

Die biologische Abwasserreinigung

Hochschuldozent Dipl. Ing. Dr. techn. R. Pönninger

Abb. 1 gibt einen Überblick über die Menge und Art der Abwasserstoffe, welche im Durchschnitt ein Einwohner pro Tag, ausgedrückt in BSB₅, mit dem Abwasser abführt. Bei der Abwasserreinigung mit Kläranlagen werden ca. ein Drittel von den 190 g, d. s. 60 g, bei der mechanischen Reinigung als Schlamm abgeschieden. Dieser Schlamm wird bekanntlich ausgefault und in abgetrocknetem oder nassem Zustand als Dünger in der Landwirtschaft verwendet. Ein Drittel dieser Feststoffe, d. s. 30 g, bleibt jedoch im Abwasser als feinst suspendierte Stoffe in Schwebelage und setzt sich nicht ab. Mehr als die Hälfte der gesamten Stoffe, nämlich 100 g, sind echt gelöst oder in Form von Kolloiden vorhanden und können in mechanischen Kläranlagen nicht ausgeschieden werden. Diese feinen Suspensa und die gelösten Stoffe können wir aber, soweit sie organischer Natur sind, bis auf einen geringen Rest durch die biologische Reinigung dem Abwasser entziehen.

Die derzeit hauptsächlich in Verwendung stehenden künstlichen Methoden der biologischen Reinigung sollen nun im folgenden kurz besprochen werden.

Abwasserstoffe in g/E Tg			Beseitigung durch	
Feststoffe	$\frac{2}{3}$ absetzbar	min. 20	organ. 40	mech. Reinigung
	$\frac{1}{3}$ nicht absetzbar	10	org. 20	
Gelöste Stoffe	echt und kolloid-gelöst	min. 50	org. 50	biologische Reinigung

ZUS. 190 g

Abb. 1. Schmutzstoffe des Abwassers nach Imhoff.

1. Künstliche biologische Reinigung durch Ausfaulen

Wenn man eine Abwasserprobe in einer verschlossenen Flasche wochenlang stehen läßt, kann man feststellen, daß sich der widerliche Geruch des Abwassers allmählich verliert und die Schwefelwasserstoffentwicklung

nach etwa 10 Tagen aufhört. Durch Einhängen eines Bleiazetat-Papierstreifens in den Flaschenhals kann man den Schwefelwasserstoff nachweisen. Wenn man nun täglich diesen Streifen erneuert und sämtliche Streifen hintereinander aufklebt, bekommt man eine gute Übersicht über die Zersetzung des Abwassers unter Luftabschluß. Dieser Versuch soll unter Lichtabschluß und bei Zimmertemperatur durchgeführt werden. Wie schon erwähnt, hört die Schwefelwasserstoffbildung nach etwa 8 bis 10 Tagen auf und wir bezeichnen das Wasser technisch als ausgefault. Während dieser Zeit gewinnt das Wasser auch an Durchsichtigkeit. Es wird jedoch immer mehr oder minder stark gelblich verfärbt sein. Jedenfalls weiß man vom ausgefaulten Abwasser, daß es im Vorfluter keine Fäulnis mehr hervorrufen kann, wenn auch der BSB_5 zuweilen noch recht hoch ist.



Abb. 2. Faulversuch in Flaschen

Abb. 2 zeigt das Ergebnis zweier auf diese Weise durchgeführter Faulversuche. Im Bilde ist links in einer Glasflasche die Probe eines häuslichen Abwassers und rechts zum Vergleich eine Probe eines Schlächtereiabwassers zu sehen. Während das häusliche Abwasser trüb und gelblich verfärbt ist, hat das Schlächtereiabwasser die typisch blutrote Farbe. Die täglich ausgewechselten Bleiazetatstreifen sind nebeneinander aufgeklebt, u. zw. sieht man oben die Streifen des Schlächtereiabwassers und unten die des häuslichen Abwassers. Die Intensität der Fäulnis ist durch den Grad der bräunlichen bis schwarzen Verfärbung genau zu verfolgen. Beim häuslichen Abwasser beginnt die Ausflockung der Kolloide am 2. bis 3. Tag und ist am 4. bis 5. Tag beendet. Solange sollte die Aufenthaltszeit in den ge-

wöhnlichen Faulgruben dauern. Die Schwefelwasserstoffentwicklung setzt erst zögernd am 2. Tag ein, geht am 7. Tag stark zurück und ist am 9. Tag meist restlos beendet. Es gibt da natürlich kleinere Verschiedenheiten, je nach der Konzentration des Abwassers, doch ist am 10. Tag praktisch beim häuslichen Abwasser die Fäulnis, soweit sie durch Schwefelwasserstoffbildung angezeigt wird, beendet. Daher bemißt man vergrößerte Faulgruben, auch Ausfaulgruben genannt, für 10 Tage Faulzeit.

Beim Schlächtereiabwasser setzt die Fäulnis rasant ein, nimmt aber erst nach ca. 3 Wochen ab, ist jedoch auch nach 4 Wochen noch nicht restlos abgeschlossen. Auch die Ausflockung der Kolloide erfolgt viel langsamer und dauert oft wochenlang. Nach Ausflockung der Kolloide wird die Abwasserprobe aber auch recht gut durchsichtig.



Abb. 3. Ausgefaulte Abwasserproben

Abb. 3 zeigt die ausgefaulten Proben. Das häusliche Abwasser ist nur mehr schwach verfärbt und verhältnismäßig gut durchsichtig, während das Schlächtereiabwasser noch intensiv braun verfärbt ist, wenn man auch hier eine Verbesserung in der Durchsichtigkeit erkennen kann.

Wenn man diesen Versuch durch die tägliche Geruchsprobe ergänzt, dann kann man feststellen, daß das ausgefaulte Abwasser allmählich seinen widerlichen Geruch verliert und dieser schließlich praktisch ganz verschwindet. Die Methode der Ausfaulung des Abwassers wenden wir bewußt bei der biologischen Reinigung in kleinen Verhältnissen an. Wenn nun in

solchen Faulanlagen nicht immer der gleiche Effekt erreicht wird wie beim Flaschenversuch, so ist nur die Konstruktion der Anlage nicht richtig, da die Veränderung des Wassers mit der Zeit immer gleich bleiben muß. Die Dreikammer-Faulgrube üblicher Bauart erfüllt meist nicht diesen Zweck. Dabei ist es gleichgültig, ob man drei, vier oder mehr Kammern macht. Je mehr Kammern man macht, um so schlechter ist die Sedimentation besonders der ausgeflockten Stoffe, weil das Abwasser nicht zur Ruhe kommt. Diese Flocken setzen sich aber sehr schwer ab und schwimmen sofort wieder hoch, wenn in das Abwasser Unruhe hineinkommt.

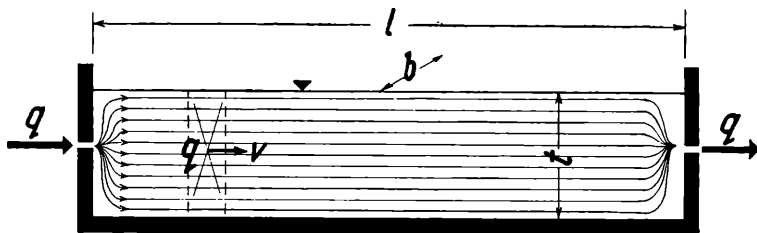
Die rechnermäßig festgestellte Durchflußzeit

$$T = \frac{J}{q}$$

gibt noch keinerlei Gewähr, daß die Ausfaulzeit auch wirklich so lange dauert, wenn irgendeine Kurzschlußströmung möglich ist. Das ist aber bei den üblichen Faulgruben fast immer der Fall.

Abb. 4 stellt die Durchflußverhältnisse dar, wie wir sie voraussetzen, wenn wir die Durchflußzeit errechnen. Man nimmt also eine idealisierte laminare Durchströmung des Beckens an.

Die Durchflußzeit



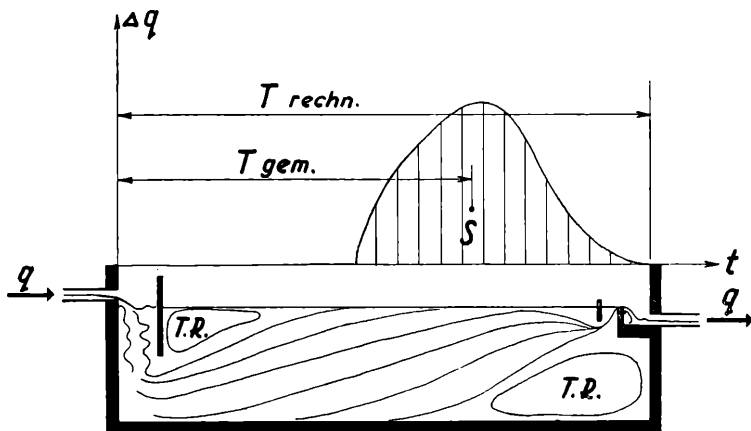
$$v = \frac{q}{b \cdot t} ; \quad T = \frac{l}{v} = \frac{l \cdot b \cdot t}{q} = \underline{\underline{\frac{J}{q}}}$$

Abb. 4. Idealer Durchfluß durch Absetzbecken

Über die Durchflußverhältnisse in Kläranlagen haben die Versuche beim Ruhrverband unter Zusatz von radioaktiven Isotopen einen genügend tiefen Einblick gewährt, um die Ursachen dieser geringen Übereinstimmung der

praktisch erzielbaren Reinigung mit dem Versuch aufzuklären.* Bei den vorerwähnten Versuchen wurde festgestellt, daß die beste Übereinstimmung der rechnerischen mit der durch den Versuch ermittelten Durchflußzeit bei Rechteckbecken von großer Länge und geringer Tiefe gegeben ist, während sich Rundbecken wesentlich ungünstiger verhalten.

Diese Verkürzung der Durchflußzeit kann man nur so erklären, daß auch im Rechteckbecken tote, nicht durchflossene Räume vorhanden müssen, bzw. daß die Durchströmung nicht laminar verläuft (Abb. 5).



Tatsächliche Durchflußzeit

Abb. 5. Tatsächlicher Durchfluß durch Absetzbecken

Wenn eine solche Verkürzung der Durchflußzeit schon im Rechteckbecken auftritt, wo alle Voraussetzungen für eine laminare Durchströmung gegeben sind, um wieviel mehr muß sich die Verkürzung der rechnerischen Durchflußzeit bei den üblichen runden und rechteckigen Faulgruben der Hauskläranlagen auswirken, wie sie heute allgemein gebaut oder aus Fertigteilen hergestellt werden. Es gehört nicht viel Phantasie dazu, sich vorzustellen, daß sich bei den üblichen Dreikammerfaulgruben immer Kurzschlußströmungen einstellen müssen, während ein Gutteil der Anlage überhaupt nicht durchflossen wird. Über die hierbei noch zusätzlich nachteilig wirkenden Faktoren hat sich Prof. Me in c k in einem Aufsatz im Gesund-

* Knop, E.: Über den Einfluß der Strömung auf Flockung und Absetzvorgänge im Klärbecken. Gesundh.-Ing. Jg. 73 (1952), S. 157.

heitsingenieur eingehend geäußert (Temperatur, verschiedene spezifische Gewichte, Schlammbewegung usw.).*

Man muß also die Faulanlagen so ausbilden, daß zwangsläufig der lange Weg des Wassers gesichert ist und tote (nicht durchflossene) Räume sich möglichst nicht ausbilden können. Es ist klar, daß nur dann eine lange Durchflußzeit und damit auch eine lange Faulzeit erzielt werden kann.

Abb. 6 zeigt die übliche Ausbildung einer Faulgrube aus Fertigteilen, wie sie in der neuen deutschen Norm angegeben ist. Es ist ganz klar, daß das Abwasser den kürzesten Weg gehen wird und daß erhebliche Teile der vorhandenen Räume überhaupt nicht durchflossen werden.

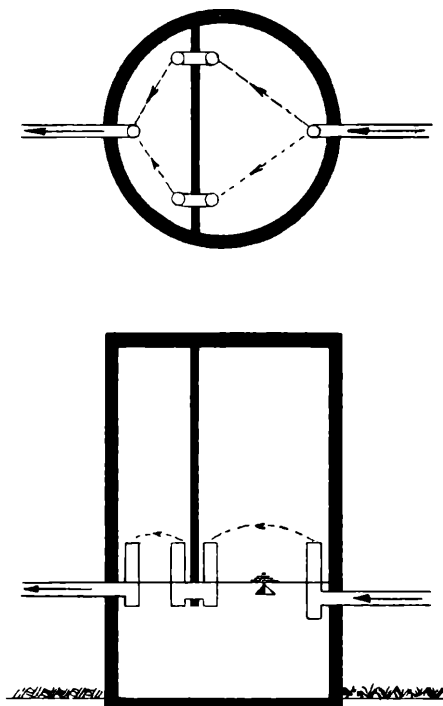


Abb. 6. Zweikammerfaulgrube nach DIN 4261

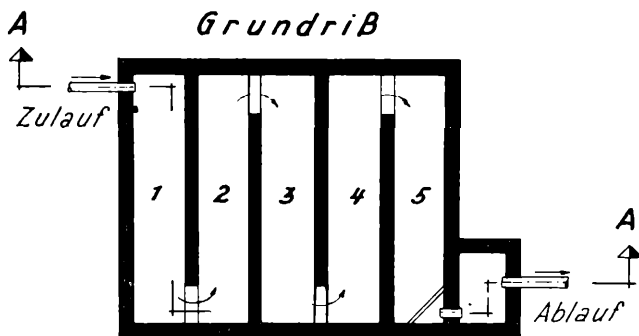
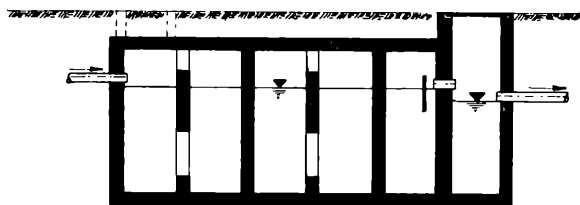
Abb. 7 zeigt die Ausbildungsform eines Faulbeckens, bei dem annähernd Gewähr gegeben ist, daß die lange Durchflußzeit und damit auch die rechnungsmäßige Faulzeit vorhanden ist. Diese Form ist übrigens nicht neu

* Meinck, F.: Einflüsse auf die Abwasserreinigung in Einzelkläranlagen. Gesundheits.-Ing. Jg. 74 (1953), S. 43.

und war schon unseren Vätern bekannt, denn man findet zuweilen immer wieder die Konstruktion bei ganz alten kleineren und größeren Reinigungsanlagen. Ob sie überall am Platz war, ist eine andere Frage, denn sie hat nur dann einen Zweck, wenn die Ausfaltung des Abwassers erstrebt wird. Natürlich darf man solche Anlagen nicht zu tief machen. 0,70 m bis 1,20 m Tiefe erscheint zweckmäßig und ist diese Tiefe auch in den verschiedenen Normen angegeben.

Ein weiterer Weg, die Ausfaltung zu begünstigen, besteht darin, daß man schon im Haus die der Fäulnis leicht zugänglichen Abortabwässer von den weniger zur Fäulnis neigenden Spül-, Wasch- und Reinigungswässern trennt und auch aus dem Haus heraus getrennt zur Kläranlage leitet. Wenn man dann nur die Abortabwässer ausfalten läßt, dann braucht man nur etwa 30 bis 40 Prozent des Raumes, während für die übrigen 60 bis 70 Prozent der Abwässer eine mechanische Reinigung in einem Seifen- und Schlammabscheider geeigneter Bauart vollkommen genügt. Hinterher

Schnitt „A“



Vergrößerte Faulgrube

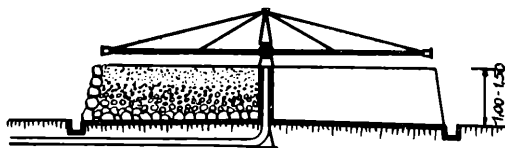
Abb. 7 Ideale Form einer Faulgrube

vereinigt man dann beide Abwassersorten und kann durch das gut sedimentierte, aber noch frische Wasch- und Spülwasser den Ablauf der Faulanlage nur verbessern. Anlagen dieser Art sind von mir schon vor einigen Jahren vorgeschlagen worden und haben bereits sehr gute Ergebnisse gezeigt. Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen und werden fortgesetzt.

2. Künstlich-biologische Reinigung durch Tropfkörper

Das Anwendungsgebiet für solche Ausfäulungsanlagen ist begrenzt und werden schon bei 100 Bewohnern solche Anlagen sehr teuer. Der Vorteil dieser Art der biologischen Abwasserreinigung durch Ausfäulen ist auch speziell nur für kleine und kleinste Verhältnisse gegeben, da solche Anlagen kaum der Wartung bedürfen. Wird dieses Verfahren zu unwirtschaftlich, dann geht man zur biologischen Reinigung mit Tropfkörpern über. Bei richtiger Bemessung des Tropfkörpers ist diese Reinigung qualitativ der Ausfäulung weit überlegen und wird der Vorfluter besonders

Alte Bauweise



Neue Bauweise

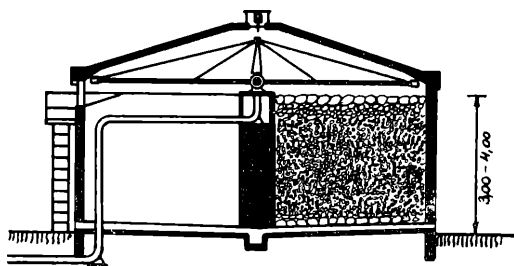


Abb. 8. Tropfkörper für biologische Abwasserreinigung

geschont, da biologisch in Tropfkörpern gereinigtes Abwasser bereits Sauerstoff enthält. Eine solche Anlage bedarf allerdings einer gewissen Wartung und Pflege, doch wird sich bei einer größeren Siedlungsgemeinschaft diesbezüglich bestimmt immer eine Lösung finden.

Tropfkörper sind aufgeschüttete Gesteinsbrocken, deren Oberfläche möglichst gleichmäßig mit Abwasser berieselt wird. Es bildet sich nach einer gewissen Reifezeit an der Oberfläche der Brocken ein schleimiger Belag, der sogenannte biologische Rasen, und dieser Rasen, der aus lauter Bakterien besteht, ist der eigentliche Reinigungsfaktor im Tropfkörper. Da

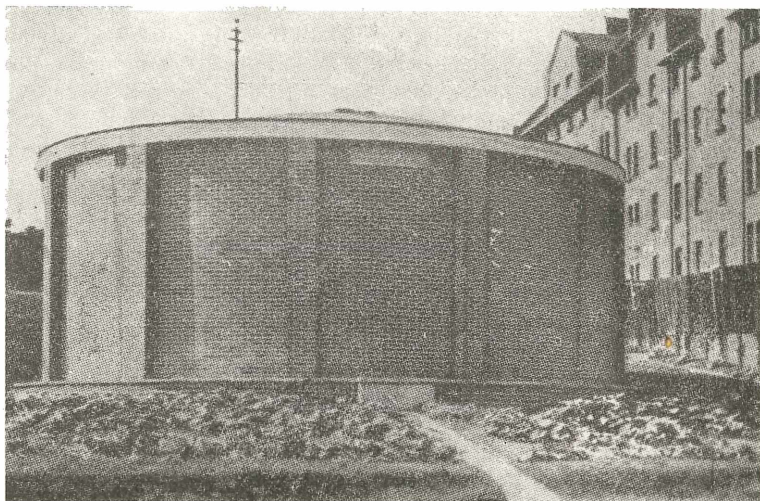


Abb. 9. Geschlossener, künstlich belüfteter Tropfkörper

die Reinigung oxydativ verläuft, muß für ständige Luftzufuhr gesorgt werden. Das Verspritzen des Abwassers über den Tropfkörper erfolgt gewöhnlich durch Drehsprenger, doch kann dies Geruchsbelästigung zur Folge haben, wenn das Abwasser nicht mehr frisch ist. Auch die in Massen auftretenden Tropfkörperperfliegen können belästigend wirken. Bei der Nähe von Wohnhäusern hilft man sich dadurch, daß man den Tropfkörper vollkommen umschließt und künstlich belüftet. Auch durch dauernde Beschickung, etwa durch Rückpumpen des Tropfkörperabflusses, kann man das Auftreten der Fliegen einschränken, aber eigentlich nie ganz verhindern.

Abb. 8 zeigt den Tropfkörper in alter und in neuer Bauart.

Abb. 9 zeigt, daß man bei geschlossenem Tropfkörper auch Häusernähe nicht zu scheuen braucht.

Man unterscheidet heute den schwachbelasteten Tropfkörper und den hochbelasteten Tropfkörper. Beim letzteren kann der Betrieb als Wechseltropfkörper (England), als Spültropfkörper (Amerika, Deutschland) oder schließlich als hochbelasteter Tropfkörper ohne künstliche Hilfen geführt werden. Das Wesen dieser verschiedenen Beschickungsarten soll kurz skizziert werden.

Das in Absetzbecken gereinigte Abwasser enthält echt gelöste Stoffe, Kolloide und nicht absetzbare Feststoffe (Abb. 1). Während des Durchganges des Abwassers durch den Tropfkörper werden die echt gelösten Stoffe und Kolloide durch Absorption im biologischen Rasen festgehalten und durch Bakterien mineralisiert. Bei der Aufarbeitung von Kolloiden helfen sich die Bakterien bekanntlich durch Ausscheiden von Enzymen, die die Kolloide zerkleinern. Die Stoffumwandlung erfolgt im Bakterienrasen und entstehen aus organisch gebundenem Schwefel, Stickstoff und Kohlenstoff die Salze der entsprechenden Mineralsäuren, nämlich der Schwefelsäure, der Salpetersäure und der Kohlensäure, wobei letztere auch in großem Umfang in Gasform entweicht. Der Grad der Mineralisierung der gelösten Stoffe ist nur abhängig von der Durchlaufzeit des Abwassers, so daß die Höhe des Tropfkörpers eine entscheidende Rolle spielt. Dagegen bereitet der Abbau der ungelösten Stoffe gewisse Schwierigkeiten.

Beim schwachbelasteten Tropfkörper erfolgt der Abbau dieser Stoffe vorwiegend in den reichlich gegebenen Ruhepausen, wobei sich auch Makroorganismen am Abbau wesentlich beteiligen (Larven der Psychoda). Die während der Beschickung angesammelten Feststoffe, die zu Wucherungen des biologischen Rasens führen (Schlammabildung), werden in den Ruhezeiten abgebaut, so daß ein ständiger Betrieb durchgeführt werden kann. Die hierbei sich abspielenden Vorgänge habe ich bereits ausführlich beschrieben.*

Beim Wechseltropfkörper beschickt man zwei Tropfkörper hintereinander, wobei hinter jedem Tropfkörper ein Nachklärbecken angeordnet ist. Wird der erste Tropfkörper einige Zeit beschickt, dann wird auf den anderen Tropfkörper umgestellt, so daß der erste zum Tropfkörper der zweiten Stufe wird. Durch die Beschickung mit gereinigtem Abwasser der ersten Stufe erhalten die Mikroorganismen des zweiten Tropfkörpers viel weniger Nahrung zugeführt, so daß der übermäßige Rasenbewuchs zurückgeht, bzw. vom Rasen selbst aufgezehrt wird. Durch diesen ständigen Wechsel kann der Reinigungsbetrieb ohne Verstopfung der Tropfkörper durchgeführt werden.

Beim Spültropfkörper versucht man, die Feststoffe des Abwassers durchspülen und erhöht zu diesem Zweck die Flächenbelastung des Tropf-

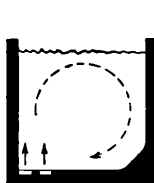
* Pönninger, R.: Der künstlich belüftete Tropfkörper. Beihefte zum Gesundh.-Ing., Reihe II, H. 18. Verlag Oldenbourg 1938.

körpers auf mindestens 0,8 m/h. Um beim rascheren Wasserdurchtritt den Abbau der gelösten Stoffe zu sichern, ist es notwendig, die Tropfkörper zu erhöhen (4,0 m) und in der Regel durch Verdünnung mit Reinwasser oder durch Rückpumpen des Abflusses bereits gereinigten Abwassers die Konzentration an gelösten Stoffen zu vermindern.

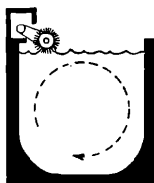
Es ist aber auch möglich, ohne besondere künstliche Hilfen die Belastung des Tropfkörpers zu erhöhen, wenn man nur die Höhe des Tropfkörpers groß genug wählt. Durch die damit verbundene Verlängerung der Durchflußzeit, bzw. der Kontaktzeit, werden die gelösten Stoffe auch bei höherer Belastung abgebaut. Die Schwierigkeit besteht nur darin, diese Grenz-

Belebungsverfahren (Systeme)

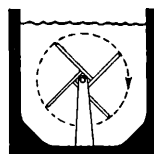
Verfahren mit:



Druckluft



Kessener Bürste



Rührwerk

Abb. 10. Die wichtigsten Systeme des Belebungsverfahrens

belastung jeweils zu kennen, bei der der Abbau der gelösten Stoffe noch ausreichend erfolgt. Der Abwasseranfall wechselt im Laufe des Tages bekanntlich sehr erheblich. Wenn man die Beschickung diesem Abwasseranfall entsprechend gestaltet, dann müssen die Beschickungseinrichtungen auf den größten stündlichen Abwasseranfall eingestellt werden. Dieser be-

trägt aber bei Städten bekanntlich $\frac{Q}{14}$, so daß man von selbst täglich

10 Stunden Ruhepause hat. Wie die Erfahrung zeigt, genügt aber diese Ruhezeit vollkommen, daß auch in den Ruhepausen unter Mitwirkung von Makroorganismen die Feststoffe abgebaut werden und es gelingt auch unter diesen Verhältnissen, den Tropfkörperbetrieb jahrzehntelang durchzuhalten. Sicher ist die Belastung oft nicht ganz so hoch wie bei den Spültropfkörpern, dafür ist aber die Reinigungswirkung konstanter und verlässlicher. Auch der Betrieb ist einfacher und billiger,

3. Künstlich-biologische Reinigung nach dem Belebungsverfahren

Man kann eine Betrachtung über die biologische Reinigung von Abwasser nicht abschließen, ohne das Belebungsverfahren zu erwähnen. Bei diesem Verfahren wird das Abwasser durch große Becken geleitet, in denen es sich 5 bis 10 Stunden und auch mehr aufhält und durch Lufteinblasung, Rührwerke oder rotierende Bürsten in ständiger Bewegung gehalten wird. Es kommt vor allem darauf an, daß die Wasseroberfläche dauernd aufgebrochen und in steter Wellenbewegung gehalten wird, damit das Wasser ständig Sauerstoff aus der Luft aufnehmen kann.

Abb. 10 zeigt drei der üblichen Betriebssysteme solcher Belebungsbecken.

Während der Einarbeitungszeit einer solchen Anlage bildet sich alsbald ein feiner Schlamm, der sogenannte Belebtschlamm, der aus lauter kleinen Flocken besteht, aus einem schleimigen Grundstoff, in dem Bakterien und Protozoen leben. Durch die ständige Bewegung und Vermischung werden die organischen Stoffe des Abwassers den Mikroorganismen zugeführt, zum Teil mineralisiert, zum Teil zum Aufbau neuer Bakteriensubstanz verwendet, so daß sich der Schlamm immer stärker vermehrt. In nachgeschalteten Nachklärbecken läßt man den Schlamm absetzen, zum geringen Teil wird er zurückgenommen und den Belebungsbecken wieder zugegeben, zum größten Teil muß er jedoch beseitigt werden. Schlammmenge, Luftmenge und Zeit bilden hiebei eine Relation, die genau eingehalten werden muß. Daraus ist schon zu erkennen, daß die Bedienung nicht ganz einfach sein kann und man diese nur geschulten Kräften übertragen kann. Das Verfahren wird deshalb auch vorwiegend bei Großanlagen verwendet, wo Ingenieure und Chemiker zur Überwachung zur Verfügung stehen (Berlin, Paris, London, New York). Trotzdem dieses Reinigungsverfahren vorzügliches leistet und vollkommen frei von Geruch und Fliegen ist, hat es sich in kleinen Verhältnissen bisher nicht durchsetzen können.

Ein Kostenvergleich des Tropfkörperverfahrens mit dem Belebungsverfahren zeigt sich sehr nachteilig für das Belebungsverfahren. Wenn auch die Baukosten der Belüftungsbecken nicht größer sind als die der Tropfkörper, so darf man nicht vergessen, daß beim Belebungsverfahren die Schlammmenge etwa dreimal so groß ist als beim Tropfkörperverfahren und man daher auch die Faulräume und die Trockenplätze dreimal so groß machen muß. Dadurch verschieben sich die Baukosten sehr zu ungunsten des Belebungsverfahrens. Bei den Betriebskosten liegen die Verhältnisse ähnlich. Während man eine Tropfkörperanlage ohne weiteres angelernten Arbeitern überlassen kann, ist beim Belebungsverfahren ein gut ausgebildeter Betriebsleiter notwendig, der dauernd anwesend sein muß, und das kann sich im allgemeinen nur eine große Stadt leisten.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1956

Band/Volume: [1956](#)

Autor(en)/Author(s): Pönninger Rudolf

Artikel/Article: [Die biologische Abwasserreinigung 122-133](#)