

Einsatz von Lamellenabscheidern in Belebungsbecken zur Erhöhung des Feststoffgehaltes

Dr.-Ing. A. Rüdiger, Dr.-Ing. R. Plaß

1 Einleitung

Beim Belebtschlammverfahren bilden Belebungsbecken und Nachklärung eine verfahrenstechnische Einheit.

In den letzten Jahren sind sehr viele Kläranlagen mit Belebtschlammverfahren, zusätzlich zum vollständigen BSB-Abbau, zur Stickstoffelimination und biologischen Phosphorelimination umgebaut worden. Der konventionelle Ausbau (A131) erwies sich als sehr teuer. Insbesondere der Nachklärbeckenausbau hat einen bedeutenden Anteil am Anstieg der Gesamtkosten.

In der Vergangenheit traten des öfteren auch betriebstechnische Probleme auf. Um eine Kläranlage kostengünstig zu bauen bzw. eine Erweiterung zu planen, sollten bisherige Erfahrungen soweit wie möglich mit einbezogen werden. Das führt zu verschiedenen neuen technischen Lösungen, wie z.B. dem Hintereinanderschalten von zwei Nachklärbecken, Einbinden einer Flotation vor oder im Teilstrom zum Nachklärbecken u.ä.. Diese Varianten haben bislang allerdings keine praktische Bedeutung erlangt.

Das primäre Ziel, eine hohe Biomassenkonzentration im Belebungsbecken zu sichern, wird seit langem auch mit Hilfe von Lamellen zu erreichen versucht. Der Einbau ist im Nachklärbecken bzw. als separate Lamellenabscheidereinheit möglich.

Das hier vorgestellte Lamellen-Luft-Verfahren ist eine neue Entwicklung, bei dem die Lamellen im Belebungsbecken eingebaut werden und so die bekannten Nachteile der Nachkläreinrichtung mit relativ geringen Kosten weitgehend aufgehoben werden.

Die gewünschte Biomassenkonzentration kann in der Praxis oft aufgrund schlechter Schlammindexe oder unzureichender Nachklärbecken nicht realisiert werden. Dies hat zur Folge, dass die gestellten Ablaufanforderungen nicht eingehalten werden können.

Das Lamellen-Luft-Verfahren wurde entwickelt um diese Nachteile so gering wie möglich zu halten und ein hohes, stabiles Niveau des Belebungsbeckenreinigungsvermögens zu erhalten.

Im Rahmen dieses Vortrags wird auf die Wirkungsweise, die technischen Lösungen sowie die Erfahrungen aus der Praxis mit dem Lamellen-Luft-Verfahren näher eingegangen.

2 Lamellen-Luft-Verfahren

Bei dem Lamellen-Luft-Verfahren handelt es sich um eine zweistufige Feststoffabtrennung, wobei die erste Stufe, die Feststoffvorabtrennung, bereits im Belebungsbecken vollzogen wird. Die erste Stufe (Reaktorablaufkonstruktion) besteht aus schräg im Ablauf des Belebungsbeckens eingebauten Packungen, die nach dem Prinzip des Gegenstrom-Lamellenabscheiders funktionieren, während ein konventionelles Nachklärbecken als zweite Stufe die Trennung des verbleibenden Belebtschlammes vom gereinigten Abwasser vornimmt (siehe Bild 1).

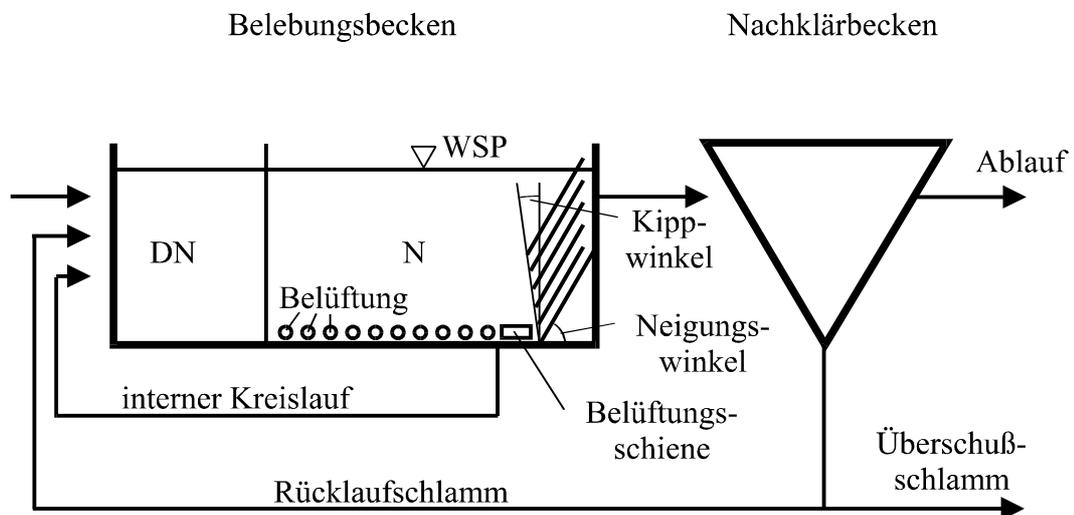


Bild 1: Verfahrensfliessbild des Lamellen-Luft-Verfahrens

Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in der Integration des kompakt gebauten Lamellenseparators in das Belebungsbecken, woraus sich kein gesonderter Rücklaufschlammstrom sowie keine Speicher-, Eindick- und Räumzone ergeben. Der in den Lamellen abgeschiedene Schlamm rutscht direkt in das Belebungsbecken zurück. Der interne Kreislauf bewirkt eine gleichmäßige

Verteilung der zurückgehaltenen Biomasse über das gesamte Becken (voldurchmischtes Becken). Die Aufenthaltszeit des Wassers wird von der Aufenthaltszeit des Schlammes entkoppelt.

Zur Steuerung des Wirkungsgrades der Feststoffvorabtrennung wird den Lamellen über eine am Boden angebrachte Belüftungsschiene Luft zudosiert. Somit kann auch bei unterschiedlichen hydraulischen Belastungen eine gleichbleibende Trockensubstanzkonzentration im Zulauf zum Nachklärbecken erreicht werden.

Die Wirkungsweise des Lamellen-Luft-Verfahrens wird über den Abscheidegrad β angegeben, der wie folgt definiert wird:

$$\beta = 1 - TS_{LS}/TS_{BB}$$

2.1 Funktionsweise der Luftbegasung

Um bei unterschiedlichen hydraulischen Belastungen einen gleichbleibenden Wirkungsgrad der Feststoffvorabtrennung zu erreichen, wird diese über die Luftbeaufschlagung gesteuert.

Die Lamellenpakete werden analog zu anderer Sedimentationseinheiten auf den maximalen Abwasserzufluß ausgelegt. Bei geringer hydraulischer Belastung, wie beispielsweise in den Nachtstunden, könnte ohne Steuerung unter Umständen der Belebtschlamm vollständig zurückgehalten werden. Hierdurch würde die Verteilung des Schlammes auf Belebung und Nachklärung verändert, so daß bei einem plötzlichen Anstieg der hydraulischen Fracht (Regenwetterereignis) vermehrt Schlamm in die Nachklärung verschleppt würde und es so zu einem Schlammabtrieb kommen könnte.

Weiterhin ist es für die Prozesssicherheit des Sedimentationsprozesses in der Nachklärung vorteilhaft eine konstante Biomassenkonzentration im Zulauf zur Nachklärung zu erreichen, da ansonsten insbesondere bei geringer Feststoffflächenbeschickung der Nachklärung der Flockenfilter in der Nachklärung zusammenbrechen könnte.

Bei geringeren hydraulischen Belastungen wird Luft über die Belüftungsschiene in die Lamellen gegeben, um so eine Turbulenz in den Lamellen zu erzeugen und den Wirkungsgrad der Feststoffvorabtrennung zu regeln (Bild 2).

Geschwindigkeitsverteilung

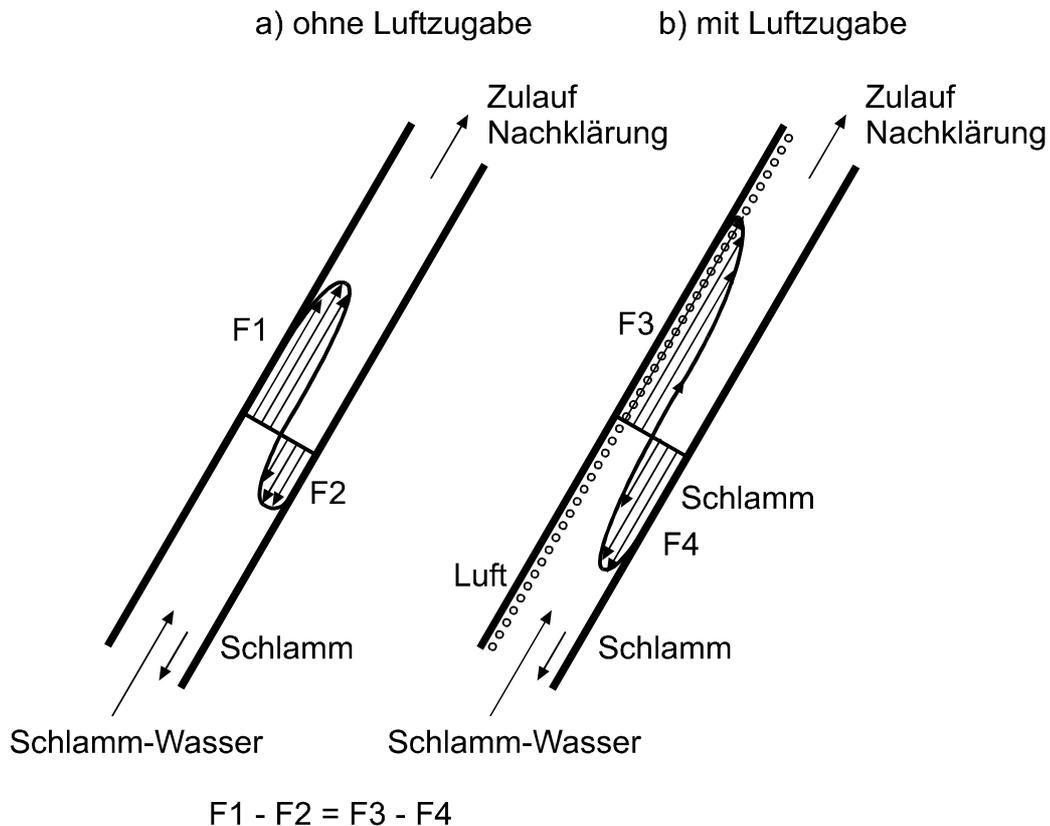


Bild 2: Auswirkung der Luftbegasung auf die Geschwindigkeitsverteilung in der Lamelle und damit auf den Abscheidegrad

Durch die Luftzugabe wird die Strömungsgeschwindigkeit am Lamellenscheitel und - da der Wasserabfluß nicht geändert wird - die Schlammabrutschgeschwindigkeit erhöht (Abbildung 3). Weiterhin wird durch die Luftdosierung verhindert, daß sich Schlamm in den Lamellen dauerhaft absetzt und es zu Denitrifikationsprozessen in den Lamellen kommt.

3 Bemessungsvorschlag

Zum besseren Verständnis ist der hier vorgestellte Bemessungsvorschlag analog der Bemessung für Nachklärbecken der ATV A131 aufgebaut. Der Bemessungsvorschlag gilt bei nachfolgenden Randbedingungen:

TS_{BB} : bis zu 8,0 kg/m³

q_A : bis zu 4 m/h

Neigungswinkel: 55 – 60°

Lamellenlänge: 1,5 - 2,5 m

3.1 Lamellenfläche

Die erforderliche effektive Oberfläche der Lamellen oder auch die auf die Horizontale projizierte Fläche errechnet sich aus der maximalen aus den Lamellen fließenden Wassermenge und der zulässigen Oberflächenbeschickung. Bei Ermittlung der maximalen Wassermenge ist der Rücklaufschlammstrom, der ebenfalls durch die Lamellen fließt, zu dem Zufluß zu addieren (Bild 1). Die zulässige Oberflächenbeschickung errechnet sich analog der ATV A 131 zu:

$$A_{\text{eff.}} = Q_{\text{max,Lam}} / q_A$$

mit:

$$q_A = q_{SV} / (TS_{BB} * ISV_{BB} * \beta) * k$$

Die Schlammvolumenbeschickung wurde mit 450 l/(m²*h) gleich der Schlammvolumenbeschickung für horizontal durchströmte Nachklärbecken gesetzt. Der Korrekturfaktor k gibt die Sicherheitsreserven sowie den Einfluß unterschiedlicher Lamellenquerschnittsgeometrien an.

3.2 Belüftungsschiene

Unterhalb der Lamellenpakete bzw. davor ist die Belüftungsschiene befestigt (Bild 3). Die Luftverteilung bzw. die daraus resultierende Geschwindigkeitsverteilung in den Lamellen ist einer theoretischen Betrachtung nicht zugänglich, demzufolge ist zur Zeit der Luftvolumenstrom mit Hilfe von empirischen Werten auszulegen. Ein Luftvolumenstrom von max. 0,05 m³/(m²*h) genügt nach eigenen Untersuchungen, um bei nicht maximaler hydraulischer Beschickung die zur Aufrechterhaltung des Wirkungsgrades notwendige Energie einzubringen. Zusätzlich können die Lamellen durch einen kurzfristigen Spülstoß (Spülluftgeschwindigkeit: 15-20 m/h) gereinigt werden.

4 Beckengeometrie

Durch das Lamellen-Luft-Verfahren wird die Aufenthaltszeit des Abwassers von der Aufenthaltszeit des Schlammes entkoppelt. Da der aus den Lamellen abrutschende Schlamm im Belebungsbecken vermischert werden muß, ist die Beckengeometrie von entscheidender Bedeutung. Zu unterscheiden ist zwischen volldurchmischten Becken wie es Oxidationsgräben, Karruselbecken und Rundbecken in der Regel sind und Becken mit Pfropfenströmung, wie z.B. längsdurchströmten Reckteckbecken.

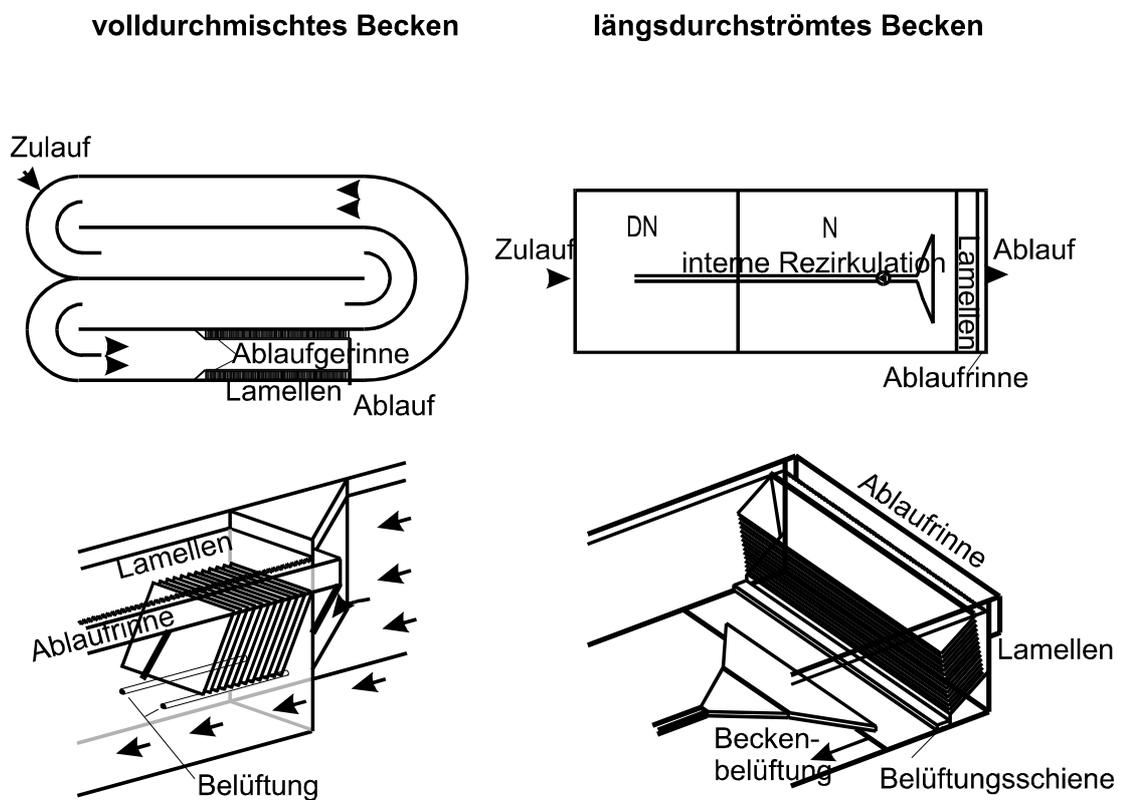


Bild 3: Möglichkeiten des Einbaus des Lamellen-Luft-Verfahrens in unterschiedliche Beckengeometrien

Bei volldurchmischten Becken (Rundbecken, Oxidationsgraben) ist der Einsatz des Lamellen-Luft-Verfahrens erprobt. Die Anordnung der Lamellenpakete im Becken unterliegt hydraulischen und betrieblichen Aspekten. So ist eine gleichmäßige Anströmung der Lamellenpakete und die Einhaltung einer Mindestströmgeschwindigkeit unterhalb der Lamellen ebenso wie die Vermeidung von Schwimmschlammansammlungszonen zu berücksichtigen.

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens des Wupperverbandes mit finanzieller Unterstützung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, wird das Lamellen-Luft-Verfahren in einer Belebungsstraße des Klärwerkes Wuppertal-Buchenhofen erstmalig in einem längsdurchströmten Becken eingesetzt. Der aus den Lamellen abrutschende Schlamm soll mit dem internen Rezirkulationsstrom (vorgeschaltete Denitrifikation) in das Denitrifikationsbecken gefördert werden. Hierzu wird ein eigens konzipiertes Schlammsammel- und Rückführsystem eingebaut. Die großtechnischen Versuche werden 2000 beginnen.

Bei mehreren hintereingeschalteten Belebungsbecken ist zu berücksichtigen, dass durch den Einbau der Lamellen im letzten Belebungsbecken der TS-Gehalt auch in den vorderen Belebungsbecken durch interne Rezirkulationsströme entsprechend erhöht wird. Grundsätzlich ist auch ein Einbau an unterschiedlichen Stellen möglich. So kann z.B. bei dem Verfahren der Kaskadendenitrifikation in jeder Kaskade eine TS-Erhöhung durch das Lamellen-Luft-Verfahren erreicht werden. Aber auch in Anaerobbecken kann so die Schlammkonzentration angehoben werden. Zu beachten ist dabei, dass die Kosten des Verfahrens mit der effektiven Absetzfläche und somit mit dem maximalen Volumenstrom korrelieren.

5 Beispiele

Das Lamellen-Luft-Verfahren wurde bisher auf folgenden Anlagen realisiert bzw. befindet sich in der Realisierung:

Tabelle 1: Kläranlagen auf denen das Lamellen-Luft-Verfahren eingesetzt wird bzw. die sich in Realisierung befinden

Kläranlage	Größe	Inbetriebnahme	Besonderheiten
Siegen-Netphen	12.000	1998	Einbau im laufenden Betrieb
Walkenried	16.000	1998	Neubau, Rundbecken
Oberspreewald	7.150	1998	
Kötschach-Mauthen	7.000	1999	Neubau, Betreibermodell
Glubczice	70.000	1999	
Wuppertal-Buchenhofen	1/6 von 650.000	2000	längsdurchströmtes Rechteckbecken

Opole	250.000	2000	Erweiterung
Weiershagen	13.000	2000	Erweiterung von 8.000 auf 13.000 ohne Beckenneubau
Kohlfurth	156.000	2001	

Erste Betriebsergebnisse der KA Siegen-Netphen wurden in der Korrespondenz Abwasser im II.Quartal 2000 veröffentlicht. Im Vorgriff kann berichtet werden, dass auf der KA Siegen-Netphen ein Abscheidegrad von 25% eingehalten wird, wobei ein Optimierungspotential von weiteren ca. 10% durch Änderung der Anordnung der Lamellenpakete im Belebungsbecken (Oxidationsgraben) gegeben ist. Auf der KA Walkenried wird der vom Anlagenhersteller garantierte Abscheidegrad von 50% sicher eingehalten. Da auf der KA Walkenried zur Zeit keine Steuerung des Abscheidegrades über eine Luftdosierung vorgenommen wird beträgt der Abscheidegrad in der Regel 80% und mehr, zeitweise bis 100%.

6 Zusammenfassung

Mit dem vorgestellten Lamellen-Luft-Verfahren ist eine effektivere Nutzung der vorhandener Beckenvolumina möglich. Insbesondere durch die Erhöhung der Biomassenkonzentration können wertvolle Recourssen (Investitionen und Flächen) effektiver genutzt werden.

Dabei ergeben sich aus der Integration der kompakt gebauten Lamellen in das Belebungsbecken die Vorteil, dass kein gesonderter Rücklaufschlammstrom sowie keine Speicher-, Schlammendick- und Räumzone ergeben. Durch das Lamellen-Luft-Verfahren kann eine Biomassenkonzentration von bis zu 8,0 kg/m³ prozesssicher erreicht werden. Durch die Luftzugabe kann der Wirkungsgrad und somit die Biomassenkonzentration im Zulauf zur Nachklärung auf ca. 0,2 g/l genau gesteuert werden. Die Bemessung der Lamellen erfolgt über die Lamellenoberfläche, wobei die Bemessung in Anlehnung an das Arbeitsblatt A 131 vorgenommen wurde. Das Lamellen-Luft-Verfahren basiert auf physikalischen Grundlagen (Sedimentation), d.h. die biologischen Bemessungsansätze (Schlammalter, Wachstumskoeffizienten etc.) werden nicht verändert. Großtechnisch sind Abscheidegrade mit dem Lamellen-Luft-Verfahren von 50% erreichbar, d.h. eine Verdoppelung der Biomassenkonzentration im Belebungsbecken ohne dass diese zusätzliche Biomasse die Nachklärung belastet.

7 Abkürzungsverzeichnis

α :	Neigungswinkel der Lamellen gegenüber der Horizontalen, in der Regel 55 - 60°[°]
β :	Abscheidegrad
$A_{\text{eff.}}$:	effektive Absetzfläche = $n \cdot A_{\text{Lam}} \cdot \cos \alpha$
A_{Lam} :	Fläche einer Lamelle (Breite x Länge)
ISV_{BB} :	Schlammvolumenindex des Schlammes im Belebungsbecken [ml/g]
k :	Korrekturfaktor
n :	Lamellenanzahl
q_A :	Oberflächenbeschickung
$Q_{\text{max,Lam}}$:	maximaler Wasserdurchfluß durch die Lamellen [m ³ /h]
q_{SV} :	Schlammvolumenbeschickung [l/(m ² *h)]
TS_{BB} :	Biomassenkonzentration im Belebungsbecken
TS_{LS} :	Biomassenkonzentration im Ablauf der Lamellen

8 Literatur

BDE; Die Entwicklung der Marktnachfrage nach Abwasserentsorgungs-dienstleistungen in Deutschland, BDE, ISBN 3-926108-41-X, 1997, Seite 85

Plaß, R., Sekoulov, I. ; Leistungsverbesserung durch den Einsatz von Lamellenpaketen im Belebungsbecken ATV-Seminar 211/99: Leitungsverbesserung bestehender Kläranlagen, März 1998; ATV, Hennef

Plaß, R.: Untersuchungen zur Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes im Belebungsbecken durch den Einsatz von Lamellenpaketen; Hamburger Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Heft 21, Technische Universität Hamburg-Harburg, 1998, ISBN 3-930400-20-0

Plaß, R., Sekoulov, I.: Enhancement of biomass concentration in activated sludge systems Wat. Sci. Tech., Vol. 32, No. 7, 1995, Seite 151 – 157

Plaß, R.: Biomass-Raising un activated sludge systems by a special reactor outlet design WEF specialty conference: New and emerging environmental technologies and products for stormwater collection and treatment of wastewater: a global perspective, Juni 1995, Toronto, ISBN 1-881369-59-5

Anschrift des Verfassers

Dr.-Ing. Andreas Rüdiger
Albert-Lezius-Str. 62
D-23562 Lübeck
Tel: +49 (0) 451 2037 782
Fax: +49 (0) 451 2037 783
E-Mail: info@abwasser-sachverstaendiger.de
Internet: www.abwasser-sachverstaendiger.de