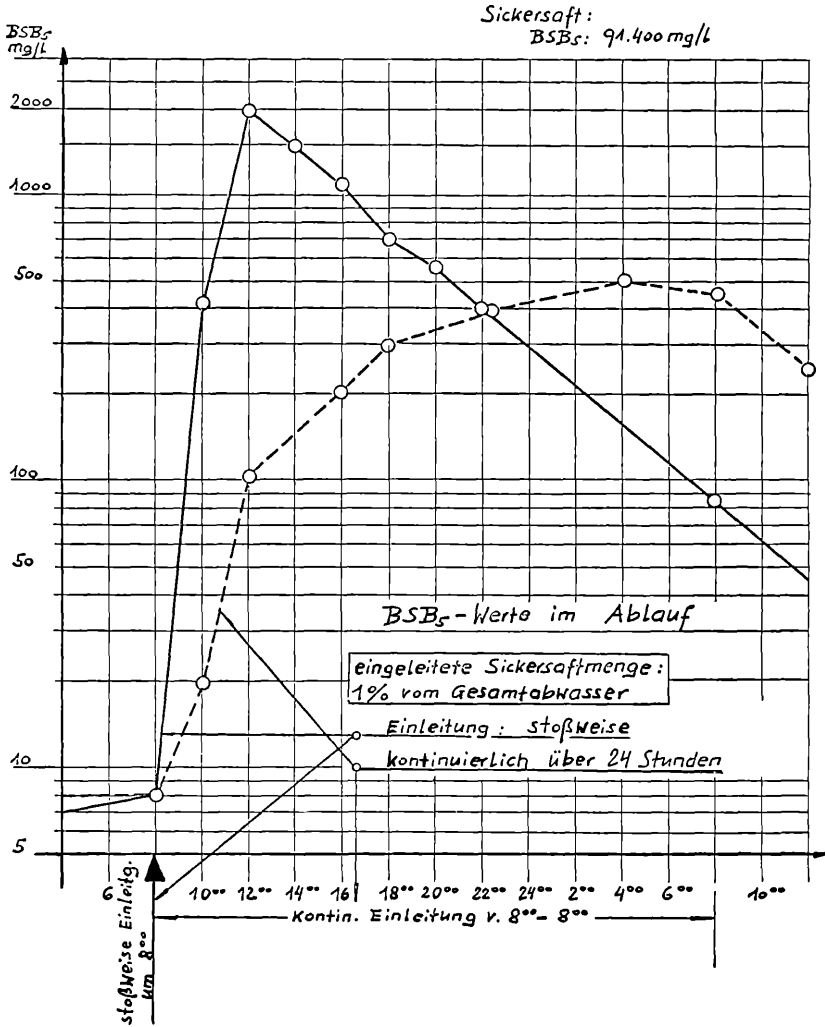


Abbildung 5

Abbauversuche mit einem Silosaftanteil im Gesamtabwasser von rd. 1% (SCHERB 1969) ergaben im Ablauf einer schwach belasteten Belebungsanlage noch außerordentlich hohe BSB₅-Konzentrationen.

Erst bei 0,5% Siloanteil im Gesamtabwasser und entsprechender Adaption der Mikroorganismen verliefen die Versuche nicht ohne Erfolg. Die mit der biologischen Behandlung verbundenen hohen Kosten setzen jedoch ihrer Anwendung enge Grenzen. Der Normalfall für die Unschädlichmachung von Siloabgängen soll daher bis auf weiteres nur die landwirtschaftliche Verwertung sein.

Sinnvoll ist es dabei, Siloflüssigkeit mit Jauche etwa im Verhältnis 1 : 5 zu mischen, weil man dadurch eine nahezu neutrale Flüssigkeit erhält und gleichzeitig das Nährstoffangebot der Jauche erhöht.

Die Ableitung von Siloflüssigkeiten in Wasserläufe, Drainagen oder in die Kanalisation ist in jedem Falle unzulässig.

Durch intensive Aufklärungs- und Beratungstätigkeit sollten der Landwirtschaft in Zukunft die Belange des Gewässerschutzes in verstärktem Maße näher gebracht werden.

4. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit ist ein kurzer Einblick in die Probleme der Reinigung von Abwässern der Lebensmittelindustrie sowie zur Behandlung der flüssigen Abfallstoffe aus der Landwirtschaft (Jauche, Gülle, Silosäfte) gegeben. Dabei sind u. a. die verschiedenen Verfahren zur Reinigung der Lebensmittelindustrieabwässer mit ihren Vor- und Nachteilen gegenübergestellt. Auf eine notwendige geordnete innerbetriebliche Wasserwirtschaft als Voraussetzung für eine sinnvolle und wirtschaftliche Abwasserreinigung ist besonders hingewiesen.

Die flüssigen Abfallstoffe aus der Landwirtschaft wirken sich auf Grund ihrer hohen organischen Belastung in kommunalen Kläranlagen bzw. in Vorflutern sehr nachteilig aus. Nach wie vor sollten daher diese flüssigen Abfallstoffe in der Landwirtschaft als Dünger Verwendung finden. Es werden Zahlen betreffend Menge und Zusammensetzung dieser flüssigen Abfallstoffe angeführt und ihre nachteilige Auswirkung in Kläranlagen und Vorflutern aufgezeigt.

Im weiteren sind Möglichkeiten zur biologischen Behandlung — die allerdings sehr kostenaufwendig sind — angeführt.

Literatur

- Berichte zur Abwasser- und Abfalltechnik der ATV, Bonn (1970): Die Biologische Reinigung von Industrie-Abwasser nach dem Belebungsverfahren.
- 3IFFL, W. (1972): Untersuchungen an einem Versuchstropfkörper. — ÖWW 24, H 1/2, 30—38.
- (1972): Zur Wasserwirtschaft in Gärungs- und Lebensmittelbetrieben. — ÖWW 24, H 9/10, 200—206.
- BORN, R. (1971): Teilreinigung organisch hochverschmutzter Abwässer durch Tropfkörperfüllmaterial mit durchgehenden Reaktionsflächen. — WLB 15, H 11, 3—6.
- BUCKSTEEG, W. (1961): Teste zur Beurteilung von Abwasser. — Städtehygiene 12, 180.
- BUCKSTEEG, W., KORNAZKY, H. (1967): Untersuchungen an Brauereiabwässern. — WLB 11, H 1.
- CALVERT, C., PARKS, E. (1934): The population equivalent of certain industrial wastes. — Sewage Works Journal 6, 1159—1164.
- ELDRIDGE, E. (1942): Industrial waste treatment practice. — New York and London, Mc. Graw-Hill Book Co. Inc.
- (1947): Industrial Wastes-Canning Industry. — Ind. Eng. Chem. 39, 619—624.
- v. d. EMDE, W. (1971): Abwasserteiche, Belebungsverfahren, Faulverfahren. — Vortrag, gehalten beim 6. ÖWWV-Seminar in Raach.
- HART, S. A., TURNER, H. E. (1965): Lagoons for Livestock-Manure. — J. W. Poll. Control 37, 1578.
- IMHOFF, K.: Taschenbuch der Stadtentwässerung. — Verlag von R. Oldenburg, München.
- KAESS, A. (1956): Brauereiabwässer und ihre Reinigung. — Brauwelt 96, 913—918.
- KAR, J. (1948): Zur Wasserversorgung der Ernährungsbetriebe. — Gas, Wasser, Wärme 2, H 7.
- (1951): Die Abwasserwirtschaft der Ernährungsbetriebe. — Brau-, Gärungs- und Kältetechnik 4, H 1/2.
- KARLGREN, L. (1966): Der Einfluß von Jauche und Silowasser auf die Gewässer. — Informationsblatt Nr. 13 der Förd. Europ. Gewässerschutz, 33—58.
- KIRNBAUER, H. (1969/1970): Industrielle Wasserkreisläufe. — 1. Teil: GWF 110, H 22, 596—598; 2. Teil: GWF 111, H 12, 683—689.
- KLAPPER, H. (1968): Abwässer aus Zuckerfabriken. — WWT 18, 333—336.
- KOLLATSCH, D. (1968): Das Anaerob-Aerob-Verfahren in der biologischen Abwasserreinigung. — WLB 12, H 4, 236—242.
- KRAMER, D. (1959): Über die Verunreinigung der Gewässer durch das Abwasser von Zuckerfabriken. — Zucker 12, 53—57.
- LIEBMANN, H. (1961): Neue Erfahrungen bei der Beseitigung und Reinigung von Schlachthofabwässern. — Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, 8, 50—63.

- (1965): Der Einfluß von Jauche auf Kleinkläranlagen in Landgemeinden. — Münchner Beiträge 10, 205—208.
- MARKI, E. (1971): Praktische Maßnahmen: Produktionsumstellung und Verminderung an der Abwasseranfallstelle. — Vortrag, gehalten beim 6. ÖWWV-Seminar in Raach.
- MEINCK, F. (1968): Industrie-Abwässer. — Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 4. Auflage, 371, 363 und 308.
- MENKENS, H. Th. et al. (1965): Wie soll man bei der Planung von Kläranlagen in ländlichen Gemeinden das Jauche-Problem behandeln? — Wasser und Boden 9, 294—300.
- MORRIS, W. H. M. (1968): Farm Waste Management. — Seminar Wageningen.
- NOACK, W. (1963): Zum Einwohnergleichwert des Brauereiabwässers. — WLB 1963, H 7, 391—393.
- NOLTE, E. (1968): Das Gärfaulverfahren. — Jahrbuch vom Wasser 2, 272—279.
- OFFHAUS, K. (1969): Über den neuesten Stand der Abwasserbeseitigung aus Zuckerfabriken. — Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie; 16, 177—199.
- RINCKE, G. (1967): Neuere Gesichtspunkte zur Abwasserreinigung mit Tropfkörpern. — GWF 108, H 24, 667—673.
- (1969): Entwurf von Tropfkörpern. — Vortrag, gehalten beim 4. ÖWWV-Seminar in Raach.
- (1971 a): Tropfkörperverfahren, Abwasserlandbehandlung. — Vortrag, gehalten beim 6. ÖWWV-Seminar in Raach.
- (1971 b): Gemeinsame oder getrennte Abwasserreinigung. — Vortrag, gehalten beim 6. ÖWWV-Seminar in Raach.
- ROSENAUER, A. (1965): Abwasserprobleme der Stärkeindustrie. — Wasser und Abwasser, Band 1965, Verlag Winkler, Wien, 195—205.
- SCHELTINGA, H. M. J. (1969): Erfahrungen über die aerobe biologische Reinigung von Jauche und anderen Stallabfällen in der Landwirtschaft. — Münchner Beiträge 16, 49.
- SCHERB, K. (1970): Zur Frage der Bemessungsgrundlagen für Kläranlagen in Gemeinden mit landwirtschaftlichen Betrieben sowie von Viehzuchtbetrieben, deren Stallabgänge nicht als Dünger genutzt werden. — Münchner Beiträge 17, 309—319.
- SCHERB, K. (1969): Die Gärfutterbereitung und ihre Auswirkung auf Vorfluter und Kläranlagen kleiner Gemeinden. — Münchner Beiträge 16, 147—168.
- SCHMIDT, G. B. und Mitarbeiter (1965): Anregungen zur Projektierung von Abwasserteichen für Landgemeinden. — WWT 15, 295.
- SEYFRIED, C. (1962): Beitrag zur Frage der Reinigung des Abwassers der Stärkeindustrie. — Veröffentlichung des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft der TH Hannover, Bd. 10.
- STALZER, W. (1972): Beitrag zur Frage der Reinigung von Abwässern der Konservenindustrie. — Diss., Hochschule f. Bodenkultur in Wien.
- STECHER, E. (1939): Der Einfluß der Brauereiabwässer auf die städtischen Abwässer von München. — Ges. Ing. 70, 394—398.

- STRELL, M. (1955): Wasser und Abwasser — Reinhaltung der Gewässer. — München.
- STUNDL, K. (1971): Industrieabwässer: Inhaltsstoffe, Vorfluter und Reinigung. — Vortrag, gehalten beim 6. ÖWWV-Seminar in Raach.
- STÜRZER, R.: Beitrag zur Reinigung von Molkereiabwässern; noch unveröffentlicht.
- UHL und Mitarbeiter (1964): Abwasseranalytische Untersuchungen an Brauereiabwässern. — Brauwelt 104, 1269—1277.
- UHLMANN, D., KLOSE, J. (1959): Wirkungsweise und Anwendungsmöglichkeiten von Oxydationsteichen. — WWT 9, H 9.
- VIEHL, K., RÜFFER, H. (1967): Behandlungsmöglichkeiten von Abläufen aus Rübenblattsilos. — Ges. Ing. 88, 150—155.
- WACHS, B. (1969): Einfluß von Jauche auf Kläranlagen in kleinen Gemeinden. — Münchner Beiträge 16, 130.
- WAGNER, H. (1950): Die Bewertung von Abwassereinleitungen. — Ges. Ing. 71, 73—78.

Anschrift des Verfassers: Doz. Dipl.-Ing. Dr. Werner BIFFL, Hochschule für Bodenkultur, Institut für Wasserwirtschaft, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1972-1973

Band/Volume: [1972-1973](#)

Autor(en)/Author(s): Biffel W.

Artikel/Article: [Abwasserprobleme in der Lebensmittelindustrie und in der Landwirtschaft 301-325](#)