

DWA- Regelwerk

Arbeitsblatt DWA-A 202

Chemisch-physikalische Verfahren zur Elimination von Phosphor aus Abwasser

Mai 2011

Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasser- und Abfallwirtschaft ein. Als politisch und wirtschaftlich unabhängige Organisation arbeitet sie fachlich auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall und Bodenschutz.

In Europa ist die DWA die mitgliederstärkste Vereinigung auf diesem Gebiet und nimmt durch ihre fachliche Kompetenz bezüglich Regelsetzung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14 000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

Impressum

Herausgeber und Vertrieb:

DWA Deutsche Vereinigung für
Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Deutschland
Tel.: +49 2242 872-333
Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: kundenzentrum@dwa.de
Internet: www.dwa.de

Satz:

DWA

Druck:

Druckhaus Köthen

ISBN:

978-3-941897-87-8

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef 2011

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Arbeitsblattes darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Vorwort

Im Jahr 1992 wurde die erste Ausgabe des Arbeitsblattes ATV-A 202 „Verfahren zur Elimination von Phosphor aus Abwasser“, das vom damaligen ATV-Fachausschuss 2.8 „Weitergehende Abwasserreinigung nach biologischer Behandlung“ erarbeitet wurde, veröffentlicht. Nachdem im Jahr 2004 die zweite Fassung erschienen ist, wurden durch die breite Anwendung, insbesondere der chemischen Fällung und Flockung, weitere Erkenntnisse erarbeitet und Erfahrungen gesammelt, die es sinnvoll erscheinen ließen, das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 202 zu überarbeiten. Die nun überarbeitete Fassung wird gemäß turnusmäßiger Überprüfung hiermit vorgelegt.

Infolge der Mitte der 70er Jahre gesetzlich verfügten Begrenzung von Phosphaten in Waschmitteln und der weitgehenden Einführung der P-Elimination auf kommunalen Kläranlagen seit Ende der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts wurde die Gewässerbelastung aus kommunalen Quellen um etwa 80 % reduziert. Der Beitrag aus kommunalen Kläranlagen beträgt derzeit etwa 25 % (BEHRENDT et al. 2002) und kann als Punktquelle am einfachsten weiter reduziert werden, indem bei Kläranlagen ohne entsprechender Technik zur P-Elimination diese eingeführt wird bzw. durch Optimierungsmaßnahmen bestehender Verfahren. Die heutige Belastung der Gewässer stammt vorwiegend aus diffusen Quellen sowie aus Mischwasserentlastungen und Regenwassereinleitungen.

Verfasser

Dieses Arbeitsblatt wurde von dem DWA-Fachausschuss KA-8 „Verfahren der weitergehenden Abwasserreinigung nach biologischer Behandlung“ und der DWA-Arbeitsgruppe KA-8.2 „Abwasserreinigung durch Fällung und Flockung“ erarbeitet.

Dem DWA-Fachausschuss KA-8 „Verfahren der weitergehenden Abwasserreinigung nach biologischer Behandlung“ gehören folgende Mitglieder an:

BARJENBRUCH, Matthias	Prof. Dr.-Ing., Berlin
BIEBERSDORF, Norbert	Dipl.-Ing., Bochum
BURKHARDT, Detlef	Dipl.-Ing., München
FIRK, Wolfgang	Prof. Dr.-Ing., Düren (Obmann)
KOCH, Markus	Dr. sc. nat. ETH, Zürich (Schweiz)
LANGER, Stefan	Dr.-Ing., Neu-Isenburg
MÜLLER, Kurt	Dr., Augsburg
PETER-FRÖHLICH, Anton	Dr.-Ing., Berlin
ROLFS, Thomas	Dipl.-Ing., Düren
TERNES, Thomas	PD Dr., Koblenz

Der DWA-Arbeitsgruppe KA-8.2 „Abwasserreinigung durch Fällung und Flockung“ gehören folgende Mitglieder an:

DROBIG, Wolfgang	Dipl.-Ing., Radolfzell
HEINZMANN, Bernd	Dr.-Ing., Berlin
HOFFMANN, Erhard	Prof. h. c. Dipl.-Ing., Karlsruhe
KOCH, Markus	Dr. sc. nat. ETH, Zürich (Schweiz)
LANGER, Stefan	Dr.-Ing., Neu-Isenburg (Sprecher)
PÖPEL, Johannes	Prof. Dr.-Ing., Darmstadt
SAWATZKI, Thomas	Dipl.-Ing., Dresden
SCHEFFER, Wolfgang	Dipl.-Ing., Lohfelden
SCHWIMMBECK, Georg	Dipl.-Ing., Weilheim
SPATZIERER, Gerhard	Dipl.-Ing., Eisenstadt (Österreich)

Redaktionelle und fachliche Unterstützung:

EXNER, Eva	Dipl.-Ing., Berlin
------------	--------------------

Projektbetreuerin in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

THALER, Sabine	Dipl.-Biol., Henny Abteilung Abwasser und Gewässerschutz
----------------	---

Inhalt

Vorwort	.....	3
Verfasser	.....	4
Bilderverzeichnis	.....	6
Tabellenverzeichnis	.....	6
Benutzerhinweis	.....	7
1	Anwendungsbereich	7
2	Definitionen und Kurzzeichen	7
3	Allgemeine Grundlagen der chemisch-physikalischen Phosphatelimination	9
3.1	Phosphorverbindungen und Phosphorfrachten im Abwasser.....	9
3.2	Beschreibung der Vorgänge bei der chemisch-physikalischen Phosphatentfernung.....	9
3.3	Fällmittel.....	9
3.4	Anforderungen an die Reinheit der Fällmittel.....	11
3.5	Chemische Reaktionen.....	12
3.5.1	Fällungsreaktion.....	12
3.5.2	Konkurrierende Reaktionen.....	13
3.6	Fällmittelbedarf.....	13
3.7	Einflussfaktoren auf die Fällung.....	14
3.7.1	pH-Wert.....	14
3.7.2	Säurekapazität.....	14
3.7.3	Weitere chemische Einflussgrößen.....	14
3.7.4	Physikalische Einflussgrößen.....	14
3.7.5	Einfluss der biologischen Stufe.....	15
3.8	Lagerung und Dosierung von Fällmitteln.....	15
4	Verfahren	16
4.1	Übersicht der Verfahren.....	16
4.2	Vorfällung.....	17
4.3	Simultanfällungsverfahren.....	17
4.3.1	Simultanfällung.....	17
4.3.2	Simultanfällung zur Ergänzung der biologischen Phosphatentfernung.....	18
4.4	Nachgeschaltete Verfahren.....	18
4.4.1	Nachfällung.....	18
4.4.2	Flockungsfiltration.....	19
4.5	Zweistufige Fällung.....	19
5	Kennzahlen zur Einschätzung des Betriebs von P-Fällungsanlagen	20
5.1	Vorbemerkung.....	20
5.2	Definition der Kennzahl K_p	20
5.3	Bewertung des K_p -Werts.....	20
6	Einfluss der Fällung/Flockung auf die Abwasser- und Schlammbehandlung	21
6.1	Einfluss der Phosphatfällung auf die biologischen Prozesse.....	21
6.2	Einfluss der Phosphatfällung auf den Schlamm.....	21
6.2.1	Feststofffracht.....	21
6.2.2	Schlammvolumen.....	22

Anhang A Berechnungsbeispiele	22
A.1 Grundlagen der Berechnung	22
A.2 Untersuchte Reinigungsverfahren und Überwachungswerte P_{ges}	23
A.3 Last- und Bemessungsannahmen.....	24
A.4 Berechnungen	25
A.4.1 Berechnung des zu fällenden Phosphors	25
A.4.2 Berechnung der Fällmittelmengen	25
A.4.3 Berechnung des Mehranfalls an Feststoffen	26
EG-Recht, Bundes- und Landesrecht	28
Technische Regeln	29
DIN-Normen	29
DWA-Regelwerk.....	29
Weitere Technische Regeln	29
Literatur	29

Bilderverzeichnis

Bild 1: Dosierstellen Vorfällung	17
Bild 2: Dosierstellen Simultanfällung.....	18
Bild 3: Dosierstellen Nachfällung.....	18
Bild 4: Dosierstellen Flockungsfiltration (in Kombination mit Bio-P, bei Vor- und Simultanfällung).....	19

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gebräuchliche Fällmittel	10
Tabelle 2: Marktübliche Kombinationen von Fällmitteln und Mischkomponenten.....	11
Tabelle 3: Richtwerte für eisen- und aluminiumhaltige Fällungs- und Flockungsmittel in Milligramm Schadstoff pro Mol Wirksubstanz (WS)	12
Tabelle 4: Charakterisierung der Verfahren zur Fällung	16
Tabelle 5: Erfahrungswerte K_p	20
Tabelle A.1: Stoßfaktoren für den Fällmittelbedarf	23
Tabelle A.2: Berechnung des zu fällenden Phosphorgehalts $X_{p,Fäll}$ und β -Werte der untersuchten Reinigungsverfahren und Überwachungswerte aus Abschnitt A.2 mit den Last- und Bemessungsannahmen aus Abschnitt A.3	26
Tabelle A.3: Berechnete Fällmittelmengen für mittleren und Spitzenbedarf der untersuchten Reinigungsverfahren und Überwachungswerte aus Abschnitt A.2 mit den Last- und Bemessungsannahmen aus Abschnitt A.3	27
Tabelle A.4: Anfallende Schlammengen der untersuchten Reinigungsverfahren und Überwachungswerte aus Abschnitt A.2 mit den Last- und Bemessungsannahmen aus Abschnitt A.3	28

Benutzerhinweis

Dieses Arbeitsblatt ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher/wirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (Satzung, Geschäftsordnung der DWA und dem Arbeitsblatt DWA-A 400) zustande gekommen ist. Für dieses besteht nach der Rechtsprechung eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig sowie allgemein anerkannt ist.

Jedermann steht die Anwendung des Arbeitsblattes frei. Eine Pflicht zur Anwendung kann sich aber aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.

Dieses Arbeitsblatt ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung im konkreten Fall; dies gilt insbesondere für den sachgerechten Umgang mit den im Arbeitsblatt aufgezeigten Spielräumen.

1 Anwendungsbereich

Phosphor ist in Gewässern meistens der begrenzende Faktor für Algenwachstum (Primärproduktion) oder kann durch technische Maßnahmen am einfachsten dazu gemacht werden.

Dieses Arbeitsblatt befasst sich mit der Elimination von Phosphor aus kommunalem Abwasser durch die Anwendung der Fällung/Flockung. Zur biologischen Phosphorelimination wird auf das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 131 verwiesen. Auf die Kombination von biologischer Phosphor-Elimination mit Simultanfällung wird in Abschnitt 4.3.2 eingegangen. Die Anwendung der Verfahren zur Fällung und Flockung bei der P-Rückgewinnung werden im Arbeitsbericht „Phosphorrückgewinnung“ (KA 6/2003) beschrieben.

2 Definitionen und Kurzzeichen

Für alle Kurzzeichen wird das einheitliche System des Arbeitsblattes ATV-DVWK-A 198 übernommen. Danach folgt nach dem jeweiligen Hauptbegriff z. B.:

- Q für Volumenstrom,
- C für Konzentration (homogenisierte Probe),
- S für Konzentration (filtrierte Probe, 0,45 μm Membranfilter),
- X für Konzentration (Filtrerrückstand) und
- B für Frachten

ein Index bzw. durch Komma getrennt weitere Indizes.

Kurzzeichen	Einheit	Erläuterung
$\beta_{\text{Fäll}}$	(mol/l)/ (mol/l)	die erforderliche, zu dosierende relative Fällmittelmenge bezogen auf den zu fällenden Phosphor
ρ_{FML}	kg/m ³ Lösung bzw. kg/l Lösung	Dichte der Fällmittellösung
AM_{Al}	g/mol	relative Atommasse von Aluminium
AM_{Fe}	g/mol	relative Atommasse von Eisen
AM_{Me}	g/mol	relative Atommasse des Metalls
AM_{P}	g/mol	relative Atommasse von Phosphor
$B_{\text{d,BSB}}$	g/(E·d)	einwohnerspezifische tägliche BSB-Fracht
$B_{\text{d,FM}}$	g/d	im Mittel dosierte absolute Fällmittelmenge pro Tag
$B_{\text{d,P}}$	g/(E·d)	einwohnerspezifische tägliche Phosphor-Fracht in der homogenisierten Probe als Phosphor
$B_{\text{h,FM}}$	g/h	im Mittel dosierte absolute Fällmittelmenge pro Stunde
Bio-P	–	biologische Phosphorelimination
C_{BSB}	mg/l	Konzentration des BSB ₅ (Biologischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen) in der homogenisierten Probe