

## Entwicklungstendenzen für die Anwendung biologischer Reinigungsverfahren

W. von der EMDE

In allen Industrieländern können wir heute die gleiche Tendenz feststellen, nämlich einen steigenden Bedarf an reinem Wasser. Da überall die Versorgung von Bevölkerung und Industrie aus Quellwasser und Grundwasser nicht mehr ausreicht, muß vermehrt auf Oberflächenwasser zurückgegriffen werden. Mit dem größeren Wasserverbrauch steigen aber ebenfalls die Abwassermengen, die in die Oberflächengewässer eingeleitet werden. Voraussetzung für die zukünftige Sicherstellung der Wasserversorgung ist daher eine verstärkte Reinigung des in die Gewässer abgeleiteten Abwassers. Wir haben daher in fast allen Ländern die gleiche Tendenz der steigenden Anforderungen an die Abwasserreinigung. Ein wesentlicher Teil zur Lösung dieser Aufgaben kommt dabei der biologischen Abwasserreinigung zu.

Welche verunreinigenden Stoffe können nun im Rahmen der biologischen Reinigung aus dem Abwasser entfernt werden?

Im wesentlichen sind es die Elemente Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor, die in vielfältigen Verbindungen im Abwasser vorhanden sind. Beim Kohlenstoff sind nur die organischen Kohlenstoffverbindungen von Bedeutung. Die allgemeine Tendenz der erhöhten Anforderungen an die Abwasserreinigung bedeutet, daß wir auf biologischem Wege, soweit es geht, organischen Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor aus dem Abwasser zu entfernen haben. Diese Forderung ist daher die Leitlinie unserer zukünftigen Arbeit.

Die biologische Reinigung von Abwasser kann unter aeroben Bedingungen, also im sauerstoffhaltigen Milieu, oder unter anaeroben Bedingungen im sauerstofffreien Milieu erfolgen. Im aeroben Bereich wird der organische Kohlenstoff der Verunreinigungen bei unbegrenztem Nährstoffangebot durch Mikroorganismen vorwiegend in neue Zellsubstanz umgebaut. Er dient also zur Vermehrung der Mikroorganismen.

Nur ein geringerer Teil des organischen Kohlenstoffes wird zum Energiestoffwechsel benötigt, wird also mit Sauerstoff zu Kohlendioxyd veratmet. Für diese Prozesse muß Sauerstoff zugeführt werden.

Anders im anaeroben Bereich. Hier wird nur ein geringerer Teil des organischen Kohlenstoffes bei unbegrenztem Nährstoffangebot in Zellsubstanz umgebaut. Der überwiegende Teil wird in Methan und Kohlendioxyd umgewandelt. Für den Ablauf der anaeroben biologischen Reinigung braucht kein Sauerstoff zugeführt werden. Es wird also keine Energie verbraucht, im Gegenteil, mit dem Methangas wird eine zusätzliche Energiequelle erschlossen.

Welche von diesen beiden Möglichkeiten wird nun zukünftig vorwiegend zum Einsatz kommen? An sich wäre die anaerobe Reinigung das ideale Verfahren. Der Überschußschlamm in Form von Zellsubstanz ist ganz gering. Der anfallende Schlamm ist bereits stabilisiert, also nicht mehr faulfähig. Damit dürften kaum Kosten für die Schlamm-beseitigung auftreten. Anstatt Aufwendungen für die Belüftung entsteht in Form des Methangases ein zusätzlicher Energiegewinn.

Die anaerobe Reinigung hat leider erhebliche Nachteile: Geringe Wachstumsrate der Mikroorganismen bedingt lange Behandlungszeit, anaerobe Mikroorganismen sind empfindlicher, störanfälliger als aerobe, und durch die erforderlichen geschlossenen Behälter entstehen höhere Baukosten. Für uns aber am wichtigsten ist, daß auf anaerobem Wege nur eine Teilreinigung des Abwassers erreicht werden kann. Eine volle Entfernung von organischem Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor ist auf anaerobem Wege nicht möglich. Deshalb ist die Entwicklungstendenz bezüglich der Verfahrenswahl ganz eindeutig.

Im Regelfall wird zukünftig die biologische Reinigung des Abwassers nur unter aeroben Bedingungen durchgeführt werden. Nur bei kleinsten Abwassermengen, z. B. bei Einzelhäusern oder Heimen, wird aus betrieblichen oder bei konzentrierten Abwässern aus Gründen der Energieeinsparung eine anaerobe 1. Stufe einer aeroben 2. Stufe vorgeschaltet werden.

Das Abwasser kann nur unter aeroben Bedingungen von an Kontaktflächen fest haftenden Mikroorganismen oder von im Abwasser frei schwebenden Mikroorganismen gereinigt werden. Festhaftende Mikroorganismen finden wir in dem seit über 80 Jahren in der Abwassertechnik gut bekannten Tropfkörper. Das mechanisch vorgereinigte Abwasser wird mit Hilfe eines Drehsprengers über dem aus Lavaschlacken aufgeschichteten Tropfkörper versprüht. Es tropft nun von Stein zu

Stein, wobei sich an der Oberfläche der Lavaschlacke ein biologischer Rasen bildet, der vorwiegend aus festhaftenden Bakterien besteht. Anstatt Gesteinsbrocken kann auch Kunststoffüllmasse verwendet werden. Die mit dem Abwasser aus dem Tropfkörper abgespülte Bakterienmasse wird in dem folgenden Nachklärbecken durch Absetzen zurückgehalten.

In belüfteten Abwasserteichen und beim Belebungsverfahren erfolgt die biologische Reinigung von im Abwasser frei schwebenden Mikroorganismen. Bei beiden Verfahren wird künstlich Sauerstoff zugeführt, und die Mikroorganismen werden durch die Belüftung in der Schwebelage gehalten. In beiden Anlagen sind die gleichen Mikroorganismen, und es spielen sich die gleichen biologischen Vorgänge ab.

Welche der beiden Möglichkeiten, festhaftende oder frei schwebende Mikroorganismen, werden zukünftig vorwiegend eingesetzt werden? Wenn wir auf unsere Ausgangsforderung des möglichst hohen Reinigungsergebnisses zurückkommen, müssen wir der Abwasserreinigung mit freischwebenden Mikroorganismen den Vorzug geben. Hier läßt sich der Prozeß wesentlich besser steuern, und es ist auf kleinerem Raum eine größere Abbauleistung möglich.

Auch läßt sich nur mit dem Belebungsverfahren eine kombinierte Entfernung von organischem Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor erreichen. Für verschiedene Industrieabwässer können jedoch kunststoffgefüllte Tropfkörper als 1. Stufe einer mehrstufigen Reinigung zweckmäßig sein.

Zwischen den beiden aeroben Verfahren mit freischwebenden Mikroorganismen, den belüfteten Abwasserteichen und dem Belebungsverfahren, besteht jedoch ein großer Unterschied. Beim belüfteten Abwasserteich bilden sich die Mikroorganismen während des Reinigungsvorganges und fließen mit dem gereinigten Abwasser ab. Die Menge an Mikroorganismen im Abwasser ist daher begrenzt, sie kann nicht größer werden, als es der neu gebildeten Zellsubstanz entspricht. Fließt z. B. ein Abwasser mit einem mittleren BSB<sub>5</sub> von 400 mg/l zu, so bildet sich etwa 200 mg/l Trockengewicht an Mikroorganismen.

Beim Belebungsverfahren werden jedoch die im Belebungsbecken gebildeten Mikroorganismen in einem 2. Becken, dem Nachklärbecken, zum Absetzen gebracht und dann als Rücklaufschlamm wieder in das Belebungsbecken zurückgepumpt. Ist die angestrebte Menge an Mikroorganismen erreicht, so wird der weitere Zuwachs als Überschufschlamm beseitigt.

Durch die Kreislaufführung kann die Menge an Mikroorganismen im Belebungsbecken wesentlich erhöht werden. So kann z. B. bei einem

Zulauf-BSB<sub>5</sub> von 400 mg/l mit einem Trockengewicht an Mikroorganismen von 3.000 mg/l gearbeitet werden. Bei einem gleichen Verhältnis Nährstoffe zu Mikroorganismen, also BSB<sub>5</sub> zu Trockengewicht, muß also der Abwasserteich im Verhältnis 3.000 : 200 = 15mal so groß wie das Belebungsbecken sein.

Bei hochkonzentrierten Abwässern, z. B. BSB<sub>5</sub> 4.000 mg/l, bilden sich entsprechend mehr, z. B. 2.000 mg/l Trockengewicht an Mikroorganismen. Man hat daher versucht, für derartig konzentrierte Abwässer sogenannte aerobe Fermenter, wie sie in der Bioindustrie eingesetzt werden, zu verwenden. Hierbei handelt es sich meist um geschlossene Behälter, die intensiv belüftet werden.

Welche der beiden Möglichkeiten, einfacher Durchlaufbetrieb wie beim belüfteten Abwasserteich und beim hochbelasteten Fermenter, oder Rückführung der Mikroorganismen wie beim Belebungsverfahren, werden zukünftig vorwiegend eingesetzt werden? Auch hier ist die Entwicklung eindeutig. Durch die Rückführung der Mikroorganismen ergibt sich ein stabilerer Betrieb, und es läßt sich bei einem geringen Verhältnis Nährstoffe zu Mikroorganismen bei relativ kurzer Belüftungszeit ein hoher Reinigungsgrad erreichen. Auch ist mit dem Belebungsverfahren eine gleichzeitige Entfernung von organischem Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor möglich.

Nun kann mit dem Belebungsverfahren die Reinigung des Abwassers in einer Stufe oder mehrstufig durchgeführt werden. Bei zweistufigen Belebungsanlagen sind 2 Schlammkreisläufe, d. h. 2 Belebungsbecken und 2 Nachklärbecken vorhanden. Schon seit über 4 Jahrzehnten sind 2stufige Belebungsanlagen bekannt. In der ersten hochbelasteten Stufe wird nur eine Teilreinigung des Abwassers angestrebt. Hier sollen vor allem die leicht abscheidbaren Stoffe vorwiegend durch Adsorption entfernt werden. In der zweiten Stufe erfolgt dann die Vollreinigung, wo auch die langsam abbaubaren Stoffe zurückgehalten werden. Nun handelt es sich aber bei Adsorption und Oxidation um parallel laufende Prozesse, eine gewaltsame Unterteilung in 2 Stufen ist daher bei normalem häuslichem Abwasser nicht erforderlich. Im Gegenteil, durch die unterschiedliche Aufteilung der Nährstoffe auf die beiden Becken, kann es in dem einen Becken zu Überbelastung und im anderen Becken zu Unterbelastung kommen. Beides kann unerwünscht sein.

Bei verschiedenen Industrieabwässern mit sehr langsam abbaubaren Verunreinigungen hat es sich jedoch als zweckmäßig erwiesen, die Abwasserreinigung in 2 Stufen zu trennen. Vor allem, wenn es sich um Stoffe handelt, die nacheinander abgebaut werden, und sich in den beiden

Stufen zwei verschiedene Lebensgemeinschaften an Mikroorganismen einstellen. Versuche mit dem Abwasser der Farbwerke Bayer-Leverkusen zeigten, daß nur in einer 2stufigen Anlage der angestrebte End-BSBs von unter 50 mg/l erreicht wird.

Zur biologischen Entfernung von Stickstoff sind ebenfalls einstufige und mehrstufige Verfahren vorgeschlagen worden. In Amerika wird z. B. empfohlen, drei voneinander getrennte Stufen zu verwenden. In der 1. Stufe soll der organische Kohlenstoff beseitigt, in der 2. Stufe Ammoniak und organischer Stickstoff des zufließenden Abwassers in Nitrate umgewandelt und in der 3. Stufe Nitrate zu gasförmigem Stickstoff reduziert werden. Es sind in diesem Fall also 3 Belebungsbecken und 3 Nachklärbecken mit 3 getrennten Schlammkreisläufen erforderlich. Da die Nitrate auch vollständig reduziert werden sollen, muß in der 3. Stufe erneut Kohlenstoff in Form von leicht abbaubarem Methanol zugesetzt werden. Die Steuerung des Prozesses einschließlich der Methanolzugabe ist aber nicht ganz einfach.

In einer Stufe, aber in zwei aufeinanderfolgenden Prozessen, schlägt WUHRMANN die biologische Denitrifikation vor. Im ersten Belebungsbecken erfolgt die biologische Reinigung des Abwassers, Entfernung der organischen Kohlenstoffverbindungen und Oxidation der Stickstoffverbindungen. In einem zweiten Becken wird der belebte Schlamm nicht mehr belüftet, sondern mit Hilfe von Rührwerken in der Schwebelage gehalten. Da der belebte Schlamm auch ohne weitere Nährstoffe atmet, also Sauerstoff verbraucht, wird jetzt der erforderliche Sauerstoff dem Nitrationsprozess entzogen. Der Sauerstoffverbrauch der endogenen Atmung ist jedoch relativ gering, so daß schon längere Behandlungszeiten erforderlich werden. Nach einem südafrikanischen Vorschlag wird innerhalb des Belebungsbeckens ein innerer Kreislauf eingerichtet. Der nitrathaltige belebte Schlamm am Ende des Belüftungsbeckens wird in großer Menge wieder dem Zulauf zugeführt, und die organischen Nährstoffe des zufließenden Abwassers bewirken einen intensiven Sauerstoffverbrauch. Im ersten Teil wird zunächst ohne künstliche Belüftung gearbeitet, so daß also für den Sauerstoffverbrauch zunächst die Nitrate herangezogen werden. Es ist nur wichtig, daß für den inneren Kreislauf ein möglichst großes Rücklaufverhältnis z. B. 3 : 1 eingestellt wird.

Nach dem Beispiel der Kläranlage Wien-Blumental können aber auch Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen gleichzeitig, also ohne Trennung in verschiedene Abschnitte, entfernt werden. Das Abwasser wird ohne Vorklärung direkt der Belebungsstufe zugeführt. Es sind 2 Belebungsbecken von je 6.000 m<sup>3</sup> vorhanden, die hintereinander geschaltet sind.

Die Sauerstoffzufuhr erfolgt durch 6 Mammutrotoren in jedem Becken. Die Belüftung läßt sich nun so steuern, daß gleichzeitig sauerstoffhaltige und sauerstofffreie Zonen vorhanden sind. Im Bereich der sauerstoffhaltigen Zonen erfolgt die Nitrifikation und in den sauerstofffreien Zonen wird denitrifiziert. Dabei überwiegen z. B. im 1. Becken, wo das Abwasser zufließt, die sauerstofffreien Zonen, während im 2. Becken die sauerstoffhaltigen Zonen überwiegen. Im 1. Becken wird daher vorwiegend nitrifiziert und denitrifiziert, während im 2. Becken der belebte Schlamm stabilisiert wird.

Die Betriebsergebnisse der Kläranlage Blumental zeigen, daß eine Stickstoffentfernung von 80 bis 90% im Dauerbetrieb auf relativ einfache Weise möglich ist. Selbstverständlich werden dabei auch die organischen Kohlenstoffverbindungen sehr weitgehend abgebaut. Der Abbau des BSBs liegt in der Größenordnung von 95% und des organischen Kohlenstoffs von etwa 90%. Interessant ist, daß der Abbau des organischen Kohlenstoffs nur im 1. Becken erfolgt und auch dort der Stickstoff zu 70 bis 80% entfernt wird. Der Energieverbrauch der Anlage liegt in der gleichen Größenordnung wie normale biologische Reinigungsanlagen. Es ist damit ohne weiteres möglich, Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen in einer einzigen Stufe, also gleichzeitig zu entfernen.

Die Entfernung von Phosphor ist auf biologischem und chemischem Wege möglich. Verschiedene Untersuchungen in Amerika haben gezeigt, daß eine sehr weitgehende Entfernung des Phosphors dann erreicht wird, wenn im Belebungsbecken mit einem sehr hohen Sauerstoffgehalt, z. B. 5 mg/l, bei entsprechend langer Belüftungszeit, z. B. 8 Stunden, gearbeitet wird, sauerstofffreie Zonen im Belebungs- und Nachklärbecken vermieden werden und kein Trübwasser von Eindickern oder Faulbehältern der Anlage zugeführt wird. Allerdings scheint dieses Verfahren nicht in jedem Fall zum Erfolg zu führen. Es schließt außerdem eine gleichzeitige Denitrifikation aus.

In Europa werden daher allgemein zur Phosphatentfernung Chemikalien verwendet. Die zugegebenen Chemikalien gehen mit dem Phosphat eine unlösliche Verbindung ein und können dann als Schlamm aus dem Abwasser abgeschieden werden. Nun können wieder Kohlenstoff- und Phosphorverbindungen getrennt voneinander, also in 2 verschiedenen Stufen, oder gemeinsam in einem Verfahrensschritt entfernt werden. Bei den Stufenverfahren unterscheiden wir die Vor- bzw. die Nachfällung. Bei der Vorfällung werden die Chemikalien vor der biologischen Stufe z. B. vor der Vorklärung zugegeben und die Phosphate gemeinsam mit den absetzbaren Stoffen des Rohabwassers abgeschieden.

Bei der Nachfällung wird nach dem Nachklärbecken ein Flockungs- und Absetzbecken nachgeschaltet.

Bei der Simultanfällung werden die Chemikalien direkt der biologischen Stufe zugegeben. Es erfolgt also biologische Reinigung, Entfernung der Kohlenstoff- und eventuell auch der Stickstoffverbindungen gleichzeitig mit der Entfernung der Phosphate durch chemische Fällung. Wird z. B. Eisenchlorid als Fällungschemikalie verwendet, sieht der belebte Schlamm rostbraun aus wegen des Eisengehaltes. Die biologische Reinigung wird dadurch aber nicht beeinträchtigt. Der Vorteil der Simultanfällung liegt in den geringen Baukosten, es wird ja kein zusätzliches Bauwerk erforderlich, und in dem einfacheren Betrieb. Auch bleibt der Schlammanfall in der gleichen Größenordnung wie bei den üblichen biologischen Reinigungsverfahren. Verschiedentlich wird als Vorteil der Nachfällung hervorgehoben, daß der Endphosphatgehalt niedriger liegt als bei der Simultanfällung. Ergebnisse in der Schweiz zeigen jedoch, daß mit der Simultanfällung eine Phosphatentfernung von 80 bis 90% erreicht wird.

Wie läßt sich nun die Entwicklung einstufige oder mehrstufige Verfahren abschätzen? Vielfach sind Stufenverfahren nur auf Grund theoretischer Erwägungen entstanden. Umgekehrt hat sich die vielfältige Anwendbarkeit des einstufigen Belebungsverfahrens, wo also gleichzeitig Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor entfernt wird, aus der Praxis ergeben. Ich glaube, man sollte Prozesse, die nebeneinander ablaufen können, nicht künstlich auf Grund theoretischer Erwägungen trennen. Vermutlich werden sich in der Praxis vorwiegend die einstufigen Prozesse durchsetzen. Dies gilt vor allem für Österreich, wo zukünftig hauptsächlich kleine und mittlere Anlagen gebaut werden müssen.

Zur Frage einstufig oder mehrstufig gehört letzten Endes auch die Entscheidung, ob mit oder ohne Vorklärung beim Belebungsverfahren gearbeitet werden soll. Die ersten Belebungsanlagen von Ardern und Lockett vor über 50 Jahren hatten keine Vorklärung. Wie schon erwähnt, wurde ebenfalls bei der Kläranlage Wien-Blumental auf eine Vorklärung verzichtet. Da der Schlamm der Kläranlage Wien-Blumental auf der Hauptkläranlage Wien-Simmering mitbehandelt werden soll, sind hier allerdings besondere Verhältnisse gegeben. Die Anlage in Blumental ist jetzt über 3½ Jahre in Betrieb, und aus den Erfahrungen lassen sich gewisse allgemeine Schlüsse ziehen.

Die etwas höheren Energiekosten, bedingt durch die teilweise Stabilisierung der absetzbaren Stoffe des Rohabwassers, werden durch die Einsparungen an Baukosten für die Vorklärbecken mit Sicherheit aus-

geglichen. Vorteilhaft hat sich die fehlende Vorklärung auf die günstige Beschaffenheit des belebten Schlammes ausgewirkt. Durch die absetzbaren Stoffe des Rohabwassers ist der belebte Schlamm sehr schwer und verfügt über gute Flockungseigenschaften. Es kann deshalb im Belebungsbecken mit einem hohen Schlammgehalt von 5 bis 8 g/l gegenüber sonst üblich 3 bis 4 g/l gearbeitet werden. Die große Schlammmenge hat sich wiederum günstig bei der Abpufferung von Stößen aus Industriebetrieben ausgewirkt. So wird ein relativ gleichmäßiger Ablauf über den Tag erzielt. Auch die gleichzeitige Nitrifikation und Denitrifikation wird durch den großen Schlammgehalt gefördert. Das große Pufferungsvermögen der Anlage hat dazu beigetragen, daß bisher immer die geforderten Ablaufwerte eingehalten wurden. Der Betrieb der Anlage hat sich als sehr einfach herausgestellt. Die Hauptarbeiten sind die Unterhaltung der maschinellen Anlagen und Reinigungsarbeiten. Die biologische Anlage selbst läuft nahezu selbsttätig.

Als nachteilig bei Anlagen ohne Vorklärung müssen gewisse Ablagerungen im Belebungsbecken, sowie die Ansammlung von Schwimmschlamm auf dem Nachklärbecken angesehen werden. Aber die Vorteile der günstigen Schlammbeschaffenheit dürften wesentlich überwiegen. Auch dürfte es einfacher sein, eventuelle Sandablagerungen aus dem Belebungsbecken als aus dem Faulbehälter zu entfernen. Für die weitere Schlammbehandlung dürfte es aber sicherlich nachteilig sein, daß die gröberen Partikel des Rohabwassers, die sich im Vorklärbecken absetzen, während der biologischen Reinigung durch enzymatische Vorgänge in kleine Teile zerlegt werden und sich der Schlamm insgesamt schlechter eindicken läßt. Die eingedickte Schlammmenge einer Anlage ohne Vorklärung wird daher größer sein als bei einer Anlage mit Vorklärung. Wenn der Schlamm ausgefault werden soll, sind daher größere Faulbehälter erforderlich. Denn bekanntlich werden Faulbehälter nach der Faulzeit bemessen. Es ist nun fraglich, ob sich der Schlamm nach der Faulung ebenso gut eindickt wie normaler Faulschlamm. Auf jeden Fall wird die Gasausbeute im Faulbehälter geringer sein als bei Anlagen mit Vorklärung.

Für die zukünftige Entwicklung läßt sich feststellen, daß Belebungsanlagen ohne Vorklärung eine ideale Lösung darstellen, wenn, wie im Fall Blumental, bei mehreren Kläranlagen in einem Stadt- oder Verbandsgebiet die Schlammbehandlung nur in einer zentralen Anlage durchgeführt wird. Ebenfalls dürfte es eine ideale Lösung sein, wenn eine aerobe Schlammbehandlung z. B. bei kleinen und mittleren Anlagen möglich ist. Auch ist das Verfahren vorteilhaft, wenn der Schlamm auf

einfache Weise beseitigt, z. B. auf Ödland oder ins Meer gepumpt, werden kann. Eine fehlende Vorklärung ist weiterhin vorteilhaft, wenn für das gewählte Schlammmentwässerungsverfahren ein geringer Ausgangsfeststoffgehalt günstig ist. Im Betrieb mancher thermischer Konditionierungsverfahren hat es sich gezeigt, daß ein dünnerer Schlamm zu weniger Betriebsschwierigkeiten führt. Weiter wird das hochkonzentrierte Trübwasser einer derartigen Anlage, besonders der hohe Stickstoffgehalt, in einer Belebungsanlage ohne Vorklärung mit gleichzeitiger Denitrifikation am günstigsten behandelt werden können. Von Vorteil dürfte bei einer Frischschlammbehandlung der Konzentrationsausgleich des Schlammes sein, der sich auf Grund eines Schlammalters von 5 bis 10 Tagen ergibt. Alle diese Dinge können jedoch darüber nicht hinwegtäuschen, daß man für den Normalfall bei größeren Anlagen auf Vorklärbecken nicht verzichten wird.

Vom Arbeitsausschuß „Aerobe biologische Reinigungsverfahren“ der Abwassertechnischen Vereinigung der Bundesrepublik, Obmann Prof. BISCHOFBERGER, wurden die Bemessungswerte für Belebungsanlagen neu festgelegt. Es wird dabei zwischen 4 charakteristischen Belastungsgruppen unterschieden:

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

Zu 1. Anlagen zur Reinigung des Abwassers bei gleichzeitiger Stabilisierung des Schlammes.

Im Vordergrund steht die Stabilisierung des Schlammes bis zur geruchsfreien Lagerfähigkeit. Maßgebend ist hierfür die Schlammbelastung, für die 0,05 kg/kg d empfohlen wird. Wird die maximale  $BSB_5$ -Raumbelastung von 0,25 kg/m<sup>3</sup> . d gewählt, so ist ein Schlamm-trockengewicht von 5 kg/m<sup>3</sup> anzunehmen. Belebungsanlagen mit Schlammstabilisierung werden vorwiegend bei kleineren Abwassermengen und damit bei Anlagen unter 10.000 Einwohnern angewendet. Da in Österreich 50% der Bevölkerung in Orten unter 5.000 Einwohnern leben, kommt diesem Belastungsbereich für uns zukünftig eine besondere Bedeutung zu. Von großem Vorteil ist dabei, daß infolge der geringen Schlammbelastung ein sehr hoher Reinigungsgrad erreicht wird. Auch ist der Betrieb derartiger Anlagen einfacher als bei höheren Belastungen. Mit

etwaigen Betriebsstörungen z. B. durch Blähschlamm ist infolge fehlender Vorklärung und der geringen Schlammbelastung nicht zu rechnen.

Zu 2. Anlagen zur Reinigung des Abwassers mit Nitrifikation.

Anlagen zur Stickstoffoxidation sind bei kleinen Vorflutern und Seen vorteilhaft. Darüber können sie durch die relativ lange Aufenthaltszeit Stoßbelastungen gut abfangen. Dieser Belastungsbereich ist daher gut zur Reinigung von Abwässern der Industrie geeignet. Die BSB<sub>5</sub>-Raumbelastung sollte etwa 0,5 kg/m<sup>3</sup> d und die Schlammbelastung 0,15 kg/kg .d betragen. Dabei ist ein Trockengewicht von 3,3 kg/m<sup>3</sup> angenommen. Daneben sollte eine Belüftungszeit von 4 Stunden bei Trockenwetter und 2 Stunden bei Regenwetter nicht unterschritten werden.

Zu 3. Anlagen zur Reinigung bis zu einem BSB<sub>5</sub> von 20 mg/l.

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<sub>5</sub> im Ablauf von 20 mg/l zugrunde gelegt wird. Dieser hohe Reinigungsgrad ist nicht nur wegen der weitgehenden Entfernung der Verunreinigungen, sondern auch wegen der Gleichmäßigkeit des Ablaufes von Bedeutung. Für die Bemessung wird eine Schlammbelastung von 0,3 kg/kg .d und eine BSB<sub>5</sub>-Raumbelastung von 1,0 kg/m<sup>3</sup> d vorgeschlagen. Die Aufenthaltszeit bei Trockenwetter muß mindestens 2 und bei Regenwetter 1 Stunde betragen.

Zu 4. Anlagen zur Reinigung bis zu einem BSB<sub>5</sub> von 30 mg/l.

Belebungsanlagen mit einer Reinigung bis zu einem BSB<sub>5</sub> von 30 mg/l, Spitzenwerte bis 40 mg/l, können dann errichtet werden, wenn an die Wasserqualität des Vorfluters keine hohen Anforderungen gestellt werden. Hierfür wird eine BSB<sub>5</sub>-Raumbelastung von 2 kg/m<sup>3</sup> und eine Schlammbelastung von 0,6 kg/kg d vorgeschlagen. Die Belüftungszeit soll bei Trockenwetter 1 Stunde und bei Regenwetter 0,5 Stunden nicht unterschreiten.

Abbildung 8 zeigt den BSB<sub>5</sub> des Ablaufes in Abhängigkeit von der Schlammbelastung bzw. BSB<sub>5</sub>-Raumbelastung. Die Kreise sind die jetzigen Bemessungsvorschläge und die Dreiecke die Bemessungsvorschläge des Lehr- und Handbuchs, 2. Teil. Zum Vergleich, in welchem Bereich die Werte schwanken können, sind Versuchsergebnisse in Kassel mit häuslichem Abwasser, die untere Gerade, und bei einer Lederfabrik in Ober-

österreich, die obere Gerade, eingetragen. In Kassel handelte es sich um ein dünnes schwebstoffreiches häusliches Abwasser, das sich biologisch gut reinigen ließ. Das Abwasser der Lederfabrik war durch große Absetzbecken gut vorgereinigt und die Verunreinigungen waren hauptsächlich gelöst und schwer abbaubar.

Nun müssen wir damit rechnen, daß zukünftig sich das häusliche Abwasser immer mehr verändert und durch Industrieabwassereinflüsse die schwer abbaubaren Bestandteile zunehmen. Außerdem zeigen die Erfahrungen vieler Anlagen, daß die Belastungen in einem weitaus stärkeren Maß gestiegen sind als ursprünglich angenommen wurde. Es schien uns daher zweckmäßig, bei den Bemessungsvorschlägen hierauf Rücksicht zu nehmen.

Die Standardbemessung für mittlere und größere Anlagen soll daher in Zukunft bei einer BSB<sub>5</sub>-Raumbelastung von 1,0 kg/m<sup>3</sup> d und einer Schlammbelastung von 0,3 kg/kg . d liegen. Dies bedeutet eine erhebliche Reduzierung gegenüber den früheren Bemessungswerten von 1,8 kg/m<sup>3</sup> . d bzw. 0,5 kg/kg d.

Wir hoffen jedoch, daß durch die größeren Belebungsbecken eine höhere Betriebssicherheit und gleichmäßigere Ergebnisse erzielt werden. So zeigten Betriebsergebnisse der Kläranlage Flensburg, daß mit steigender Belastung die Ablaufwerte in einem stärkeren Ausmaß streuen.

Durch die verminderten Bemessungswerte und die damit erforderlichen größeren Belebungsbecken soll der Entwicklungstendenz in Richtung steigender Anforderungen an die Abwasserreinigung entsprochen werden. Auch die schweizerischen Fachleute stimmen mit diesen Bemessungswerten überein. In England hat man schon seit Jahrzehnten mit Rücksicht auf die geringe Wasserführung der englischen Wasserläufe sehr niedrige Bemessungswerte für die Belebungsbecken gewählt.

Wie wirken sich nun die neuen Bemessungsvorschläge auf die Bau- und Betriebskosten von Belebungsanlagen aus? Am Beispiel einer Stadt mit 50.000 Einwohnern wurden überschläglic die Bau- und Betriebskosten ermittelt. Bei der Kostenschätzung ist zu berücksichtigen, daß ein hoher Prozentsatz der Baukosten unabhängig vom BSB<sub>5</sub> des Ablaufes ist. Hierzu gehören z. B. die Kosten für Pumpwerk, Rechen, Sandfang, Vorklärbecken, verbindende Leitungen, Nachklärbecken, Rücklaufschlammumpwerk, Betriebsgebäude, Straßen usw. Bei den Berechnungen wurde vorausgesetzt, daß in jedem Fall eine biologische Reinigung erforderlich ist.

Da die absoluten Baukosten in diesem Zusammenhang wenig von Interesse sind, wurden nur die relativen Kosten gegenübergestellt. Dabei wurden die Baukosten für einen BSB<sub>s</sub> des Ablaufes von 30 mg/l, also entsprechend einer zukünftigen Mindestforderung = „1“ gesetzt. Diese Kosten entsprechen etwa den Anlagen, die mit den früheren Standardbelastungen von B<sub>T</sub>S = 0,5 kg/kg d und B<sub>R</sub> = 1,8 kg/m<sup>3</sup> d bemessen wurden. Durch Verdoppelung des Belebungsbeckens erhöhen sich die gesamten Baukosten nur um 6%. Dabei ist zu berücksichtigen, daß mit größeren Becken die Einheitskosten in S/m<sup>3</sup> abnehmen.

Für Anlagen zur Nitrifikation wurden um 15% und für Anlagen mit Schlammstabilisierung um 16% höhere Baukosten ermittelt. Der geringe Kostenanstieg für die Anlagen mit Schlammstabilisierung ist durch die fehlende Schlammfäulung zu erklären.

Bei den Betriebskosten wirkt sich der unterschiedliche Reinigungsgrad hauptsächlich in den Energiekosten aus. Der hohe und ständig steigende Anteil der Personalkosten ist bei allen Varianten gleich.

Die Betriebskosten erhöhten sich bei Anlagen mit einem BSB<sub>s</sub> von 20 mg/l gegenüber Anlagen mit 30 mg/l um 8%, entsprechend ergeben sich bei Nitrifikation um 16% und bei Stabilisierung um 25% höhere Kosten. Hier wirkt sich der höhere Energieverbrauch für die aerobe Stabilisierung des Schlammes aus.

Die Gesamtkosten erhöhen sich um 7, 15 und 20%. Die Kostendifferenz wird noch kleiner, wenn beim Neubau einer Abwasserreinigungsanlage die meist erforderliche Verlängerung des Hauptsammlers einbezogen wird.

Im Rahmen dieser Vortragsreihe wird auch über chemisch-physikalische Verfahren vorgetragen. Ich sehe in diesen Verfahren keine Konkurrenz zur biologischen Reinigung, sondern eine Ergänzung. So wird z. B. in verschiedenen Anlagen in USA und in Südafrika das biologisch gereinigte Abwasser einer chemischen Fällung und anschließend einer Aktivkohlefilterung unterzogen. Allerdings sind die Kosten für diese erweiterte Abwasserreinigung nicht gering. So kostet allein die Aktivkohlebehandlung genau so viel wie die gesamte biologische Reinigung. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Aktivkohle an Ort und Stelle regeneriert wird.

Wenn es möglich ist, durch eine sehr weitgehende biologische Reinigung den organischen Kohlenstoffgehalt des zufließenden Abwassers von etwa 150 mg/l auf 15 mg/l zu vermindern, dürfte für österreichische Verhältnisse bereits ein Optimum erreicht sein. Für die Verminderung

des organischen Kohlenstoffgehaltes von 15 mg/l auf 5 mg/l den gleichen Preis zu zahlen wie für die gesamte bisherige Reinigung, erscheint mir für die absehbare Zukunft nicht gerechtfertigt. Wie weit bei verschiedenen Industrieabwässern hier Sonderfälle vorliegen, muß im Einzelfall untersucht werden.

Abschließend soll festgehalten werden, daß zum Schutz unserer Gewässer auch zukünftig den biologischen Reinigungsverfahren eine große Bedeutung zukommt. Wir sollten die Möglichkeiten, die diese Verfahren bieten, so weit es geht, ausnutzen. Zur Zeit jedenfalls ist kein Verfahren in Sicht, das wirtschaftlicher, einfacher und betriebssicherer arbeitet als die biologischen Reinigungsverfahren.

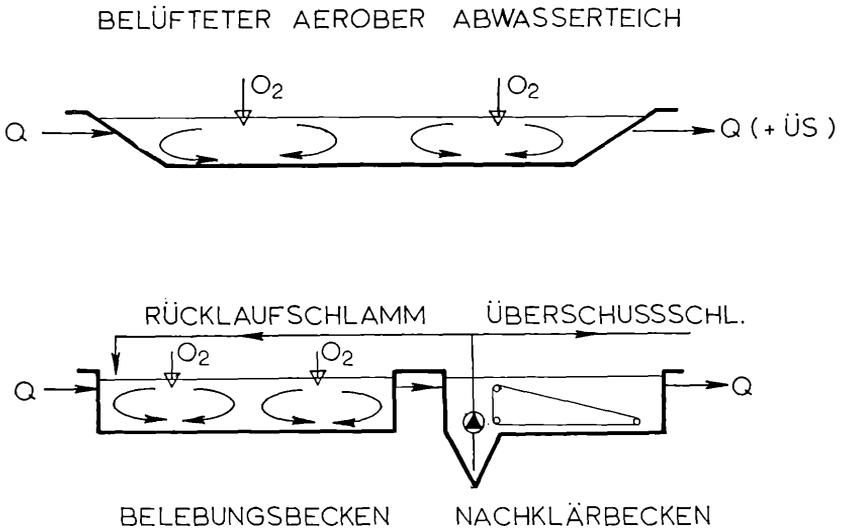


Abbildung 1

Abwasserreinigung im belüfteten aeroben Abwasserteich und beim Belebungsverfahren

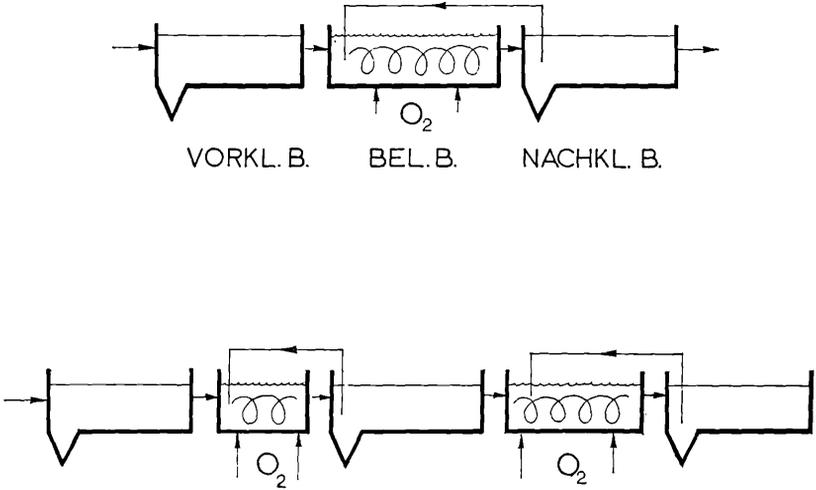
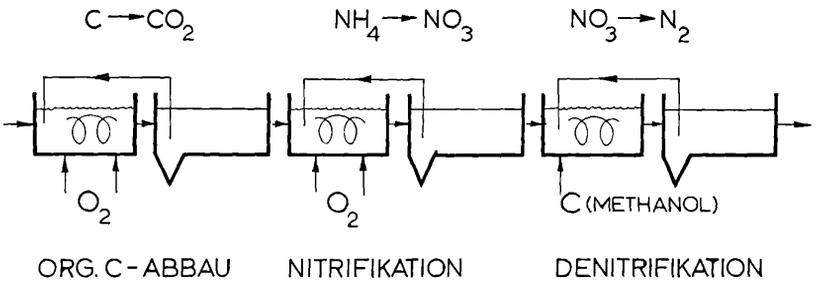


Abbildung 2

Abwasserreinigung in einstufigen und zweistufigen Belebungsanlagen



ORG. C-ABBAU

NITRIFIKATION

DENITRIFIKATION

Abbildung 3

Dreistufige Belebungsanlage zur Entfernung von Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen

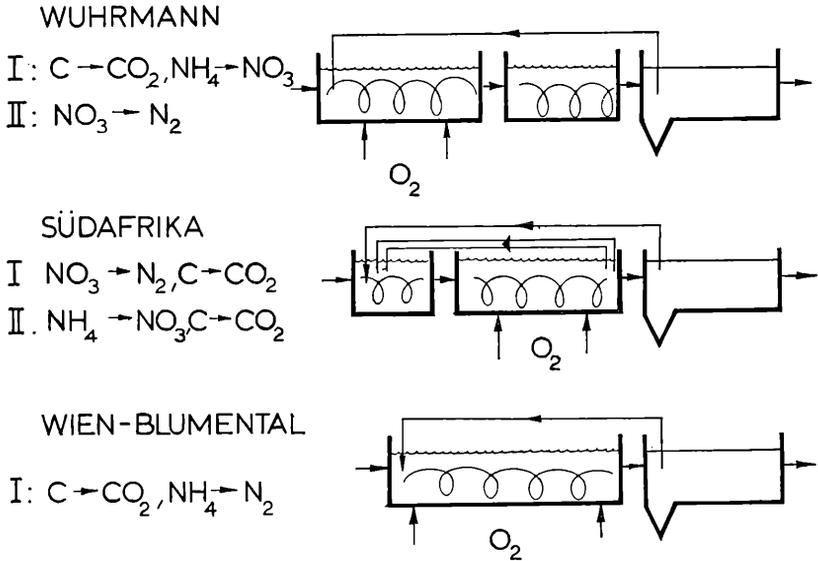


Abbildung 4

Einstufige Belebungsanlagen zur Entfernung von Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen

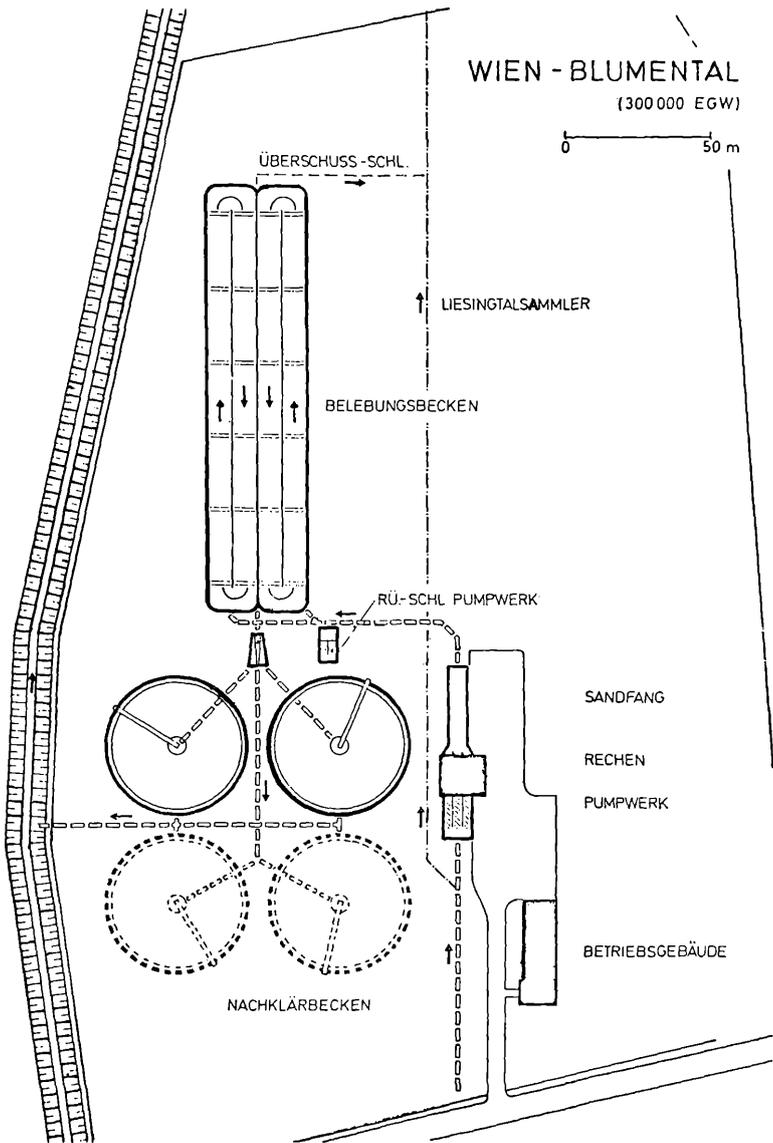


Abbildung 5  
Lageplan der Abwasserreinigungsanlage Wien-Blumental

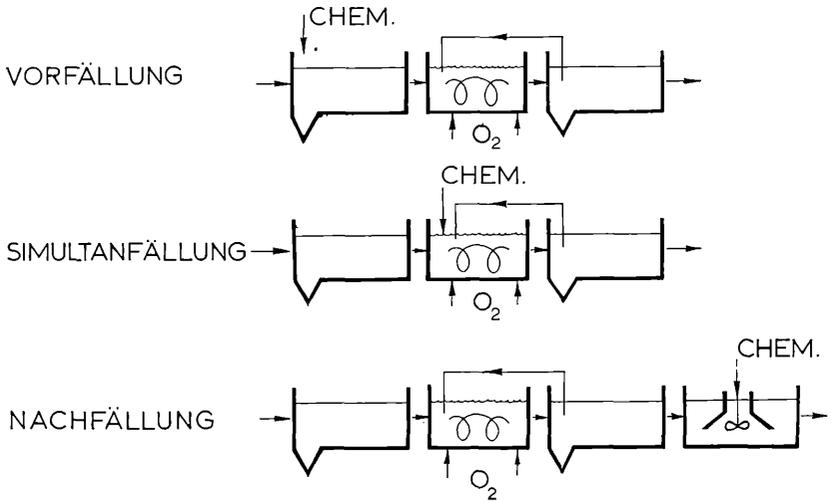


Abbildung 6

Abwasserreinigungsanlagen zur Entfernung von Kohlenstoff- und Phosphorverbindungen

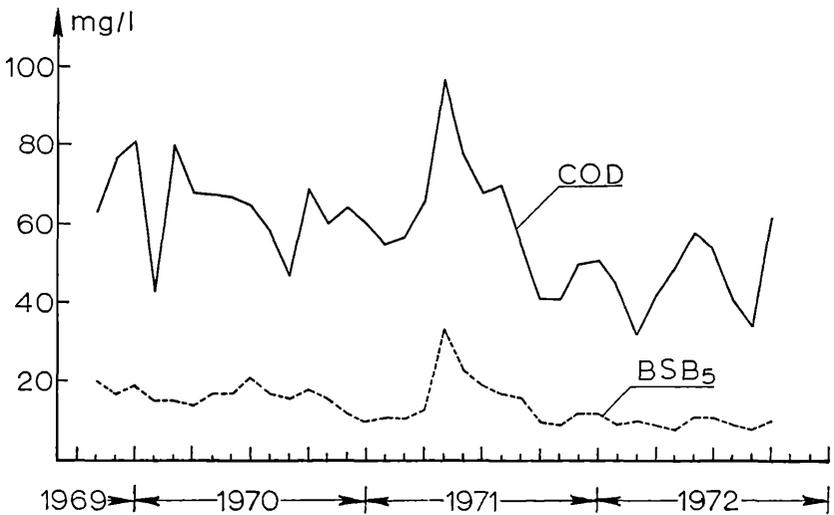


Abbildung 7

Ablaufwerte der organischen Verschmutzung der Kläranlage Wien-Blumental

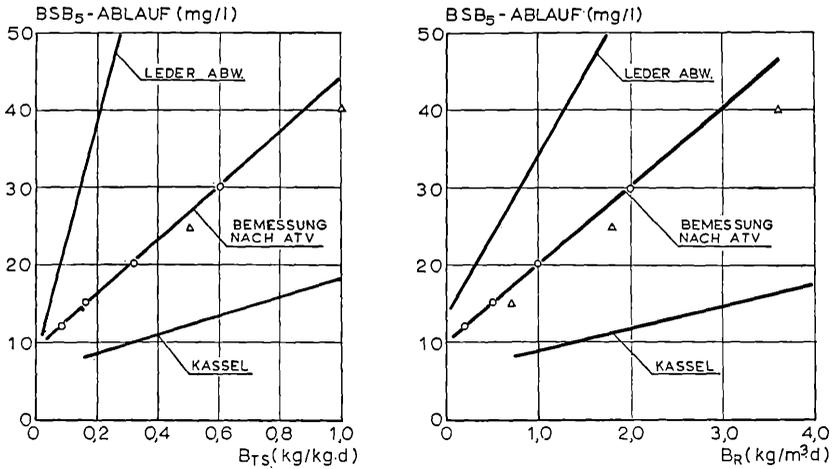


Abbildung 8

BSB<sub>5</sub> des gereinigten Abwassers in Abhängigkeit von der Schlammbelastung und der BSB<sub>5</sub>-Raumbelastung

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

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://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): Emde Wilhelm von der

Artikel/Article: [Entwicklungstendenzen für die Anwendung biologischer Reinigungsverfahren 283-300](#)