

DIN EN 12255-13



ICS 13.060.30

Entwurf

Einsprüche bis 2021-08-04
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12255-13:2003-04

**Kläranlagen –
Teil 13: Chemische Behandlung –
Abwasserbehandlung durch Fällung/Flockung;
Deutsche und Englische Fassung prEN 12255-13:2021**

Wastewater treatment plants –
Part 13: Chemical treatment –
Treatment of wastewater by precipitation/flocculation;
German and English version prEN 12255-13:2021

Stations d'épuration –
Partie 13: Traitement chimique –
Traitement des eaux usées par précipitation/floculation;
Version allemande et anglaise prEN 12255-13:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-06-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an naw@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW), 10772 Berlin oder Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 51 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12255-13:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 165 „Abwassertechnik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 119-05-36 AA „Kläranlagen (CEN/TC 165/WG 40)“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 6107-1 siehe DIN ISO 6107-1

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12255-13:2003-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) das Dokument redaktionell überarbeitet;
- b) das Dokument an den aktuellen Stand der Technik angepasst.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 6107-1, *Wasserbeschaffenheit — Wörterbuch — Teil 1*

<i>Titel de:</i>	Kläranlagen — Teil 13: Chemische Behandlung — Abwasserbehandlung durch Fällung/Flockung
<i>Titel en:</i>	Wastewater treatment plants — Part 13: Chemical treatment — Treatment of wastewater by precipitation/flocculation
<i>Titel fr:</i>	Stations d'épuration — Partie 13: Traitement chimique — Traitement des eaux usées par précipitation/floculation

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	8
4.1 Symbole	8
4.2 Abkürzungen	8
5 Anforderungen	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Rechtsvorschriften	9
5.3 Vorgehensweisen zur Phosphorelimination	9
5.3.1 Allgemeines	9
5.3.2 Vorklärung	10
5.3.3 Biologische Behandlung	10
5.3.4 Dritter Reinigungsteil	10
5.4 Bei der Auslegung zu berücksichtigende Gesichtspunkte	11
5.4.1 Chemische Gesichtspunkte	11
5.4.2 Betriebliche Gesichtspunkte	11
5.5 Chemische Grundlagen und Verfahrensmöglichkeiten	12
5.5.1 Chemisches Verfahren	12
5.5.2 Fällungsverfahren	13
5.5.3 Auswahl der Fällungsmittel	14
5.6 Lagerung, Aufbereitung und Dosierung von Chemikalien	15
5.6.1 Allgemeines	15
5.6.2 Aluminiumsalze	16
5.6.3 Eisensalze	16
5.6.4 Calciumsalze	16
5.7 Dosiereinrichtungen	17
5.7.1 Allgemeines	17
5.7.2 Aluminiumsalze	17
5.7.3 Eisensalze	17
5.7.4 Calciumsalze	17
5.8 Silos, Behälter und Rohrleitungen	18
5.9 Durchmischung	18
5.10 Steuersysteme für die Dosierung von Chemikalien	19
5.10.1 Allgemeines	19
5.10.2 Durchflussabhängige Proportionaldosierung (FPD)	19
5.10.3 Frachtabhängige Proportionaldosierung	20
5.11 Flockungsreaktoren	20
5.12 Absetzbecken	21
5.12.1 Allgemeines	21
5.12.2 Abzug des chemischen Überschussschlammes	21
5.13 Flotation	21
5.14 Abwasserfiltration	21

5.15	Schlamm.....	22
5.15.1	Schlammanfall	22
5.15.2	Schlammeigenschaften.....	22
Anhang A (informativ) Fällungsmittel.....		23
A.1	Aluminiumsalze	23
A.2	Eisensalze	23
A.2.1	Eisen(II)-sulfat, Heptahydrat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$).....	23
A.2.2	Eisen(III)-chlorid (FeCl_3)	23
A.3	Calciumsalze.....	24
A.3.1	Allgemeines	24
A.3.2	Calciumoxid (CaO).....	24
A.3.3	Calciumhydroxid [$\text{Ca}(\text{OH})_2$]	24
Literaturhinweise.....		25

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12255-13:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 165 „Abwassertechnik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12255-13:2002 ersetzen.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

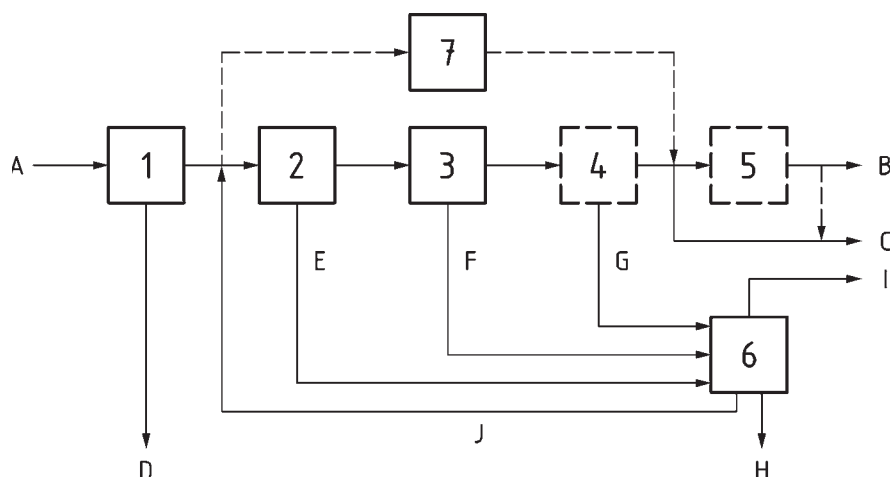
Es ist der dreizehnte von der Arbeitsgruppe CEN/TC 165/WG 40 erarbeitete Teil, der sich auf allgemeine Anforderungen und Verfahren für Kläranlagen für über 50 Einwohnerwerte (EW) bezieht.

Die Normenreihe EN 12255 mit dem Haupttitel „Kläranlagen“ besteht aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Allgemeine Baugrundsätze
- Teil 2: Storm management systems
- Teil 3: Abwasservorreinigung
- Teil 4: Vorklärung
- Teil 5: Abwasserbehandlung in Teichen
- Teil 6: Belebungsverfahren
- Teil 7: Biofilmreaktoren
- Teil 8: Schlammbehandlung und -lagerung
- Teil 9: Geruchsminderung und Belüftung
- Teil 10: Sicherheitstechnische Baugrundsätze
- Teil 11: Erforderliche allgemeine Angaben
- Teil 12: Steuerung und Automatisierung
- Teil 13: Chemische Behandlung — Abwasserbehandlung durch Fällung/Flockung
- Teil 14: Desinfektion
- Teil 15: Messung der Sauerstoffzufuhr in Reinwasser in Belüftungsbecken von Belebungsanlagen
- Teil 16: Abwasserfiltration

Einleitung

Die Unterschiede bei der Abwasserbehandlung in Europa haben zu einer Vielzahl von Systemen geführt. Dieses Dokument enthält grundsätzliche Angaben zu den Systemen; es trifft jedoch keine Festlegungen für alle verfügbaren Systeme. Nachfolgend ist die Auslegung einer typischen Kläranlage dargestellt.



Legende

- 1 Vorreinigung
- 2 Vorklärung
- 3 zweiter Reinigungsteil
- 4 dritter Reinigungsteil
- 5 weitergehende Behandlung (z. B. Desinfektion oder Entfernen von Mikroschadstoffen)
- 6 Schlammbehandlung
- 7 Abwasserteiche (als Alternative)
- A Rohabwasser
- B Abfluss zur Wiederverwendung (z. B. Bewässerung)
- C Abfluss aus der Kläranlage
- D Rechen- und Sandfanggut
- E Primärschlamm
- F Sekundärschlamm
- G Tertiärschlamm
- H Faulschlamm
- I Faulgas
- J Rückfluss aus der Entwässerung

Bild 1 — Schematische Darstellung einer Kläranlage

Diese Art der Kläranlage wird in erster Linie zur Reinigung von häuslichem und kommunalem Abwasser eingesetzt.

ANMERKUNG Für Anforderungen an Pumpanlagen in Kläranlagen siehe EN 752, *Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden* und EN 16932, *Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden — Pumpsysteme*:

- Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- Teil 2: Druckentwässerungssysteme
- Teil 3: Unterdruckentwässerungssysteme

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen an die chemische Abwasserbehandlung durch Fällung/Flockung zur Phosphorelimination und zur Abscheidung abfiltrierbarer Stoffe fest.

Die Anwendung von Polyelektrolyten wird in diesem Dokument nicht beschrieben.

Die Unterschiede bei der Abwasserbehandlung in Europa haben zu einer Vielzahl von Verfahrensweisen geführt. Dieses Dokument enthält grundsätzliche Angaben zu den Verfahrensweisen; es legt jedoch nicht alle Einzelheiten jeder Verfahrensweise.

ANMERKUNG Die chemische Behandlung kann in der Vorklärung oder üblicher im zweiten Reinigungsteil erfolgen. Sie kann aber auch als getrennter dritter Reinigungsteil gemeinsam mit der Filtration durchgeführt werden (siehe EN 12255-16). Durch die Rückgewinnung von Stoffen, wie z. B. Phosphor, aus dem Abwasser oder dem Schlamm, kann die chemische Behandlung entscheidend zur **Kreislaufwirtschaft** beitragen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 10088-2, *Nichtrostende Stähle — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Blech und Band aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung*

EN 12255-1, *Kläranlagen — Teil 1: Allgemeine Baugrundsätze*

EN 12255-11, *Kläranlagen — Teil 11: Erforderliche allgemeine Angaben*

EN 16932-1, *Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden — Pumpsysteme — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

EN 16932-2, *Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden — Pumpsysteme — Teil 2: Druckentwässerungssysteme*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

3.1

chemische Abwasserbehandlung

Verfahren, bei dem Chemikalien zur Erzielung eines bestimmten Ergebnisses zugesetzt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die übliche chemische Behandlung von Abwasser umfasst die Koagulation bzw. Fällung mithilfe von Metallsalzen (einschließlich Kalk) oder organischen Polyelektrolyten zum Abbau anorganischer und organischer Phosphorverbindungen oder der Entfernung abfiltrierbarer Stoffe und Kolloide.

[QUELLE: ISO 6107-1:2004, Definition 12]

3.2

chemische Fällung

Überführung von gelösten Abwasserinhaltsstoffen in ungelöste Formen durch chemische Reaktion mit einem Fällungsmittel

[QUELLE: EN 16323, 2.3.5.8]

3.3

Koagulation

Destabilisierung von ungelösten und kolloidal dispergierten Stoffen, um ein Aggregieren zu ermöglichen, üblicherweise durch Zugabe von Koagulationsmitteln

[QUELLE: EN 16323, 2.3.5.9]

3.4

Koagulationsmittel

Chemikalie, die zur Destabilisierung von Suspensionen oder Emulsionen zugesetzt wird

[QUELLE: EN 16323, 2.3.1.21]

3.5

Flockung

Bildung abscheidbarer Flocken durch Aggregation kleiner Teilchen

Anmerkung 1 zum Begriff: Mikroflokkung kann durch Destabilisierung und Koagulation/Aggregation erreicht werden, Makroflokkung kann durch die Zugabe brückenbildender Polyelektrolyte erreicht werden.

[QUELLE: EN 16323, 2.3.5.19]

3.6

Destabilisierung

Ausgleich negativer Ladungen an der Oberfläche von Partikeln durch Zugabe von positiv geladenen zweiwertigen und dreiwertigen Metallionen, um die Aggregation kleiner Teilchen zu erreichen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Destabilisierung erfolgt durch Verringerung des Zeta-Potentials.

3.7

dritter Reinigungsteil

zusätzliche Verfahren zur weitergehenden Behandlung als durch Vorklärung und zweiten Reinigungsteil allein erreichbar

[QUELLE: EN 16323, 2.3.5.51]

3.8

Fäll(ungs)mittel

zur Fällung zugesetzte Chemikalien

[QUELLE: EN 16323, 2.3.5.45]

3.9

aerob

gelöster Sauerstoff ist vorhanden

[QUELLE: EN 16323, 2.3.1.1]

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Begriffe oxisch und aerob sind synonym.

3.10

anaerob

Abwesenheit von gelöstem Sauerstoff, Nitrat, Nitrit und Sulfat

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Abwesenheit anderer oxidierender chemischer Stoffe kann von Bedeutung sein.

[QUELLE: EN 16323, 2.3.1.2]

3.11

anoxisch

Abwesenheit von gelöstem Sauerstoff, aber Anwesenheit von Nitrit oder Nitrat

[QUELLE: EN 16323, 2.3.1.3]

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Symbole

Q	Abwasserdurchfluss (l/s)
OTPC	Orthophosphatkonzentration (mg/l)
OTPL	Orthophosphatfracht (kg/h)/0,031 kg/mol
ω	spezifische molare Masse der Chemikalie (g/mol)
ρ	Dichte der Chemikalie (g/l)
β	Verhältnis des stöchiometrischen Bedarfs an Fällungsmittel (z. B. Eisen) für die Fällung der bekannten Phosphorfracht zur tatsächlich erforderlichen Menge

4.2 Abkürzungen

ADP	Adenosindiphosphat
ASP	Belebungsanlage (en: activated sludge plant)
ATP	Adenosintriphosphat
DS	getrocknete Feststoffe (en: dried solids)
EBPR	erhöhte biologische Phosphorelimination (en: enhanced biological phosphor removal)
FPD	durchflussabhängige Proportionaldosierung (en: flow proportional dosing)
FST	Nachklärbecken (en: final settlement tank)
P	Phosphor
TFP	Tropfkörperanlage (en: trickling filter plant)
TSR	weitergehende Feststoffentfernung (en: tertiary solids removal)

5 Anforderungen

5.1 Allgemeines

Die chemische Abwasserbehandlung kann in zwei Verfahrensschritten unterteilt werden:

- eine Reaktionsphase, in der die Fällung von gelösten Phosphaten, die Destabilisierung kolloidaler Verbindungen und die Flockung erfolgt; und
- eine Trennphase, in der die Flocken vom Wasser getrennt werden.

Die Reaktoren und Flockenabscheider (Absetzbecken, Flotations- oder Filtrationseinheiten usw.) für die chemische Behandlung können in andere Teile der Kläranlage integriert werden (Vorfällung als Teil der Vorklärung, simultane Fällung als Teil des zweiten Reinigungsteils, siehe 5.5.2.1 und 5.5.2.2) oder eine gesonderte Behandlungsstufe sein (Nachfällung, direkte Fällung), z. B. der dritte Reinigungsteil.

Der Wasserstand in chemischen Reaktoren und Becken darf durch feste oder einstellbare Wehre geregelt werden. Dies ist besonders wichtig bei mehreren parallel betriebenen Reaktoren.

Bei der Auslegung des Verfahrens müssen auch die Schwankungen des Durchflusses und der Frachten, wie in EN 12255-1 und EN 12255-11 gefordert, berücksichtigt werden.

5.2 Rechtsvorschriften

Nationale oder regionale Rechtsvorschriften oder die zuständige Stelle können zusätzliche Anforderungen hinsichtlich der Phosphorelimination, -rückgewinnung und -wiederverwendung festlegen. Diese Festlegungen können auch einen Grenzwert für den Einsatz von Metallen (Eisen oder Aluminium) in unterschiedlichen Formen bei der Phosphorfällung/-flockung umfassen.

In diesem Fall würden diese Grenzwerte in der Regel die verbleibende Konzentration von Metallen im Kläranlagenabfluss oder dessen pH-Wert betreffen. Die mit einer Überdosierung verbundenen Mechanismen und Gefahren sollten in der Auslegungsphase berücksichtigt werden.

5.3 Vorgehensweisen zur Phosphorelimination

5.3.1 Allgemeines

Phosphor kann in der Vorklärung abgebaut werden, der eine biologische oder chemische Behandlung folgt. Es kann eine dritte Reinigungsstufe (Entfernung von Feststoffen) erforderlich sein, um strengere Einleitwerte zu erfüllen.

Die den Kläranlagen durch die wasserrechtliche Erlaubnis auferlegten Grenzwerte für Gesamtposphor können in der Regel von 2 mg/l bis hin zu 0,25 mg/l reichen. Das empfohlene Vorgehen zur Einhaltung der wasserrechtlichen Vorgaben ist unterschiedlich und hängt von einer Reihe an Faktoren ab:

- dem Überwachungswert für Gesamtposphor;
- der biologischen Klärstufe der Anlage;
- der Leistungsfähigkeit der Anlage hinsichtlich Feststoffentfernung aus dem Kläranlagenabfluss;
- dem Fällungsmittel, das zur Phosphorelimination eingesetzt wird.

5.3.2 Vorklärung

Bei der Vorklärung wird Phosphor, der an absetzbare Stoffe gebunden ist, eliminiert (je nach Art des Abwassers handelt es sich dabei um 5 % bis 15 % der Phosphorfracht).

5.3.3 Biologische Behandlung

Bei der biologischen Behandlung wird ein bestimmter Anteil des Phosphors für den mikrobiologischen Aufbau von neuem Zellmaterial verbraucht (10 % bis 30 % der Phosphorfracht). Durch die Einrichtung anaerober Zonen in Belebungsanlagen, wo Phosphate freigesetzt werden, kann eine erhöhte biologische Elimination des Gesamtphosphors ohne Zugabe von Chemikalien erreicht werden (60 % bis 90 % der Phosphorkonzentration im Zufluss). Dadurch wird die Aufnahme von Phosphor durch Mikroorganismen in den anoxischen und aeroben Zonen verstärkt, man spricht in diesem Fall von „Luxury Uptake“. Dieser zusätzliche Verfahrensschritt in Belebungsanlagen mit integrierten anaeroben Zonen wird als erhöhte biologische Phosphorelimination bezeichnet.

Die folgende Tabelle umreißt einen Ansatz für Kläranlagen, die aufgrund neuer wasserrechtlicher Vorgaben Überwachungswerte für Gesamtphosphor einhalten müssen, was sie vorher nicht mussten, und nicht über eine weitergehende Feststoffentfernung (TSR) verfügen:

Tabelle 1 — Empfohlene Vorgehensweisen zur Einhaltung der vorgeschlagenen Überwachungswerte für Gesamtphosphor

Biologische Behandlungs- stufe	Überwachungswert für Gesamtphosphor			
	≥ 1 mg/l	0,75 mg/l bis 1 mg/l	0,5 mg/l bis 1 mg/l	< 0,5 mg/l
Belebungs- anlage	Ein-Punkt- Dosierung	Ein-Punkt- Dosierung mit TSR	Zwei-Punkt- Dosierung	Zwei-Punkt- Dosierung mit TSR
Tropfkörper		Ein-Punkt- Dosierung	Zwei-Punkt- Dosierung	

ANMERKUNG Die Angaben in der obigen Tabelle gehen von einer guten Leistung der bestehenden Nachklärbecken oder Tropfkörper hinsichtlich der Feststoffentfernung aus.

5.3.4 Dritter Reinigungsteil

Wenn bei einer Begutachtung des Standorts ein hoher Anteil an abfiltrierbaren Stoffen im Kläranlagenabfluss festgestellt wird (> 10 mg/l im Durchschnitt), muss der Einsatz von Technologien zur weitergehenden Feststoffentfernung (TRS) in Betracht gezogen werden, wenn der Überwachungswert für Gesamtphosphor unter dem in Tabelle 1 empfohlenen liegt.

In Fällen, in denen Phosphor und abfiltrierbare Stoffe unzureichend entfernt werden oder die Überwachungswerte verschärft wurden, sollte eine Aufrüstung der bestehenden Anlage zur Verbesserung der Leistung als Alternative zum Einbau neuer Technologie zur weitergehenden Feststoffentfernung geprüft werden. Bei dieser Prüfung sollten Daten über einen möglichst langen Zeitraum betrachtet werden.

Zur Einhaltung der geforderten Überwachungswerte kann es unter Umständen erforderlich sein, den Nachklärbecken einen dritten Reinigungsteil mit weitergehender Feststoffentfernung (z. B. durch kontinuierliche Aufwärtsfilter, schnelle Schwerkraftfilter, Tuchfilter oder Scheibenfilter) nachzuschalten. Diese Entscheidung muss der Planer von Fall zu Fall fällen.

5.4 Bei der Auslegung zu berücksichtigende Gesichtspunkte

5.4.1 Chemische Gesichtspunkte

Die an der Fällung von Phosphat beteiligten chemischen Reaktionen müssen im Hinblick auf die vielen konkurrierenden chemischen Reaktionen und die zugehörigen Gleichgewichtskonstanten betrachtet werden. Viele Parameter können die Fähigkeit einer Anlage, den Überwachungswert für Gesamtphosphor einzuhalten, oder die Wahrscheinlichkeit des Durchbruchs von Metall beeinflussen und müssen daher bei jeder Auslegung berücksichtigt werden.

Zu Beginn der Planung einer Anlage, die chemische Phosphorelimination umfasst, ist von grundlegender Bedeutung, den Gesamtphosphor im zu behandelnden Abwasser festzustellen. Liegt ein hoher Phosphorgehalt vor (größer als 10 mg/l), sollte(n) die Ursache(n) dafür gefunden werden, um beurteilen zu können, ob eine Schwächung der Phosphorquelle die bessere Lösung in diesem Fall wäre.

Zur Feststellung, ob chemische Fällung am Standort durchführbar ist und welches Fällungsmittel das beste Ergebnis erzielt, sollten Glasreaktorprüfungen in der frühen Auslegungsphase durchgeführt werden. Diese Prüfungen müssen unter einer Reihe von Durchflussbedingungen durchgeführt werden, um die größte mögliche Bandbreite an P-Konzentrationen im Zufluss abzudecken. Dabei müssen auch die Metallkonzentrationen und pH-Werte berücksichtigt werden.

Bei Klärwerken, für die niedrige oder sehr niedrige Überwachungswerte für Gesamtphosphor gelten, sollten Vor-Ort-Prüfungen mit verschiedenen Fällungsmitteldosierungen in Betracht gezogen werden, um sicherzustellen, dass hohe Dosieraten nicht gegen die Bedingungen der wasserrechtlichen Erlaubnis des Klärwerks verstoßen.

Eine Änderung der Beschaffenheit von Industrieabwässern kann die Wirksamkeit des Fällungsmittels verringern. Der Ausführungsplanung sollten Prüfdaten (sowohl aus Stich- als auch Mischproben) über einen Mindestzeitraum von sechs Monaten für das Rohabwasser, den Abfluss des Vorklärbeckens und den Kläranlagenabfluss zugrunde gelegt werden. Es müssen geeignete tägliche Messungen durchgeführt werden, die folgende Prüfungen umfassen sollten:

- Gesamtphosphor;
- Orthophosphat;
- abfiltrierbare Stoffe (SS, en: suspended solids);
- BSB und/oder CSB;
- pH-Wert;
- Alkalinität;
- Eisen und/oder Aluminium – Gesamtgehalt und löslicher Anteil.

5.4.2 Betriebliche Gesichtspunkte

Die Becken müssen mit Befestigungen außerhalb der Becken auf Gründungen montiert sein. EN 12255-1 enthält Anforderungen für die Austauschbarkeit von Becken.

Weitere Anforderungen an die Auslegung sind in EN 12255-1 und in EN 12255-6 enthalten.

5.5 Chemische Grundlagen und Verfahrensmöglichkeiten

5.5.1 Chemisches Verfahren

Der Phosphor im Rohabwasser liegt nicht vollständig, aber zum größten Teil, in Form von Phosphaten, im Allgemeinen als Orthophosphat, vor. Industrieabwässer können weitere Phosphorformen in großer oder geringer Vielfalt eintragen. Die biologische Abwasserbehandlung kann andere Phosphorformen in Orthophosphat umwandeln, denn diese Form können die Bakterien aufnehmen. Der Phosphor in den Zellen liegt als Adenosindi- und Adenosintriphasphat vor (ADP oder ATP). Die letztere Form dient als Energiespeicher. Steht den Bakterien ausreichend Substrat und Sauerstoff zur Verfügung, rüsten sie ihren ATP-Speicher auf, stehen sie jedoch unter Stress, bauen sie den Vorrat wieder ab und setzen Phosphat frei. Aus diesem Grund muss Überschussschlamm aus aeroben und anoxischen Zonen abgezogen werden.

Fällungsmittel reagieren nicht nur mit Phosphat, sondern auch mit anderen Stoffen (z. B. Sulfiden). Aus diesem Grund muss das Fällungsmittel überdosiert werden, d. h. es muss eine größere Menge zugegeben werden, als für das stöchiometrische Verhältnis in Bezug auf die Phosphatkonzentration erforderlich. Dieser Anteil wird mit dem Wert β bezeichnet und liegt in der Regel zwischen 1,5 und 1,2.

Durch Zugabe von Magnesiumhydroxid $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ kann in Flüssigkeiten mit hohen Phosphat- und Ammoniumkonzentrationen die kontrollierte Phosphatfällung als Struvit gefördert werden (z. B. im Rückfluss aus der Faulschlammentwässerung oder der anaeroben Schlammeindickungszone).

Salze von Fe^{2+} (z. B. FeSO_4) oder Fe^{3+} (z. B. FeCl_3) oder von Al^{3+} dürfen als Fällungsmittel eingesetzt werden. Wird in belüfteten Reaktoren Fe^{2+} verwendet, erfolgt die Oxidation zu Fe^{3+} , wodurch der Sauerstoffverbrauch erhöht und die Wirksamkeit des Fällungsmittels gesteigert wird. Abhängig von der chemischen Zusammensetzung des ausgefällten Stoffes beträgt das Molverhältnis $\text{Fe} : \text{P}$ entweder 1 : 1, 2 : 1 oder 3 : 1. Glücklicherweise kommt ein Verhältnis von 1 : 1 am häufigsten vor.

Um eine Fällung und Koagulation zu bewirken, müssen dem Abwasser kationische Chemikalien zugegeben werden. Meistens werden Aluminium- oder Eisensalze verwendet. Auch Kalk darf eingesetzt werden. Wenn Flockung (zur besseren Abscheidung von Feststoffen) erforderlich ist, darf ein kationischer Polyelektrolyt allein oder ein kationischer oder nicht ionischer Polyelektrolyt zusammen mit Metallsalz zugegeben werden.

Phosphor kann in Abwasser in folgenden Formen vorkommen:

- a) organische Phosphorverbindungen;
- b) anorganische Phosphorverbindungen:
 - Polyphosphat;
 - Orthophosphat.

Polyphosphate werden letztendlich in Orthophosphate umgewandelt, genauso wie organische Phosphorverbindungen bei der biologischen Abwasserbehandlung in Orthophosphat umgewandelt werden können.

Zur chemischen Fällung wird dem Abwasser ein Fällungsmittel [z. B. Aluminiumsulfat, Eisen(II)-sulfat, Eisen(III)-chlorid oder Calciumhydroxid] zugegeben. Orthophosphat fällt als Metallorthophosphat aus. Al^{3+} , Fe^{2+} und Fe^{3+} sind mehrwertige Ionen, die bei der Destabilisierung als Koagulationsmittel wirken. Die Löslichkeit der Fällungsprodukte ist pH-Wert abhängig.

Organische Polyelektrolyte werden als Flockungsmittel für Kolloide und abfiltrierbare Stoffe verwendet.

Chemische Fällung und Koagulation können auf drei Arten erfolgen:

- Vorfällung vor der Vorklärung;
- simultane Fällung im Rahmen des zweiten Reinigungsteils;
- Nachfällung nach dem zweiten Reinigungsteil als dritter Reinigungsteil.

Die Dosierwerte β (Molverhältnis von Metall zu Phosphor) variieren je nach Art der biologischen Abwasserbehandlung und je nachdem, ob ein niedriger ($< 2 \text{ mg/l}$) oder sehr niedriger ($< 0,5 \text{ mg/l}$) Überwachungswert für Gesamtphosphor eingehalten werden muss.

Die folgenden Molverhältnisse β wurden in Anlagen beobachtet, die einen Überwachungswert für Gesamtphosphor von 1 mg/l oder weniger einhalten:

- Tropfkörperanlagen (TFP) – bis $6 : 1$;
- Belebungsanlagen (ASP) – bis $4 : 1$.

In der Regel sind jedoch weitaus geringere β -Werte erforderlich, sogar wenn strenge P-Überwachungswerte eingehalten werden müssen.

Eine Dosierung in den zuvor erwähnten Molverhältnissen hat gezeigt, dass in einigen Anlagen eine Gesamtphosphorkonzentration von fast $0,5 \text{ mg/l}$ im Kläranlagenabfluss erreicht werden kann, insbesondere in Belebungsanlagen, in denen die Metallsalzzugaben optimiert wurden und die durchschnittliche Konzentration an abfiltrierbaren Stoffen im Kläranlagenabfluss unter 10 mg/l liegt.

Eine Dosierung an mehreren Stellen ist komplizierter, bietet aber folgende Vorteile:

- es können niedrigere Restphosphorkonzentrationen erzielt werden;
- Gesamt- β kann reduziert werden, d. h., es werden weniger Chemikalien benötigt. Für sehr niedrige Überwachungswerte für Gesamtphosphor ($< 0,5 \text{ mg/l}$) ist in der Regel eine zweite und eventuell sogar dritte Dosierstelle erforderlich.

Die Zugabe von Metallsalzen senkt die Alkalinität des Abwassers und seinen pH-Wert. Um die Nitrifikation nicht zu behindern, sollte die Alkalinität nach der Zugabe von Metallsalzen nicht unter $1,5 \text{ mol/l}$ liegen. Eine Zugabe von Natriumhydroxid, z. B., kann unter Umständen erforderlich sein, um die Alkalinität zu erhöhen.

5.5.2 Fällungsverfahren

5.5.2.1 Vorfällung

Die Vorfällung findet vor den Vorklärbecken statt.

Die üblichste Art der Vorfällung erfolgt durch Zugabe von Kalk.

5.5.2.2 Simultane Fällung

Simultane Fällung kann in Kläranlagen mit biologischer Behandlung in der Belebungsstufe eingesetzt werden.

Bei der simultanen Fällung wird Fällungsmittel vor dem Belebungsbecken, vor den Nachklärbecken oder zum Rücklaufschlamm zugegeben.

Das Gemisch aus biologischem und chemischem Schlamm wird im Nachklärbecken abgeschieden. Der Rücklaufschlamm, der Überschussschlamm und die Trockensubstanz im Belebungsbecken enthalten gegenüber Belebungsanlagen ohne P-Elimination einen höheren Anteil an anorganischen Stoffen. Das bedeutet einen geringeren Glühverlust, z. B. von 65 % anstatt von 70 %.

Beim Einsatz von Tropfkörpern wird das Fällungsmittel vor dem Nachklärbecken zudosiert.

5.5.2.3 Nachfällung

Die Fällung direkt vor der Abwasserfiltration oder anderen Kläreinheiten des dritten Reinigungsteils wird üblicherweise als Ergänzung zur biologischen Phosphorelimination, zur Vorfällung und/oder zur simultanen Fällung eingesetzt. Die Chemikalien werden in den Zulaufkanal oder die Zufuhrleitung zum dritten Reinigungsteil, z. B. zu einem Filter, zugegeben. Nach der Dosierstelle ist eine wirksame Durchmischung erforderlich.

Nachfällung kann bei Kläranlagen mit biologischer Stufe, wie z. B. Belebungsanlagen, Tropfkörper usw., zusätzlich eingesetzt werden.

Bei der Nachfällung wird das Fällungsmittel nach der Nachklärung in einen Mischbehälter zugegeben. Die Flockenbildung erfolgt in einem Flockungsreaktor vor einem Nachklärbecken, in dem der chemische Schlamm abgeschieden wird. Als Alternative dürfen zur Trennung auch Lamellenabscheider, Flotationsanlagen oder Filtration eingesetzt werden.

5.5.2.4 Fällung an mehreren Stellen

Die Wirksamkeit und der Wirkungsgrad einer Fällung können durch Zugabe der Chemikalien an zwei oder drei verschiedenen Stellen, z. B. in den Sandfang, in das Belebungsbecken und vor den Abwasserfiltern, erhöht werden.

5.5.3 Auswahl der Fällungsmittel

Die Koagulations- und Flockungsleistung und die Gefahr des Durchbruchs von Metallsalzen werden von folgenden Faktoren beeinflusst:

- pH-Wert des Abwassers;
- Dosiermenge;
- Durchmischung.

Eisensalze werden häufig bevorzugt, da aufgrund der geringeren Umweltschädlichkeit weniger strenge Überwachungswerte gelten, jedoch muss bei Problemen mit diesen Salzen (Bildung von kolloidalem Eisen, Kosten und Beschaffung von Eisensalzen usw.) der Einsatz von Aluminiumsalzen in Erwägung gezogen werden. Insbesondere Tropfkörperanlagen ohne biologisches Belebungsverfahren sind für die Absorption von Metallsalzen in der Biomasse bekannt. Das kann zum frühen Durchbruch von Metallen in Zeiten mit geringeren Biomassen führen.

Bei der Auswahl alternativer Chemikalien müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Reststoff-Grenzwerte für den Kläranlagenabfluss (z. B. Phosphorkonzentration, pH-Wert, Alkalinität, Metallkonzentration);
- zusätzlicher Schlammanfall;
- Verbrauch an Chemikalien für die Alkalinität;