

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 91 (1973)
Heft: 39

Artikel: Aerobe Behandlung von Schweinegülle
Autor: Göbel, W. / Schmidlin, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-72008>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

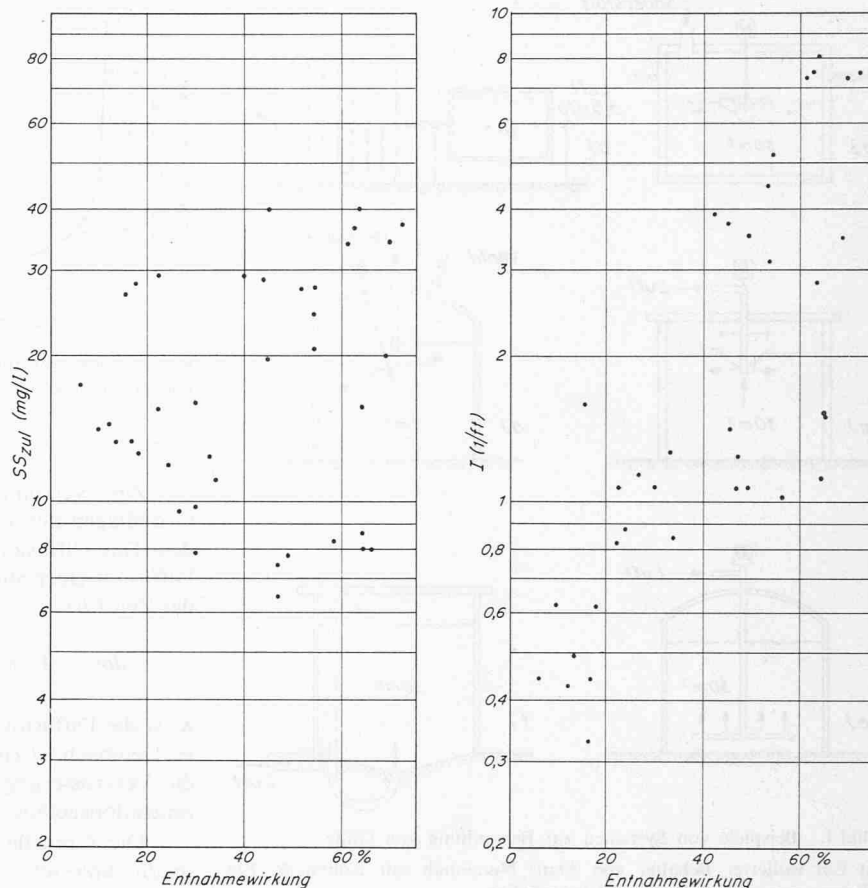


Bild 6. Entnahmewirkung bei der Mikro-siebung des Ablaufs der Belebungsanlage Bünsau in Abhängigkeit von den SS_{zul} - und I -Werten

F eingetauchte Siebfläche

I Filtrierbarkeitsindex

S Eintauchgeschwindigkeit der Filterfläche

Es hat sich jedoch gezeigt, dass auch dieser Kennwert nicht vollständig befriedigt, weil er den Einfluss der Suspensionskonzentration nicht ausreichend ausdrückt. Deshalb ist es unumgänglich, die physikalischen Teilcheneigenschaften noch eingehender zu untersuchen und genauer zu charakterisieren.

Vorteile der Mikro-siebung sind geringer Platzbedarf, Durchfluss in freiem Gefälle, einfacher Betrieb mit geringem Wartungsaufwand (keine Rückspülprobleme) und vor allem geringe Anlage- und Betriebskosten.

Literatur

- [1] A. E. J. Pettet, W. F. Collett und T. H. Summers: Mechanical filtration of sewage effluent. I. Removal of humus, J. Proc. Inst. Sew. Purif., 1949, S. 399-411.
- [2] P. C. G. Isaac und R. L. Hibberd: The use of microstrainers and sand filters for tertiary treatment. Water Res. Pergamon Press, 1972, Vol. 6, S. 465-474.

Die Untersuchungen wurden mit grossem Verständnis für die funktionalen Zusammenhänge von Dipl.-Ing. Roth durchgeführt.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr.-Ing. Baldefrid Hanisch, D-7000 Stuttgart 1 (Bünsau), Rossiniweg 17 B.

Aerobe Behandlung von Schweinegülle

DK 631.333.92 : 628356.1

Von W. Göbel und A. Schmidlin, Tänikon TG, sowie L. Arato, Buochs

Der Gülleanfall wird ständig grösser, da die Tierhaltungsbetriebe zum Teil vergrössert werden und man weiterhin aus Mangel an Arbeitskräften der streulosen Tierhaltung bei Neubauten den Vorzug gibt. Es erfordert Zeit und Arbeit, Stroh zu bergen, zu transportieren, einzulagern, einzustreuen und dann den Mist aus dem Stall zu entfernen, zu lagern und aufs Feld zu bringen. Bei der streulosen Tierhaltung wird lediglich die Gülle auf das Feld ausgefahren.

Diesen arbeitswirtschaftlichen Vorteilen stehen als Nachteile bei der Flüssigmistgewinnung hygienische Bedenken und besonders Gestankbelästigungen beim Ausbringen gegenüber. In der Gülle bleiben die pathogenen Keime und die Salmonellen am Leben. Das Ausbringen von Gülle

in der Nähe von Siedlungsgebieten führt oft zu Belästigungen. Der Festmist hat diese Nachteile nicht. Durch eine aerobe Behandlung versucht man die Gülle keimfrei und gestankfrei zu machen. Auch hofft man, dass die Gülle dank Belüftung pflanzenverträglicher wird. Erfreuliche Anfangserfolge haben auf der ganzen Welt ein intensives Forschen auf dem Gebiet der aeroben Güllebehandlung ausgelöst.

Grundsätzliche Überlegungen

Wie alle biologischen Prozesse sind auch Abbauprozesse exotherm. Die biologische Behandlung von hochkonzentrierten landwirtschaftlichen Abwässern macht sich die Prozesswärme zunutze. Mit steigender Temperatur werden Bakterien

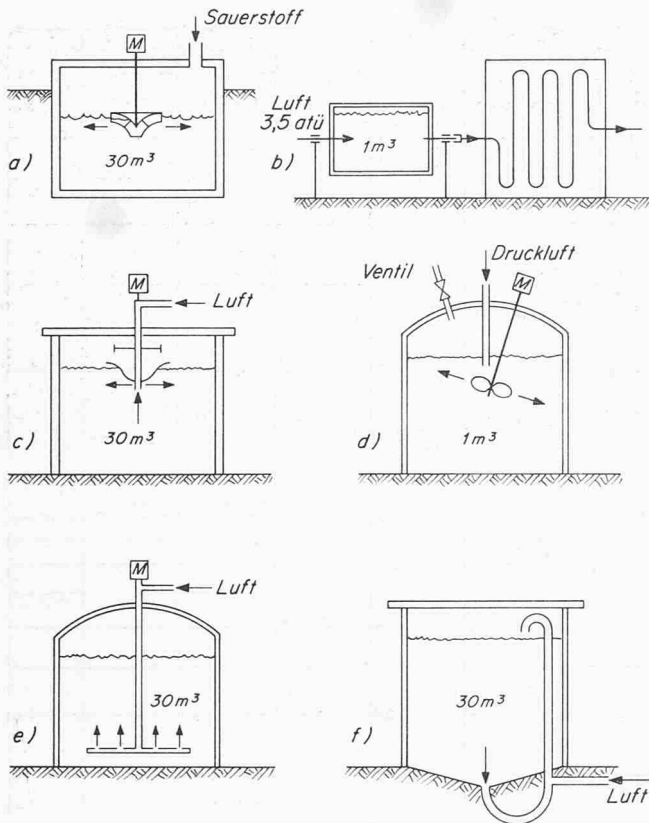


Bild 1. Beispiele von Systemen zur Behandlung von Gülle

- Ein isolierter Behälter von 30 m³ Nutzinhalt mit Rührwerk. Ein Eintrag von reinem Sauerstoff ist möglich.
- Eine rotierende, isolierte Stahltrommel von 1 m³ Nutzinhalt. Die Luft wird mit 3,5 atü in die Trommel eingeführt und durchströmt anschliessend eine isolierte Rohrschleife von insgesamt rund 35 m Höhe. Die Gülle wird bei jeder neuen Charge aus der Trommel in die Rohrschleife verdrängt.
- Ein isolierter Behälter von 30 m³ Nutzinhalt. Das Lüftungsaggregat besteht aus einem Propeller, der die Gülle bewegt und gleichzeitig Luft ansaugt, und einem Messer, das als Schaumzerstörer wirkt.
- Ein isolierter Behälter aus Stahlblech von 1 m³ Nutzinhalt mit eingebautem Rührwerk. Druckluft kann eingebracht werden.
- Ein Behälter aus glasfaserarmiertem Kunststoff von 30 m³ Nutzinhalt, der durch Styropor zusätzlich wärmedämmend ausgebildet ist. Die Druckluft gelangt (wie bei der auf den Bildern 3a und 3b dargestellten Anlage) feinblasig durch ein rotierendes Verteilersystem in die Gülle.
- Ein isolierter Behälter von 30 m³ Nutzinhalt. Die Gülle wird nach dem Mammutpumpensystem umgewälzt.

aktiver. Verstärkte Bakterienaktivität verkürzt ihrerseits die Dauer der Behandlung. Durch einen solchen Prozess kann man auf wirtschaftliche Art die pathogenen Keime abtöten, Geruchsemissionen ausschalten und den biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB₅)¹⁾ verringern. Mensch und Umwelt werden infolgedessen weniger gefährdet.

Entscheidend für den Erfolg der Behandlung ist eine ausreichende Versorgung der Kleinlebewesen mit Sauerstoff und Nahrung. In die Gülle bringt man entweder Luft oder reinen Sauerstoff ein. Die Biomasse wird durch intensive Turbulenz mit der Nahrung und dem Sauerstoff in der Schwebe gehalten. Mechanische Belüfter (Kreisel, Propeller, Saugbelüfter) und auch Hochdruckbelüftungssysteme können diese Aufgabe bewältigen. Zweckmässigkeit, Herstellungskosten, Platzbedarf und Bauaufwand sind je nach System und Bauweise verschieden. Zur Zeit werden in der Schweiz mehrere Systeme geprüft. Bild 1 zeigt hierfür einige Beispiele.

1) Die Zahl 5 bedeutet den Bedarf während fünf Tagen.

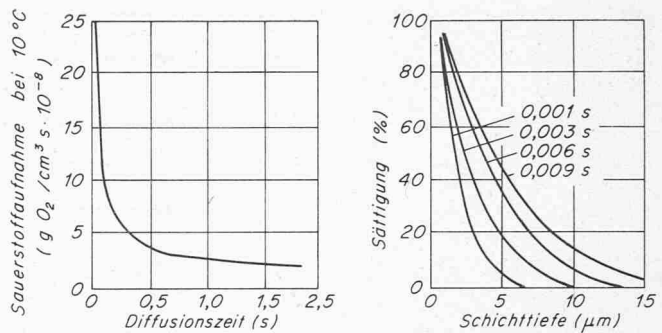


Bild 2. Sauerstoffaufnahme der Gülle in Abhängigkeit von der Zeit und Konzentrationsabfall in Abhängigkeit von der Schichttiefe

Zum Verständnis des Problems sollen nachfolgend einige Grundlagen der angewandten Belüftungstechnik erörtert werden. Das Diffusionsgesetz beschreibt die Geschwindigkeit der Diffusion einer Stoffmenge (dm) durch die Grenzfläche (A) in der Zeit (dt)

$$dm = A \cdot K \cdot \frac{dc}{dx} \cdot dt$$

K ist die Diffusionskonstante, dc/dx das Konzentrationsgefälle. Demnach ist eine Steigerung des Sauerstoffeintrages durch die Vergrößerung der Grenz- oder Kontaktfläche, des Konzentrationsgefälles und der Kontaktzeit möglich.

Die Grenzfläche kann durch die Reduktion der Blasendurchmesser mit fein- oder mittelblasiger Belüftung (Bild 1e) vergrössert werden. Eine Erhöhung des Konzentrationsgefälles wird auch durch die Verwendung von reinem Sauerstoff (Bild 1a) und durch Vergrössern des Betriebsdruckes erreicht (Bild 1b). Ebenfalls förderlich für den Sauerstoffaustausch durch die Kontaktflächen zwischen Luftblasen und Wasser ist eine Intensivierung der Flüssigkeitsbewegung derart, dass das Konzentrationsgefälle in der Grenzschicht etwa in seiner ursprünglichen Grösse erhalten bleibt (Bild 2). Eine gewisse Verlängerung der Kontaktzeit wird durch die Turbulenz, durch die Kreisel-, Propeller- und Sauglüftung oder durch das Drehen des Luftverteilers der Druckluftbelüftung erreicht (Bilder 1a, c, d, e, f).

Die Erforschung des Einflusses all dieser Massnahmen beschränkte sich bisher auf Reinwasser und häusliche Abwässer im Temperaturbereich von etwa 0 bis 25°C. Im thermophilen Bereich und in Gülle mit recht unterschiedlicher Zusammensetzung ist eine Verschiebung der genannten Parameter zu erwarten. Alkohol zum Beispiel erhöht das Lösungsvermögen von Wasser. Ähnliches gilt für Essigsäure. Das Lösungsvermögen von Wasser hängt oft stark von der Konzentration der beigefügten Substanzen ab.

Die Messtechnik hat einige Schwierigkeiten zu überwinden. So ist der Sauerstoffgehalt der Zu- und Abluft zu bestimmen, um die eingetragene Menge berechnen zu können. Die Leistungsaufnahme der mechanischen Einrichtungen, die Geschwindigkeit der Strömung an verschiedenen Stellen im Behälter, die Mindestdauer der Durchmischung, die Änderung des pH-Wertes im Verlauf des Versuches und die Schwankungen der elektrischen Leitfähigkeit sind von besonderem Interesse. Da Gülle Kot, Stroh und Futterreste enthält, sind die handelsüblichen Fühler wegen Verstopfungsgefahr mit besonderer Sorgfalt auszuwählen und zu betreuen. Ausserdem spielen die relativ hohe Betriebstemperatur und die chemische Aggressivität eine Rolle. Daraus ergibt sich, dass die Umwälztechnik und damit der Sauerstoffeintrag bei der aeroben thermophilen Behandlung von Gülle für die Forschung und den technischen Fortschritt von grossem Interesse

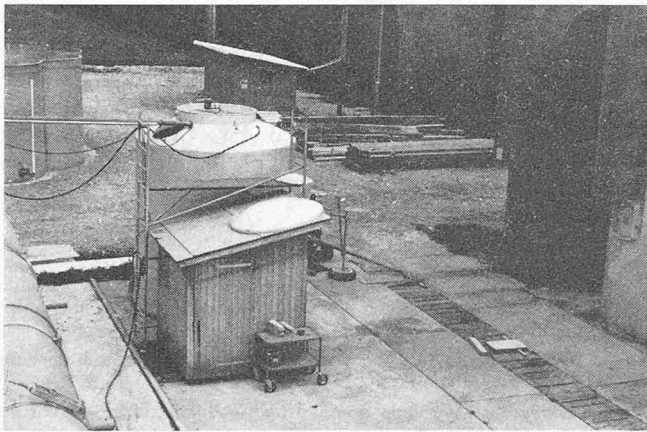


Bild 3a. Reaktor nach Bild 1e und Messhäuschen

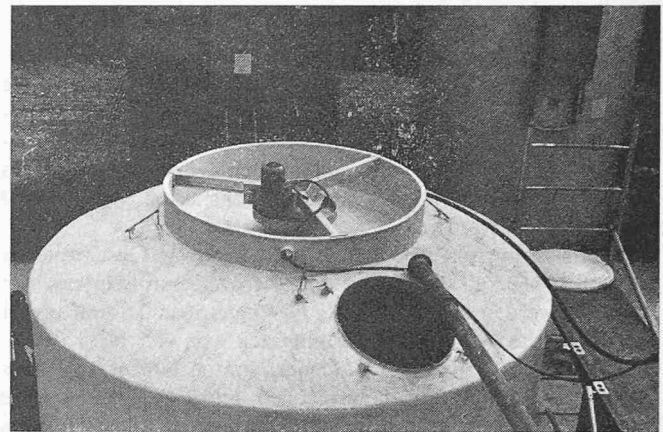


Bild 3b. Reaktoroberteil mit Rührwerksmotor und Einstieglucke

ist. Die Erforschung der Tätigkeit der Kleinlebewesen, ihres Stoffwechsels und ihrer Energiebildung werden dabei nicht übersehen.

Versuchsanlage und bisherige Versuchsergebnisse

Beim ersten Tastversuch mit einer Druckluftanlage (Bild 1e) wurden die Deodorisation (eine Sterilisierung) und der Abbau eines Teils der organischen Substanz von Gülle, die aus einem mit 135 Mast- und Muttertieren besetzten Stall stammte, untersucht (Futter: Getreide und Maiskolbenschrot). Die Anlage bestand aus einem zylindrischen Behälter aus glasfaserarmiertem Kunststoff, der mit einer Wärmedämmschicht aus Schaumstoff überzogen war. Sie war mit einer rotierenden Druckluftbelüftung (Schlauchbelüftung mit Kiemenöffnungen) ausgerüstet (Bilder 3a und 3b).

Da Umwälzart und Belüftung von herkömmlichen Druckluftsystemen abweichen, soll hier etwas näher auf die Art der Konzeption eingegangen werden. Als Ausgangspunkt wird die Steiggeschwindigkeit der Luftblasen in ruhendem Wasser angenommen (Bild 4). Bei einer herkömmlichen Druckbelüftung reißen die steigenden Luftblasen durch den Impulsaustausch Wasserteilchen nach oben und erzeugen eine Wasserwalze, in deren aufsteigendem Teil die Luftblasen schneller hochsteigen als in ruhendem Wasser und infolgedessen schneller an die Oberfläche gelangen. Die Aufenthaltszeit im Wasser und der wirksame Kontaktweg der Blasen werden dadurch in manchen Fällen um mehr als die Hälfte reduziert.

Das untersuchte Belüftungssystem verlängert den Kontaktweg, weil der Rotor den Wasserzylinder in langsamer Drehung hält und die Blasen dadurch horizontal verschoben werden. Da der Rotor den Wasserzylinder unterfährt, treten die Blasen auch stets an anderen Stellen aus.

Durch Reduktion des Blasendurchmessers wird eine Vergrößerung der Grenzfläche angestrebt. Herkömmliche Belüf-

tungselemente der feinblasigen Belüftung, zum Beispiel Sinterkeramikelemente, verstopfen bereits in den mit wesentlich weniger Schmutz belasteten häuslichen Abwässern. Deshalb wurden feingeschlitzte Kunststoffschläuche eingesetzt. Die feinen Schlitzte öffnen sich erst, wenn der Luftdruck im Schlauch den Wasserdruck übertrifft. Beim Abstellen der Belüftung verschliessen sich die Schlitzte entsprechend dem neuen Druckverhältnis kiemenartig. Der Sauerstoffeintrag der Belüftung wurde im Reinwasserversuch festgestellt (rund 2 kg O₂/kWh). Die Leistungsaufnahme des Kompressors und des Rotors betragen zusammen 0,9 kW.

Obwohl von Anfang an feststand, dass die Konzentration der Gülle für das vorliegende Verfahren mit zirka 1% Trockensubstanz (TS) zu gering war, wurde ein Langzeitversuch gewagt. Die Anfangstemperatur von 9°C stieg nach dem ersten Tag an und erreichte im Laufe von zwölf Tagen 26°C bei einer durchschnittlichen Aussentemperatur von 3°C. Innerhalb des ersten Belüftungstages erreichte der Sauerstoffgehalt ein Maximum von 4,7 mg/l und fiel auf 1,0 mg/l zurück; vom zweiten Tag an blieb er konstant bei 0,5 mg/l.

Der BSB₅ blieb während der ersten Woche unverändert bei 8000 mg/l, fiel im Laufe der zweiten Woche auf 2000 mg/l und nach drei Wochen auf 1000 mg/l ab (Bild 5). Tierspezifische Gerüche verschwanden nach zwei bis drei Tagen Belüfungszeit. Die dampfgesättigte Abluft roch nach Humus. Der TS-Gehalt und der Glühverlust nahmen um etwa 3 g/l ab. Dies weist auf den Abbau von organischem Kohlenstoff hin. Der Anteil der mineralischen Bestandteile der Gülle blieb unverändert. Der ph-Wert stieg von 7,5 auf 8,5 an.

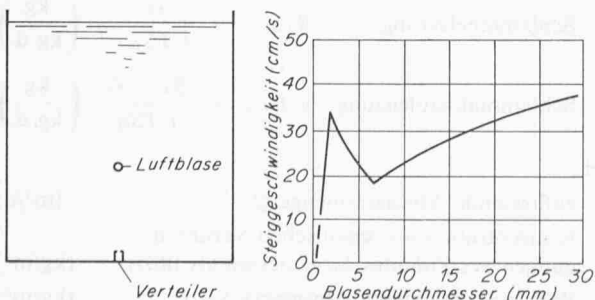


Bild 4. Steiggeschwindigkeit der Luftblasen in ruhendem Wasser in Abhängigkeit vom Blasendurchmesser

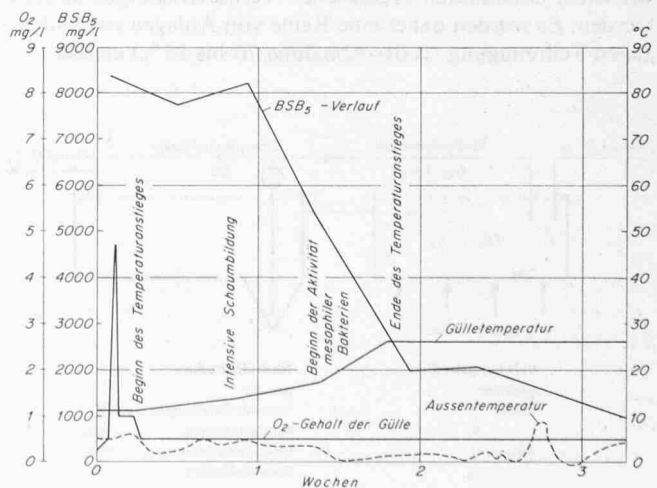


Bild 5. Ergebnisse eines Belüftungsversuchs

Stoff- und Energiebilanz

Während bei häuslichen Abwässern der BSB₅ eine repräsentative Grundlage für die einzutragende Sauerstoffmenge darstellt, trifft das für den BSB₅ 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 BSB₅ betrug die Gesamtmenge des BSB₅ 160 kg. Bei einem mittleren Sauerstoffeintrag von 1,5 kg/h werden pro Tag 36 kg O₂ 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 Verdunstungs-

aufwand 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. Stalman: 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 Arden 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 Zellschubstanz (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 (BSB₅).

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 (BSB₅-Abnahme 70 bis 85%) erstellt.

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 BSB₅ des gereinigten Abwassers von 25 mg/l festgelegt. Um diesen Endwert zu erreichen, wurde vom ATV-Ausschuss «Belebungsverfahren» eine BSB₅-Raumbelastung $B_R = 1,8 \text{ kg/m}^3 \text{ d}$ und eine Schlammbelastung $B_{TS} = 0,5 \text{ kg d}$ 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):

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

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

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

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

wobei:

zuziessende Abwassermenge Q (m³/d)

Konzentration an organischen Verunreinigungen des Zulaufes S_0 gemessen als BSB₅ (kg/m³)

BSB₅ des gereinigten Abwassers S_e (kg/m³)

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

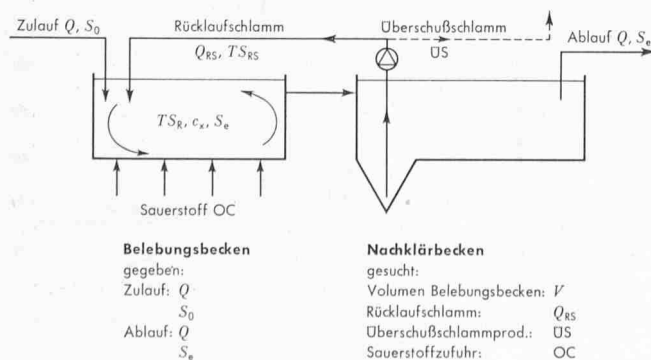


Bild 1. Prinzipschema des Belebungsverfahrens