

Klärung industrieller Abwässer in biologischen Anlagen

W. v. d. EMDE

Bei der biologischen Abwasserreinigung verwerten Mikroorganismen die organischen Verunreinigungen des Abwassers als Nahrung. Damit wird der Reinigungsprozeß von folgenden Faktoren abhängig:

1. Der Art der Abwasserinhaltsstoffe und somit der Art der Nährstoffe.
2. Dem Verhältnis Nährstoffe zu Bakterien und damit der Belastung der Anlage.
3. Den Umweltbedingungen der Mikroorganismen, wie Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt und den Mischungsverhältnissen.

Art der Nährstoffe

Häusliches Abwasser enthält eine Vielzahl von Stoffen, die zum großen Teil als feine Schwebestoffe und Kolloide vorhanden sind. Die Konzentrations- und Mengenschwankungen sind in normal belasteten Anlagen kein Problem. Für das Bakterienwachstum sind alle erforderlichen Nährstoffe wie Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor im häuslichen Abwasser enthalten. Temperatur und pH-Wert sind meist optimal.

Industrielle Abwässer unterscheiden sich vom häuslichen Abwasser hauptsächlich dadurch, daß sie:

- a) einseitig zusammengesetzt sind, zum Beispiel die Verunreinigungen vorwiegend in gelöster Form vorhanden sind oder bestimmte chemische Stoffgruppen (zum Beispiel Eiweißverbindungen, Kohlehydrate oder Fette) überwiegen.
- b) Stoffgruppen enthalten, die eine völlig andere chemische Struktur aufweisen als die Verunreinigungen des häuslichen Abwassers.
- c) hemmende, schwer abbaubare oder giftige Stoffe enthalten.

- d) in der Konzentration und Zusammensetzung starken Schwankungen unterliegen können.
- e) nicht alle für das Bakterienwachstum erforderlichen Grundnährstoffe besitzen.

Die Art der Nährstoffe hat großen Einfluß auf das zu wählende biologische Reinigungsverfahren. Bei der biologischen Reinigung von häuslichen Abwässern werden das Tropfkörperverfahren und das Belebungsverfahren angewendet. Beim Tropfkörperverfahren wird das Abwasser über aufgeschichteten Steinbrocken versprüht und tropft von Stein zu Stein. An den Steinen haften Mikroorganismen, die die Reinigung durchführen. Für die Geschwindigkeit des Reinigungsvorganges ist die Oberfläche der Tropfkörpersteine maßgebend. Die aktive Oberfläche kann während des Betriebes nicht verändert werden. Im oberen Teil des Tropfkörpers liegen andere Nährstoffverhältnisse als im unteren Teil vor. Daraus ergibt sich kein gleichmäßiger Bewuchs der Tropfkörpersteine.

Eine Belebungsanlage besteht aus Belebungsbecken und Nachklärbecken. Die eigentliche Reinigung des Abwassers erfolgt im Belebungsbecken durch im Abwasser schwimmende Mikroorganismen. Die Mikroorganismen, auch belebter Schlamm genannt, werden im Nachklärbecken durch Absetzen vom gereinigten Abwasser getrennt. Sie werden zu erneuter Reinigungsleistung ins Belebungsbecken zurückgepumpt. Durch Abzug von Überschussschlamm kann die Menge an belebtem Schlamm im Belebungsbecken während des Betriebes verändert werden.

Die vielen feinen Schwebestoffe und Kolloide des häuslichen Abwassers werden im Tropfkörper oder Belebungsbecken schnell aus dem Abwasser entfernt. Dabei werden diese Stoffe zunächst nur im Tropfkörperassen oder an der Belebtschlammflocke angelagert und erst langsam biologisch abgebaut. Auch die relativ leicht abbaubaren gelösten Stoffe des häuslichen Abwassers werden schnell beseitigt. Im Belebungsbecken kann jedoch mit einer viel größeren Zahl an Mikroorganismen gearbeitet werden und damit ist eine wesentlich größere aktive Oberfläche vorhanden. Um den gleichen Reinigungseffekt zu erreichen, wird beim Tropfkörper etwa das fünffache Volumen gegenüber einer Belebungsanlage benötigt. Dafür liegen aber die Energiekosten zum Fördern des Abwassers auf den Tropfkörper niedriger als der Aufwand für die künstliche Sauerstoffzufuhr beim Belebungsverfahren.

Da viele Industrieabwässer vorwiegend echt gelöste Stoffe enthalten, die zum großen Teil auf Grund ihrer chemischen Struktur schwer abbaubar sind, das heißt eine längere Zeit für den biologischen Abbau benötigen, kommt für

die biologische Reinigung industrieller Abwässer vorwiegend das Belebungsverfahren in Frage.

Wie weit die erforderlichen Belüftungszeiten von häuslichem Abwasser und dem Abwasser eines Chemiewerkes von einander abweichen können, zeigen die Abbildungen 1 und 2.

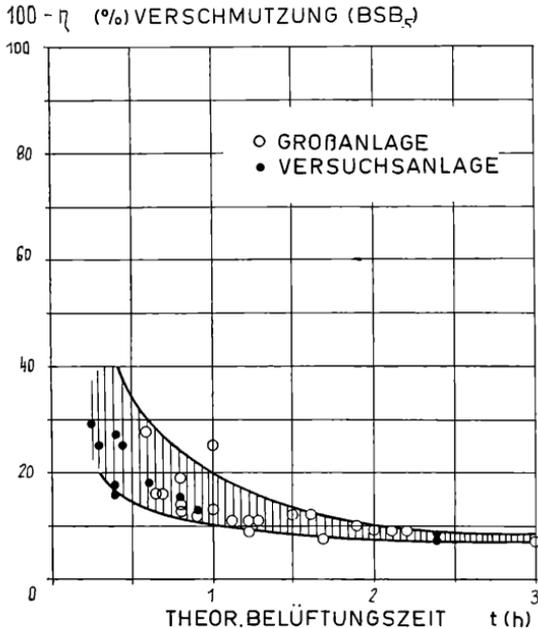


Abbildung 1

Restverschmutzung von häuslichem Abwasser in Abhängigkeit von der Belüftungszeit

Auf Abbildung 1 ist die Reinigungswirkung bei häuslichem Abwasser aufgetragen. Auf der Abszisse die Belüftungszeit in Stunden und auf der Ordinate die verbleibende prozentuale Restverschmutzung. Die Ergebnisse verschiedener Versuchs- und Großanlagen zeigen, daß nach einer Belüftungszeit von zwei bis drei Stunden die verbleibende Restverschmutzung 10% beträgt, das Reinigungsergebnis liegt etwa bei 90%. In einer Stunde sind bereits 80% der Schmutzstoffe beseitigt. Daß selbst bei einer Belüftungszeit

von einer halben Stunde bereits 70% der Schmutzstoffe entfernt sind, beruht auf der schnellen Beseitigung von Schwebestoffen und Kolloiden durch Adsorption.

Die Abbildung 2 zeigt das Reinigungsergebnis eines deutschen Chemiewerkes, wonach ein Reinigungseffekt von 90% nur in einer zweistufigen Belebungsanlage, also zwei Belebungsanlagen hintereinander geschaltet, mit einer Gesamtbelüftungszeit von etwa 12 bis 18 Stunden erreicht wird. Bei schwer abbaubaren industriellen Abwässern muß eine entsprechend lange Belüftungszeit gewählt werden.

Es ist jedoch wichtig zu wissen, daß alle Industrieabwässer, die Stoffe enthalten, die von Mikroorganismen als Nahrung verwertet werden können, biologisch zu reinigen sind. Bei vielen Stoffen muß jedoch eine lange An-

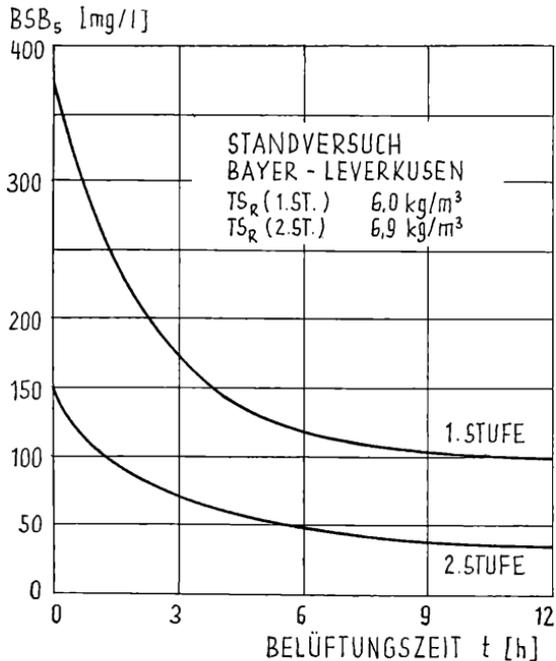


Abbildung 2

Reinigungsverlauf eines Chemie-Abwassers in Abhängigkeit von der Belüftungszeit (Standversuch)

passungszeit der Mikroorganismen abgewartet werden. Oft fehlen einzelne Nährstoffkomponenten, zum Beispiel Stickstoff oder Phosphor, die dann künstlich in Form von Düngesalzen zugesetzt werden müssen.

Die Art der Nährstoffe und auch der Mangel an Stickstoff oder Phosphor kann zu Entartungserscheinungen des belebten Schlammes führen. Der normale Schlamm setzt sich aus Kolonien von kugelförmigen Bakterien zusammen. Manche Industrieabwässer führen jedoch zu einem fadenförmigen Wachstum der Mikroorganismen. Die Mikroorganismen können dabei aus echten Pilzen oder fadenförmigen Bakterien bestehen. Vorwiegend kohlehydratreiche Abwässer zum Beispiel der Zuckerindustrie begünstigen ein derartig fadenförmiges Wachstum. Der Fachmann spricht dann von Blähschlamm. Der Blähschlamm ist so voluminös, daß er sich im Nachklärbecken schlecht absetzt und mit dem gereinigten Abwasser in den Vorfluter abfließt. Durch Zugabe von Chemikalien, zum Beispiel Eisensalzen, anderer Flockungsmittel oder verschiedener Düngesalze kann das fadenförmige Wachstum zurückgedrängt werden.

Verhältnis Nährstoffe zu Bakterien

In der Praxis werden die mit dem Abwasser zugeführten Nährstoffe in kg biochemischen Sauerstoffbedarf pro Tag ausgedrückt. Die Zahl der beim Reinigungsprozeß beteiligten Bakterien des belebten Schlammes wird angenähert durch das Gewicht der Trockensubstanz erfaßt. Das Verhältnis Nährstoffe zu Bakterien bezeichnet man als Schlammbelastung. Ist die Schlammbelastung gering, so werden den Bakterien in der Zeiteinheit nur wenige Nährstoffe zugeführt. Geringe Nährstoffmengen werden nun vollständig von den Bakterien abgebaut. Bei hoher Schlammbelastung können die Mikroorganismen nicht alle Verunreinigungen aufnehmen, es werden daher nur die leicht abbaubaren Verbindungen entfernt und somit das Abwasser nur teilweise biologisch gereinigt.

Bei sehr geringer Schlammbelastung leben die Mikroorganismen nahe dem Hungerzustand. Alle Nährstoffe des Abwassers werden vollständig entfernt, aber auch die gebildete Bakterienmasse wird wieder oxidiert, das heißt aerob mineralisiert. Es brauchen jetzt nur noch ganz geringe Mengen an Überschussschlamm entfernt zu werden und dieser Überschussschlamm kann ohne Geruchbelästigung zum Beispiel auf Schlamm-trockenbeeten entwässert werden.

Die Schlammbelastung bestimmt daher nicht nur den Reinigungsgrad des Abwassers, sondern auch den Anfall an Überschussschlamm aus der Belebungsanlage.

Auf Grund zahlreicher Versuchs- und Betriebsergebnisse ist für häusliche Abwässer ein Zusammenhang zwischen Schlammbelastung und BSB_5 des gereinigten Abwassers erarbeitet worden (Abbildung 3). Das Diagramm zeigt auf der Abszisse die Schlammbelastung in $kg\ BSB_5/kg\ Trockengewicht \cdot d$ und auf der Ordinate den BSB_5 des gereinigten Abwassers. Danach wird mit einer Schlammbelastung von $0,5\ kg/kg\ d$ mit Sicherheit ein End- BSB_5 von $25\ mg/l$ erreicht. Für industrielle Abwässer gilt diese Beziehung jedoch nicht. Hier empfiehlt es sich durch Versuche für jeden Einzelfall die Zusammenhänge zwischen Schlammbelastung und Ablaufkonzentration zu erarbeiten.

Bei Versuchen in einer Lederfabrik in Oberösterreich ergab sich zum Beispiel für einen End- BSB_5 von $25\ mg/l$ eine Schlammbelastung von etwa $0,1\ kg/kg \cdot d$ (Abbildung 4).

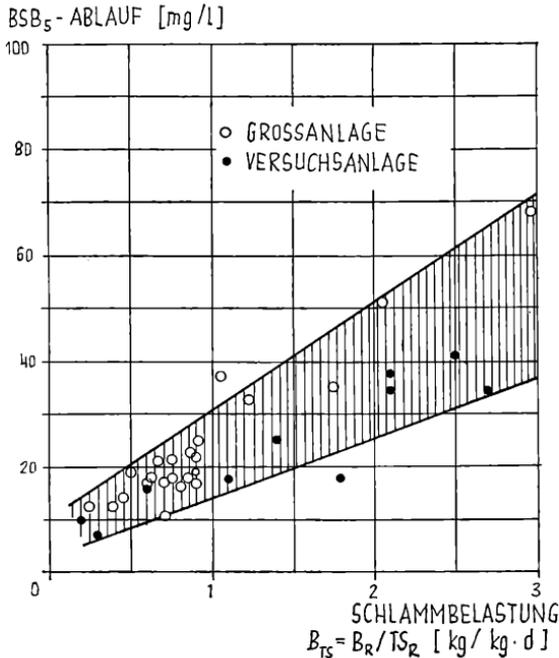


Abbildung 3

BSB_5 des gereinigten häuslichen Abwassers in Abhängigkeit von der Schlammbelastung

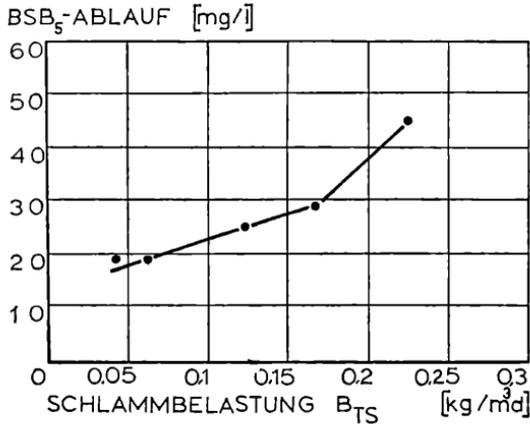


Abbildung 4

BSBs des gereinigten Abwassers einer Lederfabrik in Abhängigkeit von der Schlammbelastung

Die Versuche können im

- Labormaßstab
- halbtechnischen Maßstab
- technischen Maßstab

ausgeführt werden.

Wichtigste Voraussetzung ist dabei, daß die Versuche im Durchflußbetrieb über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden. Nur der Dauerbetrieb gibt schlüssige Hinweise auf den späteren Betrieb der Anlage. Bei den Versuchen muß den Mikroorganismen genügend Zeit gelassen werden, sich den besonderen Abwasserhältnissen anzupassen. Auch muß sichergestellt sein, daß sich während der Versuche die Schlammbeschaffenheit, also das Absetzverhalten des belebten Schlammes nicht nachteilig verändert.

Umweltbedingungen

Temperatur

Alle biochemischen Prozesse verlaufen bei höherer Temperatur schneller. Dies gilt bei der biologischen Abwasserreinigung jedoch nur in einem bestimmten Bereich. So beginnt das Temperaturoptimum beim Belebungs-

verfahren schon bei etwa 15° und bei 35° geht die Abbauleistung wieder zurück. Infolge des niedrigen Temperaturoptimums ist die Wirkung niedriger Temperaturen verhältnismäßig gering und macht sich erst unterhalb von 6° stärker bemerkbar. Eine wesentliche Rolle spielt dabei die Anpassung der Mikroorganismen an die Temperatur. Starke Temperaturschwankungen sollten daher vermieden werden. Von Bedeutung ist auch die Schlammbelastung. So ist bei geringen Schlammbelastungen der Temperatureinfluß unerheblich, während er sich bei höheren Schlammbelastungen nachteilig bemerkbar machen kann.

Bei verschiedenen Industrieabwässern kann das Temperaturoptimum der Mikroorganismen allerdings höher liegen. Der Wärmebedarf kann vielfach durch Zugabe von Kühlwasser gedeckt werden.

pH - Wert

Der pH-Wert von häuslichem Abwasser liegt zwischen 7 und 8. Die Mehrzahl der Bakterienarten des belebten Schlammes haben ebenfalls bei pH-Werten zwischen 7 und 8 ihre optimale Aktivität. Weicht der pH-Wert des Abwasserschlammgemisches davon ab, so ist die Abbauleistung geringer und damit ein höherer End-BSB₅ die Folge. Kommt es zu einer dauernden Verschiebung des pH-Wertes, so kann eine vorherrschende Organismengruppe von einer anderen mit einem tieferen oder höheren pH-Optimum abgelöst werden.

Bei hoher Abwassertemperatur (zum Beispiel 20°) ist der Einfluß des pH-Wertes geringer als bei niedriger (zum Beispiel 10°). Auch hier ist wieder die Schlammbelastung von Einfluß.

Durch die biologischen Prozesse (zum Beispiel Produktion von CO₂) wird alkalisches Abwasser neutralisiert. Wird die saure Reaktion durch organische Säuren hervorgerufen, so werden diese während der biologischen Reinigung abgebaut und der pH-Wert des belebten Schlammes bleibt im neutralen Bereich. Bei alkalischen und sauren Abwässern empfiehlt es sich jedoch immer mit geringen Schlammbelastungen zu arbeiten.

Leider wird durch organische Säuren und deren Salze die Entwicklung von Abwasserpilzen begünstigt. Es kann zu einem leichten belebten Schlamm, also zu Blähschlamm, kommen.

Wichtig ist, daß starke pH-Schwankungen vermieden werden. Hier sind Ausgleichsbecken vor der Beschickung der biologischen Anlage zweckmäßig. Bei niedrigen pH-Werten infolge von Mineralsäuren muß das Abwasser vor der biologischen Behandlung neutralisiert werden.

Sauerstoffgehalt

In vielen Anlagen wurde gefunden, daß ein Mindestsauerstoffgehalt von etwa 2 mg/l eingehalten werden sollte. Höhere Sauerstoffgehalte führten zu keinem besseren Reinigungsergebnis, bedingen jedoch einen größeren Energieverbrauch. In Anlagen mit sehr geringer Schlammbelastung (zum Beispiel Oxidationsgraben oder belüfteter Oxidationsteich) kann bereits ein Sauerstoffgehalt von 0,5 mg/l ausreichen.

Mischung

Eine intensive Mischung, also hohe Turbulenz, im Belebungsbecken wird die biologischen Prozesse begünstigen. Die Mikroorganismen kommen häufiger mit den Nährstoffen in Kontakt und die Restprodukte werden beschleunigt abgeführt. Bei den Mischungsvorgängen im gesamten Becken können zwei Betriebsweisen unterschieden werden:

- a) Längsdurchströmtes Becken.
- b) Vollständiges Mischbecken.

Für die Reinigung von Industrieabwässern ist auf jeden Fall das vollständige Mischbecken vorzuziehen. Bei vollständiger Mischung sind im gesamten Becken gleiche Nährstoffverhältnisse vorhanden. Die Schwankungen

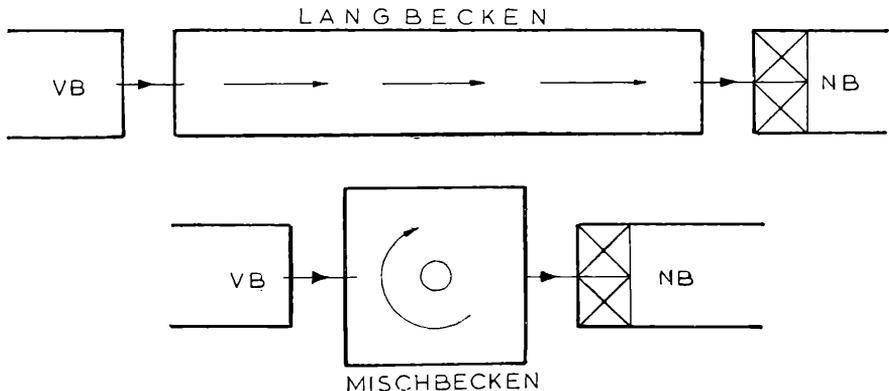


Abbildung 5

Prinzipschema eines längsdurchströmten bzw. eines vollständig gemischten Belebungsbeckens

in den Nährstoffkonzentrationen sind gering, so daß sich der Enzymmechanismus der Bakterien den relativ konstanten Bedingungen anpassen kann. Durch die vollständige Mischung werden Abwasserstöße auf den gesamten Beckeninhalte verteilt und hier sofort vom gesamten belebten Schlamm aufgenommen. Erfahrungen verschiedener Großanlagen zeigen, daß im Mischbecken ein günstigeres Reinigungsergebnis zu erreichen ist als im längsdurchströmten Becken. Durch die gleichmäßigen Sauerstoffverhältnisse im gesamten Becken wird die Steuerung der Sauerstoffzufuhr erleichtert. In Langbecken mit gleichmäßig verteilter Abwasserzuführung (Abbildung 6) und im Umlaufbecken sind die Verhältnisse ähnlich dem vollständigen Mischbecken.

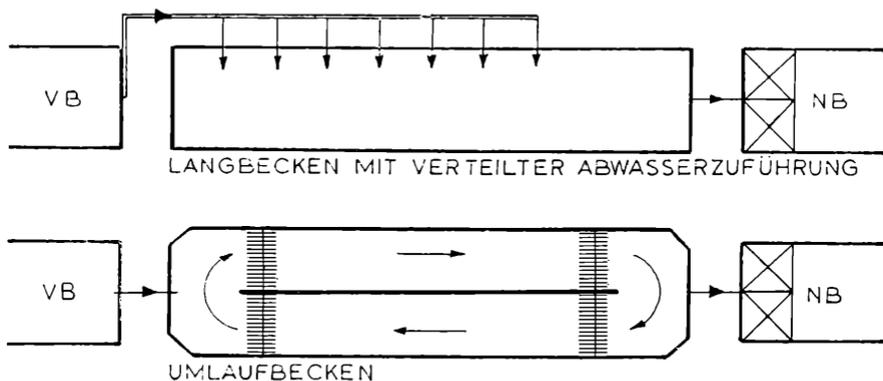


Abbildung 6

Prinzipschema eines Langbeckens mit gleichmäßig verteilter Abwasserzuführung bzw. eines Umlaufbeckens

Verschiedene Bauteile

Vorbehandlung

Verschiedentlich werden Absetzbecken in Verbindung mit Neutralisations- bzw. Entgiftungsanlagen eingesetzt. Sehr wichtig für Industrieabwässer sind aber Ausgleichsbecken. Je stärker die Konzentrations- und Mengenschwankungen sind, um so größer sollten die Ausgleichsbecken ausgelegt werden. Da viele Industriebetriebe nur fünf Tage arbeiten, sollte mit den Ausgleichsbecken ein Ausgleich der Wassermengen über das Wochenende angestrebt werden.

Belebungsbecken

Mit Rücksicht auf die Baukosten sind möglichst große Einheiten zu wählen. So wird zum Beispiel *ein* Becken mit einem oder mehreren Belüftern zweckmäßig sein (Abbildung 7).

Das Becken sollte konstruktiv möglichst einfach sein. Bei der Wahl der Beckentiefe ist auf Baugrund und Grundwasserstand Rücksicht zu nehmen. Für Industrieabwässer wird empfohlen, von der Betonbeckenweise abzugehen und geneigte Wände mit einfacher Sohlbefestigung zu wählen. Es können hier Bitumenabdeckung, Plastikfolien, Betonsohle mit 15 cm Stärke und leichter Bewehrung aber einfacher Fugenausbildung oder einfacher Schotterbelag in Frage kommen.

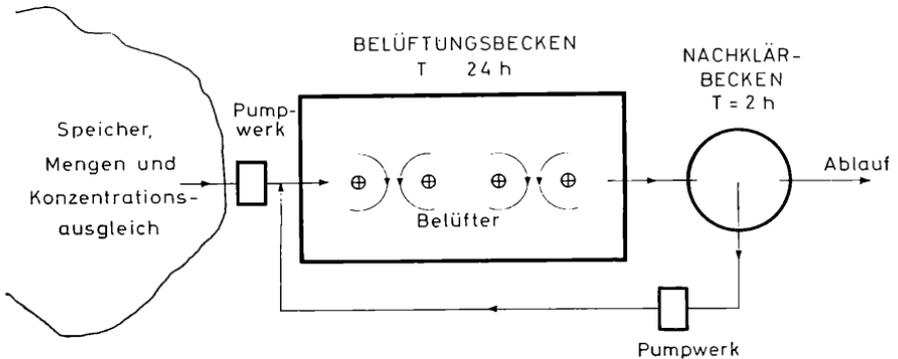


Abbildung 7

Prinzipschema einer Belebungsanlage für eine Textilfabrik in USA

Bei diesen einfachen Becken wird es sich immer empfehlen, mit einer möglichst geringen Schlammbelastung, also mit großen Belebungsbecken, zu arbeiten. Auf diese Weise wird ein stabiler Betrieb der biologischen Stufe gewährleistet und die Schlammbehandlung vereinfacht.

Für die Belüftung sind einfache, betriebssichere Systeme zu wählen. In den letzten Jahren sind Kreisbelüfter und Stabwalzenbelüfter stark in den Vordergrund getreten.

Nachklärbecken

Zum Absetzen des belebten Schlammes kommen für Industrieabwässer rechteckige oder runde Nachklärbecken in Frage. Maßgebend für die Wahl sind die örtlichen Verhältnisse.

Schlammbehandlung

Für mittlere und größere Anlagen mit häuslichem Abwasser ist es üblich, den anfallenden Schlamm im Faulbehälter bei etwa 35° auszufaulen und anschließend landwirtschaftlich zu verwerten. Für Industrieabwässer werden Faulbehälter jedoch nur in Sonderfällen gebaut werden. In verschiedenen Anlagen wird der Schlamm nach Eindickung auf Vakuumfilter oder in Filterpressen unter Zugabe von Chemikalien entwässert. Der entwässerte Schlamm wird entweder auf Halden abgelagert oder verbrannt.

Abschließend kann gesagt werden:

1. Für die Reinigung organisch verunreinigter Industrieabwässer sind biologische Verfahren, besonders das Belebungsverfahren, gut geeignet.
2. Für die Auslegung der Anlage sind umfangreiche Erhebungen über Abwassermenge, Abwasserbeschaffenheit und Versuche im Durchlaufbetrieb erforderlich.
3. Durch Vorbehandlung sollte das Abwasser soweit neutralisiert, entgiftet, der Menge und Konzentration nach ausgeglichen werden, daß eine betriebssichere Reinigung gewährleistet wird.
4. Um jederzeit eine hohe Reinigungswirkung zu erreichen, sollte die Belebungsanlage mit einer geringen Schlammbelastung betrieben werden. Die Belebungsbecken sollten bautechnisch einfach, mit möglichst geringem Kostenaufwand erstellt werden. Für die Belüftung sind Oberflächenbelüfter geeignet.
5. Es wird vorausgesetzt, daß vor dem Bau der biologischen Anlage alle Möglichkeiten, durch innerbetriebliche Maßnahmen die Verschmutzung zu verringern, ausgeschöpft werden.

LITERATUR

- BISCHOFBERGER, W. (1968): Gemeinsame Reinigung industrieller und städtischer Abwässer und Anwendung der Erkenntnisse beim Gemeinschaftsklärwerk Leverkusen. — Technische Mitteilungen, Heft 11, 500–508.
- EMDE, v. d. W. (1969): Entwurf Belebungsbecken und Entwurf Belüftungseinrichtung. — Wiener Mitteilungen, Band 4.
- Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik, 1969, Band 2. Verlag Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin und München.

DISKUSSION

SONNTAG: Besteht nicht durch das Abgehen von betonierten Belebtschlammbecken zu Becken mit nur leicht befestigter Sohle, wie zum Beispiel mit Schotter, die Gefahr, daß das Abwasser in dieser sofort zur Versickerung gelangt und somit das Grundwasser verunreinigt wird?

VON DER EMDE: Durch den belebten Schlamm tritt eine Selbstdichtung des Untergrundes ein. Nach einer gewissen Zeit dürfte kein Abwasser mehr versickern. Außerdem würde ja nur biologisch gereinigtes Abwasser in den Untergrund gelangen. Allerdings darf diese einfache Bauweise nicht angewandt werden, wenn der Untergrund aus grobkörnigem Material besteht oder wenn sich in der Fließrichtung des Grundwassers eine Trinkwasserfassung befindet.

CERNY: Bezüglich der von Prof. Dr. v. d. Emde in bestimmten Fällen für Belüftungszwecke empfohlenen Erdbecken mit natürlicher, durch Schotter belegter Sohle ist hinsichtlich der Versickerung von Abwasser in das Grundwasser zu bemerken, daß dies von der Bodengeologie des Standortes abhängt. Der Frage einer Abdichtung der Sohle eines Erdbeckens oder Abwasserspeicherteiches sollte in jedem Falle ein besonderes Augenmerk gewidmet werden. Ein entsprechender Lehmschlag kann oft eine hinreichende Sicherheit bieten. Die Annahme einer selbsttätigen Abdichtung der Sohle durch Verstopfung der Bodenporen kann mitunter zu unliebsamen Überraschungen führen, besonders wenn es sich um die Diffusion von anorganischen Salzlösungen in den Untergrund handelt. Ich erinnere mich aus meiner Praxis an einen Fall, wo in einem als absolut dicht bezeichneten Teich stark natriumsulfathaltige, mit ausgeflockter Zellulose durchsetzte Industrieabwässer gespeichert wurden. In einer Entfernung von zirka 4 km traten in großen Brunnenanlagen in weiterer Folge hohe Natriumsulfatwerte auf, die, wie mittels angelegter Grundwassersonden nachgewiesen werden konnte, aus dem erwähnten Speicherteich stammten.

LIEPOLT: Der Vortrag hat sich vorwiegend auf biologische Anlagen bezogen; der zitierte Fall war eigentlich ein Ausgleichsbecken zur Neutralisation. Wo biologischer Schlamm anfällt, dichtet sich der Untergrund. Ein Becken mit chemischen Abwässern wird aber wahrscheinlich nicht dicht und man muß damit rechnen, daß solche in das Grundwasser versickern.

OTTENDORFER: In Industriebetrieben wird oft der Fehler gemacht, daß stark toxische oder den biologischen Abbau stark störende Substanzen nicht am Ort des Anfalles, sondern erst nach Verdünnung mit anderen Abwässern behandelt werden.

VON DER EMDE: Giftige Stoffe müssen am Anfallort beseitigt werden. Es ist allerdings auch möglich, daß Stoffe, die den biologischen Abbau in hoher Konzentration stören, nach Verdünnung biologisch abgebaut werden. In diesem Fall ist es vor allem bei Mittelbetrieben einfacher, auf eine Vorbehandlung des Abwassers vor der biologischen Reinigung zu verzichten.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr.-Ing. Wilhelm von der EMDE, Leiter des Institutes für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Technische Hochschule Wien, Karlsplatz 13, A-1040 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1969

Band/Volume: [1969](#)

Autor(en)/Author(s): Emde Wilhelm von der

Artikel/Article: [Klärung industrieller Abwässer in biologischen Anlagen 137-149](#)