



Dr. Andreas Rüdiger
Water Expert Germany, Lübeck (D)

ABWASSERREINIGUNG IN DER PAPIERINDUSTRIE NACH IPPC RICHTLINIEN

WASTEWATER TREATMENT IN PAPER INDUSTRY ACCORDING TO IPPC REGULATIONS

1. Einleitung

Wirksamer Umweltschutz ist die Grundvoraussetzung für ein nachhaltiges Wirtschaftswachstum. Insbesondere der industriellen Abwasserreinigung kommt dabei eine besondere Bedeutung zu, da bedingt durch den Einsatz natürlicher und künstlicher Rohstoffe sich teilweise lokal hohe Schadstoff-Frachten im Abwasser wieder finden. Diese Schadstoffe gilt es soweit wie möglich bereits am Entstehungsort zu eliminieren, bevor es zu einem Eintrag in die Gewässer und somit in die Umwelt erfolgt.

Auf der Basis dieser Erfordernisse ist z.B. die Europäische Union bestrebt, EU weite Standards auf hohem technischen Niveau zu etablieren, die in den „best available technique reference papers“ (BREF) dokumentiert werden. Darüber hinaus fordern ebenfalls Finanzierungsinstitute (z.B. Weltbank) und internationale Abnehmer von Produkten die Einhaltung internationaler Umweltstandards ein.

Die genannten Zusammenhänge und Anforderungen gelten für die gesamte Industrie. Insbesondere in der Zellstoff- und Papierindustrie nimmt die Abwasserreinigung eine Schlüsselrolle in der nachhaltigen Wettbewerbsfähigkeit ein.

2. Abwasserreinigung in der Zellstoff- und Papierindustrie

Die Abwasserreinigung in der Zellstoff- und Papierindustrie beginnt üblicherweise mit einer mechanischen bzw. chemisch-mechanischen Stufe. Hier werden die Feststoffe sowie je nach Verfahren ebenfalls teilweise gelöste organische und anorganische Verbindungen aus dem Abwasser entfernt. Die Reinigungsleistung der mechanischen Stufe ist jedoch in der Regel zum Erreichen der geforderten Abwasser-Grenzwerte (insbesondere BSB) nicht ausreichend. Zusätzlich ist der Betrieb der mechanisch -chemischen Abwasserreinigung mit relativ hohen Kosten verbunden.

Eine technisch und wirtschaftlich erfolgreiche Abwassereinigung wird durch eine Kombination der mechanischen mit einer biologischen Reinigungsstufe erreicht.

Bei hochbelasteten Abwässern wie sie z.B. in der Altpapierindustrie anfallen, kommt es zum Einsatz der anaeroben Abwasserreinigung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine anaerobe Vollreinigung nicht möglich ist und somit der anaeroben Stufe in

der Regel eine aerobe Stufe nachgeschaltet werden muss, um die geforderten Abwassergrenzwerte zu erreichen.

Als zweite biologische Stufe kann das Belebtschlamm-Verfahren eingesetzt werden (siehe Bild 1). Dabei wird das Abwasser zunächst in ein voll durchmisches und belüftetes Becken (Belebungsbecken) geleitet. Die Abwasserreinigung erfolgt durch Mikroorganismen, die in der Form von Belebtschlammflocken im Belebungsbecken in der Schwebe gehalten werden. Dem Belebungsbecken ist ein Absetzbecken nachgeschaltet, in dem sich die Belebtschlammflocken absetzen und in der Form des Rücklaufschlammes wieder in das Belebungsbecken zurückgeführt werden können.

Das Belebungsverfahren kann auch als zweistufige Anlage eingesetzt werden. In diesem Fall folgt nach der Hochlastbelebungs eine Schwachlastbelebungs, wobei zwingend eine Zwischenklärung eingesetzt werden muss, um ebenfalls getrennte Schlammkreisläufe und somit getrennte Biozönosen zu erhalten.

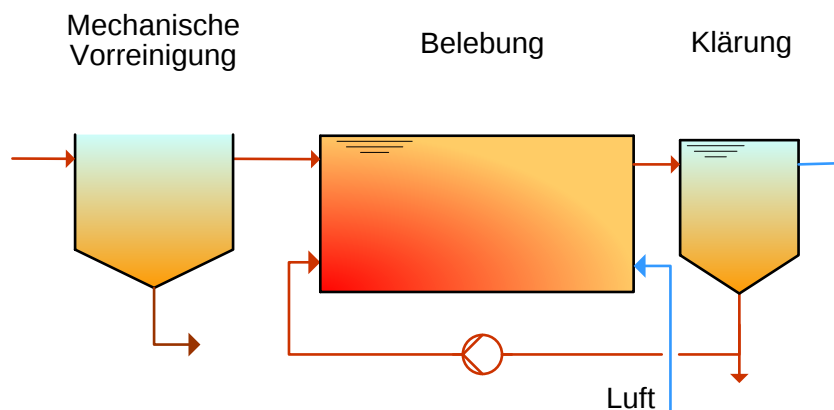


Bild 1: Prinzip des einstufigen Belebtschlammverfahrens

Für die Funktion des Belebungsverfahrens ist die erfolgreiche Abtrennung der Belebtschlammflocken im Nachklärbecken von entscheidender Bedeutung. Tatsächlich ist diese Schlammabtrennung in der Praxis jedoch bei einem Großteil der Anlagen zumindest zeitweilig behindert und kann nicht erfolgreich durchgeführt werden. Der Grund dafür ist die Bildung einer entarteten Biomasse dem so genannten Bläh- und Schwimmschlamm. Auf Grund von besonderen Bedingungen in der Abwasserzusammensetzung, der Schlammbelastung sowie der Abwassertemperatur bilden sich dabei fadenförmige Mikroorganismen, die mehr zum Aufschwimmen neigen als zum Absetzen. Beim Auftreten von Blähschlamm entweicht die Biomasse aus der Nachklärung und steht somit für die Abwasserreinigung nicht mehr zur Verfügung. Dieses verursacht erhebliche Probleme beim Betrieb der Anlage.

Zur Vermeidung dieser betrieblichen Probleme wird heute in vielen Fällen in der Papier- und Zellstoffindustrie auf die Anwendung des Belebungsverfahrens verzichtet und stattdessen die aufwärts durchströmte biologische Filtration, die so genannte „Biofiltration“ mit großem Erfolg eingesetzt.

3. Biologische Filtration in der Papier- und Zellstoffindustrie

3.1 Allgemeines

Die Entwicklung der biologischen Filtration in der Abwasserreinigung geht zurück auf den Anfang der 80er Jahre. In dieser Zeit wurde die Filtrationstechnik bereits seit langem erfolgreich in der Trinkwasseraufbereitung eingesetzt. Die positiven Erfahrungen mit der Filtration wurden auf die biologische Abwasserreinigung übertragen. Ziel dabei war, neben dem mechanischen Filtrationseffekt ebenfalls die biologische Umsetzung von Abwasserinhaltsstoffen in einem Reaktor zu erzielen.

Aus diesem Ansatz wurden später verschiedene Technologien der biologischen Abwasserfiltration entwickelt. Im Betrieb großtechnischer Anlagen hat sich dabei heute die aufwärts durchströmte belüftete biologische Filtration (Gleichstromprinzip) bewährt. Dieses Verfahren wird heute ebenfalls in der Papier- und Zellstoffindustrie fast ausschließlich eingesetzt.

Nachdem die ersten Anlagen dieser Art Anfang der 80er Jahre für die biologische Reinigung kommunaler Abwässer gebaut wurden, befinden sich heute weltweit über 200 kommunale und industrielle Abwasserreinigungsanlagen mit integrierter biologischer Filtration in Betrieb. Besondere Kennzeichen dieser Anlagen sind störungsfreier automatisierter Betrieb, hohe Raumumsatzleistungen, besonders niedrige Ablaufkonzentrationen und ein geringer Platzbedarf.

In der Papier- und Zellstoffindustrie wird die Biofiltration heute europaweit in über 20 Werken seit vielen Jahren mit großem Erfolg für die Abwasserreinigung eingesetzt .

3.2 Aufbau und Funktion der Biofiltration

Die aufwärts durchströmte biologische Filtration ist ein mit natürlichem Blähton kleiner Körnung (sog. Trägermaterial) gefüllter Reaktor, der von unten nach oben mit Abwasser beschickt wird (siehe Bild 2). Auf dem Trägermaterial siedelt sich adaptierte Biomasse in der Form eines Biofilmes an, die das Abwasser während seines Durchströmens reinigt. Zur Aufrechterhaltung aerober Verhältnisse, wird der Filter von unten belüftet. Neben der Elimination der unerwünschten gelösten Abwasserinhaltsstoffe erfolgt im Filter gleichzeitig der Rückhalt von Feststoffen. Das gereinigte Abwasser verlässt den Filter oben. Nach dem Ablauf aus dem Biofilter ist das Abwasser vollständig biologisch gereinigt und bedarf keiner weiteren Nachbehandlung.

Die physikalischen Eigenschaften des Filtermaterials sind für den störungsfreien Betrieb und die Leistungsfähigkeit der Biofiltration von hoher Bedeutung. Für die gute Anhaftung der Biomasse und somit für eine hohe Biomassenkonzentration pro Volumeneinheit sind Filtermaterialien mit hoher Oberflächenrauigkeit vorteilhaft. Beim Betrieb von Anlagen haben sich Materialien auf der Basis natürlichen Blähtons bewährt. Je nach Anwendungsfall und erwünschter Reinigungsleistung kommen effektive Korndurchmesser von 1,5 bis 6 mm zum Einsatz. Typische Schichthöhen des Trägermaterials sind 4 bis 5 m.

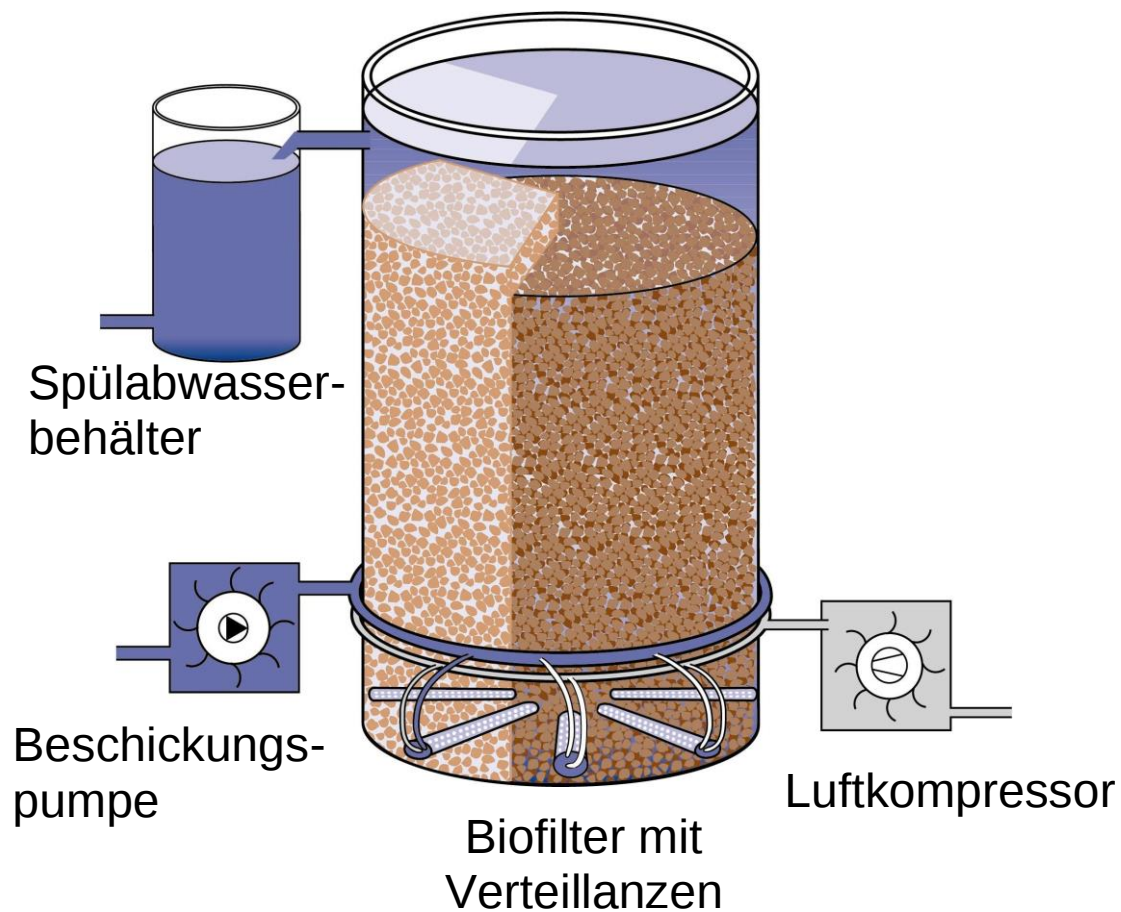


Bild 2: Prinzipskizze der aufwärts durchströmten biologischen Filtration

Nach einer bestimmten Betriebszeit wächst der Druckverlust im Filter durch den Rückhalt der Feststoffe und der gebildeten Biomasse an, so dass eine Rückspülung des Filters zum Austrag der Feststoffe erforderlich ist. Je nach eingesetztem Filtermaterial beträgt der Druckverlust zum Zeitpunkt der Rückspülung 40 – 80 mbar/m Schichthöhe. Die Rückspülung erfolgt in Form eines Spülprogramms, welches immer auf den jeweiligen Anwendungsfall angepasst ist. Nach dem Aufbrechen des Materials mit Luft erfolgt zunächst eine kombinierte Luft/Wasser-Spülung, anschließend eine Klarspülung mit Wasser allein. Die Dauer der Rückspülung beträgt ca. 20 bis 30 min.

Der Spülwasserverbrauch je Spülung liegt etwa bei 3 bis 5% des behandelten Abwasserstroms.

3.3 Vorteile der Biofiltration gegenüber dem Belebungsverfahren

Die aufwärts durchströmte und belüftete Filtration weist gegenüber dem Belebungsverfahren zahlreiche Vorteile auf. Diese lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Durch die mechanische Filtrationswirkung besteht kein Risiko des Schlamm- oder Feststoffabtriebes. Betriebszustände mit Bläh- oder Schwimmschlamm-bildung treten nicht auf. Die Feststoffkonzentration im Ablauf der Biofiltration ist immer sicher unterhalb 10 mg/l.
- Durch hohe Raumumsatzleistungen ergeben sich kompakte Anlagen mit geringem Platzbedarf. Die erforderliche Aufstellfläche eine Biofiltration beträgt nur etwa 20-30% von der einer klassischen Lösung nach dem Belebungsverfahren. Der Schutz der Anlagen gegen Kälteeinwirkung und Frost ist einfacher auszuführen. Ebenfalls können die Biofilter z.B. zur Abluftbehandlung einfach vollständig abgedeckt werden.
- Die bautechnischen Maßnahmen sind deutlich geringer. Hieraus ergibt sich eine schnellere Anlagenrealisierung sowie geringere Kosten für den Bauteil insbesondere bei schwierigem Baugrund.
- Biofiltrationsanlagen sind vollständig automatisiert. Die erforderliche Rückspülung der Filter erfolgt zeit- bzw. druckgesteuert und bedarf keiner personellen Überwachung. Auf diese Weise kann Betriebspersonal eingespart werden.
- Die personelle Betriebsführung der Biofiltration beschränkt sich auf Kontrolle, Wartung und Instandhaltung der mechanischen und elektrotechnischen Ausrüstung. Eine besondere abwassertechnische Ausbildung des Betriebspersonals ist nicht erforderlich, da Tätigkeiten wie z.B. die Überwachung der Feststoffkonzentration im Belebungsbecken, Überschuß-Schlammabzug, Gegenmaßnahmen bei Blähschlamm usw. nicht erforderlich sind.
- Durch die Bildung einer vollständig adaptierten Biomasse in Verbindung mit dem weitgehenden Feststoffrückhalt bewirkt der Biofilter eine deutlich bessere und stabilere Reinigungsleistung als das Belebungsverfahren.
- Die Abwasserreinigung wird im Biofilter durch einen biologischen Film (Biofilm) auf dem Trägermaterial bewirkt. Hieraus ergibt sich eine bessere Reinigungsleistung bei niedrigen Abwassertemperaturen.
- Im Gegensatz zum Biofilter besteht beim Belebungsverfahren die Gefahr, dass bei niedrigen Temperaturen die erforderliche Biomasse ausgeschwemmt werden kann (Generationszeit > Aufenthaltszeit im Belebungsbecken).
- Biofiltrationsanlagen sind modulare Anlagen und bestehen aus mehreren Filterzellen. Eine Erweiterung der Anlage ist durch Zustellen neuer Filter einfach und problemlos möglich.
- Während das Belebungsverfahren auf der Basis eines bestimmten maximalen hydraulischen Durchsatzes (Bemessungswassermenge) ausgelegt wird, erfolgt die Auslegung von Biofiltern in der Regel nach der Schmutzfracht. Hierdurch ergibt sich eine hohe hydraulische Flexibilität bei den Biofilteranlagen.

Die genannten Vorteile haben seit der Entwicklung des Verfahrens bis heute zu einer weiten Verbreitung der Biofiltration in der kommunalen und industriellen Abwasserreinigung geführt.

3.4 Einsatz der Biofiltration in der Papier- und Zellstoffindustrie

Auf der Grundlage der genannten zahlreichen verfahrenstechnischen Vorteile wird die biologische Aufstromfiltration heute europaweit bei über 20 Papier- und Zellstofffabriken erfolgreich für die Abwasserreinigung eingesetzt. In Tabelle 1 sind dazu exemplarisch einige wichtige deutsche Papierfabriken mit Biofiltration zur Abwasserreinigung mit ihren jeweiligen hydraulischen Durchsatzleistungen aufgeführt. Bei einem Großteil der Anlagen liegen heute über 10 Jahre positive Betriebserfahrungen vor. Die Abwasserreinigung erfolgt bei den genannten Anlagen fast ausnahmslos bis zur Direkteinleiterqualität.

Der Einsatz der Biofiltration erfolgt als einstufige oder zweistufige Filteranlage oder nach einer Belebungsanlage (siehe Bild 3).

Hauptsächlich erfolgt in den Papierfabriken der Einsatz der Biofiltration als einstufige biologische Anlage nach einer mechanischen Vorreinigung bestehend aus Absetzbecken oder Flotation (Schema 1). In Abhängigkeit der Abwasserzusammensetzung und der gewünschten Reinigungsqualität wird die Biofiltration ebenfalls als zweistufige biologische Anlage (Schema 2) oder auch nach einer Belebungsanlage mit Zwischenklärung eingesetzt (Schema 3). Der Vorteil der Biofiltration nach einer bestehenden Belebungsanlage ist u. a. der sichere Rückhalt von abgetriebenem Belebtschlamm aus der Zwischenklärung und somit der sichere Einhalt von niedrigen Feststoffablaufkonzentrationen.

Tabelle 1: Biofiltrationsanlagen in der Papier - und Zellstoffindustrie

Papierfabrik	Werk	Reinigungs-Schema	Leistung [m³/h]
Haindl	Walsum	1	1.000
Ahlstrom-Jagenberg	Neuss	1	300
Metsä Serla	Laarkirchen	1	1.300
Ahlstrom-Kämmerer GmbH	Osnabrück	1	600
Papierfabrik Königstein	Königstein	2	125
Buchmann GmbH	Annweiler	3	420
Schoeller & Hoesch	Gernsbach	1	1.500
Drewsen GmbH	Lachendorf	2	280
MD Papier GmbH	Dachau	2	900
Metsä Serla	Stockstadt	2	800
MUNKSJÖ PAPER Decor	Aalen	1	700
Julius Glatz GmbH	Neidenfels	1	1.000

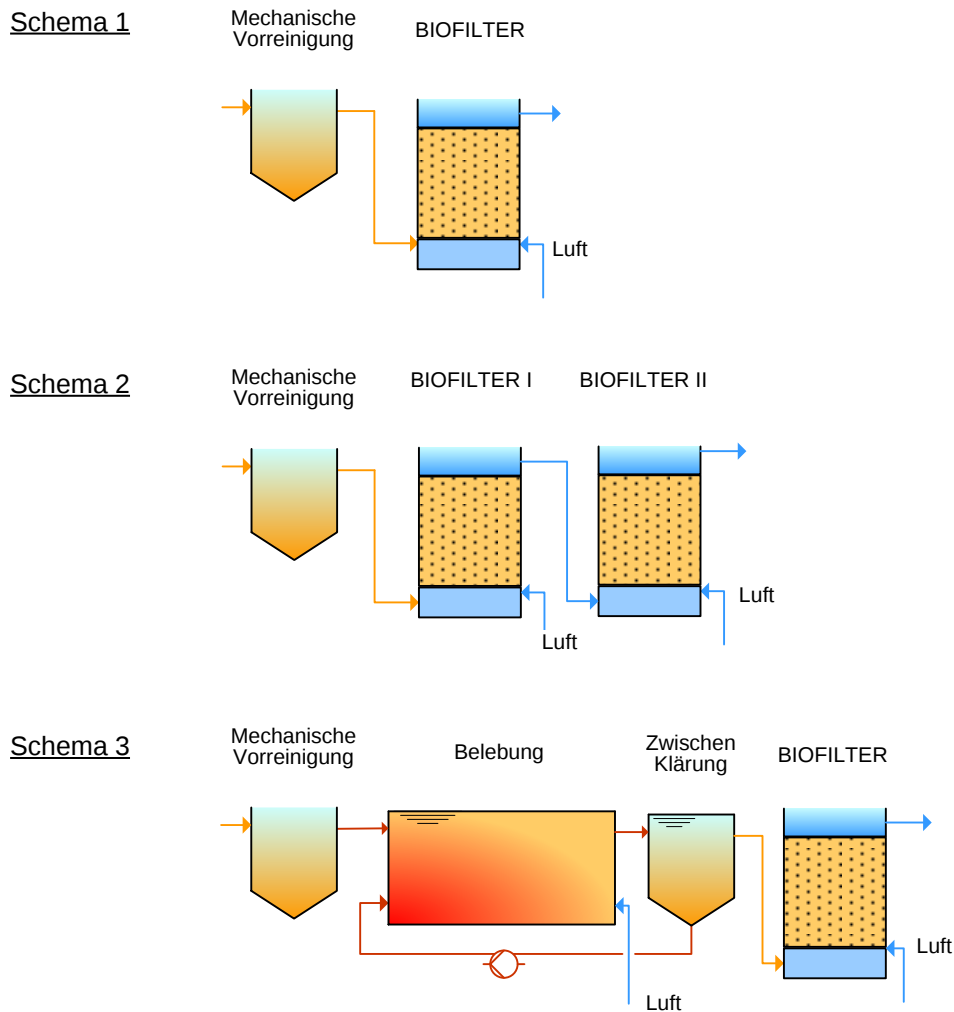


Bild 3: Unterschiedliche Verfahrens-Schematas zum Einsatz der Biofiltration in der Papier und Zellstoffindustrie

3.5 Ergebnisse in der Papier- und Zellstoffindustrie

Die folgenden Bilder zeigen Ergebnisse der einstufigen Biofiltration nach mechanischer Vorreinigung in der Papier- und Zellstoffindustrie. Bild 4 zeigt die Feststoffkonzentrationen im Zu- und Ablauf der einstufigen Biofiltration. Trotz der naturgemäßen Schwankungen der Feststoffkonzentration im Zulauf der Anlage im Bereich zwischen etwa 10 und 30 mg/l stellen sich im Ablauf der Biofiltration niedrige und stabile Feststoffkonzentrationen im Bereich von 5 mg/l ein. Bild 5 und Bild 6 zeigen die BSB und CSB - Konzentrationen im Zu- und Ablauf der einstufigen Biofiltration. Die Schwankungsbreite der CSB Konzentration im Zulauf der Anlage liegt im Bereich zwischen etwa 40 und 140 mg/l CSB. Die CSB Konzentration im Ablauf stellt sich relativ konstant bei etwa 20 mg/l ein. Die BSB-Konzentration im Ablauf der Biofiltration liegt in der Regel unterhalb 5 mg/l trotz der deutlichen Schwankungen im Zulauf im Bereich zwischen etwa 20 und 50 mg/l.

Bild 7 zeigt die mittleren Konzentrationen an BSB, CSB und Feststoffen im Zu- und Ablauf der einstufigen Biofiltration nach mechanischer Vorreinigung.

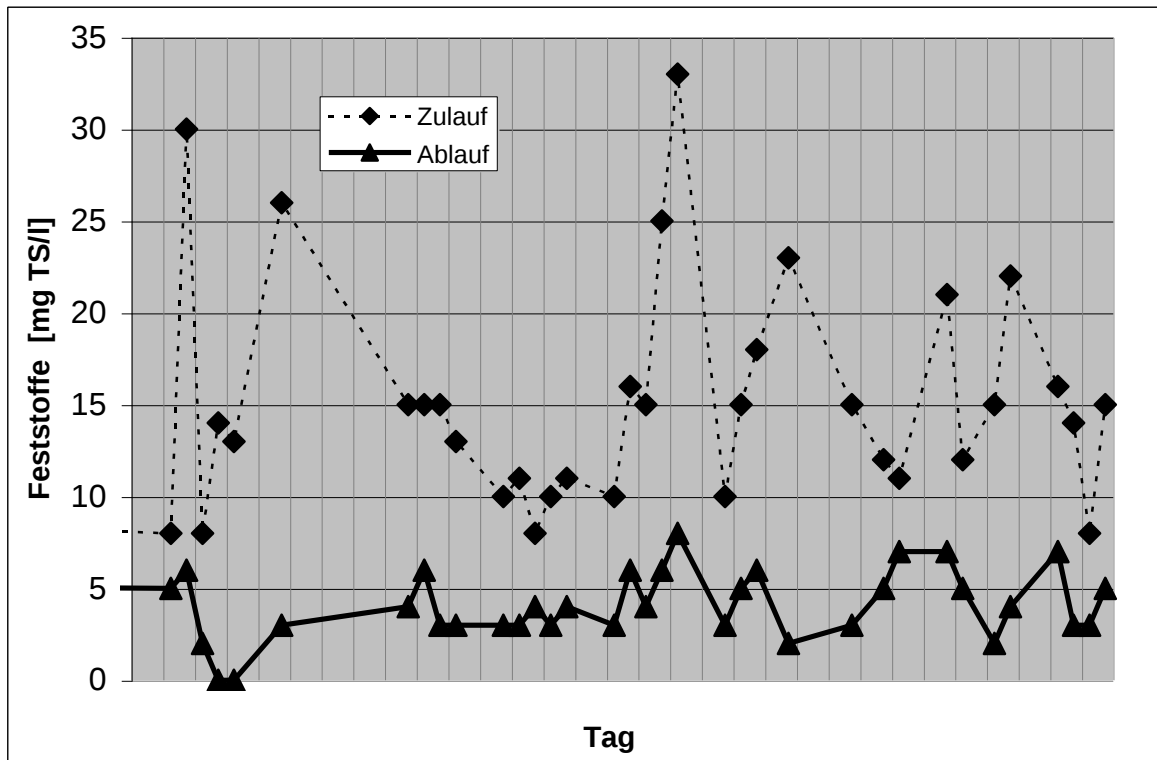


Bild 4: Feststoffkonzentrationen im Zu- und Ablauf der einstufigen Biofiltration

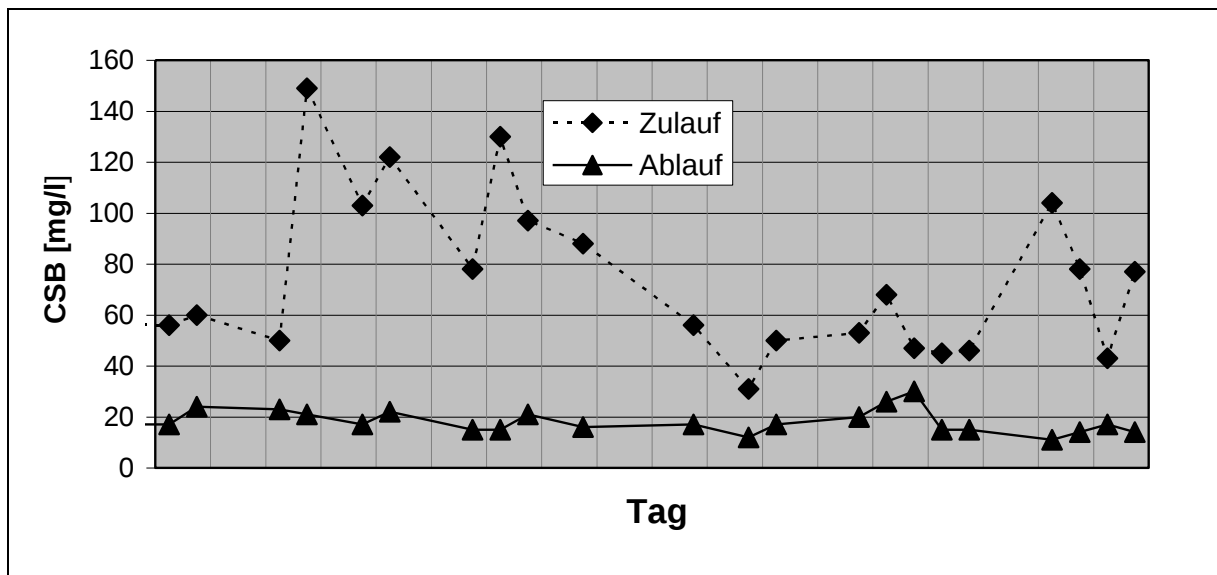


Bild 5: CSB-Konzentrationen im Zu- und Ablauf der einstufigen Biofiltration

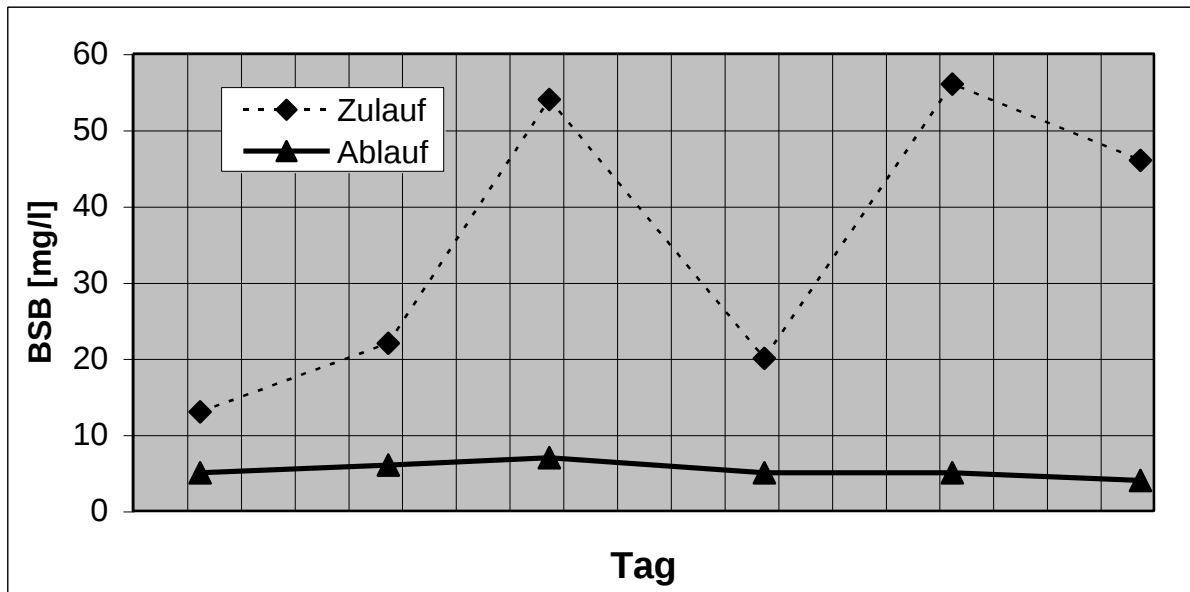


Bild 6: BSB₅ -Konzentrationen im Zu- und Ablauf der einstufigen Biofiltration

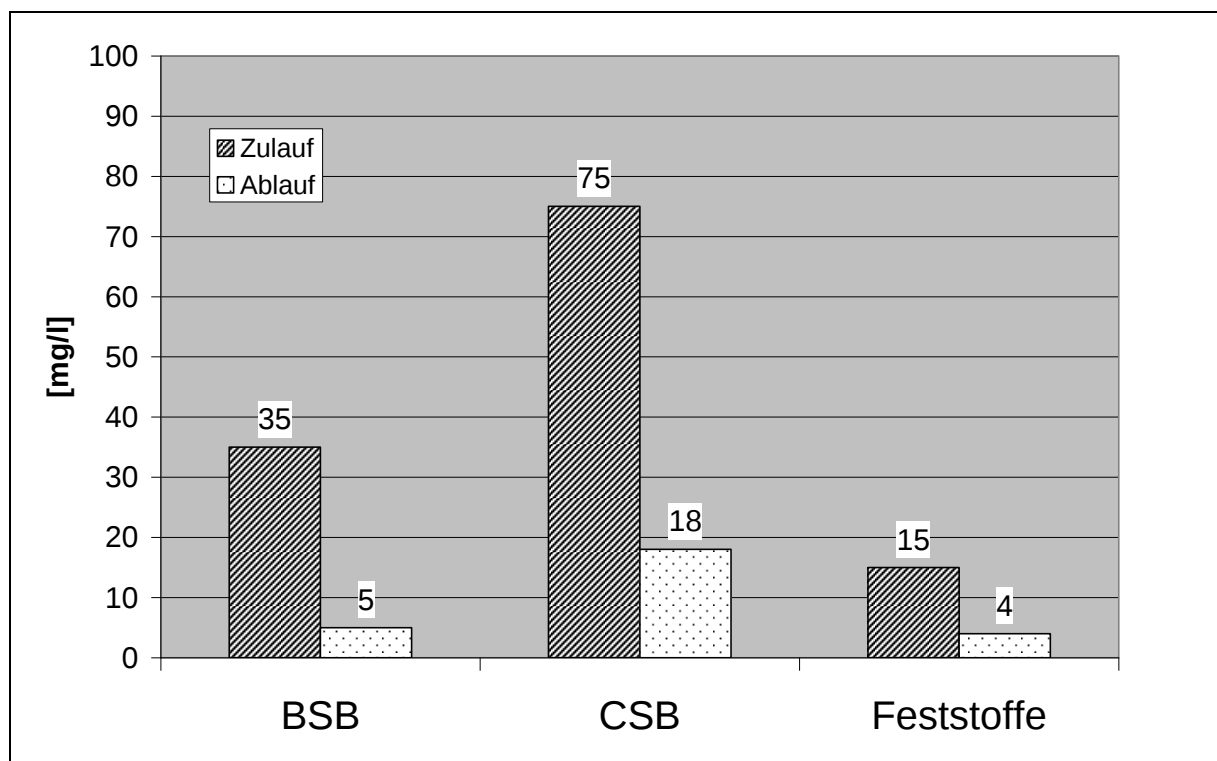


Bild 7: Mittlere Konzentrationen an BSB, CSB und Feststoffen im Zu- und Ablauf der Biofiltration

4. Zusammenfassung

Die biologische Filtration (Biofiltration) zur Abwasserreinigung in der Papier- und Zellstoffindustrie weist zahlreiche Vorteile gegenüber dem Belebungsverfahren auf. Diese Vorteile sind im Wesentlichen die Einhaltung sicherer und stabiler Betriebsergebnisse, niedrige Ablaufkonzentrationen, geringer Platzbedarf sowie niedrige Betriebs- und Investitionskosten. Die genannten Vorteile haben dazu geführt, dass heute die Biofiltration europaweit in über 20 Papier- und Zellstoff-Fabriken mit großem Erfolg zur Abwasserreinigung eingesetzt wird. Auf der Basis der vorhandenen langjährigen positiven Betriebserfahrungen stellt die Biofiltration eine Technologie nach den europäischen Anforderungen der best available technique reference papers (BREF) dar, die sich insbesondere für eine Abwasserreinigung zur Direkteinleiterqualität hervorragend eignet.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Andreas Rüdiger
Water Expert
Albert-Lezius Str. 62
D-23562 Lübeck
www.water-expert.de
info@water-expert.de