

Bernd Goldberg

Biologische Phosphoreliminierung mit Kleinkläranlagen?

Entwicklung der Ablaufbeschaffenheit aus Kleinkläranlagen von der „Fäulnisunfähigkeit“ bis zur biologischen Phosphoreliminierung.

Mit den ersten beiden Ausgaben der DIN 4261 für Kleinkläranlagen (KKA) aus den Jahren 1942 und 1954, als dieser Anlagentyp noch in den Kinderschuhen steckten, wurde mit diesen Normen lediglich bestimmt, wie diese Abwasserbehandlungsanlagen auszusehen hatten. Zu jener Zeit ging es bei der Abwasserbehandlung mit Kleinkläranlagen um eine „mechanische“ Abwasserbehandlung auf dem Wege der Sedimentation in Betonbehältern. Bedeutsam war in diesem Zusammen ein bestimmtes Nutzvolumen für eine „angemessene“ Aufenthaltszeit. Die mit diesen Normen für KKA bestimmten spezifischen Nutzvolumen (Liter je Einwohnerwert) und Mindestvolumen der betreffenden Behälter (m³) waren abgeleitet aus den vorliegenden Erfahrungen mit kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen. Und bei diesen Kläranlagen ging es seinerzeit noch überwiegend um Anlagen ohne eine biologische Stufe.

Ein Reinigungsziel für KKA wurden erstmalig mit der DIN 4261-1:1970 bestimmt:

Die Ausgabe der deutschen Kleinkläranlagen-Normenreihe war auch die erste Ausgabe mit dem Zusatz „Teil 1“ und „Kleinkläranlagen ohne Abwasserbelüftung“. Sie enthielt neben den Bestimmungen für Absetzgruben, Untergrundverrieselungsanlagen und Sandfiltergräben, wie die vorangehenden Ausgaben, auch Bestimmungen zu Tropfkörpern.

Die Ausgabe der DIN 4261 aus dem Jahr 1970 enthielt zum Abschnitt über Tropfkörper aber auch die Fußnote: „Eine Norm für KKA mit Abwasserbelüftung ist in Vorbereitung“.

Es ist heute müßig, über die Gründe zu fabulieren, weshalb nach der Ankündigung einer Norm für KKA mit Abwasserbelüftung bis zu deren Veröffentlichung als DIN 4261-2:1984-06 vierzehn Jahre vergehen mussten.

Mit den Anlagen zur Untergrundverrieselung und Sandfiltergräben nach Vorreinigung, also Anlagenkonfigurationen mit einer Einleitung des behandelten Abwassers in den Untergrund oder in das Grundwasser sollte eine Reinigung bis zur Fäulnisunfähigkeit sichergestellt werden. Dabei ist es heute nicht mehr wichtig,

weshalb die Anlagenkonfiguration Vorreinigung mit Untergrundverrieselung damals als „biologische Reinigung“ bezeichnet wurde. Diese „Reinigung bis zur Fäulnisunfähigkeit“ war damit aber das erste für Kleinkläranlagen mit einer Norm deklarierte Reinigungsziel. Für die Feststellung der Fäulnisunfähigkeit gab es auch eine konkrete Untersuchungsmethode, die heute schon fast vergessene H22 Metyhlenblauuntersuchung. Ergänzend zu den Bestimmungen dieser Norm enthielten Erläuterungen folgende Aussage:

„Die Prüfung auf Fäulnisunfähigkeit wird mit der Metyhlenblau-Probe vorgenommen. Eine eingehende Prüfung kann wegen der Vielzahl der vorhandenen Anlagen und des damit verbundenen Zeitaufwands nicht durchgeführt werden. Somit gilt als fäulnisunfähig ein Abwasser, das sich bei der Prüfung mit Metyhlenblau nach 5 Tagen nicht entfärbt hat“.

Metyhlenblauuntersuchung

Für die Einleitung von Abläufen aus Kleinkläranlagen in ein oberirdisches Gewässer wurde mit der DIN 4261-1:1970 bestimmt,

dass das Abwasser vorher biologisch zu reinigen ist. Für den Umfang oder das Maß einer solchen biologischen Reinigung wurde bestimmt, dass auch mit Tropfkörpern eine biologische Reinigung bis zur Fäulnisunfähigkeit erreicht werden kann.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass bereits in der ersten Ausgabe der DIN 4261 aus dem Jahr 1942 Tropfkörper als Anlagen für eine biologische Abwasserbehandlung bei „Grundstückskläranlagen“ deklariert wurden.

Das Vorwort der DIN 4261-1:1970 enthielt die wichtige Bestimmung, dass KKA verwendet werden dürfen, wenn sie mit einem Prüfzeichen versehen sind. Obwohl die Norm noch keine Regelungen über die Prüfzeichenbeantragung und -erteilung enthielt, wurde ein erstes Prüfzeichen (PA-I 1792) für eine Dreikammer-Faulgrube am 1.12.1970 erteilt. Der Autor geht davon aus, dass diese Prüfzeichen für Kleinkläranlagen ohne Abwasserbelüftung auf der Grundlage einer erst mit der nächsten Ausgabe der DIN 4261-1 im Jahr 1983 bestimmten „Typprüfung als Zeichnungsprüfung“ erteilt wurden.

Für Kleinkläranlagen mit Abwasserbelüftung wurden auf der Grundlage einer „Richtlinie für die praktische Prüfung von KKA mit Abwasserbelüftung“ des Instituts für Bautechnik, Berlin (heute DIBt), im Juni 1977 ersetzt durch „Bau- und Prüfgrundsätze für KKA mit Abwasserbelüftung“, Prüfzeichen erteilt.

Voraussetzung für die Erteilung eines Prüfzeichens für KKA mit Abwasserbelüftung war zu jener Zeit der Nachweis der Erreichung folgender Reinigungsleistungen im praktischen Betrieb:

- BSB₅: 30 mg/l aus 24 h-Mischprobe
45 mg/l aus 2 h-Mischprobe
- CSB: 120 mg/l aus 24 h-Mischprobe
180 mg/l aus 2 h-Mischprobe

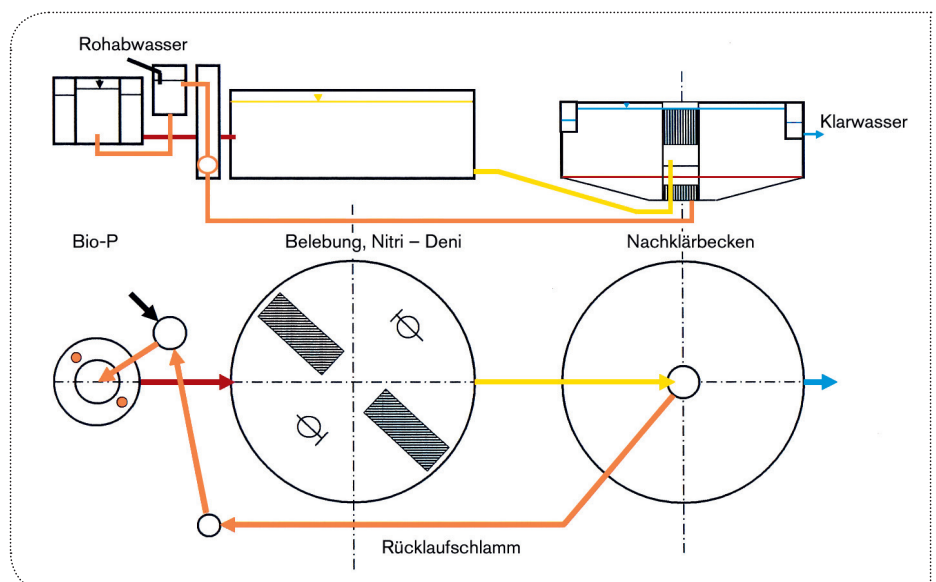


Bild 1 Kläranlagen-Schema mit biologischer Phosphorelimination

Quelle: (7): Ing.-Büro Goldberg

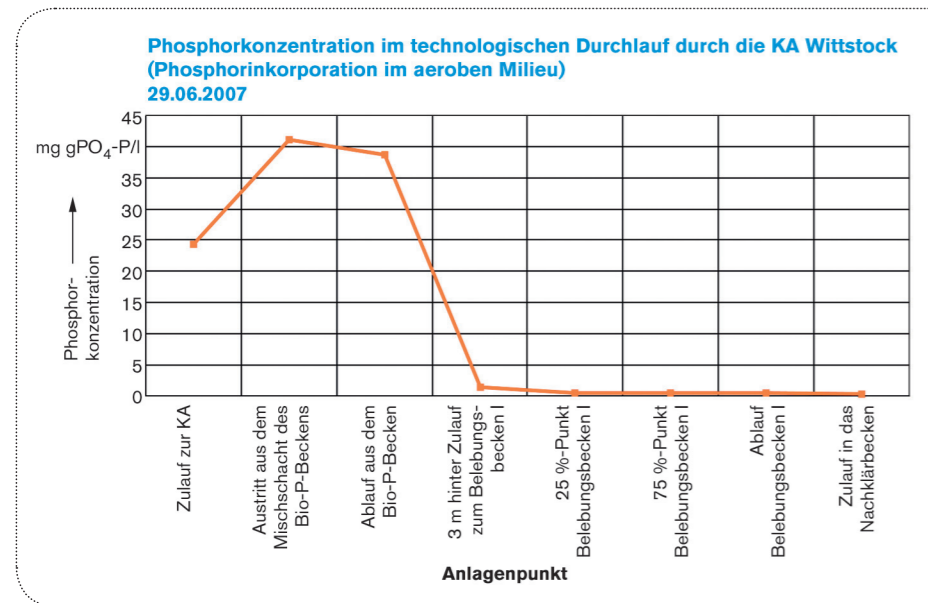


Bild 2 Phosphorkonzentrationen im technologischen Längsschnitt der Kläranlage Wittstock

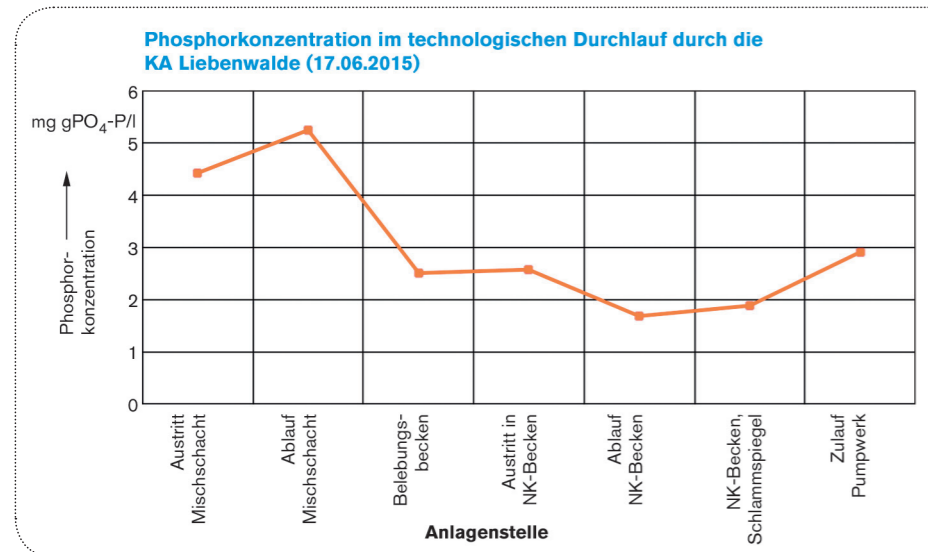
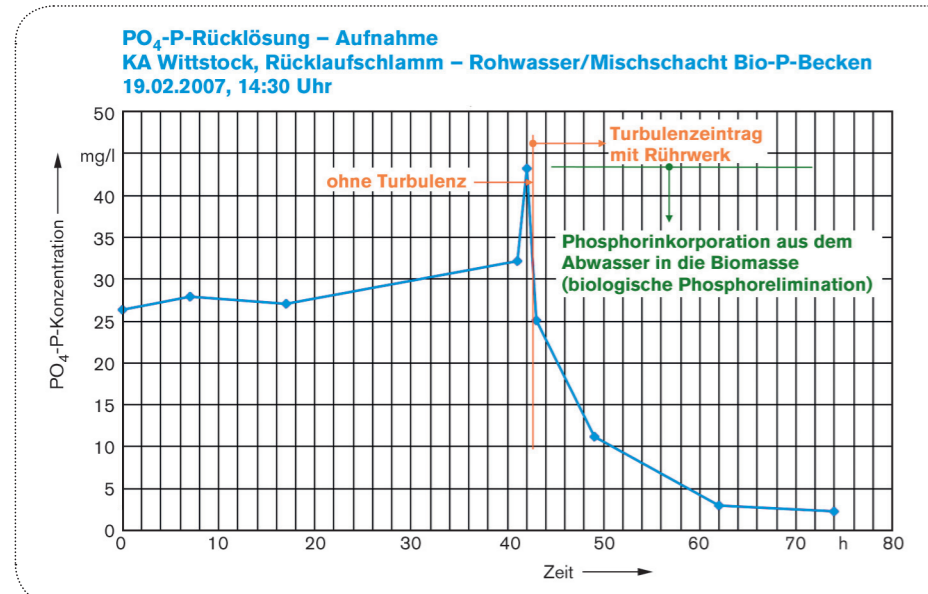


Bild 3 Phosphorkonzentrationen im technologischen Längsschnitt der Kläranlage Liebenwalde



Dies waren die ersten Anforderungen an die Ablaufbeschaffenheit für deutsche Kleinkläranlagen mit Werten für die klärtechnisch relevanten Parameter organischer Abwasserinhaltsstoffe.

Mitte der 1980er Jahre – in der Zeit der Veröffentlichung der DIN 4261-2:1984 sowie der Herausgabe der Abwasserherkunftsvorschrift (3.7.1987) und der Rahmen-Abwasser-Verwaltungsvorschrift – wurden mit Zulassungsgrundsätzen des DIBt für die Prüfung von Kleinkläranlagen die Anforderungen an die Ablaufbeschaffenheit für organische Abwasserinhaltsstoffe auf die auch heute noch geltenden Ablaufkonzentrationen festgelegt:

- BSB₅: 40 mg/l
- CSB: 150 mg/l.

Vergabe von Prüfzeichen

Obwohl die Norm für Kleinkläranlagen mit Abwasserbelüftung erst im Jahr 1984 zur Veröffentlichung gekommen ist, wurden Prüfzeichen für derartige Anlagen seit 1977 erteilt. Entwicklungsbedingt handelte es sich bei diesen KKA insbesondere um Tropfkörperanlagen. Das erste Prüfzeichen für eine KKA nach dem Belebtschlammverfahren wurde schon am 3.11.1978 unter der Zeichen-Nummer PA-I 2790 an die Fa. Menzel aus Stuttgart erteilt. Dieses Prüfzeichen wurde auf der Grundlage einer praktischen Prüfung der betreffenden KKA durch das Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Wassergüte und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart, Dr. Ing. Kh. Krauth (Prüfbericht vom April 1978) erteilt.

Ergebnisse der praktischen Prüfung (Mittelwerte) dieser Anlage:

- BSB₅: 7,3 mg/l
- CSB: 50 mg/l
- Schlammkonzentration: 3,40 kg TS/m³
- Schlammbelastung: 0,0155 kg BSB₅/kg TS × d.

Es handelte sich um eine Belebtschlamm-anlage im Durchlaufbetrieb mit einer Rücklaufschlammförderung aus der Nachklärkammer in die Belebtschlammkammer.

Aus der Fa. Menzel ist später die Fa. Ökoservice aus Denkendorf hervorgegangen und hat nach weitergehenden Untersuchungen am 24.11.1986 das Prüfzeichen PA-I 3533 für diese Belebtschlammanlage erhalten. Für diese Anlage wurde am 13. 11. 1995 auch die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-55.3-3 erteilt. Es war die erste allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, die vom DIBt für eine Kleinkläranlage nach dem Belebtschlammverfahren erteilt wurde. Eine Weiterentwicklung der KKA von Ökoservice in den 1990er Jahren passte noch

Bild 4 Zeitlicher Verlauf der Phosphorkonzentration eines Belebtschlamm-Abwasser-Gemischs in einer Versuchsanordnung

nicht in das „Kleinkläranlagenmuster“ der DIN 4261-2 und des DIBt. Es handelte sich um eine Belebtschlammanlage nach dem SBR-Verfahren.

Erste SBR- Kleinkläranlage

Mit einem Prüfbericht eines zertifizierten Prüfinstituts über die praktische Prüfung in der Zeit vom 8.9.1997 bis zum 22.10.1998 wurden für diese Anlage folgende Ablaufwerte bescheinigt:

- BSB₅ < 5 mg/l
- CSB: 61,5 mg/l
- NH₄-N < 0,2 mg/l.

Es handelte sich bei dieser Anlage aber nicht nur um die erste funktionsfähige deutsche SBR-Kleinkläranlage, sondern auch um die erste KKA mit einer aeroben Schlammstabilisierung. Sie wurde nicht mehr mit einer Vorklärung im klassischen Kleinkläranlagenmuster jener Zeit, sondern mit zwei in Reihe angeordneten Belebungs-kammern mit folgenden Schlammkonzentrationen betrieben:

- Belebungs 1: 160 ml/l bis 510 ml/l Schlammvolumen
- Belebungs 2: 140 ml/l bis 550 ml/l Schlammvolumen

Obwohl die Fa. Ökoservice für diese zu jenem Zeitpunkt einmalige Verfahrensführung keine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erlangen konnte, vertritt diese Firma ihre KKA unter dem Namen BioTop seit 1998 erfolgreich, insbesondere in Baden-Württemberg.

Bekanntermaßen wurden vom DIBt Zulassungen für SBR-Anlagen und KKA mit einer aeroben Schlammstabilisierung erst viel später erteilt. Erste DIBt-Zulassungen für SBR-Anlagen wurden erteilt für:

- Fa. Finger-Beton Sonneborn: Z-55.3-50 vom 28. 3. 2000
- Fa. ATB: Z-55.3-53 vom 7. 6. 2000.

Nach Beginn der Europäisierung der deutschen Kleinkläranlagen änderte sich bekanntermaßen schrittweise auch die Haltung des DIBt zu seinen Zulassungsgrundsätzen für Kleinkläranlagen.

Beispielhaft werden dazu unter den Schlüsselnummern Z-55.4 und Z-55.41 erteilt allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen für Filteranlagen mit „Steinwolle“ angesprochen, bei denen die in den betreffenden Anlagen realisierten Anlagenkomponenten wie z. B. Vorklärvolumen, Filtervolumen, Filtermaterial mit den Bestimmungen in den jeweils geltenden Zulassungsgrundsätzen nicht viel gemein hatten.

Und so ist auch die Zeit gekommen, dass für eine Kleinkläranlage ohne sedimentative Abwasservorbehandlung, sondern mit einer belüfteten Vorklärung und aerober Schlammstabilisierung, am 29. 4. 2014 vom DIBt erste Anwendungszulassungen unter den Nummern Z-55.31-469 (C) und Z-55.31-470 (D) an die Fa. Aquato unter der Typen-

bezeichnung STABI-KOM erteilt wurde. Dieser ersten DIBt-Zulassung für eine KKA mit einer aeroben Schlammstabilisierung sind 2015 weitere gefolgt:

- Fa. Kordes Z-55.31-567/56, Autark C/D am 29. 9. 2014
- Fa. Graf Z 55.31-58, easy One C am 19. 12. 2014
- Fa. Klaro Z-55.31-614/615, Klaro One N/C am 27. 3. 2015
- Fa. Nordbeton Z-55.31-635/636, Bluemover C/N am 25. 6. 2015.

Biologische Phosphoreliminierung

Die biologische Phosphoreliminierung im heutigen Sinne der Lehre der Abwasserbehandlung wird als Phosphor-Luxus-Speicherung heterotropher Bakterien unter Stress-Bedingung des Wechsels zwischen einem aeroben und anaeroben Milieu verstanden. In den 1970er Jahren wurde sie aus Südafrika bekannt. Mitte der 1980er Jahre war der Autor an Entwicklungen dieser Verfahrensführung an der TU Dresden für die Abwasserbehandlung auf einer der (Ost-)Berliner Kläranlagen beteiligt.

Neue Kläranlagen für die Behandlung kommunaler Abwässer nach dem Belebtschlammverfahren sind seit Anfang dieses Jahrhunderts in den meisten Fällen mit einer biologischen Phosphoreliminierung ausgestattet.

Kennzeichnend für diese Verfahrensführung ist der Verzicht auf eine sedimentative Abwasservorbehandlung. Nach einer Grobstoffentfernung mittels Feinrechen oder Siebanlagen und einem Sandfang wird das Rohabwasser mit dem Rücklaufschlamm aus der Nachklärung vermischt. In einem Bio-P-Becken mit einem anoxischen/anaeroben Milieu geben die Bakterien des Rücklaufschlammes zuvor als Energiespeicher inkorporierten Phosphor in die flüssige Phase des Abwasser-Belebtschlamm-Gemischs unter Nutzung der leicht abbaubaren Kohlenstoffverbindungen des Rohabwassers ab. Dieser Prozess wird häufig mit Rührwerken im Bio-P-Becken zur Durchmischung unterstützt. In diesem Prozessabschnitt der Abwasserbehandlung treten deshalb in der flüssigen Phase höhere Phosphorkonzentrationen als im Rohabwasser auf. Aus dem Bio-P-Becken fließt das Belebtschlamm-Abwasser-Gemisch in die Becken für die Nitrifikation mit einem aeroben Milieu. Bei Anlagen mit einer simultanen Nitrifikation/Denitrifikation wird in die Becken dieser Stufe in Abhängigkeit von der Nitratkonzentration und dem Redox-Potenzial durch eine alternierende Belüftung Sauerstoff eingetragen. Unter den aeroben Bedingungen dieser Anlagenstufe nehmen die für die biologische Phosphoreliminierung adaptierten Bakterien nahezu spontan den Phosphor aus der flüssigen Phase des Belebtschlamm-Abwas-

ser-Gemischs auf und speichern ihn als Energiespeicher „für schlechte Zeiten“ in ihren Zellen.

Mit dem Überschussschlamm wird dieser zusätzlich gespeicherte Phosphor aus dem System der Abwasserbehandlung abgezogen. Die Phosphorkonzentrationen guter Klärschlämme sind auf diese Weise häufig höher als in mineralischen Phosphordüngern.

Die Ganglinie der Phosphorkonzentrationen im technologischen Längsschnitt der KA Wittstock (Bild 2) zeigt die Erhöhung der Phosphorkonzentration im Bio-P-Becken gegenüber dem Kläranlagenzulauf durch die Phosphorfreisetzung im anaeroben Milieu dieser Verfahrensstufe und die nahezu spontane Phosphorinkorporation im aeroben Belebtschlammbecken.

Bei der Kläranlage Liebenwalde hat der Autor diesen Verlauf der Phosphorkonzentration an den maßgebenden Stellen des technologischen Längsschnitts gleichermaßen, wenn auch auf einem geringeren Konzentrationsniveau nachgewiesen.

Im Labormaßstab kann der Prozess der Phosphorrücklösung unter anaeroben Bedingungen und der Phosphorinkorporation messtechnisch nur bedingt nachgewiesen und dargestellt werden (siehe Bild 4).

Bild 5 zeigt die Versuchsanordnung in der Phase ohne Energieeintrag. In einer Zeit von ca. 40 Stunden ist nur eine geringe Erhöhung der Phosphorkonzentration eingetreten. Die Einzelproben wurden jedoch auch nur an der Oberfläche des Versuchsreaktors entnommen. Unmittelbar nach der mit der Einschaltung des Rührwerks bewirkten Durchmischung konnte die in der vorangehenden Zeit eingetretene Phosphorfreisetzung für den gesamten Reaktor festgestellt werden. Der durch die Turbulenz mit dem Rührwerk (Bild 6) bewirkte Sauerstoffeintrag hatte die in der Ganglinie erkennbare Phosphorinkorporation zur Folge. Infolge des relativ geringen Sauerstoffeintrags über den Turbulenzstrudel ist die Phosphorinkorporation langsamer verlaufen als im Belebungsbecken der Kläranlage.

Die für eine biologische Phosphoreliminierung wichtigen Bedingungen sind:

- kontinuierlicher Abwasserzufluss und Rücklaufschlammförderung
- Denitrifikation des Abwassers in der biologischen Stufe (geringe Nitratkonzentration in der flüssigen Phase des Rücklaufschlammes).

Folgende anlagentechnische Ausstattung ist wünschenswert :

- Mischung des Rohwassers und des Rücklaufschlammes
- Turbulenz in einem Bio-P-Becken ohne Sauerstoffeintrag mit Rührwerken zur Unterbindung einer Sedimentation des Belebtschlammes und Sicherstellung eines guten Grenzflächenaustauschs zwischen dem Belebtschlamm und dem Abwasser.



Bild 5 Versuchsanordnung zur messtechnischen Erfassung der Phosphorrücklösung

Diese Bedingungen lassen sich in Kleinkläranlagen nur in sehr begrenztem Maße realisieren.

Es geht aber doch

Neben den sehr guten Reinigungsleistungen der Kleinkläranlagen mit aerober Schlammstabilisierung hinsichtlich des Abbaus der organischen Abwasserinhaltsstoffe, einer weitgehenden Nitrifikation und Denitrifikation sowie dem extrem geringen Schlamm-anfall ist bei den praktischen Prüfungen dieser Anlagen auch eine über den für den Zellaufbau erforderlichen Phosphorverbrauch hinausgehende Verminderung des Phosphors zwischen Zulauf und Ablauf ohne Phosphatfällung festgestellt worden. Das Beispiel:

Kordes-Anlage

Autark (Einkammeranlage):
8 Messwerte (PIA) von Juli bis Oktober 2013, für P_{ges.}:
Zulauf: 7,25 mg/l und Ablauf: 3,09 mg/l



Bild 6 Phosphorinkorporation eines Belebtschlamm-Abwasser-Gemischs

Nordbeton-Anlage Bluemover:

Rohwasser (Messwerte MFPA Weimar):
P_{ges.} (mg/l): 11,20 mg/l Rohwasser
P_{ortho} (mg/l): 8,94 mg/l Rohwasser
Schlammfiltrat belüftete Vorklä- rung (Messwerte des Autors)
vom 12. – 13. 5. 2015:
P_{ges.} (mg/l): 6,48 mg/l
P_{ortho} (mg/l): 6,34 mg/l

An einer im Mai 2015 eingebauten Nordbeton-KKA Bluemover (mit belüfteter Vorklä- rung) hat der Autor folgende Minderungen der Phosphorkonzentration vom Rohabwas- ser zum Überstand der belüfteten Vorklä- rung im Juli 2015 gemessen:

- sedimentierte Probe P_{ges.}: 22,7 mg/l
- homogenisierte Probe P_{ges.}: 37,96 mg/l
- Überstand: 8,47 mg/l

Die vorstehenden „Ablaufmesswerte“ für den Gesamtphosphor liegen zwar über dem Wert der Mindestanforderung für Phosphor- ablaufkonzentrationen für Kläranlagen der Größenklasse 4 (> 600 kg BSB_{5,roh}/d oder 5.000 E) in Höhe von 2 mg/l, sie sind aber auf eine biologische Phosphoreliminierung zurückzuführen. Es handelt sich in den vor- genannten Fällen weder um eine ange- strebte, noch um eine gesteuerte biologische Phosphoreliminierung. Diese Wirkung der biologischen Phosphoreliminierung wird durch die Verfahrensführung der aeroben Schlammstabilisierung ermöglicht. Die Fa. Ökoservice hat seine schon benannte KKA für eine biologische Phosphoreliminie- rung weiterentwickelt und vertreibt diese seit 2012 unter der Bezeichnung BioTopp, weiter- hin auch ohne DIBt-Zulassung, erfolgreich. Die Tabelle 1 zeigt die Ablaufmesswerte von 5 dieser Anlagen aus dem Jahr 2015.

Konfiguration und Dimensionierung für eine biologische Phosphoreliminierung

Die für eine biologische Phosphoreliminie- rung erforderlichen Bedingungen können bei einer Kleinkläranlage unter folgenden Voraussetzungen erreicht werden:

Anlagenkonfiguration:

- zwei hydraulisch nicht mit einander ver- bundene Behälter oder Behälterkammern
- Behälter 1 oder Kammer 1 hat die Funk- tion eines Pufferspeichers
- beide Behälter oder Kammern mit einer feinblasigen Belüftung

Betriebsweise:

- zyklischer Betrieb mit Zykluszeiten von 3 bis 4 Stunden in beiden Behältern oder Kammern
- Belüftungsregime in beiden Behältern oder Kammern nach der Einfahrphase für den Belebtschlammaufbau nicht synchron
- Kammer 2 wird für eine Nitrifikation und Denitrifikation betrieben (belüftet)

- Kammer 1 wird nach dem Belebtschlamm- aufbau für ein anoxisch/anaerobes Milieu betrieben (belüftet)

Zyklusgliederung:

bei einer Zykluszeit von z. B. 3 Stunden
Takt 1 : 2 Stunden
Rücklaufförderung aus Kammer 2 in Kammer 1 (Zeittakt)
Belüftung
Takt 2 : 0,5 Stunden
Sedimentation
Takt 3 : 0,5 Stunden
Klarwasserabzug aus Kammer 2 (bis auf Min-Füllhöhe in Kammer 2)
Dosierung aus Kammer 1 in Kammer 2 (bis auf Min-Füllhöhe in Kammer 1)

Belüftungsregime:

Verhältnis Belüftung ein: Belüftung aus
Kammer 1: 1:20 bis 1:40
Kammer 2: 1:2 bis 1:3

Dimensionierung:

B_{TS} ≤ 0,050 kg BSB₅/kg TS × d
B_R ≤ 0,20 kg BSB₅/m³ × d
Puffer Kammer 1 nach Zulassungsgrund- sätzen des DIBt für KKA

Belebtschlammkonzentration:

Kammer 2: 4 bis 6 kg TS/m³
Kammer 1: 6 bis 10 kg TS/m³

Schlammvolumen (SV30):

Kammer 2: max. 700 ml/l
Kammer 1: 950 bis 1000 ml/l

Überschussschlammabzug aus Kammer 2:

Schlammvolumen ≥ 70 %
Bei der vorstehend dargestellten Anlagen- konfiguration hat die Kammer 1 für eine biologische Phosphoreliminierung die Funk- tion eines Bio-P-Beckens mit einem über- wiegend anoxischen und anaeroben Milieu. Mit der Belüftung soll vor allem eine Durch- mischung mit einem möglichst geringen Sauerstoffeintrag erfolgen. In der Kammer 2 soll mit einem ausreichend aeroben Milieu neben dem Abbau der organischen Abwas- serinhaltsstoffe eine Nitrifikation und eine Denitrifikation erzielt werden. In dem aeroben Milieu erfolgt die biologi- sche Phosphoreliminierung durch Inkorpora- tion des Phosphors in die Bakterienzellen. Die Wirkung der biologischen Phosphoreli- minierung wird vor allem durch die Minde- rung der Phosphorkonzentration im Klar- wasser gegenüber dem Rohabwasser festge- stellt.

Die oben dargestellte Phosphorrücklösung unter anaeroben Bedingungen und darauf- folgende Phosphorinkorporation unter ae- roben Bedingungen in der Kammer 2 ist bei der mit einer KKA möglichen Anlagen-

Tab. 1 Ablaufwerte von Anlagen mit biologischer P-Eliminierung

Anlagen-Nr.	Datum	CSB (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	N _{amorg.} (mg/l)	N _{ges.} (mg/l)	P _{ges.} (mg/l)
12298	18. 8. 2015	17	0,07	3,7	0,026	3,7		0,9
12290	19. 2. 2015	38	< 0,20	1,8	0		2,6	1
12305	19. 9. 2015	14	0,50	1,8	0,03		2,8	1,4
	14. 10. 2015	19	3,80				4,5	1
12259	19. 9. 2015	41	< 0,20	5,2	0,02		6,7	2,2
12291	5. 8. 2015	53	0,43	0,3			3,1	0,6
	1. 9. 2015	35	3,20	1,9	0,357	5,46	7,6	1,9
	18. 9. 2015	40	0,72	6,2	0,11	7,03	7,5	1,2
	25. 9. 2015	62	< 0,20	4,8	0,46	5,26	6	0,9

konfiguration der zyklischn Rücklaufför- derung, sowie dem diskontinuierlichen Ab- wasserzufluss nur schwer darstellbar. Mit einer Versuchsanlage für eine Diplom- arbeit bei der Fa. Ökoservice konnte dieser Verlauf der Phosphorkonzentration in zeit- licher Folge in der 1. Kammer recht gut er- fasst werden (Bild 7).

Da mit dem vorangehend benannten Be- triebsregime eine weitgehende aerobe Schlammstabilisierung erreicht wird, emp- fiehlt es sich, Überschussschlamm bedarfs- weise auf ein Schlammwässerungsbeet mit einem Sickerwasserrücklauf in den Zu- lauf zur KKA zu fördern.

Der aerob stabilisierte Belebtschlamm ent- wickelt bei dieser Schlammwässerung keine Geruchsemission, entwässert sehr gut und es bildet sich innerhalb einer Stunde auf der Filterbettoberfläche ein sta- biler Schlammkuchen mit einem TS-Anteil von ca. 10 %. Die Belastung des Filtrats aus dieser Schlammwässerung entspricht der Ablaufbeschaffenheit der KKA.

Durch Lufttrocknung wird bei günstigen Witterungsbedingungen - kein intensiver Niederschlag auf das beschickte Schlamm- entwässerungsbeet - innerhalb von 3 bis 4 Wochen ein Trockenschlamm mit einem TS-Gehalt > 80 % erzielt. Der Schlamm trocknet zu kleinen Schlammkeksen auf und kann problemlos von der Oberfläche des Schlammwässerungsbeetes zur An-

dienung an den zuständigen Abwasser- zweckverband oder Entsorgung als Haus- müll aufgenommen werden.

Fazit

Eine biologische Phosphoreliminierung ist bei KKA mit einer modifizierten Belebtschlammverfahrensführung möglich. Hin- sichtlich der Erreichung einer Ablaufkon- zentration ≤ 2 mg P_{ges.} entsprechend der Mindestanforderung der Abwasserord- nung für Kläranlagen der Größenklasse 4 sollten die Frachten bei Überschreitung die- ses Wertes für die betreffenden Kläranlagen berücksichtigt werden.

- untere Grenze für Kläranlagen der Größenklasse 4:
> 5.000 EW bei 150 l/E × d = 750 m³/d
- untere Grenze für Kleinkläranlagen:
4 EW bei 150 l/d = 0,6 m³/d.

Für eine Phosphorfracht mit einer Über- schreitung der Mindestanforderung von 2 mg/l um 100 %, auf eine Ablaufkonzen- tration von 4 mg/l gilt:

- Kläranlage, Größe 4:
2 g P × 750 m³ = 1500 g P/d
- Kleinkläranlagen:
2 g P × 0,6 m³ = 1,2 g P/d

Liegt der Abwasseranfall bei der 4-EW-An- lage nur bei 100 l/E × d reduziert sich die Frachtüberschreitung bei einer Ablaufkon- zentration von 4 mg/l auf 0,8 g P/d.

Diese Phosphorfracht könnte man nicht ein- mal als kleinen Schmutzrand unter einem Fin- gernagel sehen. Sollte aufgrund der Randbe- dingungen bei einer Kleinkläranlage mit einer biologischen Phosphoreliminierung „nur“ eine Ablaufkonzentration von 4 mg/l erreicht werden, wäre das eine sehr gute Leistung.

Aus der Sicht des Autors sollte für eine KKA mit einer biologischen Phosphorelimi- nierung in einer Wasserrechtlichen Erlaub- nis auch nur ein Überwachungswert von < 5 mg P_{ges.}/l bestimmt werden.

Da wäre schon ganz schön „grün“, wenn be- achtet wird, dass dafür kein für die Natur nicht besonders erstrebenswertes Fällmittel eingesetzt wird.

Wenn mit dem „guten Abwasser“ einer der beiden deutschen Prüfinstitute für eine Kleinkläranlage mit biologischer Phosphor- eliminierung eine Ablaufkonzentration von 2 mg P_{ges.}/l nachgewiesen würde, muss das nicht mit jedem anderen Abwasser mit einer solchen KKA gelingen.

Für eine biologische Phosphoreliminierung mit einer Kleinkläranlage sollte beachtet werden, dass dies nur mit einer ausreichen- den Menge an Belebtschlamm möglich ist und Belebtschlamm nur aufgebaut werden kann, wenn eine ausreichende BSB₅-Zulauf- belastung vorliegt.

Mit einem „organisch dünnen“ Abwasser und hohen Stickstoff- und Phosphorzulauf- belastungen – aus welchen Gründen auch immer – kann nur wenig Belebtschlamm aufgebaut werden. Eine Nitrifikation kann dann eventuell erzielt werden. Mit der De- nitrifikation wird es aber auch schwierig, weil dafür auch eine ausreichende organi- sche Belastung erforderlich ist. Unter sol- chen Bedingungen kann kaum ein anaero- bes Milieu geschaffen werden und die Phos- phorinkorporation ist eben auch abhängig von der Belebtschlammmenge.

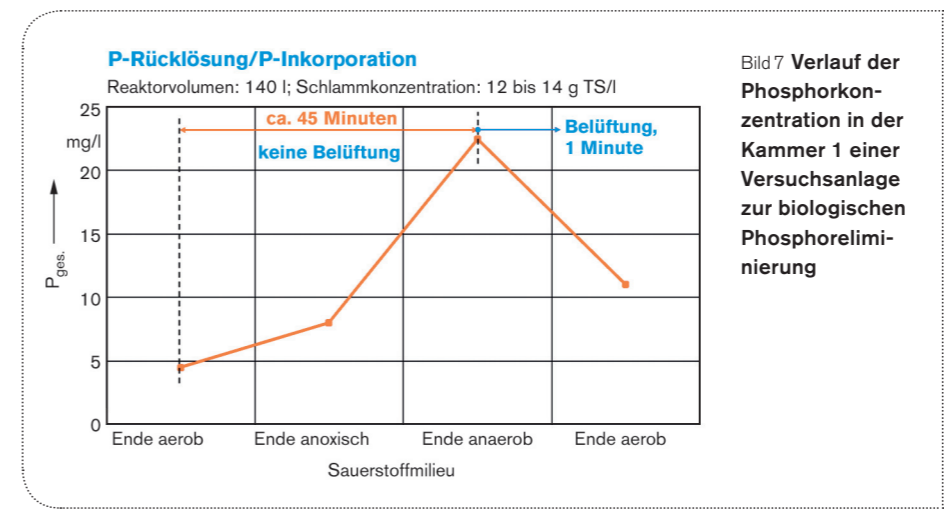


Bild 7 Verlauf der Phosphorkonzentration in der Kammer 1 einer Versuchsanlage zur biologischen Phosphoreliminierung

KONTAKT
Ingenieurbüro Goldberg Umweltschutz Analytik
 Dipl.-Ing. Bernd Goldberg
 Förstersteig 3 · 16348 Wandlitz
 Tel.: 033397/27792
 Fax: 033397/27793