Gedanken über die Bemessung von Belebungsanlagen

Autor(en): **Emde, Wilhelm von der**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **91 (1973)**

Heft 39

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-72009

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Stoff- und Energiebilanz

Während bei häuslichen Abwässern der BSB_5 eine repräsentative Grundlage für die einzutragende Sauerstoffmenge darstellt, trifft das für den BSB_5 der Gülle wegen schwerabbaubaren Substanzen nur beschränkt zu. Wie es die ermittelten Werte andeuten, sollte daher bei der Berechnung des nötigen Sauerstoffeintrages ein Korrekturfaktor von etwa 2,0 berücksichtigt werden.

Für 20 m³ mit 8000 mg/l BSB_5 betrug die Gesamtmenge des BSB_5 160 kg. Bei einem mittleren Sauerstoffeintrag von 1,5 kg/h werden pro Tag 36 kg O_2 eingetragen. Somit ergibt sich eine theoretische Behandlungszeit von 4,5 bis 5 Tagen. Unter Berücksichtigung des obengenannten Korrekturfaktors ist praktisch mit 10 Tagen zu rechnen. Diese Zeitspanne sollte durch Vermischen der frischen Gülle mit einem Teil der bereits behandelten Gülle (Impfung) eingehalten werden können.

Aufgrund einer Wärmekalkulation wurde eine Energieproduktion von 1,4 Mio kcal für 20 Tage (Versuchsdauer) berechnet. Etwa die Hälfte der Wärmeenergie ging durch Verdunstungsaufwand verloren. Je ein Sechstel entfiel auf das Anwärmen der Gülle und der Einblasluft. Das restliche Sechstel der Wärme floss durch Wärmeleitung durch die isolierte Wand ab. Das Verhältnis Energieentwicklung durch Mikroben zum Stromaufwand betrug somit rund 4:1. Der erste Versuch lieferte genügend Anhaltspunkte für ein gezieltes Vorgehen bei der Fortsetzung des Programmes.

Literatur

[1] *E. Knop, W. Bischofsberger, W. Stalmann:* Versuch mit verschiedenen Belüftungssystemen im technischen Massstab, Teil 1 und 2, Emschergenossenschaft Lippeverband, Vulkan Verlag, 1964.

[2] *A. Hörler:* Beitrag zur Steiggeschwindigkeit und zum Widerstand von Luftblasen in reinem Wasser. gfw., 1964, H. 28, S. 764.

[3] *H. Schnyder:* Eine neue preisgünstige Kleinkläranlage. «Aktuelles Bauen», 1970, Nr. 4.

Adresse der Verfasser: *W. Göbel,* Dipl.-Ing., und *A. Schmidlin,* Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, 8355 Tänikon TG, sowie *L. Arato,* Beratender Ing., 6374 Buochs.

Gedanken über die Bemessung von Belebungsanlagen

DK 628.356

Von **Wilhelm von der Emde,** Wien

Vor etwa 60 Jahren wurde von *Ardern* und *Lockett* in Manchester das Belebungsverfahren entwickelt. Ihr Ziel war, das Abwasser in einer Stufe biologisch zu reinigen. Dabei sollten die organischen Kohlenstoffverbindungen und die Stickstoffverbindungen weitgehend oxydiert (Stickstoff bis zur Nitratstufe) oder in Zellsubstanz (Überschussschlamm) umgewandelt werden. Besonders für die Oxydation der Stickstoffverbindungen sind lange Belüftungszeiten erforderlich. Nach diesem ursprünglichen Verfahren arbeiten nahezu alle Belebungsanlagen in England.

In den USA und auf dem europäischen Kontinent verliess man sich in den Jahren zwischen den beiden Weltkriegen hauptsächlich auf die natürliche Selbstreinigung der Gewässer. Es wurden, wenn überhaupt, vorwiegend mechanische Abwasserreinigungsanlagen gebaut. Bei den wenigen erstellten Belebungsanlagen beschränkte man sich auf die Entfernung des biochemischen Sauerstoffbedarfes (BSB_5).

Nach dem Zweiten Weltkrieg stand zunächst ein verstärkter Ausbau der Kanalnetze im Vordergrund. Hier galt es einen dringenden Nachholbedarf abzudecken. Auf Grund von schweizerischen Arbeiten hatte man jedoch erkannt, dass eine Entlastung der Gewässer erreicht wird, wenn zunächst nur die leicht abbaubaren organischen Verunreinigungen entfernt werden. Es wurden daher eine Reihe von Anlagen zur biologischen Teilreinigung (BSB_5-Abnahme 70 bis 85 %) erstellt.

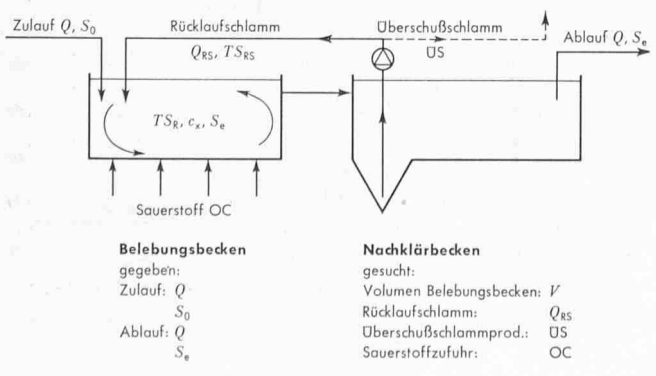


Bild 1. Prinzipschema des Belebungsverfahrens

In den folgenden Jahren wurde eine zunehmende Verschlechterung der Gewässergüte festgestellt. Der Bau von Abwasserreinigungsanlagen blieb hinter dem Nachholbedarf und der angestiegenen Abwassermenge zurück. Auch führte die zunehmende Industrialisierung zu einer veränderten Abwasserbeschaffenheit. In der BR Deutschland wurde daher in den Normalanforderungen ein BSB_5 des gereinigten Abwassers von 25 mg/l festgelegt. Um diesen Endwert zu errechen, wurde vom ATV-Ausschuss «Belebungsverfahren» eine BSB_5-Raumbelastung $B_R = 1{,}8$ kg/m³ d und eine Schlammbelastung $B_{TS} = 0{,}5$ kg d empfohlen.

In allen Industrieländern steigt heute der Wasserbedarf. Da die Versorgung aus Quellwasser und Grundwasser nicht mehr ausreicht, muss vermehrt auf Oberflächenwasser zurückgegriffen werden. Verschiedene Oberflächenwasserwerke sind bereits besorgt, ob eine einwandfreie Beschaffenheit des Trinkwassers zukünftig sichergestellt werden kann. Ein erneutes Überdenken der Bemessung von Belebungsanlagen erschien daher zweckmässig.

Worauf basiert die Bemessung von Belebungsanlagen? Für die Bemessung des Volumens des Belebungsbeckens V sind folgende Beziehungen wichtig (Bild 1):

$$\text{Belüftungszeit} \quad t = \frac{V}{Q} \quad \text{(d)}$$

$$\text{BSB}_5\text{-Raumbelastung} \quad B_R = \frac{S_0}{t} \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3\,\text{d}}\right)$$

$$\text{Schlammbelastung} \quad B_{TS} = \frac{S_0}{t\,TS_R} \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{kg d}}\right)$$

$$\text{Schlammabbauleistung} \quad \eta\,B_{TS} = \frac{S_0 - S_e}{t\,TS_R} \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{kg d}}\right)$$

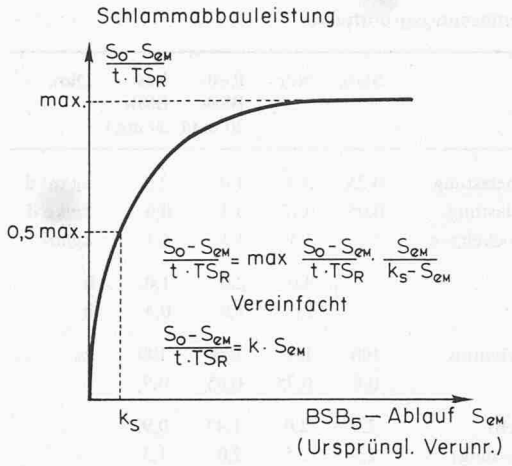
wobei:

zufliessende Abwassermenge Q (m³/d)

Konzentration an organischen Verunreinigungen des Zulaufes S_0 gemessen als BSB_5 (kg/m³)

BSB_5 des gereinigten Abwassers S_e (kg/m³)

Trockensubstanz des belebten Schlammes im Belebungsbecken TS_R (kg/m³)



Bemessung:

$$S_{eM} = \frac{S_0 - S_{eM}}{k \cdot t \cdot TS_R}$$

bzw.

$$S_{eM} = \frac{S_0}{1 + k \cdot t \cdot TS_R}$$

Bild 2. Zusammenhang zwischen BSB_5 des Ablaufes und Schlammabbauleistung

Der biologische Umbau der organischen Verunreinigungen erfolgt beim Belebungsverfahren durch enzymatische Reaktionen. Viele Fachleute neigen heute zu der Vorstellung, dass die Schlammabbauleistung und der BSB_5 des Ablaufes S_{eM}, soweit er sich auf die ursprünglich gelösten organischen Verunreinigungen bezieht, durch Wechselwirkung miteinander verknüpft sind. Man glaubt, dass die Zusammenhänge einer Kurve folgen, wie sie von *Michaelis-Menten* für die Enzymkinetik und von *Monod* für die Stoffwechseltätigkeit von Mikroorganismen ermittelt wurde (Bild 2).

Trägt man auf der Abszisse den auf die ursprüngliche Verunreinigung bezogenen BSB_5 des Ablaufes S_{eM} und auf der Ordinate die Schlammabbauleistung $\eta\, B_{TS}$ auf, so erhält man eine Sättigungskurve. Für niedrige Ablaufwerte, die wir ja heute allgemein anstreben, kann die Kurve durch eine Gerade

$$\frac{S_0 - S_{eM}}{t\ TS_R} = k\ S_{eM}$$

ersetzt werden. Der Geschwindigkeitsbeiwert k hängt von der biologischen Abbaubarkeit des Abwassers ab.

Für die Bemessung kann von der Beziehung

$$S_{eM} = \frac{S_0 - S_{eM}}{k\ t\ TS_R} \quad \text{oder} \quad S_{eM} = \frac{S_0}{1 + k\ t\ TS_R}$$

ausgegangen werden. Diese Bemessungsformel ist in der amerikanischen Literatur von *Eckenfelder* veröffentlicht worden [1].

Wenn man jedoch mit dieser Bemessungsformel arbeiten will, sollte man sich auch über die Grenzen im klaren sein.

1. Gewöhnlich wird der BSB_5 des Ablaufes der abgesetzten Probe bestimmt. Mitgeführte Schwebestoffe, praktisch geringe Mengen an belebtem Schlamm, verbrauchen jedoch während der 5tägigen Zehrungsdauer weiterhin Sauerstoff. Bei geringen Schlammabbauleistungen, mit denen in der Praxis oft gearbeitet wird, kann der Rest-BSB_5 grösser sein als der BSB_5 des Ablaufes aus dem ursprünglichen Substrat.
2. Für das abgebaute Substrat $S_0 - S_{eM}$ werden alle im BSB_5 erfassten Stoffe, gelöste und ungelöste, berücksichtigt. Für die Abbauvorgänge, die mit dem gelösten Substrat im Ablauf S_{eM} im Zusammenhang stehen, sind jedoch nur die gelösten Stoffe im Zulauf zu berücksichtigen. Ungelöste Stoffe werden viel schneller, vorwiegend durch Adsorption (Anfangsabnahme), aus dem Abwasser entfernt.
3. Da die biologischen Umbauprozesse nur von dem aktiven Anteil der Trockensubstanz durchgeführt werden, sollte dies auch bei der Bemessung berücksichtigt werden. Zur Erfassung des biologisch aktiven Anteiles hat man den Faktor x eingeführt. Somit ergibt sich nun die Bemessungsformel

$$S_{eM} = \frac{S_{0M} - S_{eM}}{k\ t\ x\ TS_R}$$

Bei Versuchen mit dem Abwasser einer Sulfitzellstoffabrik wurde von *Fleckseder* auf Grund von Atmungsmessungen ein Zusammenhang zwischen Schlammbelastung und aktivem Anteil x ermittelt [2] (Bild 3). Dabei wurde der aktive Anteil x bei maximaler Schlammabbauleistung gleich 1 gesetzt. Es zeigt sich, dass bei niedriger Schlammbelastung (vor allem unter 0,2 kg/kg d) der aktive Anteil schnell abnimmt. Bei niedrigen Schlammbelastungen wird daher der Vorteil des vergrösserten Trockengewichtes durch die verminderte spezifische Schlammaktivität verringert.

4. Der Geschwindigkeitsbeiwert k hängt von der Abwasserzusammensetzung ab. Ändert sich die Abwasserbeschaffenheit, so ändert sich auch der Beiwert k.

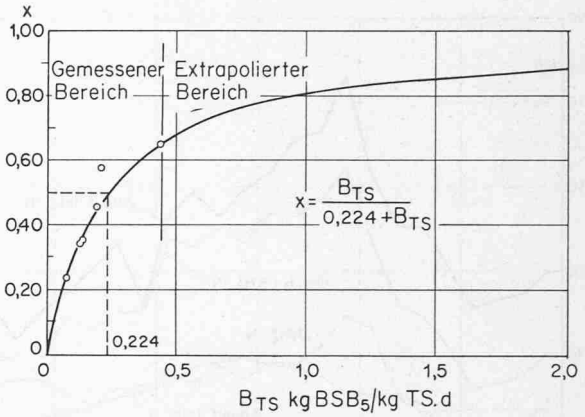


Bild 3. Aktivitätsbeiwert x in Abhängigkeit von der Schlammbelastung

Diese Betrachtungen zeigen, wie schwer es ist, exakte Berechnungen nur nach der Theorie und auf Grund von Abwasseranalysen durchzuführen. Am zweckmässigsten ist es, vor der Bemessung von Belebungsanlagen Versuche im labor- oder halbtechnischen Massstab durchzuführen. Bei der Bemessung von Belebungsanlagen für vorwiegend häusliches Abwasser wird man in erster Linie auf Betriebsergebnisse der Praxis zurückgreifen. Hier liegen jedoch nur in wenigen Fällen Messungen über den gelösten und ungelösten BSB_5 des Zulaufes vor. Man wird also weiterhin vom Gesamt-BSB_5 des Zulaufes ausgehen. Da der Ablauf nur geringe Mengen an gelöstem Ausgangssubstrat enthält, kann der Wert S_{eM} gegenüber S_0 vernachlässigt werden. Auch auf die getrennte Erfassung des biologisch aktiven Anteiles x der Trockensubstanz soll verzichtet werden. Es ergibt sich dann die vereinfachte Beziehung

$$S_e = \frac{k_0\ S_0}{t\ TS_R} + S_{eR} \quad \text{bzw.} \quad S_e = k_0\ B_{TS} + S_{eR}$$

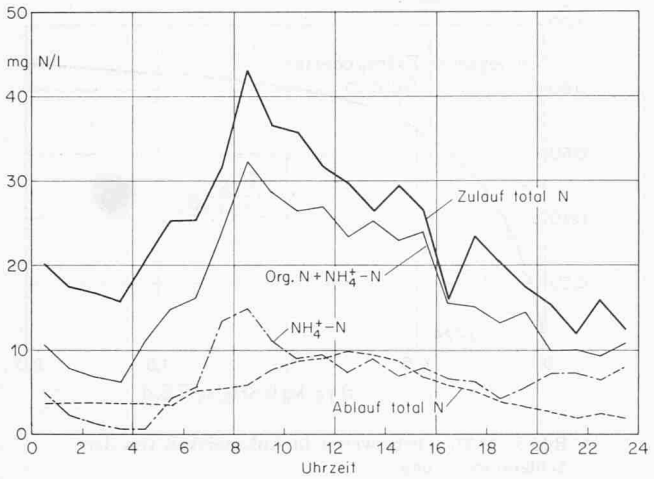


Bild 4. Entfernung von Gesamtstickstoff auf der Kläranlage Wien-Blumental (25. 5. 1972)

Tabelle 1. Bemessungsgrundwerte

Reinigung mit	Stab.	Nitr.	Rest-BSB_5 20 mg/l	Rest-BSB_5 30 mg/l	Dim.
B_R BSB_5-Raumbelastung	0,25	0,5	1,0	2,0	kg/m³ d
B_{TS} Schlammbelastung	0,05	0,15	0,3	0,6	kg/kg d
TS_R Schlammtrockengew.	5	3,3	3,3	3,3	kg/m³
min t (TW)		4,0	2,0	1,0	h
min t (RW)		2,0	1,0	0,5	h
RV Rücklaufverhältnis	100	100	100	100	%
$\ddot{U}S_R/B_R$	0,8	0,75	0,85	0,9	
α OC/B_R (Betrieb)	2,0	2,0	1,43	0,92	
α OC/B_R (Bemessung)	2,5	2,5	2,0	1,5	

Es ist dies die Gleichung einer Geraden mit der Steigung k_o. Die für die Bemessung massgebende Grösse ist dabei die Schlammbelastung B_{TS}.

Berücksichtigt man jedoch, dass durch die Wechselbeziehungen des Aktivitätsanteiles x und der Trockensubstanz TS_R das Produkt $x\,TS_R$ konstant bleiben könnte, so kann auch TS_R vernachlässigt werden. Es ergibt sich dann als 2. Bemessungsbeziehung

$$S_e = k_x \frac{S_o}{t} + S_{eR} \qquad \text{bzw.} \qquad S_e = k_x\, B_R + S_{eR}$$

Die bestimmende Grösse ist hierin die BSB_5-Raumbelastung B_R. Also sind die Schlammbelastung und die BSB_5-Raumbelastung massgebend für die Bemessung des Volumens des Belebungsbeckens.

Für die Bemessung von Belebungsanlagen für vorwiegend häusliche Abwässer hat der ATV-Ausschuss «Aerobe biologische Reinigungsverfahren», Obmann Prof. Dr. *Bischofsberger*, 4 charakteristische Belastungsgruppen zusammengestellt. Es wird dabei unterschieden zwischen:

1. biologischer Reinigung des Abwassers bei gleichzeitiger Stabilisierung des Schlammes
2. biologischer Reinigung des Abwassers mit Nitrifikation
3. biologischer Reinigung des Abwassers bis zu einem BSB_5 von 20 mg/l
4. biologischer Reinigung des Abwassers bis zu einem BSB_5 von 30 mg/l.

Die Bemessungsgrundwerte sind auf Tabelle 1 zusammengestellt. Bei Anlagen zur Reinigung des Abwassers bei gleichzeitiger Stabilisierung des Schlammes wird eine geruchsfreie Lagerfähigkeit angestrebt. Hierfür wurde eine Schlammbelastung von 0,05 kg/kg d und eine maximale BSB_5-Raumbelastung von 0,25 kg/m³ d angesetzt [5] [6].

Anlagen zur Stickstoffoxydation sind bei kleinen Vorflutern und Seen vorteilhaft. Darüber hinaus können sie durch die relativ lange Aufenthaltszeit Stossbelastungen gut abfangen. Dieser Belastungsbereich ist daher gut zur Reinigung von Abwässern der Industrie geeignet. Die Schlammbelastung sollte 0,15 kg/kg d und die BSB_5-Raumbelastung etwa 0,5 kg/m³ d betragen. Bei entsprechender Betriebsweise kann die Nitrifikation mit einer Denitrifikation verbunden werden. Nach den Untersuchungen von *Matsché* wurden dabei auf der Kläranlage Wien-Blumental (150000 EGW) 80 bis 90% des Gesamtstickstoffs entfernt [7] (Bild 4). Die fehlende Vorklärung und die Belüftung mit Mammutrotoren im Umlaufgerinne (Wechsel zwischen sauerstoffhaltigen und sauerstofffreien Zonen) dürften die Wirkung verstärkt haben.

In der Regel sind bei Belebungsanlagen Reinigungsendwerte unter 25 mg/l anzustreben. Nach den bisher vorliegenden Untersuchungen kann damit gerechnet werden, dass in 85% der Fälle ein Reinigungsendwert von unter 25 mg/l erreicht wird, wenn der Bemessung ein BSB_5 im Ablauf von 20 mg/l zugrunde gelegt wird. Bei einem mittleren BSB_5 des Zulaufes von 200 mg/l (nach *Imhoff:* Abwasseranfall 200 l/E d, BSB_5 des abgesetzten Abwassers 40 g/E d) entspricht dies

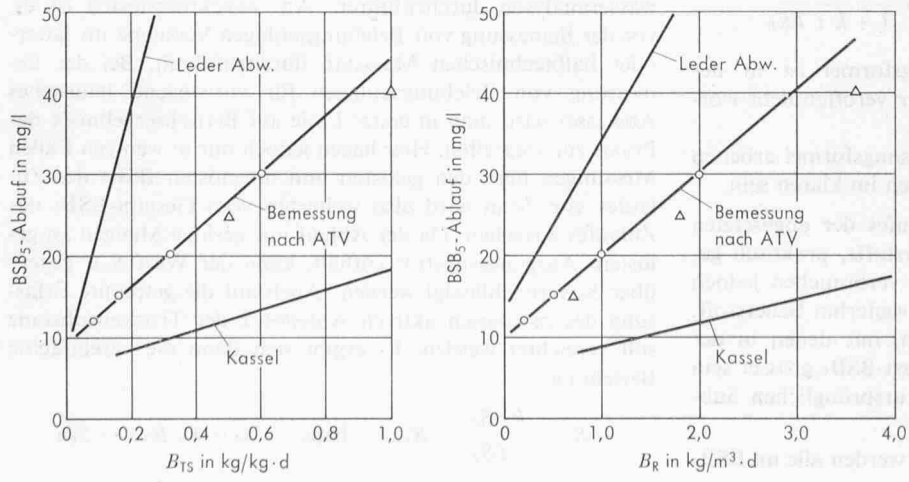


Bild 5. BSB_5 des Ablaufes in Abhängigkeit von der Schlammbelastung und BSB_5-Raumbelastung

	Kosten		
	Bau	Betr.	Ges.
30 mg/l	1,00	1,00	1,00
20 mg/l	1,06	1,08	1,07
Nitrifikat.	1,15	1,16	1,15
Stabilisier.	1,16	1,25	1,20

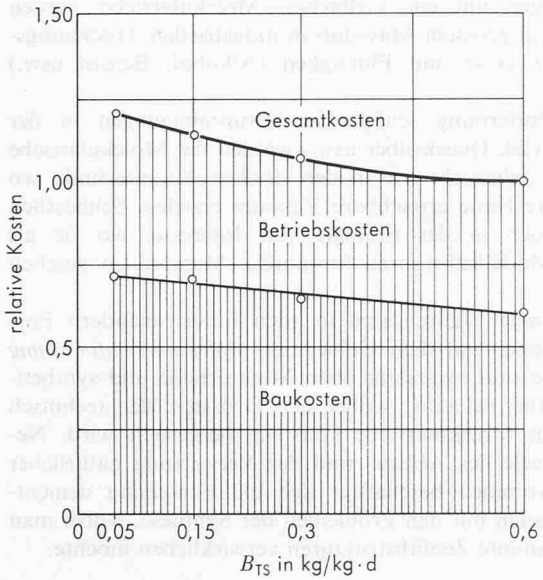


Bild 6. Relative Bau- und Betriebskosten von Belebungsanlagen

einer BSB_5-Abnahme von 90% [3]. Auf Anregung von *Hörler* [4] wird hierfür eine Schlammbelastung von 0,3 kg/kg d und eine BSB_5-Raumbelastung von 1,0 kg/m³ d vorgeschlagen. Die Belüftungszeit bei Trockenwetter muss mindestens 2 h und bei Regenwetter 1 h betragen. Die geringe Schlammbelastung ist nicht nur wegen der weitgehenden Entfernung der Verunreinigungen, sondern auch wegen der Gleichmässigkeit des Ablaufes von Bedeutung.

Für Belebungsanlagen mit einer Reinigung bis zu einem BSB_5 von 30 mg/l, Spitzenwerte bis 40 mg/l (vermutlich in Zukunft nur noch für Sonderfälle) wird eine Schlammbelastung von 0,6 kg/kg d und eine BSB_5-Raumbelastung von 2 kg/m³ d empfohlen. Die Belüftungszeit soll bei Trockenwetter 1 h und bei Regenwetter 0,5 h nicht unterschreiten.

Bild 5 zeigt den BSB_5 des Ablaufes in Abhängigkeit von der Schlammbelastung bzw. BSB-Raumbelastung. Die Kreise sind die jetzigen und die Dreiecke die früheren Bemessungsvorschläge. Durch die Kreise lässt sich eine Gerade legen, die etwa bei 10 mg/l die Y-Achse schneidet. Zum Vergleich, in welchem Bereich die Werte schwanken können, sind Versuchsergebnisse in Kassel mit häuslichem Abwasser (die untere Grade) und in einer Lederfabrik in Österreich (die obere Grade) eingetragen. In Kassel handelte es sich um ein dünnes, schwebstoffreiches Abwasser, das sich biologisch gut reinigen liess. Das Abwasser der Lederfabrik war durch grosse Absetzteiche gut vorgereinigt, und die Verunreinigungen waren hauptsächlich gelöst und schwer abbaubar. Hier dürfte auch der biologisch aktive Anteil des belebten Schlammes klein gewesen sein.

Nun müssen wir damit rechnen, dass sich zukünftig auch das häusliche Abwasser immer mehr verändert und durch Industrieabwasser-Einflüsse die schwer abbaubaren Bestandteile zunehmen. Ausserdem zeigen die Erfahrungen vieler Anlagen, dass die Belastungen in einem weitaus stärkeren Masse gestiegen sind, als ursprünglich angenommen wurde.

Von den Wasserwerken, die Oberflächenwasser verwenden, wird in zunehmenden Masse darauf hingewiesen, dass neben dem BSB_5 auch andere Verschmutzungsparameter, wie z. B. der Gehalt an organischem Kohlenstoff (TOC) und die chemische Oxydierbarkeit nach der Dichromat-Methode (COD), stärker berücksichtigt werden müssen. Die Versuchsergebnisse von *Wuhrmann* [8] zeigen, dass der BSB_5 relativ schneller entfernt wird als TOC oder COD. Bei geringen Schlammbelastungen werden damit auch diese Stoffe weitgehender eliminiert.

Die Zielvorstellung für die Bemessung von Belebungsanlagen für die nächsten 15 Jahre (z. B. bis 1990) ist daher eine möglichst geringe Schlammbelastung. Es geht darum, dass möglichst wenige mg/l organische Verunreinigungen (z. B. gemessen als BSB_5, TOC oder COD) im gereinigten Abwasser verbleiben. Dabei sollten die Ablaufwerte möglichst wenig schwanken. Von besonderem Vorteil dürften dabei neue Entwicklungen auf dem Gebiete der Messtechnik sein (automatische Geräte für COD, TOC usw.), die zur schnellen Erfassung der Verschmutzungswerte beitragen. Die Bau- und Betriebskosten von Anlagen mit geringer Schlammbelastung liegen nur bis zu 20% höher als bei Anlagen mit einer Schlammbelastung von $B_{TS} = 0{,}6$ kg/kg d (Vergleich Gesamtkosten einer Abwasserreinigungsanlage für 50000 EGW, Bild 6).

Es ist gut für das Belebungsverfahren, dass mit den chemisch-physikalischen Verfahren eine ernsthafte Konkurrenz entstanden ist und hoffentlich dazu beitragen wird, den Reinigungsgrad zu steigern. Ich glaube aber, dass es nicht richtig ist, auf Grund der derzeitigen Verhältnisse schon pessimistisch nach Verfahren der erweiterten Abwasserreinigung zu rufen, wo derzeit noch längst nicht alle Möglichkeiten des Belebungsverfahrens zur Entfernung von Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor (z. B. Simultanfällung) ausgenützt sind. Die chemisch-physikalischen Verfahren werden vermutlich zweckmässiger im Industriebetrieb angewandt, da hier eventuell eine Wiederverwertung von Stoffen und eine Kreislaufführung des Abwassers möglich wird. Mein Vorschlag ist daher, die Bemessung von Belebungsanlagen darauf abzustimmen, dass man bei kommunalen Anlagen in den nächsten 15 Jahren noch ohne zusätzliche Stufe zur Entfernung organischer Stoffe auskommt.

Literatur

[1] *W. W. Eckenfelder:* Water Quality Engineering for Practicing Engineers, Bornes and Noble, New York (1970)

[2] *H. Fleckseder:* Zellstoffabwässer – Anfall und Reinigung. Wiener Mitteilungen – Wasser – Abwasser – Gewässer, Band 13 (1973)

[3] *K.* und *K. R. Imhoff:* Taschenbuch der Stadtentwässerung. 23. Auflage, R. Oldenbourg (1972)

[4] *A. Hörler:* Die Konsequenzen aus den Ergebnissen der Belebtschlammversuche der EAWAG für die Abwassertechnik. «Schweiz. Zeitschrift für Hydrologie» *26* (1964), S. 289

[5] *R. Kayser* und *W. v. d. Emde:* Schlammaktivität und Reaktionszeit als bestimmende Faktoren der biologischen Abwasserreinigung. Bericht der ATV Nr. 23 (1969), S. 173

[6] Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik, Band II. Wilhelm Ernst und Sohn (1969)

[7] *N. Matsché:* The Elimination of Nitrogen in the Treatment Plant of Vienna-Blumental. «Water Research» *6* (1972), S. 485

[8] *K. Wuhrmann:* Hauptwirkungen und Wechselwirkungen einiger Betriebsparameter im Belebtschlammsystem; Ergebnisse mehrjähriger Grossversuche. «Schweiz. Zeitschrift für Hydrologie» *26* (1964), S. 218

Adresse des Verfassers: Prof. Dr.-Ing. *Wilhelm von der Emde*, Vorstand des Instituts für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz der Technischen Hochschule Wien, Karlsplatz 13, A-1040 Wien.