

## Funktionsstörungen auf Kläranlagen



# Funktionsstörungen auf Kläranlagen



Herausgegeben von der  
Landesanstalt für Umweltschutz  
Baden-Württemberg  
1. Auflage

Karlsruhe 1997

# INHALTSVERZEICHNIS

## ZUSAMMENFASSUNG

<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>1—1</b>
1.1 Allgemeines	1—1
1.2 Handhabung des Leitfadens	1—3
<b>2 PROBENAHE UND ANALYTIK</b>	<b>2—1</b>
2.1 Probenahme	2—1
2.2 Probenvorbehandlung und Analytik	2—2
2.3 Analytik von Abwasserproben mittels On-Line-Meßgeräten	2—4
2.4 Steuer- und Regeltechnik	2—6
<b>3 REINIGUNGSZIEL: KOHLENSTOFFELIMINATION (BSB<sub>5</sub>, CSB)</b>	<b>3—1</b>
3.1 Allgemeines	3—1
3.2 CSB-Ablaufwerte beim Belebungsverfahren erhöht	3—1
3.3 CSB-Werte beim Tropfkörper und Rotationstauchkörper erhöht	3—10
3.4 CSB-Werte bei Filtrationseinrichtungen erhöht	3—15
<b>4 REINIGUNGSZIEL: NITRIFIKATION</b>	<b>4—1</b>
4.1 Allgemeines	4—1
4.2 Ammonium-Werte im Ablauf beim Belebungsverfahren erhöht	4—2
4.3 Ammonium-Gehalt bei Tropfkörpern und Rotationstauchkörpern erhöht	4—10
<b>5 REINIGUNGSZIEL: DENITRIFIKATION</b>	<b>5—1</b>
5.1 Allgemeines	5—1
5.2 Nitratgehalte im Ablauf beim Belebungsverfahren erhöht	5—2

5.3 Erhöhte Nitratgehalte beim Tropfkörperverfahren	5—26
<b>6 REINIGUNGSZIEL: CHEMISCHE PHOSPHATELIMINATION</b>	<b>6—1</b>
6.1 Allgemeines	6—1
6.2 $P_{ges}$ -Werte beim Belebungsverfahren erhöht	6—2
6.3 Erhöhte $P_{ges}$ -Werte bei Tropfkörpern und Rotationstauchkörpern	6—7
6.4 Erhöhte $P_{ges}$ -Werte bei Filtrationseinrichtungen	6—7
<b>7 REINIGUNGSZIEL: BIOLOGISCHE P-ELIMINATION</b>	<b>7—1</b>
7.1 Allgemeines	7—1
7.2 $P_{ges}$ -Werte beim Belebungsverfahren erhöht	7—3
<b>8 UNTER- ODER ÜBERSCHREITUNG DES PH-WERTES IM ABLAUF</b>	<b>8—1</b>
8.1 Allgemeines	8—1
8.2 pH-Wert zu hoch	8—1
8.3 pH-Wert zu niedrig	8—2
<b>9 NITRIT ZU HOCH</b>	<b>9—1</b>
9.1 Allgemeines	9—1
9.2 Ursachen für erhöhte Nitritgehalte	9—2
9.3 Maßnahmen bei erhöhten Nitritgehalte	9—2
<b>10 FUNKTIONSTÖRUNGEN DURCH BLÄHSCHLAMM</b>	<b>10—1</b>
10.1 Allgemeines	10—1
10.2 Ursachen der Blähschlamm-Bildung	10—2
10.3 Bekämpfung von Blähschlamm	10—7
10.3.1 Allgemeines	10—7
10.3.2 Auswertung der Betriebsdaten	10—8
10.3.3 Bekämpfungsmaßnahmen	10—9

<b>11 SCHWIMMSCHLAMM UND SCHAUM</b>	<b>11—1</b>
11.1 Allgemeines	11—1
11.2 Beeinflussung des Anlagenbetriebes	11—2
11.3 Verursachende Mikroorganismen	11—2
11.4 Bekämpfungsmaßnahmen	11—4
<b>12 FUNKTIONSSTÖRUNGEN IM BEREICH DER SCHLAMMBEHANDLUNG</b>	<b>12—1</b>
12.1 Allgemeines	12—1
12.2 Eindickung	12—2
12.2.1 Allgemeines	12—2
12.2.2 Funktionsstörungen bei statischer Eindickung	12—3
12.3 Faulung	12—3
12.3.1 Allgemeines	12—3
12.3.2 Funktionsstörungen	12—4
<b>13 MAßNAHMEN ZUR GEFAHRENABWEHR BEI EXTERN VERURSACHTEN FUNKTIONSSTÖRUNGEN</b>	<b>13—1</b>
13.1 Allgemeines	13—1
13.2 Schadstoffgruppen ( <b>Bezeichnung und Herkunft</b> )	13—1
13.3 Erkennungsmerkmale	13—3
13.3.1 pH-Wert im Zulauf > 8,5	13—3
13.3.2 pH < 6,5 im Zulauf	13—4
13.3.3 Deutlich erhöhte Abwassertemperatur im Zulauf	13—5
13.3.4 Ölfilm im Zulauf	13—6
13.3.5 Geruch nach Gasen bzw. nach Alkohol, ggf. in Verbindung mit Schlieren im Abwasser	13—7
13.3.6 Stark erhöhte Nitratgehalte im Zu- und Ablauf der Anlage ggf. in Verbindung mit Schlammauftrieb in der Vorklärung	13—8
13.3.7 Stark erhöhte Ammoniumgehalte im Zu- und Ablauf der Anlage ggf. In Verbindung mit hohen Nitratgehalten im Ablauf	13—8
13.3.8 Stark erhöhte P-Gehalte im Zu- und Ablauf der Anlage	13—9
13.3.9 Farben	13—9
13.3.10 Schaum- und Schwimmschlamm Bildung	13—11

13.3.11 Geruch im Zulauf	13—11
13.3.12 Störungen der Rechen/Siebanlagen	13—12
13.3.13 Plötzlicher Abfall der Gebläseleistung bei erhöhtem Sauerstoffgehalt	13—13
13.3.14 Mögliche Gegenmaßnahmen bei Schadstoffgruppe G	13—13
<b>14 LITERATUR</b>	<b>14—1</b>
<b>15 BEMESSUNGSWERTE</b>	<b>15—1</b>
<b>16 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>16—1</b>
<b>17 INDEX</b>	<b>17—1</b>

## Zusammenfassung

Funktionsstörungen auf kommunalen Kläranlagen haben häufig die Überschreitung von Überwachungswerten zur Folge und können dadurch zu strafrechtlichen wie abgaberechtlichen Konsequenzen für den Betreiber führen. Eine frühzeitige Information und die Einbindung aller Beteiligten (Dienstvorgesetzte, Wasserbehörde, etc. gemäß Alarmplan) bei relevanten Störungen kann helfen, die daraus resultierenden Auswirkungen auf das Gewässer und die Konsequenzen für den Anlagenbetreiber einzugrenzen.

Bereits bei der Planung müssen mögliche Betriebsstörungen beachtet und so weit wie möglich ausgeschlossen werden. Dabei ist vor allem die Mehrsträßigkeit von Anlagen, die Verwendung von robusten Aggregaten und die Beschäftigung von engagiertem und gut ausgebildetem Personal von hoher Bedeutung. Im Betrieb müssen dann eine sorgfältige Instandhaltung der Aggregate, eine konsequente Überwachung von Indirekteinleitern und vor allem die frühzeitige Erkennung, Zuordnung und Behebung von Funktionsstörungen gewährleistet sein.

In dieser Studie werden Hinweise für

- das Betriebspersonal auf den Kläranlagen, und
- die zuständige Wasserbehörde bei Unfällen (Abwehr einer unmittelbaren Gefahr) und im Rahmen der amtlichen Überwachung

gegeben, mit deren Hilfe auf Abwasserbehandlungsanlagen ein systematisches Vorgehen zur Ermittlung und Behebung von Funktionsstörungen möglich wird. Besonderer Wert wird hierbei auf ein zielgerichtetes Vorgehen gelegt, um bei der Erkennung im Betrieb und bei den Maßnahmen zur Fehlerbehebung Zeit und Kosten zu sparen.

0—6

**0**

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 Allgemeines

Der vorliegende Leitfaden kann weder eine Dienstanweisung noch eine Betriebsanweisung oder einen Alarmplan ersetzen, sondern soll nur im Zusammenhang mit den aufgeführten Handlungsanleitungen genutzt werden. Sollten diese auf der Anlage noch nicht vorliegen, ist deren Erstellung unverzüglich vorzunehmen.

Der Leitfaden soll im Laufe der Jahre ergänzt werden, so daß auf Betriebsprobleme bei neuen Reinigungsverfahren oder bei veränderten Abwasserhältnissen entsprechend eingegangen werden kann. In dieser Ausgabe werden nur verbreitete, einstufige Reinigungsverfahren betrachtet. Mehrstufige Anlagen und Sonderverfahren zur biologischen Abwasserreinigung (SBR-Verfahren, Biofiltrationsanlagen, etc.) finden infolge der bisher nur sehr eingeschränkten Verbreitung in Baden-Württemberg keine Berücksichtigung.

Jede gut geplante, gut gewartete und nicht überlastete Kläranlage weist im Normalfall ein stabiles Reinigungsverhalten auf. Zur Beurteilung eines stabilen Reinigungsprozesses ist die absolute Größe der Meßwerte jedoch ungeeignet. So ist beispielsweise eine Kläranlage mit einem CSB im Ablauf von 70 - 90 mg/l als mindestens genauso stabil im Reinigungsverhalten zu bezeichnen, wie eine Kläranlage mit einem CSB von 30 - 50 mg/l. Der normale „Absolutwert“ des CSB im Ablauf hängt dabei in der Regel nur von der Abwasserqualität des Zulaufes ab.

Eine Funktionsstörung ist dagegen immer dann zu vermuten, wenn die Meßwerte der Eigenkontrolle nicht mehr innerhalb der üblichen Schwankungsbreite bzw. über den erwarteten Werten liegen.

Dabei ist jedoch unbedingt zu berücksichtigen, in welchem Zeitraum und mit welcher Häufigkeit diese Kontrollmessungen durchgeführt wurden.

Bei der Beurteilung von Ganglinien über einen Zeitraum von 24 Stunden deuten gelegentliche, unregelmäßige Überschreitungen nicht auf eine gravierende Funktionsstörung hin. Treten diese Überschreitungen aber regelmäßig, u. U. sogar mit steigender Tendenz auf, so besteht Handlungsbedarf. In jedem Fall

muß zunächst die Überwachungsfrequenz (d. h. die Häufigkeit der Messungen) gesteigert werden.

Erfasst der Betrachtungszeitraum einen Bereich von mehreren Tagen, so ist auch hier eine kurzzeitige Überschreitung des erwarteten Wertes (d. h. Meßwert über dem Schwankungsbereich) unerheblich. Bei einem zu beobachtenden tendenziellen Anstieg oder gar einer täglichen Überschreitung ist dagegen ein unmittelbarer Handlungsbedarf gegeben.

Wird ein Wert der wasserrechtlichen Erlaubnis auch nur kurzfristig überschritten, ist unverzüglich mit der Ursachenforschung zu beginnen.

Bevor betriebliche oder bauliche Änderungen in Erwägung gezogen werden, ist in jedem Fall zunächst die Plausibilität des Meßwertes zu überprüfen. Mögliche Fehlerquellen bei der Probenahme und der Analytik von Abwasserproben werden zusammenfassend in einem separaten Kapitel ( $\Rightarrow$  2.) behandelt.

Ist der Meßwert plausibel und liegt keine Überlastung der Anlage vor, sind vertiefte Betrachtungen, ggf. in mehreren Ebenen anzustellen, um die Ursache der Funktionsstörung zu ermitteln. Bei einer tendenziellen oder häufig auftretenden Abweichung vom erwarteten Wert ist die tatsächliche Belastung der Anlage mit den Bemessungswerten zu vergleichen und die Einhaltung der Betriebsanleitung zu überprüfen. In diesem Zusammenhang wird empfohlen, die aktuellen Bemessungswerte in die Anlage des Leitfadens zu übernehmen.

Zur besseren Handhabung des vorliegenden Leitfadens sind die hier behandelten Funktionsstörungen nach „Symptomen“ geordnet. Dazu gehören sowohl ungewöhnlich erhöhte Ablaufwerte bei den Reinigungszielen

- Kohlenstoffelimination (CSB und BSB<sub>5</sub>),
- Stickstoffelimination (NH<sub>4</sub>-N und N<sub>anorg</sub>),
- Phosphorelimination (P<sub>ges</sub>)

als auch „Bedingungen“, welche den sicheren Betrieb der Reinigungsanlage erschweren:

- Schwimmschlamm- und Schaumbildung,
- unübliche pH-Werte
- zu hohe Nitrit-Gehalte

- Störungen bei der Schlammbehandlung
- Unerlaubte Indirekteinleitungen

Zu beachten ist zusätzlich, daß nicht immer nur *eine* Ursache für erhöhte Ablaufwerte verantwortlich sein muß. Diese können auch durch das Zusammenwirken mehrerer Ursachen zustande kommen.

## 1.2 Handhabung des Leitfadens

Ausgehend von dem „Symptom“ einer Funktionsstörung kann mit Hilfe des Index (Anhang) die mögliche Ursache einem der in den Kapitel 2 bis 13 aufgeführten Störungen zugeordnet werden. Unter Umständen müssen mehrere Kapitel durchgearbeitet werden. Bei der graphischen Darstellung des Ablaufes (Ablaufdiagramm) einer gezielten Ursachenforschung, die jeweils vor dem entsprechende Kapitel angeordnet ist, ist das eigentliche Vorgehen dann kapitelweise in bis zu drei Vertiefungsebenen untergliedert. Die Numerierung der zu betrachtenden Punkte wurde dabei nach folgendem Muster durchgeführt:

a.b-cdd	wobei:	a	= Kapitelnummer (2 - 13)
		b	= Abschnittsnummer (1 - n)
		c	= Vertiefungsebene (1 - 3)
		dd	= lfd. Nr. innerhalb der Ebene (01 - n)

Bei allen Funktionsstörungen sind zunächst betriebliche Aspekte (mögliche interne Funktionsstörung) zu betrachten, bevor die Ursache im Zulauf (externe Funktionsstörung) zu suchen ist. In diesem Zusammenhang ist ein gut geschultes und motiviertes Betriebspersonal von größter Bedeutung.

Sind keine Ursachen einer Funktionsstörung erkennbar, um entsprechende wirkungsvolle Gegenmaßnahmen einleiten zu können, so ist die zuständige Wasserbehörde zu informieren und externes Fachpersonal mit der Lösung des Problems zu beauftragen.

Am Beispiel der Funktionsstörung „Erhöhte Feststoffe im Kläranlagenablauf“ wird die Vorgehensweise kurz erläutert:

Ausgehend vom Index (Begriff: „Feststoffabtrieb“) wird nach dem entsprechenden Ablaufdiagramm (hier: Ursachen für erhöhte CSB-Werte im Ablauf) vorgegangen. Nach Überprüfung der Sichttiefe (3.2-101) wird dann die Oberflächenbeschickung (3.2-102) überprüft. Sollte sich diese infolge eines erhöhten Zulaufes (3.2-202) als zu hoch erweisen, ist eine gezielte Ursachenforschung zu betreiben. Im nächsten Schritt ist der Feststoffgehalt zu überprüfen (3.2-103). Bei einem ordnungsgemäßen TS-Gehalt kommt als Ursache für den TS-Abtrieb ein zu hoher Schlammindex in Frage (3.2-104). Bei einem guten bis mäßigen Index sollte nun die Rücklaufschlammförderung überprüft werden (3.2.105). Mögliche Fehlerquellen sind eine gestörte Ansteuerung der Förderaggregate (3.2-203) oder eine verstopfte Förderleitung (3.2-302).

Ist optisch ein Flockenzerfall zu beobachten (3.2-106), können als Ursache sowohl ein zu niedriger pH-Wert (3.2-204) infolge zu geringer Säurekapazität (3.2-303), die mechanische Zerschlagung der belebten Schlammflocke (3.2-205), das Auftreten von Hemmstoffen im Zulauf (3.2.206) oder Salzstöße (3.2.-207) die Ursache sein.

Sollte die Ursache des Feststoffabtriebes noch nicht festgestellt sein, ist nun die Entgasung im Bereich der Nachklärung (3.2-107) bzw. eine mögliche Gasbildung (3.2-108) zu überprüfen. Als letzte Möglichkeiten für einen Feststoffabtrieb kommen auch eine unwirksame Tauchwand (3.2-109) oder Temperaturunterschiede im Nachklärbecken (3.2-110) in Frage.

Sollte die Ursache bis jetzt noch nicht gefunden sein, ist externes Fachpersonal hinzuzuziehen.

## **2 Probenahme und Analytik**

### **2.1 Probenahme**

Die Eigenüberwachung von Abwasserbehandlungsanlagen erfolgt nach den Vorgaben der entsprechenden Verordnungen der jeweiligen Bundesländer (vgl. Eigenkontroll-VO des Landes Baden-Württemberg [1]). Darin sind verbindliche Angaben zur Art der Probenahme, zu den Meßstellen, zur Bestimmung der Einzelparameter und zu den Probenahmeegeräten gemacht. Weiterhin wird empfohlen, bei der Probenahme die Hinweise der DIN 38402-11: 1995-12 [2] und des AQS-Merkblattes "Probenahme von Abwasser" [3] zu beachten.

Falls im Rahmen der Eigenkontrolle überhöhte Werte im Kläranlagenablauf festgestellt werden, ist grundsätzlich die Durchführung der Probenahme kritisch zu überprüfen. Es soll ausgeschlossen werden, daß

#### **bei Stich- und Mischproben**

- eine Verwechslung der Proben durch eine fehlende, ungenügende oder eine falsche Bezeichnung der Sammelgefäße möglich war,
- im Sammelgefäß Reste der letzten Probe oder von Reinigungsmitteln verblieben waren,
- durch eine Verschmutzung des Probenahmegefäßes bzw. der Probenahmeeinrichtung zu viele Feststoffe in die Probe gelangen konnten oder durch eine Vermischung mit anderen Wässern eine Verfälschung der Probe möglich war.

Bei der Entnahme von Schöpfproben ist deshalb darauf zu achten, daß die Schöpfbewegung in Fließrichtung unter der Wasseroberfläche mit einer der Strömung angepaßten Geschwindigkeit erfolgt, wobei die Öffnung des Schöpfbechers in Richtung der Strömung weist. Weiterhin ist darauf zu achten, daß beim Einbringen oder Herausführen des Schöpfers nicht an der Schacht- bzw. Gerinnewand und bei der Schöpfbewegung nicht am Boden gekratzt wird (nach [3]).

#### **zusätzlich bei 2 h- oder 24 h-Mischproben**

- die Probenahme nicht bestimmungsgemäß (kontinuierlich/diskontinuierlich und zeit- oder durchflußproportional) erfolgte,

- die Proben in den Lagerzeitraum nicht gekühlt bzw. nicht stabilisiert wurden,
- ein Überlaufen des Sammelgefäßes erfolgte.

Anzumerken ist auch, daß ein Vergleich und eine entsprechende Beurteilung von mehreren Messungen nur möglich sind, wenn der Ort und die Rahmenbedingungen der Probenahme annähernd gleich sind. Eine Veränderung an den automatischen Probenahmeeinrichtungen ist deshalb in das Betriebsprotokoll aufzunehmen, bei Stichproben ist der Zeitpunkt der Probenahme zu dokumentieren.

Das Sammelgefäß ist vor der Abfüllung der Mischprobe gut zu durchmischen (gilt insbesondere für größere Behälter, wie Eimer).

## 2.2 Probenvorbehandlung und Analytik

Nach der Probenahme ist die weitere Probebehandlung möglichst unverzüglich durchzuführen. Durch langes, ungekühltes Stehen der Probe werden in der Regel Minderbefunde registriert.

Zur Bestimmung der nachfolgenden Parameter im Kläranlagenablauf

**NH<sub>4</sub>-N**

**NO<sub>3</sub>-N**

**NO<sub>2</sub>-N**

sind die Abwasserproben zu filtrieren. Bei hohen Ansprüchen an die Meßgenauigkeit sollte die Filtration unter Verwendung von Membranfiltern mit einer Porenweite von 0,45 µm oder von Glasfaserfiltern der Porenweite < 1 µm erfolgen. Die Filtration des Ablaufes mit Hilfe handelsüblicher Faltenfilter (undefinierte Porenweite um 50 µm) ist aber im Rahmen der Betriebsanalytik auf Kläranlagen in der Regel ausreichend, wobei in Kauf genommen werden muß, daß geringe Mehrbefunde in der Probe möglich sind. Zu beachten ist aber, daß sich im Abwasserbereich die Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe mit dem 0,45 µm-Filter durchgesetzt hat, obwohl die entsprechende DIN 38409 T2 dies nicht vorschreibt.

Die Bestimmung des

**BSB<sub>5</sub>**

**CSB**

**P<sub>ges</sub>**

erfolgt dagegen aus der homogenisierten Probe. Nach DIN 38402 - A 30 sind die Proben durch Einsatz eines Magnetrührers mit einer Frequenz von 700-900 U/min zu homogenisieren. Probenvolumina < 5 Liter können vor der Entnahme von Teilproben von Hand aufgeschüttelt werden, vorausgesetzt, daß eine repräsentative Durchmischen und Teilung sichergestellt ist. Die Probe ist bis zu einer gut sichtbaren Durchmischung, mindestens jedoch zwei Minuten zu rühren.

Bei der Bestimmung des BSB<sub>5</sub> ist darauf zu achten, daß diese grundsätzlich unter Zusatz von ATH durchgeführt wird.

Im Einzelfall kann es zur Bestimmung des partikulären Anteils sinnvoll sein, die Parameter CSB und P<sub>ges</sub> auch aus der filtrierten Probe zu bestimmen. Dies ist jedoch durch die korrekte Bezeichnung (CSB<sub>filtr</sub> bzw. PO<sub>4</sub>-P) zu dokumentieren.

Die Bestimmung der **abfiltrierbaren Stoffe** (AFS) und der **Säurekapazität** (SK<sub>4,3</sub>) erfolgt ebenfalls aus der homogenisierten Probe. Während die Bestimmung der Säurekapazität mittels Titration der Wasserprobe mit einer HCl-Lösung bis zum pH-Wert von 4,3 durchgeführt wird, werden die abfiltrierbaren Stoffe mit Hilfe einer Druckfiltration (Porengröße des Membranfilters: 0,45 µm) bestimmt. Bei der Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe mittels Glasfaser- oder Papierfilter und Filtration oder Vakuum sind in der Regel Minderbefunde gegeben.

Da geeignete Meßeinrichtungen auf Kläranlagen aber oft fehlen, kann der Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen ggf. auch aus einer kontinuierlichen **Trübungsmessung** im Ablauf abgeschätzt werden. Dabei wird empfohlen, 1 TE/F (= 1 NTU = 1 FNU) auf 2,5 mg/l abfiltrierbare Stoffe umzurechnen. Demnach würden 4 TE/F etwa 10 mg/l abfiltrierbare Stoffe entsprechen. Die Bestimmung der Trübung in einem Laborgerät ist grundsätzlich problematisch, da sich ein konstanter Meßwert erst dann einstellt, wenn die Feststoffe durch die Lichtquelle auf den Boden des Meßgefäßes abgesunken sind.

Die Bezeichnung „TE/F“ bedeutet „Trübungseinheiten bezogen auf die Standardlösung Formazin“.

Die chemischen Analysen der Abwasserproben sind gemäß der jeweils gültigen Analysenvorschrift durchzuführen. Bei den photometrischen Bestimmungen sind insbesondere die Richtigkeit

**des Meßbereiches,  
der Küvettenart,  
der Faktoreingabe,  
des Filters,  
der Reaktionszeiten und  
das Verfallsdatum der Reagenzien**

zu überprüfen.

Bei unplausiblen Meßwerten (außerhalb des erwarteten Bereiches) ist umgehend eine weitere Analyse aus der gleichen Probe durchzuführen (Doppelbestimmung).

Anzumerken ist weiterhin, daß nur die Meßergebnisse direkt miteinander verglichen werden können, welche mit dem gleichen Meßverfahren analysiert wurden. Insbesondere bei den Parametern BSB<sub>5</sub> und CSB können bei unterschiedlichen Bestimmungsmethoden erhebliche Unterschiede auftreten.

## **2.3 Analytik von Abwasserproben mittels On-Line-Meßgeräten**

Bei erhöhten Meßwerten, die mittels eines On-line-Prozeßmeßgerätes registriert werden, ist sicherzustellen, daß die Ursache dafür nicht in einer Fehlfunktion des Gerätes oder der dazugehörigen Probenvorbehandlung liegt. Dies kann ggf. durch eine Vergleichsmessung im Labor geprüft werden. Obwohl je nach Meßsystem (Sonde oder trocken aufgestellte Meßgeräte mit/ohne Probenvorbehandlung) und Meßverfahren (photometrisch oder potentiometrisch) unterschiedliche Funktionsstörungen vorliegen können, ist die prinzipielle Fehlersuche aber ähnlich. Dabei ist in folgenden Schritten vorzugehen.

### **2.3-101 Gerätefehler**

Es ist zu überprüfen, ob das Meßgerät auf „Störung“ gegangen ist bzw. ob im fraglichen Zeitraum eine Störungsmeldung ausgegeben wurde.

### **2.3-102 Probenstromzuführung unzureichend**

Es ist zu prüfen, ob im Becken installierte Meßsonden vom Abwasser benetzt werden. Bei trocken aufgestellten On-Line-Meßgeräten ist die Probenstromzuführung zu überprüfen. Falls keine zuverlässige Durchflußmessung (Schwebekörper) vorhanden ist, sollte der Zulauf bzw. Permeatstrom ausgelitert werden. Für den ordnungsgemäßen Betrieb handelsüblicher Analysengeräte mit Probenvorbehandlung ist in der Regel ein Permeatfluß  $\geq 10$  ml/min erforderlich.

### **2.3-103 Gerätedefekt ohne Störungsmeldung**

Grundsätzlich sind auch Gerätestörungen möglich, die durch systemimmanente Sensoren nicht erfaßt werden. Daher sollte stets geprüft werden, ob

- der korrekte Meßbereich am Gerät (und in der Software der Prozeßleittechnik) eingestellt wurde,
- der Proben- und Reagenzfluß im Gerät unbeeinträchtigt ist,
- der Probenstrom keine sichtbaren Feststoffe enthält,
- bei photometrischen Meßverfahren eine Beeinträchtigung der Messung durch Feststoffe oder Luftblasen ausgeschlossen ist,
- die Meßkomponenten beeinträchtigt sind (z. Bsp. Verschmutzung der Küvette bzw. der Elektrode),
- bei photometrischen Meßgeräten eine Alterung der Lampen vorliegt.

Zu diesem Zweck sind dem Meßgerät Vergleichslösungen zuzuführen, welche den unteren und den oberen Teil des Meßbereiches abdecken. Sollte auch hier keine Fehlfunktion zu entdecken sein, ist im Verdachtsfall zu überprüfen, inwieweit das gewählte Meßverfahren tatsächlich „matrixabhängig“ ist und der tatsächliche Meßwert durch andere Abwasserinhaltsstoffe verfälscht wird. Dem ATV-Merkblatt M-269 [4] sind hierzu entsprechende Angaben zu entnehmen.

### **2.3-104 Übertragungsfehler**

Bei der Einbindung von On-Line-Geräten in ein Prozeßleitsystem muß sichergestellt sein, daß die Parametrierung (Stromausgang, Meßbereiche, etc.) sowohl an der Geräteeinheit, als auch in der verwendeten Software gleich ist. Andernfalls kann es zu Übertragungsfehlern kommen. Es wird daher empfohlen, die Änderung von Meßbereichen o. a. nur von autorisiertem Personal durchführen zu lassen, und die Übereinstimmung von Vor-Ort-Anzeigen und örtlich entfernten Meßwertausgaben regelmäßig zu überprüfen.

### **2.3-201 Defekt der Beschickungspumpe**

Sollte dem Analysengerät kein Abwasser zugeführt werden, ist die Funktionsfähigkeit der Beschickungspumpe zu überprüfen. Dabei ist der aktuelle Betriebszustand (an/aus) als erstes festzustellen. Weiterhin ist zu prüfen, ob die Pumpe ggf. Luft ansaugt oder abnormale Geräusche aufweist. Sollte ein Manometer vorhanden sein, ist zu prüfen, ob dieses vor der Probenvorbehandlung im Vergleich zum Normalbetrieb einen niedrigen Wert anzeigt.

### **2.3-202 Verstopfung der Probenvorbehandlung**

Liegt der Permeatstrom bei einwandfrei laufender Beschickungspumpe unter 10 ml/min, ist von einer Verstopfung der Ultrafiltrationsmembran, des Siebes o. ä. auszugehen. Nach Reinigung bzw. Umschaltung auf eine saubere Paralleleinheit muß der Permeatstrom wieder deutlich ansteigen.

## **2.4 Steuer- und Regeltechnik**

Bei der direkten oder indirekten Einbindung von Meßsystemen in ein Steuer- oder Regelkonzept können Fehlfunktionen auch infolge defekter Kabelverbindungen oder unzureichender Programmierung auftreten. Wegen der Vielzahl möglicher Konzepte ist im folgenden nur eine prinzipielle Vorgehensweise zur Erfassung von Störungsquellen angegeben. Bei den einzelnen Reinigungsverfahren wird ggf. noch detaillierter auf mögliche Funktionsstörungen eingegangen.

Zur Überprüfung der Kabelverbindungen sind diese auf Kabelschäden (Kabel gebrochen/gerissen), Wackelkontakte (gelockerte Kabelverbindung, gebrochenes Kabel), Fehlanschlüsse oder verschmutzte/oxidierte Kontakte zu untersuchen.

Weiterhin ist die *Programmierung* der Steuer-/Regeleinrichtung zu überprüfen. Dabei ist abzuklären, ob bei der Programmierung ein Eingabefehler vorliegt, die Programmierung aufgrund veränderter Ausgangsbedingungen geändert werden muß oder ob sich nach einem Stromausfall die Programmierung geändert hat (fest vorgegebene Standardeinstellungen).

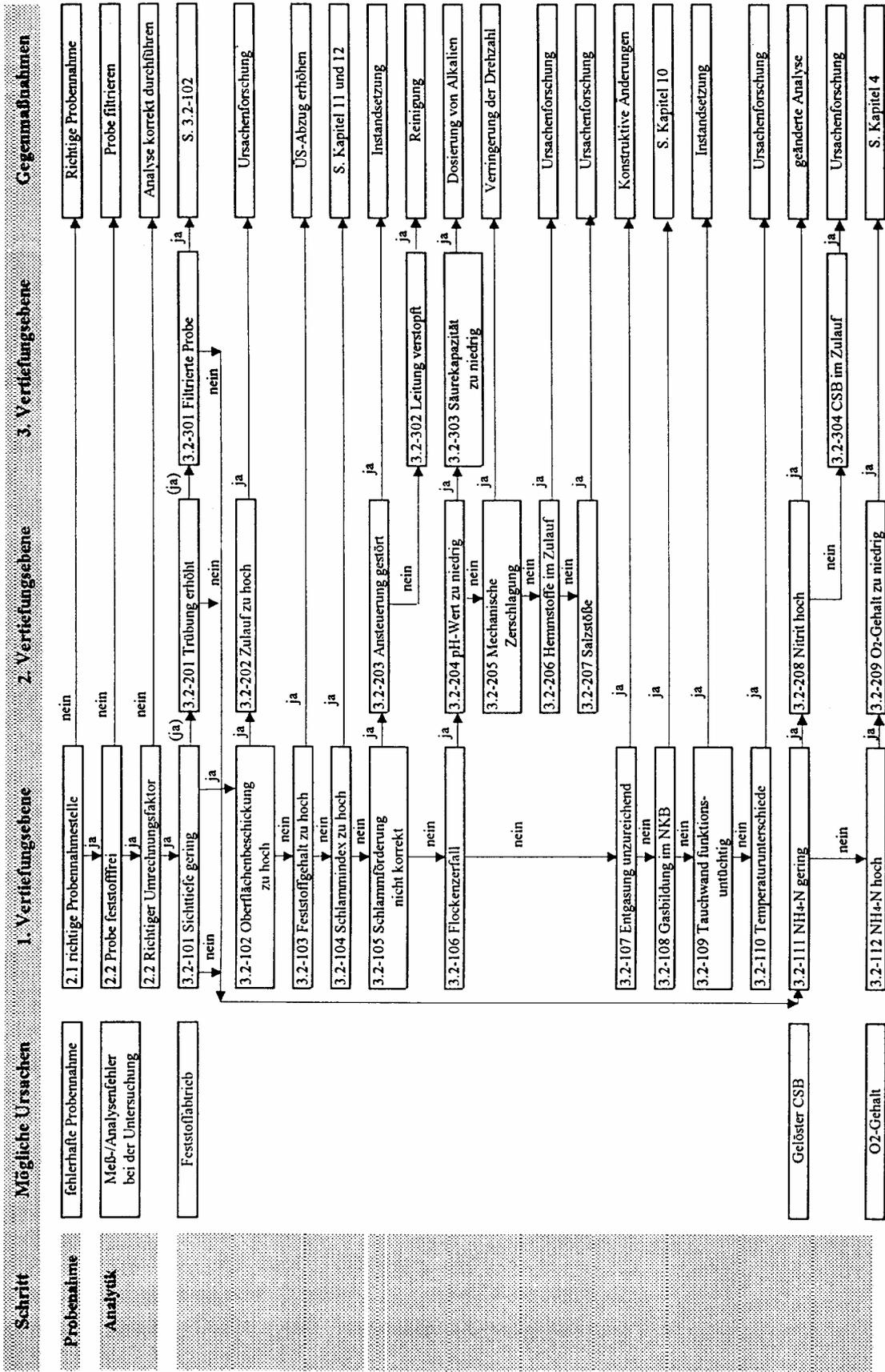
Für die letztgenannten Punkte ist in der Regel Fachpersonal heranzuziehen.

Bei Verwendung des Meßsignals einer Durchflußmessung ist zu hinterfragen, wann die Meßeinrichtung zuletzt kalibriert wurde. Ebenso ist die Anordnung des Meßsystems, als auch die Funktionsfähigkeit einzelner Komponenten (Wasserstandsmessung bei Venturi, Meßaufnehmer bei einem IDM) zu prüfen.

Im Zweifelsfalle sind die Meßeinrichtungen durch „Auslitern“ zu kontrollieren. Bei größeren Zuflüssen kann dies z. Bsp. durch Absenken des Wasserspiegels einer vorher abgeschieberten Beckeneinheit und Kontrolle der dann zugeführten Wassermenge (= Füllmenge) durchgeführt werden (Messung der Zunahme des Füllvolumens bei Wiederaufnahme der Beschickung). Falls möglich, sollte hierzu ein leeres Becken genutzt werden.

Ursachen für erhöhte CSB-/BSB<sub>5</sub>-Werte im Ablauf

Funktionsstörungen



### 3      **Reinigungsziel: Kohlenstoffelimination (BSB<sub>5</sub>, CSB)**

#### 3.1      **Allgemeines**

Das Reinigungsziel der ausschließlichen Kohlenstoffelimination ist in Deutschland bei Kläranlagen **über 5 000 EW** heute praktisch nicht mehr gegeben. Eine vollständige Nitrifikation bedeutet immer auch sehr niedrige BSB<sub>5</sub>-, CSB- oder TOC-Werte in der filtrierten Probe des Ablaufes. Wird in der homogenisierten Probe ein BSB<sub>5</sub> über 10 mg/l gemessen, so liegt dies in der Regel an den abtreibenden Flocken des belebten Schlammes. In diesem Fall sind auch stets erhöhte CSB- und TOC-Werte festzustellen. Auf 1 mg abfiltrierbare Stoffe entfallen 0,4 - 0,8 mg BSB<sub>5</sub> bzw. 1,0 - 1,5 mg CSB.

Bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Kohlenstoffelimination sind unfiltrierte und ggf. auch filtrierte Proben vom Ablauf der Kläranlage heranzuziehen. Dabei ist sicherzustellen, daß die Probe tatsächlich an der bezeichneten Stelle genommen wird und die Proben nicht verwechselt wurden (⇒ **2.1, Probenahme**).

Bei einer vermuteten Funktionsstörung der Kohlenstoffelimination sollte als erste Maßnahme die Bestimmung des CSB überprüft werden (unfiltrierte Probe, Homogenisierung, richtiger Faktor, korrekter Aufschluß); (⇒ **2.2, Probenvorbehandlung und Analytik**). Liegen die von einem kontinuierlichen Meßgerät ausgegebenen CSB-Werte über dem Sollwert, sollte das Prozeßmeßgerät mittels einer Vergleichsmessung im Labor überprüft werden (⇒ **2.3, On-Line-Meßgeräte**).

Bestätigt sich die Richtigkeit der durchgeführten CSB-Messung, sind weitere Untersuchungen einzuleiten. Bei einem kurzzeitigen Feststoffabtrieb ist sicherzustellen, daß dieser nicht auf Reinigungsmaßnahmen (Betrieb von Reinigungsbürsten o.ä.) im Bereich der Nachklärung zurückzuführen ist.

#### 3.2      **CSB-Ablaufwerte beim Belebungsverfahren erhöht**

Ein unerwartet hoher CSB oder BSB<sub>5</sub>-Wert im Kläranlagenablauf kann sowohl auf gelöste als auch auf ungelöste Abwasserinhaltsstoffe zurückzuführen sein. Als Ursache kommen unterschiedliche Funktionsstörungen in Betracht. Zur

Feststellung, ob die erhöhten Werte durch partikuläre Stoffe oder gelöste Verbindungen bedingt sind, bestehen verschiedene Möglichkeiten ( $\Rightarrow$  **3.2-101, Sichttiefe**,  $\Rightarrow$  **3.2-301, filtrierte Probe**)

### **3.2-101 Sichttiefe gering**

Ein erhöhter Abtrieb von Feststoffen ist am einfachsten durch eine Sichtkontrolle festzustellen. Nicht nur im Falle vermehrt auftretender, größerer Flocken hinter der Tauchwand bzw. im Ablaufgerinne, sondern auch bei einer geringen bzw. abnehmenden Sichttiefe in der Nachklärung ist mit einem erhöhten Anteil abtreibender Feststoffe zu rechnen. Bei einer Sichttiefe über 1,50 m ist der erhöhte CSB-Wert im Ablauf vermutlich auf gelöste Abwasserinhaltsstoffe zurückzuführen. Zur Überprüfung kann nach ( $\Rightarrow$  **3.2-201, Trübung** und  $\Rightarrow$  **3.2-301, Filtrierte Probe**) vorgegangen werden.

### **3.2-102 Oberflächenbeschickung der Nachklärung zu hoch**

Liegt die stündliche Oberflächenbeschickung  $q_A$  ( $Q_{zu}$  in  $m^3/h$ )/ $A$  [ $m^2$ ] über 2 m/h, ist zu prüfen, ob der Zufluß dem Bemessungswert entspricht ( $\Rightarrow$  **3.2-202, Zulauf zu hoch**).

### **3.2-103 Feststoffgehalt in der Belebung zu hoch**

Ein zu hoher Feststoffgehalt in der Belebung kann die Wirkung der Nachklärung bezüglich der TS-Abtrennung vermindern. Liegt der Feststoffgehalt im Belebungsbecken ( $TS_{BB}$ ) über 8 g/l, ist dieser Wert schrittweise durch einen vermehrten Abzug des Überschussschlammes auf den Bemessungswert hin zu ermäßigen.

Dabei ist zu beachten, daß der Schlammgehalt im Belebungsbecken innerhalb von 24 h um nicht mehr als 25 % vermindert werden darf. Weiterhin ist zu vermeiden, daß der  $NH_4$ -N-Gehalt im Ablauf durch den ÜS-Abzug ansteigt ( $\Rightarrow$  **4.2-103, Aerobes Schlammalter**).

### **3.2-104 Schlammindex (ISV) hoch**

Wenn bei ausreichendem Rücklaufverhältnis ( $\Rightarrow$  **3.2-105, Rücklaufverhältnis**) die Klarwasserzone weniger als 1 m beträgt und der Schlammindex über

150 ml/g liegt, sind Maßnahmen zur Indexverbesserung zu ergreifen (  $\Rightarrow$  **10, Blähschlamm**).

### 3.2-105 Rücklaufverhältnis zu gering

In Abhängigkeit von den örtlichen Verhältnissen ist der aktuelle Förderstrom der Rücklaufschlammumpen zu ermitteln und mit dem Sollwert zu vergleichen. Das Rücklaufverhältnis

$$RV = Q_{RS}/Q_{ZU}$$

muß dabei mindestens 50 - 75 % des Zulaufes betragen. Falls keine kontinuierliche Meßeinrichtung für den Rücklaufschlamm zur Verfügung steht, kann das Rückführverhältnis (RV) nach

$$RV = TS/(TS_{RS} - TS_{BB})$$

ermittelt werden. Bei einer Ansteuerung der Rücklaufschlammumpen kann eine Störung auch bei der Steuerung bestehen ( $\Rightarrow$  **3.2-203**).

Liegt das Rücklaufverhältnis  $RV = Q_{RS}/Q_{ZU}$ ,  $\Rightarrow$  **3.2-203, Ansteuerung RLS-Pumpen**) beim aktuellen stündlichen Zulauf unter 0,5 (= 50 %), ist mehr Schlamm in die Belebung zurückzuführen und dabei die Veränderung des Schlammspiegels im Nachklärbecken zu verfolgen. Dies kann u. a. mit Hilfe einer Sichtscheibe, eines Schlammspiegelmeßgerätes oder einer kleinen Förderpumpe durchgeführt werden.

Sinkt der Schlamm Spiegel nicht ab, ist die Schlammvolumenbeschickung ( $q_{sv}$ ) zu überprüfen ( $q_{sv} = q_A \cdot TS_{BB} \cdot ISV$ ). Liegt diese über  $0,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , dann ist das Nachklärbecken überlastet.

Ein hoher Schlamm Spiegel ist gleichbedeutend mit einer langen Verweilzeit des belebten Schlammes in der Nachklärung. Bei Anlagen ohne gezielte Denitrifikation ( $\text{NO}_3\text{-N}$  im Ablauf  $> 20 \text{ mg/l}$ ) kann es dadurch zu einer unerwünschten Denitrifikation im Nachklärbecken kommen. Die Folge ist eine Flotation des belebten Schlammes zu fladenförmigem Schwimmschlamm bis zur Bildung dicker Schwimmschlamm Schichten im Nachklärbecken, oder eine schlecht absetzbare und leicht flotierbare Schlammatrix ( $\Rightarrow$  **3.2-104, Schlammindex**,  $\Rightarrow$  **3.2-108, Gasbildung**,  $\Rightarrow$  **10, Blähschlamm**).

### 3.2-106 Flockenzerfall

Sind die abfiltrierbaren Stoffe ( $\Rightarrow$  **2.2, Analytik**) im Ablauf hoch (d. h. über 30 mg/l bzw. über 12 TE/F) und liegt kein kompakter, gut absetzbarer Flockenverband vor, so können die Ursachen u. a. sein:

- Auflösung der Gerüstsubstanzen durch zu niedrigen pH-Wert im Belebungsbecken ( $\Rightarrow$  **3.2-204, pH-Wert; 3.2-303, Säurekapazität**),
- zu hohe mechanische Belastung der Flocken durch Pumpen u. ä. ( $\Rightarrow$  **3.2-205, mech. Zerschlagung**),
- Hemmstoffe im Zulauf ( $\Rightarrow$  **3.2-206, Hemmstoffe**),
- Salzstöße ( $\Rightarrow$  **3.2-208, Leitfähigkeit**).

### 3.2-107 Entgasung unzureichend

Enthält der belebte Schlamm bei Eintritt in die Absetzzone der Nachklärung viel Gas ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ ), kommt es zur Flotation und u. U. auch zu einer Schlammwaschung. Eine nicht ausreichende Entgasung ist immer dann angezeigt, wenn Schwimmschlamm unmittelbar nach der Einlaufzone auftritt.

Zur Quantifizierung kann ein sogenannter „Entgasungsindex“ bestimmt werden. Dazu ist ein Liter belebter Schlamm in einen 1 l Meßzylinder zu geben und anschließend für 15 Minuten kräftig zu belüften (2 l Luft/Minute). Nach einer Absetzzeit von 10 Minuten ist die Höhe der Schlammschicht an der Oberfläche festzustellen (in mm) und zu dokumentieren [5].

### 3.2-108 Gasbildung

Durch eine zu lange Lagerzeit des Schlammes im Nachklärbecken kann es zu Denitrifikationserscheinungen (Bildung von  $N_2$ ), zur Methanbildung ( $CH_4$ ) oder und zur Produktion von Lachgas ( $N_2O$ ) kommen. Als unmittelbare Folge kann es durch anhaftende Gasblasen an den belebten Schlamm zu dessen Flotation kommen.

Werden diese Vorgänge als Ursache für einen erhöhten Schlammauftrieb vermutet, ist eine Denitrifikation in der Nachklärung mittels  $NO_3$ -N-Stichproben im Ablauf der Biologie/Ablauf der Nachklärung bzw. im Rücklaufschlamm rechnerisch nachzuweisen. Der  $N_2O$ - und  $CH_4$ -Gehalt im Wasser des Nachklärbe-

kens wird nur in Ausnahmefällen durch Fachpersonal bestimmt werden können. Mögliche Gegenmaßnahmen sind (⇒ **10, Blähschlamm**) zu entnehmen.

### **3.2-109 Tauchwand und Schwimmstoffentnahme funktionsuntüchtig**

Die Tauchwand muß verhindern, daß Schwimmstoffe unter der Tauchwand hindurchgehen oder durch fehlerhafte Rohrverbindungen in den Ablauf gelangen. Die Schwimmstoffentnahme muß so effizient sein, daß der Rest von der Tauchwand sicher zurückgehalten werden kann. Ggf. sind die genannten Einrichtungen instandzusetzen. Dabei sind die Einbauvorschriften für Tauchwände nach DIN 19558 zu beachten.

### **3.2-110 Unterschiedliche Temperatur im Zulauf und im Ablauf des Nachklärbeckens**

Bei Temperaturunterschieden im Zu- und Ablauf der Nachklärung über 2°C können ebenfalls Dichteströmungen auftreten (analog ⇒ **3.2-208, Leitfähigkeit**). Ursache dieser Unterschiede können beispielsweise Gewitterregen mit abkühlender Wirkung oder die stoßweise Einleitung von warmem Prozeßwasser (z. B. 35°C) aus der anaeroben Schlammstabilisierung sein.

Sind die Temperaturschwankungen einem Indirekteinleiter zuzuordnen, so ist dort ein Ausgleichsbecken zu erstellen oder es sind Maßnahmen zur Minderung der Schwankungen zu ergreifen.

### **3.2-111 Ammonium im Ablauf niedrig**

Liegt der  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Wert unter 5 mg/l, ist die Ursache für den erhöhten CSB-Ablauf im Zulauf zur Anlage zu suchen. Das Abwasser war dann in der fraglichen Zeit biologisch schlechter abbaubar. Weiterführend ist das CSB/BSB<sub>5</sub>-Verhältnis im Zulauf zur biologischen Stufe zu bestimmen. Liegt diese Größe über dem erwarteten kläranlagenspezifischen Wert, so ist vermutlich ein Indirekteinleiter der Verursacher der erhöhten CSB-Ablaufwerte. Andernfalls können diese durch den Einfluß einer Miterfassung von Nitrit bei der Bestimmung des CSB zustande gekommen sein (⇒ **3.2-207, Nitrit**).

### 3.2-112 Ammonium im Ablauf erhöht

Ist der  $\text{NH}_4\text{-N}$  - Gehalt im Ablauf größer als 5 mg/l, sollte der  $\text{O}_2$ -Gehalt im Belebungsbecken geprüft werden ( $\Rightarrow$  **4.2-101,  $\text{O}_2$ -Zufuhr**). Dieser sollte im gesamten Nitrifikationsbecken über 2 mg/l liegen. Im Zweifelsfall ist die Luftzufuhr zu erhöhen. Bei zuvor unzureichender Sauerstoffversorgung ist eine Verminderung des Ammoniumgehaltes im Belebungsbecken nach wenigen Stunden zu erwarten. Weitere Überprüfungen sind nach Kapitel 4 ( $\Rightarrow$  **4, Nitrifikation**) durchzuführen.

### 3.2-201 Trübung erhöht

Kontinuierliche Trübungsmessungen im Kläranlagenablauf reagieren sehr empfindlich auf abtreibende Feststoffe. Ein deutlicher Anstieg der Trübung auf Werte über 10 TE/F ( $\Rightarrow$  **2.2**) deutet auf einen hohen Anteil abfiltrierbarer Stoffe und damit auch auf entsprechend erhöhte CSB-Werte hin. Zur weiteren Überprüfung kann nach ( $\Rightarrow$  **3.2-301, filtrierte Probe**) vorgegangen werden.

### 3.2-202 Zulauf zu hoch

Die Drosseleinrichtung im Zulauf ist oft nicht ausreichend exakt, um den Zulaufvolumenstrom auf den Bemessungswert begrenzen zu können. In diesem Fall sind bauliche oder konzeptionelle Änderungen erforderlich. Es ist darauf zu achten, daß die Bemessungswassermengen aus der Kanalisationsberechnung mit den Werten für die Bemessung der Kläranlage abgestimmt sind.

### 3.2-203 Ansteuerung der Rücklaufschlammumpen gestört

Bei Ausfall der Ansteuerung oder einer sonstigen Störung darf der Rücklaufschlamm nicht unter  $0,5 * (2 Q_s + Q_f)$  abfallen.

Bei einer gesteuerten oder geregelten Anpassung des Rücklaufschlammes ist die Funktionsfähigkeit des Übertragungsmodells zu prüfen. Nicht selten sind elektrisch bedingte Meßfehler und Übertragungsfehler die Ursachen für eine fehlerhafte Ansteuerung von Aggregaten. Bei Fehlern ist eine Kalibrierung der Meßwerterfassung und der dazugehörigen Übertragungssysteme vorzunehmen oder in Auftrag zu geben. Der Regelungsbereich ist zu überwachen, notfalls muß eine Störmeldung ausgegeben werden.

### **3.2-204      pH-Wert zu gering oder zu hoch**

Liegt der pH-Wert im Belebungsbecken längere Zeit unter 6,6, so führt dies zu einem Flockenzerfall (⇒ **3.2-106**).

Befindet sich der pH-Wert im Belebungsbecken dagegen längere Zeit über 9,0, so führt dies zu einem steigenden Ammoniakgehalt im System. Die Folgen können dann ebenfalls ein Flockenzerfall sowie eine Hemmung der Nitrifikation und auch des Kohlenstoffabbaus sein (⇒ **8, pH-Wert**).

### **3.2-205      Mechanische Zerschlagung des Schlammes**

In vereinzelt Fällen kann es durch schnell laufende Einkanalrad- oder Wirbelradpumpen (> 1400 U/Min) bei der Förderung von Kreislauf- oder Rücklaufschlamm zu einer mechanischen Zerschlagung des belebten Schlammes kommen. Bei dem Einsatz von Schnecken- oder Mehrkanalradpumpen treten keine derart hohen Scherbeanspruchungen auf.

### **3.2-206      Hemmstoffe**

Nitrifizierende Bakterien reagieren in der Regel deutlich empfindlicher gegen Hemmstoffe als heterotrophe Bakterien. Um ein mögliches Hemmpotential des Abwassers gegenüber Nitrifikanten festzustellen, sollte zunächst ein Hemmtest für die Nitrifikation mit Zulauf durchgeführt werden (⇒ **4.2-203, Hemmung der Nitrifikation**).

Diese Hemmteste sind kostenintensiv und können nur von besonderen Fachinstituten durchgeführt werden.

### **3.2-207      Leitfähigkeit im Zulauf und im Ablauf des Nachklärbeckens unterschiedlich**

Unterscheidet sich die Leitfähigkeit im Zulauf zur Nachklärung durch Salzeinfluß von der im Nachklärbecken selbst, kann es zu Dichteströmungen kommen, die einen Feststoffaustrag aus der Nachklärung bewirken. Diese Funktionsstörung kann insbesondere im Winterhalbjahr auftreten, wenn Salze im Rahmen des Winterdienstes auf den Straßen und Fußwegen ausgebracht werden.

Sind die Leitfähigkeitsschwankungen einem Indirekteinleiter zuzuordnen, so sind dort ein Ausgleichsbecken zu erstellen oder Maßnahmen zur Minderung der Schwankungen zu ergreifen.

### 3.2-208 Nitritgehalte erhöht

Aus der gleichen Probe wie der CSB soll zusätzlich der Nitritgehalt ermittelt werden, da dieser durch die Bestimmung des CSB miterfaßt wird (1,0 mg/l NO<sub>2</sub>-N entsprechen ca. 1,14 mg/l CSB). Nitrit ist ein Bakteriengift und kann somit den biologischen Stoffumsatz negativ beeinflussen (⇒ **9, Nitrit**).

### 3.2-301 Analysieren einer filtrierten Probe

Zur Absicherung der Meßergebnisse nach 3.201 und 3.202 ist zusätzlich der CSB in der filtrierten Probe (CSB<sub>filtr</sub>, ⇒ **2.2**) im Kläranlagenablauf zu bestimmen. Ist der CSB<sub>filtr</sub> erheblich niedriger als der CSB aus der homogenisierten Probe, sind die abfiltrierbaren Stoffe (⇒ **2.2**) zu messen und das nachfolgende Verhältnis zu errechnen:

$$\frac{(\text{CSB}_{\text{hom}} - \text{CSB}_{\text{filtr}})}{\text{abf. Stoffe (AFS)}} \quad \text{in mg/mg}$$

Liegt dieses Verhältnis über 1, ist die Ursache für erhöhte CSB-Ablaufwerte in der unzureichenden Trennwirkung der Nachklärung zu suchen (⇒ **3.2-103 ff**). Andernfalls sind der CSB oder die AFS falsch bestimmt.

Ist der CSB<sub>filtr</sub> nur unwesentlich niedriger als der CSB<sub>hom</sub>, dann sollte der NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N -Gehalt im Kläranlagenablauf bestimmt werden (⇒ **3.2-111, 3.2-112, NH<sub>4</sub>-N-Gehalt im Kläranlagenablauf**).

### 3.2-302 Leitungswege verstopft

Durch Verbackungen oder Verstopfungen können die Leitungsquerschnitte der Abwasser- und Schlammführung vermindert werden. Eine Überprüfung kann mit Fernsehkameras oder anderen optischen Kontrollen erfolgen.

Durch Spülung, Molchung und in hartnäckigen Fällen auch durch Ausfräsen kann der ursprüngliche Fließquerschnitt wieder hergestellt werden.

### 3.2-303 Säurekapazität nicht ausreichend

Die Säurekapazität im Belebungsbecken wird durch Fällung mit Metallsalzen und die Vorgänge bei der biologischen Stickstoffentfernung beeinflusst. Die Absenkung der Säurekapazität kann bei gegebenen Verhältnissen aus Tagesmittelwerten auch rechnerisch ermittelt werden:

$$SK_{ab} = SK_{zu} - [0,07 (NH_4-N_{zu} - NH_4-N_{ab} + NO_3-N_{ab}) + 0,06 Fe^{3+} + 0,04 Fe^{2+} + 0,11 Al^{3+} - 0,03 (P_{zu} - P_{ab})]$$

$NH_4-N$ ,  $NO_3-N$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  in mg/l  
 $(P_{zu} - P_{ab})$  = gefällter Phosphor in mg/l

Bei üblichen Beckentiefen der Belebung (bis 6 m) sollte die Säurekapazität im Kläranlagenablauf nicht kleiner als 1,5 mmol/l sein. Andernfalls ist ggf. mit einem Flockenzerfall des belebten Schlammes zu rechnen.

Zur Anhebung des pH-Wertes und der Säurekapazität sind so viel und so lange Alkalien (Kalk, Soda, Natronlauge) in die Nitrifikationszone zuzugeben, bis der pH-Wert dort im Bereich von 6,8 - 7,5 liegt. Aus Kostengründen wird normalerweise Kalk gewählt. Dabei sind 74 mg/l  $Ca(OH)_2$  pro 2 mmol/l SK notwendig.

Im Notfall kann der Kalk auch trocken (Sackware) mittels Schaufeln in die Belebung eingebracht werden. Im Baustoffhandel ist Kalkhydrat zu erhalten, dessen Ca-Anteil geringfügig über dem von  $Ca(OH)_2$  liegt. Bei der Zugabe von Sackware ist ferner darauf zu achten, daß der Kalk langsam zugegeben wird und der pH-Wert in der Belebung nicht über 8,0 ansteigt. Die Wirkung des Kalkhydrates kann gesteigert werden, wenn der Kalk vorgelöst (ca. 10%ige Lösung) und dann langsam in das Becken gepumpt oder geschüttet wird.

### 3.2-304 CSB im Zulauf

Eine zu hohe CSB-Belastung im Zulauf der Kläranlage kann ebenfalls erhöhte Ablaufwerte bezüglich des CSB hervorrufen. Die CSB-Belastung ist zu ermitteln (ggf. unter Verdichtung der Analysen der Eigenkontrolle), und es ist eine gezielte Ursachenforschung zu betreiben. Das  $BSB_5/CSB$ -Verhältnis gibt einen Hinweis auf die biologische Abbaubarkeit der zugeführten oxidierbaren Abwasserinhaltsstoffe.

### 3.3 CSB-Werte beim Tropfkörper und Rotationstauchkörper erhöht

Ein unerwartet hoher CSB oder BSB<sub>5</sub>-Wert im Kläranlagenablauf kann sowohl auf gelöste als auch auf ungelöste Abwasserinhaltsstoffe zurückzuführen sein. Als Ursache kommen unterschiedliche Funktionsstörungen in Betracht. Zur Feststellung, ob die erhöhten Werte durch partikuläre Stoffe oder gelöste Verbindungen bedingt sind, bestehen verschiedene Möglichkeiten (⇒ **3.3-101, Sichttiefe**, ⇒ **3.3-301, Filtrierte Probe**)

#### 3.3-101 Sichttiefe gering

Ein erhöhter Abtrieb von Feststoffen ist am einfachsten durch eine Sichtkontrolle festzustellen. Nicht nur im Falle vermehrt auftretender größerer Flocken hinter der Tauchwand bzw. im Ablaufgerinne, sondern auch bei einer geringen bzw. abnehmenden Sichttiefe in der Nachklärung ist mit einem erhöhten Anteil abtreibender Feststoffe zu rechnen. Bei einer Sichttiefe über 1,50 m ist der erhöhte CSB-Wert im Ablauf vermutlich auf gelöste Abwasserinhaltsstoffe zurückzuführen. Zur Überprüfung kann nach (⇒ **3.3-201, Trübung** und ⇒ **3.3-301, Filtrierte Probe**) vorgegangen werden.

#### 3.3-102 Oberflächenbeschickung der Nachklärung zu hoch

Liegt die stündliche Oberflächenbeschickung  $q_A$  ( $Q_{zu}$  [m<sup>3</sup>/h]/A [m<sup>2</sup>]) über 2 m/h ist zu prüfen, ob der Zufluß dem Bemessungswert entspricht (⇒ **3.3-202, Zufluß zu hoch**).

#### 3.3-103 Flockenzerfall

Sind die abfiltrierbaren Stoffe (⇒ **2.2, Analytik**) im Ablauf hoch (d. h. über 30 mg/l bzw. über 12 TE/F) und liegt kein kompakter, gut absetzbarer Flockenverband vor, so können die Ursachen u. a. sein :

- Auflösung der Gerüstsubstanzen durch einen zu niedrigen pH-Wert (⇒ **3.3-204, pH-Wert; 3.3-303, Säurekapazität**)
- zu hohe mechanische Belastung der Flocken durch Pumpen o. ä. (⇒ **3.2-305, mech. Zerschlagung**)
- Hemmstoffe im Zulauf (⇒ **3.3-206, Hemmstoffe**)
- Salzstöße (⇒ **3.3-208, Leitfähigkeit**)

### 3.3-104 Entgasung unzureichend

Enthält der belebte Schlamm bei Eintritt in die Absetzzone der Nachklärung viel Gas ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ ), kommt es zur Flotation und u. U. auch zu einer Schlammwaschung. Eine nicht ausreichende Entgasung ist immer dann angezeigt, wenn Schwimmschlamm unmittelbar nach der Einlaufzone auftritt.

Zur Quantifizierung kann ein sogenannter „Entgasungsindex“ bestimmt werden. Dazu ist ein Liter belebter Schlamm in einen 1 l Meßzylinder zu geben und anschließend für 15 Minuten kräftig zu belüften (2 l Luft/Minute). Nach einer Absetzzeit von 10 Minuten ist die Höhe der Schlammschicht an der Oberfläche festzustellen (in mm) und zu dokumentieren [5].

### 3.3-105 Gasbildung

Durch eine zu lange Lagerzeit des Schlammes im Nachklärbecken kann es zu Denitrifikationserscheinungen (Bildung von  $N_2$ ), zur Methanbildung ( $CH_4$ ) oder/und zur Produktion von Lachgas ( $N_2O$ ) kommen. Als unmittelbare Folge kann es durch anhaftende Gasblasen an dem belebten Schlamm zu dessen Flotation kommen.

Werden diese Vorgänge als Ursache für einen erhöhten Schlammtrieb vermutet, ist eine Denitrifikation in der Nachklärung mittels  $NO_3$ -N-Stichproben im Ablauf der Biologie/Ablauf der Nachklärung bzw. im Rücklaufschlamm rechnerisch nachzuweisen. Der  $N_2O$ - und  $CH_4$ -Gehalt im Wasser des Nachklärbeckens wird nur in Ausnahmefällen durch Fachpersonal bestimmt werden können. Mögliche Gegenmaßnahmen sind ( $\Rightarrow$  **10, Blähschlamm**) zu entnehmen.

### 3.3-106 Tauchwand und Schwimmstoffentnahme funktionsuntüchtig

Die Tauchwand muß verhindern, daß Schwimmstoffe unter der Tauchwand hindurchgehen oder durch fehlerhafte Rohrverbindungen in den Ablauf gelangen. Die Schwimmstoffentnahme muß so effizient sein, daß der Rest von der Tauchwand sicher zurückgehalten werden kann. Ggf. sind die genannten Einrichtungen instandzusetzen. Dabei sind die Einbauvorschriften für Tauchwände nach DIN 19558 zu beachten.

### 3.3-107 Unterschiedliche Temperatur im Zulauf und im Ablauf des Nachklärbeckens

Bei Temperaturunterschieden im Zu- und Ablauf der Nachklärung über 2°C können ebenfalls Dichteströmungen auftreten (analog  $\Rightarrow$  **3.3-208, Leitfähigkeit**). Ursache dieser Unterschiede können beispielsweise Gewitterregen mit abkühlender Wirkung oder die stoßweise Einleitung von warmem Prozeßwasser (z. B. 35°C) aus der anaeroben Schlammstabilisierung sein.

Sind die Temperaturschwankungen einem Indirekteinleiter zuzuordnen, so ist dort ein Ausgleichsbecken zu erstellen oder es sind Maßnahmen zur Minderung der Schwankungen zu ergreifen.

### 3.3-108 Ammonium im Ablauf niedrig

Liegt der  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Wert unter 5 mg/l, ist die Ursache für den erhöhten CSB-Ablauf im Zulauf zur Anlage zu suchen. Das Abwasser war dann in der fraglichen Zeit biologisch schlechter abbaubar. Weiterführend ist das CSB/BSB<sub>5</sub>-Verhältnis im Zulauf zur biologischen Stufe zu bestimmen. Liegt diese Größe über dem erwarteten Kläranlagenspezifischen Wert, so ist vermutlich ein Indirekteinleiter der Verursacher der erhöhten CSB-Ablaufwerte. Andernfalls können diese durch den Einfluß einer Miterfassung von Nitrit bei der Bestimmung des CSB zustande gekommen sein ( $\Rightarrow$  **3.3-207, Nitrit**).

### 3.3-109 Ammonium im Ablauf erhöht

Ist der  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  - Gehalt im Ablauf größer als 5 mg/l, sollte bei zwangsbelüfteten Festbettreaktoren der  $\text{O}_2$ -Gehalt geprüft werden. Dieser sollte im Ablauf der biologischen Reaktoren über 2 mg/l liegen. Im Zweifelsfall ist die Luftzufuhr zu erhöhen. Bei zuvor unzureichender Sauerstoffversorgung ist eine Verminderung des Ammoniumgehaltes im Ablauf nach wenigen Stunden zu erwarten. Weitere Überprüfungen sind nach Kapitel 4 ( $\Rightarrow$  **4, Nitrifikation**) durchzuführen.

### 3.3-201 Trübung erhöht

Kontinuierliche Trübungsmessungen im Kläranlagenablauf reagieren sehr empfindlich auf abtreibende Feststoffe. Ein deutlicher Anstieg der Trübung auf Werte über 10 TE/F ( $\Rightarrow$  **2.2**) deutet auf einen hohen Anteil abfiltrierbarer Stoffe

und damit auch auf entsprechend erhöhte CSB-Werte hin. Zur weiteren Überprüfung kann nach ( $\Rightarrow$  **3.2-301, filtrierte Probe**) vorgegangen werden.

### **3.3-202 Zulauf zu hoch**

Die Drosseleinrichtung im Zulauf arbeiten oft nicht exakt, um den Zulaufvolumenstrom auf den Bemessungswert begrenzen zu können. In diesem Fall sind bauliche oder konzeptionelle Änderungen erforderlich. Es ist darauf zu achten, daß die Bemessungswassermengen aus der Kanalisationsberechnung mit den Werten für die Bemessung der Kläranlage abgestimmt sind.

### **3.3-203 pH-Wert zu gering oder zu hoch**

Liegt der pH-Wert im Belebungsbecken längere Zeit unter 6,6, so führt dies zu einem Flockenzerfall ( $\Rightarrow$  **3.3-106**).

Befindet sich der pH-Wert im Belebungsbecken dagegen längere Zeit über 9,0, so führt dies zu einem steigenden Ammoniakgehalt im System. Die Folgen können dann ebenfalls ein Flockenzerfall sowie eine Hemmung der Nitrifikation und auch des Kohlenstoffabbaus sein ( $\Rightarrow$  **8, pH-Wert**).

### **3.3-204 Mechanische Zerschlagung des Schlammes**

In vereinzelt Fällen kann es durch schnell laufende Einkanalrad- oder Wirbelradpumpen ( $> 1400$  U/Min) bei der Förderung von Kreislauf- oder Rücklaufschlammes zu einer mechanischen Zerschlagung des belebten Schlammes kommen. Bei dem Einsatz von Schneckentrogpumpen oder Mehrkanalradpumpen treten keine derart hohen Scherbeanspruchungen auf.

### **3.3-205 Hemmstoffe**

Nitrifizierende Bakterien reagieren in der Regel deutlich empfindlicher gegen Hemmstoffe als heterotrophe Bakterien. Um ein mögliches Hemmpotential des Abwassers gegenüber Nitrifikanten festzustellen, sollte zunächst ein Hemmtest für die Nitrifikation mit Zulauf durchgeführt werden ( $\Rightarrow$  **4.2-203, Hemmung der Nitrifikation**).

Diese Hemmteste sind kostenintensiv und können nur von besonderen Fachinstituten durchgeführt werden.

### 3.3-207 Nitritgehalte erhöht

Aus der gleichen Probe wie der CSB soll zusätzlich der Nitritgehalt ermittelt werden, da dieser durch die Bestimmung des CSB miterfaßt wird (1,0 mg/l NO<sub>2</sub>-N entsprechen ca. 1,14 mg/l CSB). Nitrit ist ein Bakteriengift und kann somit den biologischen Stoffumsatz negativ beeinflussen (⇒ **9, Nitrit**).

### 3.3-208 Leitfähigkeit im Zulauf und im Ablauf des Nachklärbeckens unterschiedlich

Unterscheidet sich die Leitfähigkeit im Zulauf zur Nachklärung durch Salzeinfluß von der im Nachklärbecken selbst, kann es zu Dichteströmungen kommen, die einen Feststoffaustrag aus der Nachklärung bewirken. Diese Funktionsstörung kann insbesondere im Winterhalbjahr auftreten, wenn Salze im Rahmen des Winterdienstes auf den Straßen und Fußwegen ausgebracht werden.

Sind die Leitfähigkeitsschwankungen einem Indirekteinleiter zuzuordnen, so sind dort ein Ausgleichsbecken zu erstellen oder Maßnahmen zur Minderung der Schwankungen zu ergreifen.

### 3.3-301 Analysieren einer filtrierten Probe

Zur Absicherung der Meßergebnisse nach 3.3-201 und 3.3-202 ist zusätzlich der CSB in der filtrierten Probe (CSB<sub>filtr</sub>, ⇒ **2.2**) im Kläranlagenablauf zu bestimmen. Ist der CSB<sub>filtr</sub> erheblich niedriger als der CSB aus der homogenisierten Probe, sind die abfiltrierbaren Stoffe (⇒ **2.2**) zu messen und das nachfolgende Verhältnis zu errechnen:

$$(\text{CSB}_{\text{hom}} - \text{CSB}_{\text{filtr}}) / \text{abf. Stoffe (AFS)} \quad \text{in mg/mg}$$

Liegt dieses Verhältnis über 1, ist die Ursache für erhöhte CSB-Ablaufwerte in der unzureichenden Trennwirkung der Nachklärung zu suchen (⇒ **3.3-103 ff**). Andernfalls sind der CSB oder die AFS falsch bestimmt.

Ist der CSB<sub>filtr</sub> nur unwesentlich niedriger als der CSB<sub>hom</sub>, dann sollte der NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N - Gehalt im Kläranlagenablauf bestimmt werden (⇒ **3.3-108, 3.3-109, NH<sub>4</sub>-N-Gehalt im Kläranlagenablauf**).

### **3.3-302      Leitungswege verstopft**

Durch Verbackungen oder Verstopfungen können die Leitungsquerschnitte der Abwasser- und Schlammführung mehr oder weniger vermindert werden. Eine Überprüfung kann mit Fernsehkameras oder anderen optischen Kontrollen erfolgen.

Durch Spülung, Molchung und in hartnäckigen Fällen auch durch Ausfräsen kann der ursprüngliche Fließquerschnitt wieder hergestellt werden.

### **3.3-303      CSB im Zulauf**

Ein zu hohe CSB-Belastung im Zulauf der Kläranlage kann ebenfalls erhöhte Ablaufwerte bezüglich des CSB hervorrufen. Die CSB-Belastung ist zu ermitteln (ggf. unter Verdichtung der Analysen der Eigenkontrolle) und eine gezielte Ursachenforschung zubetreiben. Das  $BSB_5/CSB$ -Verhältnis gibt einen Hinweis auf die biologische Abbaubarkeit der zugeführten oxidierbaren Abwasserinhaltsstoffe.

## **3.4      CSB-Werte bei Filtrationseinrichtungen erhöht**

Ist der homogenisierte CSB im Ablauf der Filtrationseinrichtung größer als im Ablauf der Nachklärung, ist der Spülzyklus falsch gewählt. Es ist eine sofortige Rückspülung einzuleiten.

Steigt die Trübung im Ablaufkanal zum Gewässer schnell an, so kann dies neben einem Filterdurchbruch bei einer Filterverstopfung auch auf das Anspringen der Bypass-Leitung zurückgeführt werden.

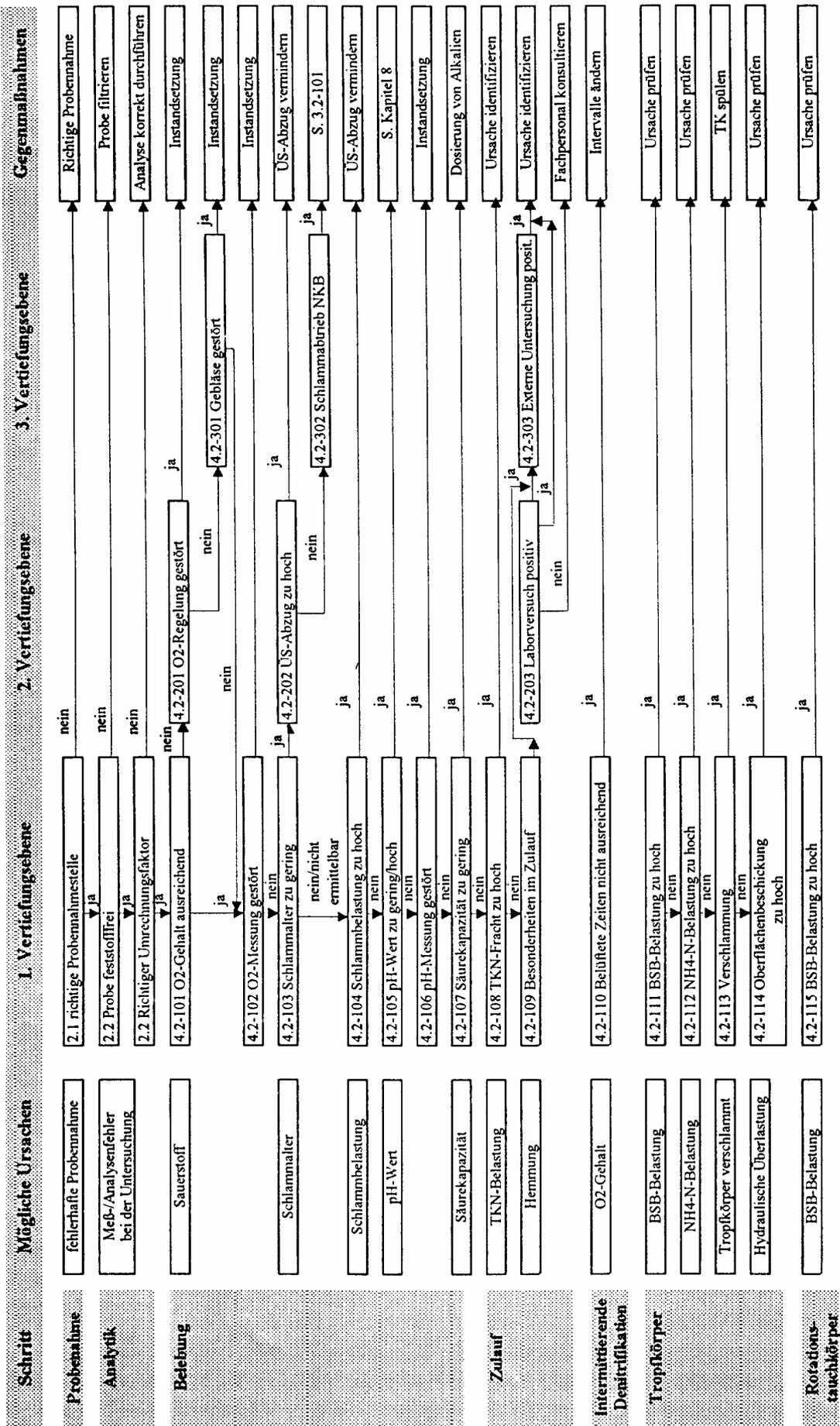
Ein erhöhter  $CSB_{\text{filtr}}$  im Ablauf des Filters im Vergleich zum  $CSB_{\text{filtr}}$  im Ablauf der Nachklärung ist in der Regel auf eine Verschlammung des Filters zurückzuführen. Ggf. liegt die Ursache in einer unzureichenden Spülung.

Nach der Rückspülung sind die Meßeinrichtungen für die automatische Rückspülung zu überprüfen.

Sind der Zulauf und Ablauf des Filters ständig trüb, ist die Ursache in feindispersen Partikeln zu suchen. Abhilfe ist durch eine Zugabe von Flockungshilfsmitteln möglich.

## Ursachen für erhöhte NH<sub>4</sub>-N-Werte im Ablauf

### Funktionsstörungen

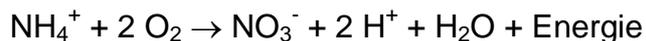




## 4 Reinigungsziel: Nitrifikation

### 4.1 Allgemeines

Bei der Nitrifikation werden die anorganischen Stickstoffverbindungen Ammonium und Nitrit zu Nitrat oxidiert. Die biochemische Reaktion



ist durch einen hohen Sauerstoffverbrauch und eine Verringerung der Säurekapazität des Abwassers gekennzeichnet. Bei optimierten Randbedingungen (Sauerstoffzufuhr, Säurekapazität, pH-Wert) und einem ausreichenden Schlammalter erfolgt in der Regel eine sehr weitgehende Stickstoffumsetzung zu Nitrat.

Bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Nitrifikation sind filtrierte Proben vom Ablauf des Nitrifikationsreaktors bzw. vom Ablauf der Kläranlage heranzuziehen. Dabei ist sicherzustellen, daß die Probe tatsächlich an der bezeichneten Stelle genommen wird und die Proben nicht verwechselt wurden ( $\Rightarrow$  **2.1**).

Bei einer vermuteten Funktionsstörung der Nitrifikation sollte als erste Maßnahme die Bestimmung des Ammoniumgehaltes überprüft werden (filtrierte Probe, richtiger Faktor bzw. Küvette, etc.) ( $\Rightarrow$  **2.2**). Liegen die von einem kontinuierlichen Meßgerät ausgegebenen  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Werte über dem Sollwert, sollte das Prozeßmeßgerät mittels einer Vergleichsmessung im Labor überprüft werden ( $\Rightarrow$  **2.3**).

Bestätigt sich die Richtigkeit der durchgeführten Ammoniummessung, sind weitere Untersuchungen einzuleiten.

Zu beachten ist bei der Nitrifikation die hohe Temperaturabhängigkeit der Stickstoffumsetzung. Die Bemessung der Kläranlagen erfolgt in Deutschland in der Regel für eine Bemessungstemperatur von  $10^\circ\text{C}$ . Daher ist auch nicht zu erwarten, daß diese Anlagen bei voller Auslastung bei niedrigeren Abwassertemperaturen auch vollständig nitrifizieren. Erhöhte  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Ablaufwerte bei Abwassertemperaturen unterhalb der Bemessungstemperatur sind deshalb keine Funktionsstörung. Ebenso kann nicht erwartet werden, daß bei vorausgegangenen schnellen Temperaturschwankungen (z. B. durch Schneeschmelze)

auch bei Abwassertemperaturen im Bereich von  $> 12^{\circ}\text{C}$  immer voll nitrifiziert wird.

## **4.2 Ammonium-Werte im Ablauf beim Belebungsverfahren erhöht**

### **4.2-101 O<sub>2</sub>-Gehalte ausreichend**

Als erster Schritt ist der notwendige Sauerstoffgehalt in der Nitrifikationszone zu überprüfen. Bei einer repräsentativen Messung des O<sub>2</sub>-Gehaltes in der belüfteten Zone ist in der Regel ein mittlerer O<sub>2</sub>-Gehalt von 1 - 2 mg/l ausreichend.

Eine „repräsentative“ Messung des Sauerstoffgehaltes erfordert den Einbau der Meßelektrode unter Berücksichtigung der maßgebenden Richtlinien [6,7], sowie eine regelmäßige Wartung der Einrichtungen. Die Messung des O<sub>2</sub>-Gehaltes nur am Anfang und am Ende eines längsdurchströmten Belebungsbeckens ist ebenso zu vermeiden wie den Einbau der Armatur in unmittelbarer Nähe der Belüftungsaggregate (Mammutrotoren, Kreiselbelüfter).

Die Messung des Sauerstoffgehaltes muß bei Oberflächenbelüftern etwa 1 m über der Beckensohle und bei Sohlbelüftung etwa 1 m unterhalb des Wasserspiegels erfolgen. Ggf. sind die Standardarmaturen durch Sonderanfertigungen zu ersetzen.

Zur Überprüfung des Sauerstoffgehaltes sind deshalb die Aufzeichnungen der O<sub>2</sub>-Messungen der letzten 48 h zu prüfen. Sind hier über längere Zeiträume Sauerstoffgehalte unter 1 mg/l aufgetreten, ist die installierte Sauerstoffregelung ( $\Rightarrow$  **4.2-201**) oder das Belüftungssystem (z. B. Verdichter  $\Rightarrow$  **4.2-301**) zu überprüfen. Defekte Einrichtungen sind instandzusetzen, ggf. ist der Sollwert für den notwendigen Sauerstoffgehalt zu erhöhen.

Ergeben die Aufzeichnungen des Sauerstoffgehaltes in der Nitrifikationszone keinen Anhalt für zu geringe O<sub>2</sub>-Werte, ist die im Becken installierte Sauerstoffmessung zu überprüfen ( $\Rightarrow$  **4.2-102, Sauerstoffmessung**).

### **4.2-102 Sauerstoff-Messung funktionsfähig**

Die ständig in der belüfteten Zone installierten O<sub>2</sub>-Meßsonden sind mittels einer Vergleichsmessung (Handgerät) zu überprüfen. Geringe Abweichungen von  $\pm 0,2$  mg/l sind dabei in der Regel unabdingbar. Werden die Meßergebnisse der kontinuierlichen Sauerstoffmessung durch die Vergleichsmessungen bestätigt, ist im nächsten Schritt das vorhandene aerobe Schlammalter zu überprüfen ( $\Rightarrow$  **4.2-103**).

#### 4.2-103      **Aerobes Schlammalter zu gering**

Die Einhaltung des aeroben Mindestschlammalters ist für die vollständige Nitrifikation unabdingbar.

Das in der Belebungsanlage tatsächlich vorhandene Schlammalter (in d) ermittelt sich nach Gleichung 1:

$$t_{TS,ist} = \frac{V_N * TS_{BB}}{(Q_{zu} * TS_{ab}) + (TS_{ÜS} * Q_{ÜS})} \quad (1)$$

Zur Ermittlung des Ist-Schlammalters ist die Ermittlung von insgesamt 5 Parametern notwendig, das Volumen der belüfteten Zone ( $V_N$ ) in  $m^3$  ist bekannt. Bei der Außerbetriebnahme von Beckeneinheiten oder Umwidmungen ist nur das tatsächlich genutzte Nitrifikationsvolumen anzusetzen.

Der Parameter  $TS_{BB}$  steht für den Feststoffgehalt im biologischen Reaktor und wird in der Regel aus einer täglichen Stichprobe oder aus dem 24-h-Mittelwert kontinuierlicher Aufzeichnungen ermittelt.

Der abgezogene Überschussschlamm (in  $m^3/d$ ) wird entweder aus den Meßergebnissen einer Durchflußmessung oder mittels Förderstrom und Betriebsdauer der installierten Überschussschlammmentnahmepumpen abgeschätzt. Für  $Q_{ÜS}$  soll mit dem Mittelwert über mehrere Tage gerechnet werden. Weiterhin ist zu beachten, daß die Angaben für  $TS_{ab}$  von „mg/l“ in „kg/m<sup>3</sup>“ umgerechnet werden müssen.

Falls keine TS-Messung des Überschussschlammes ( $TS_{ÜS}$ ) zur Verfügung steht und der Überschussschlamm aus dem Rücklaufschlamm entnommen wird, kann der Feststoffgehalt des Überschussschlammes aus nachfolgender Gleichung 2 ermittelt werden:

$$TS_{ÜS} = TS_{RS} = TS_{BB} * (1 + RV)/RV \quad (2)$$

Der Term  $(Q_{zu} * TS_{ab})$  ist nur von Bedeutung, wenn der Gehalt an abfiltrierbaren Stoffe deutlich über 20 mg/l (= 0,02 kg/m<sup>3</sup>) liegt. Andernfalls kann er vernachlässigt werden.

Der Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen ( $TS_{ab}$ ) ( $\Rightarrow$  2.2) wird auf Kläranlagen in der Regel nicht bestimmt, da eine Membranfiltration mittels  $0,45 \mu\text{m}$  Filter erforderlich ist. Bei einem klaren Kläranlagenablauf kann hier  $10 \text{ mg/l}$  eingesetzt werden. Ebenfalls ist es möglich, den Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen aus einer installierten Trübungsmessung im Ablauf abzuschätzen. In Fall einer TE/F-Anzeige wird empfohlen,  $1 \text{ TE/F}$  ( $\Rightarrow$  2.2) auf  $2,5 \text{ mg/l}$  abfiltrierbare Stoffe umzurechnen. Demnach würden  $4 \text{ TE/F}$  etwa  $10 \text{ mg/l}$  abfiltrierbarer Stoffe entsprechen.

Alle - wie beschrieben - ermittelten Parameter können nun in die obengenannte Gleichung 1 eingesetzt werden. Ein Vergleich des Soll-Schlammalters mit dem Ist-Schlammalter zeigt, ob die Unterschreitung des aeroben Mindestschlammalters der Grund für erhöhte Ammoniumablaufwerte sein kann.

Das tatsächlich für die Nitrifikation erforderliche minimale Schlammalter kann dabei unter Berücksichtigung der aktuellen Abwassertemperatur im biologischen Reaktor nach folgender Gleichung 3:

$$t_{TS,soll} = 4,9 \times 1,103^{(15-T)} \quad (3)$$

$T$  = aktuelle Abwassertemperatur im biologischen Reaktor (in °C)

bestimmt werden.

Wurde das aerobe Mindestschlammalter unterschritten, ist der Überschusschlammabzug zu reduzieren, um das aerobe Schlammalter heraufzusetzen. Mögliche Ursachen für die Unterschreitung sind zu prüfen ( $\Rightarrow$  4.2-202, **ÜS-Abzug**,  $\Rightarrow$  4.2-302, **Schlammabtrieb**).

Ist eine Berechnung des Schlammalters aufgrund fehlender Daten nicht möglich, ist ersatzweise die  $BSB_5$ -Schlammbelastung zu überprüfen ( $\Rightarrow$  4.2-104).

#### 4.2-104 Schlammbelastung zu hoch

Alternativ zur Berechnung des Schlammalters (4.2-103) kann die Belastung einer Belebungsanlage auch durch die Schlammbelastung ausgedrückt werden. Die Schlammbelastung wird nach Gleichung 4 berechnet und sollte nicht über  $0,15 \text{ kg } BSB_5 / (\text{kg } TS \cdot \text{d})$  liegen.

$$B_{TS} = \frac{BSB_5 \text{ (kg/d)}}{V_{N+DN} \text{ (m}^3\text{)} * TS_{BB} \text{ (g/l)}} \quad \text{in kg } BSB_5 / \text{kg } TS \quad (4)$$

Liegt die aktuelle Schlammbelastung über 0,15 kg/(kg \* d), ist der Feststoffgehalt im System zu erhöhen. Dabei ist jedoch die Leistungsfähigkeit der Nachklärung und der aktuelle Schlammindex zu berücksichtigen. Der Feststoffgehalt darf nicht soweit angehoben werden, daß dann ein Feststoffabtrieb aus der Nachklärung auftritt.

Mögliche Ursachen für einen zu geringen Feststoffgehalt sind zu prüfen (⇒ **4.2-202, ÜS-Abzug**; ⇒ **4.2-302, Schlammabtrieb**).

#### **4.2-105      pH-Wert zu gering oder zu hoch**

Liegt der pH-Wert im Belebungsbecken längere Zeit unter 6,6, so führt dies zu einem Flockenzerfall (⇒ **3.2-106, Flockenzerfall**; ⇒ **4.2-106, pH-Messung**; ⇒ **4.2-107, Säurekapazität**).

Befindet sich der pH-Wert im Belebungsbecken dagegen längere Zeit über pH = 9,0, so führt dies zu einem steigenden Ammoniakgehalt im System. Die Folgen können dann ebenfalls ein Flockenzerfall, eine Hemmung der Nitrifikation und des Kohlenstoffabbaus sein (⇒ **8, pH-Wert**).

#### **4.2-106      pH-Messung funktionsuntüchtig**

Ist der pH-Wert im Ablauf der biologischen Stufe oder im Ablauf der Nachklärung zu gering, ist die installierte kontinuierliche Messung zu überprüfen. Die Kontrollmessung kann dabei z. B. durch eine Vergleichsmessung mit einem transportablem Meßgerät erfolgen.

#### **4.2-107      Säurekapazität zu niedrig**

Die Säurekapazität im Belebungsbecken wird durch Fällung mit Metallsalzen und die Vorgänge bei der biologischen Stickstoffentfernung beeinflußt. Die Absenkung der Säurekapazität kann bei gegebenen Verhältnissen aus Tagesmittelwerten auch rechnerisch ermittelt werden:

$$SK_{ab} = SK_{zu} - [0,07 (NH_4-N_{zu} - NH_4-N_{ab} + NO_3-N_{ab}) + 0,06 Fe^{3+} + 0,04 Fe^{2+} + 0,11 Al^{3+} - 0,03 (P_{zu} - P_{ab})]$$

NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, Fe<sup>3+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>      in mg/l  
(P<sub>zu</sub>-P<sub>ab</sub>) = gefällter Phosphor      in mg/l

Bei üblichen Beckentiefen der Belebung (bis 6 m) sollte die Säurekapazität im Kläranlagenablauf nicht kleiner als 1,5 mmol/l sein. Andernfalls ist mit einem Flockenzerfall des belebten Schlammes zu rechnen.

Zur Anhebung des pH-Wertes und der Säurekapazität sind so viel und so lange Alkalien (Kalk, Soda, Natronlauge) in die Nitrifikationszone zuzugeben, bis der pH-Wert dort im Bereich von 6,8 - 7,5 liegt. Aus Kostengründen wird normalerweise Kalk gewählt. Dabei sind 74 mg/l  $\text{Ca(OH)}_2$  pro 2 mmol/l SK notwendig.

Im Notfall kann der Kalk auch trocken (Sackware) mittels Schaufeln in die Belebung eingebracht werden. Im Baustoffhandel erhält man Kalkhydrat, dessen Ca-Anteil geringfügig über dem von  $\text{Ca(OH)}_2$  liegt. Bei der Zugabe von Sackware ist ferner darauf zu achten, daß der Kalk langsam zugegeben wird und der pH-Wert in der Belebung nicht über 8,0 ansteigt. Die Wirkung des Kalkhydrates kann gesteigert werden, wenn der Kalk vorgelöst (ca. 10%ige Lösung) und dann langsam in das Becken gepumpt oder geschüttet wird.

#### **4.2-108 TKN-Fracht im Zulauf zu hoch**

Bei einer Überschreitung der Bemessungsfracht im Zulauf, aber auch bei einer plötzlichen deutlichen Erhöhung der zugeführten Stickstofffracht, können erhöhte Ammoniumablaufwerte auftreten.

Daher sind zunächst die während der fraglichen Zeit der Biologie zugeführten N-Frachten mit den Bemessungsfrachten bzw. den zuvor eingeleiteten Stickstofffrachten zu vergleichen. Dafür sind die 24-h-Mischproben der letzten drei Tage vom Zulauf zur Biologie bezüglich TKN oder ersatzweise Ammonium zu untersuchen und die zugeführte Stickstofffracht zu berechnen.

Sollten nur  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Werte vorliegen, kann der TKN-Wert mit  $1,40 \cdot \text{NH}_4\text{-N} = \text{TKN}$  abgeschätzt werden.

Werden durch die Probenahme möglicherweise zugeführte Stickstofffrachten aus

- Fäkalwasser,
- Sickerwasser oder
- mit Ammonium belastetem Wasser aus der Schlammbehandlung

nicht erfaßt, sollten aus diesen Wässern Stichproben entnommen werden, um die jeweilige Belastung abzuschätzen. Die zugehörigen Wassermengen sind den Betriebsunterlagen zu entnehmen.

Wurden die zulässige N-Bemessungsfracht bzw. die üblicherweise zugeführten Frachten überschritten, sollte der Überschußschlammabzug vermindert werden, um den TS-Gehalt in der Belebungsanlage zu erhöhen. Damit steht in den nächsten Tagen eine größere Nitrifikantenmasse zur Umsetzung des Ammoniums zur Verfügung. Dabei sind jedoch die Leistungsfähigkeit der Nachklärung und der aktuelle Schlammindex zu berücksichtigen. Der Feststoffgehalt darf nicht soweit angehoben werden, daß dann ein Feststoffabtrieb aus der Nachklärung auftritt.

Weiterhin sollte eine gezielte Ursachenforschung für die Überlastung der Kläranlage durchgeführt werden. Dabei ist bezüglich externer Einleiter (im Kanalnetz) oder interne Einleitungen (durch Sickerwasser oder Prozeßwässer aus der Schlammbehandlung) zu unterscheiden. Ist die tatsächlich zugeführte Stickstofffracht geringer als die zulässige Bemessungsfracht, sollte eine Untersuchung bezüglich Hemmung der Nitrifikation durchgeführt werden (⇒ **4.2-109, Hemmung**).

#### **4.2-109 Nitrifikation gehemmt**

In einem ersten Schritt sind dazu mögliche Besonderheiten im Zulauf zur biologischen Stufe in den letzten 48 h zu prüfen. Ein erhöhter Salzgehalt, unübliche pH-Werte (⇒ vgl. **8, pH-Wert**) oder hohe CSB-Werte (⇒ **3.**) können ein Indiz für industrielle Einleitungen sein. Zur genaueren Beurteilung sind weitergehende Untersuchungen durchzuführen (⇒ **4.2-203, Hemmversuch**; ⇒ **4.2-303, externe Untersuchung**; ⇒ **13, externe Einleitungen**).

#### **4.2-110 Belüftete Zeiten nicht ausreichend**

Bei Anlagen mit simultaner oder intermittierender Nitrifikation/Denitrifikation kann die (an)oxische Zeit bzw. das (un)belüftete Volumen variiert werden. Die Regelung/Steuerung dieser Phasen erfolgt in der Regel über eine Zeitschaltuhr, das Redoxpotential oder mit On-Line-Meßgeräten zur Bestimmung von Ammonium und/oder Nitrat.

Dabei ist zu beachten, daß das unbelüftete Volumen nicht über 2/3 des gesamten Volumens bzw. die unbelüftete Phase nicht mehr als 66 % der gesamten Zykluszeit beträgt. Andernfalls kann es zu einer Schädigung der Nitrifikanten kommen. Weiterhin ist es möglich, daß die zur Verfügung stehende Nitrifikantenmenge nicht ausreicht, um das Ammonium vollständig zu nitrifizieren. In diesem Fall ist das belüftete Volumen zu erweitern bzw. die Belüftungsphase zu verlängern.

Ansonsten gelten für Anlagen mit simultaner/intermittierender Nitrifikation/Denitrifikation die vorher ausgeführten Punkte ( $\Rightarrow$  **4.2-101 bis 4.2-109**) analog.

#### **4.2-201 Überprüfung der Sauerstoffregelung**

Eine mögliche Ursache für zu geringe Sauerstoffgehalte in der biologischen Stufe können nicht angepaßte Grenzwerte zur Regelung der Luftzufuhr darstellen. Die Grenzwerte sind zu überprüfen, im Bedarfsfall ist der Sollwert für die Regelung der Sauerstoffkonzentration zu erhöhen. Dies kann dann notwendig werden, wenn die Führungselektrode zur Regelung der Sauerstoffzufuhr an einer nicht repräsentativen Stelle für die Messung des O<sub>2</sub>-Gehaltes installiert ist.

#### **4.2-202 Überschußschlammabzug zu hoch**

Eine Überprüfung des vorgenommenen Überschußschlammabzuges ist problemlos möglich, wenn entsprechende funktionstüchtige Meßeinrichtungen (Durchflußmessung) vorhanden sind. Andernfalls sind die nachfolgenden Einrichtungen zur Schlammbehandlung zu kontrollieren. Ein übermäßiger Überschußschlammabzug kann sich u. a. durch eine hydraulische Überlastung von Eindickern bemerkbar machen. Ist kein übermäßiger Überschußschlammabzug nachweisbar, ist die Nachklärung bezüglich Schlammabtrieb zu kontrollieren ( $\Rightarrow$  **4.2-302, Schlammabtrieb**).

Auf vielen Anlagen erfolgt der Abzug des Überschußschlammes diskontinuierlich von Hand oder nach Zeitprogramm. Bei stoßartigem Abzug des Schlammes über nur wenige Stunden am Tag (oder in der Woche) kann der TS<sub>BB</sub>-Gehalt schnell deutlich vermindert werden.

Zur Sicherheit sind bei diskontinuierlichem Betrieb der ÜS-Pumpe die Schlammvolumina im DN-Reaktor vor und nach den Schlammabzugsintervallen

zu kontrollieren. Die Differenz darf nicht mehr als 25 % betragen. Andernfalls sind der ÜS-Förderstrom zu drosseln und gleichzeitig die ÜS-Abzugszeiten entsprechend zu verlängern.

Bei manuellem ÜS-Abzug kann u. U. vergessen werden, die ÜS-Pumpe wieder abzuschalten. Bei deutlich abgefallenem Schlammvolumen ist daher zuerst zu prüfen, ob die von Hand eingeschaltete ÜS-Pumpe nicht versehentlich noch läuft.

Bei Regelung des ÜS-Abzuges über eine Schlammdichte-Messung vgl. (⇒ **5.2-202**).

#### **4.2-203 Laborversuch zur Hemmung der Nitrifikation**

Es besteht die Möglichkeit, in einem Laborversuch vor Ort die Nitrifikationsfähigkeit des belebten Schlammes selbst zu untersuchen. Dazu sind ca. 5 l belebten Schlammes aus der belüfteten Zone zu entnehmen und z. B. mit Druckluft im Labor intensiv zu belüften (als Belüftungselement eignen sich Aquariumsteine). Unter diesen (optimalen) Bedingungen sollte das Ammonium nach ca. 2 Stunden weitgehend entfernt sein. Während des Versuchsablaufes ist auf eine ausreichende Säurekapazität ( $> 1,5 \text{ mmol/l}$ ) bzw. auf einen pH-Wert über 6,6 im Laborreaktor zu achten.

Sollte das Ammonium unter diesen optimierten Bedingungen nicht weitgehend entfernt werden, kommt eine externe Untersuchung des Abwassers auf eine Hemmung der Nitrifikation in Frage (⇒ **4.2-303**).

Sollte sich eine Hemmung der Nitrifikation bestätigen, ist eine gezielte Ursachenforschung durchzuführen, dabei sind insbesondere externe oder interne Einleitungen zu berücksichtigen. Ein Indirekteinleiterkataster ist hierbei hilfreich.

#### **4.2-301 Einrichtungen zur Sauerstoffzufuhr funktionsuntüchtig**

Wird der Sollwert für den Sauerstoffgehalt im Belüftungsbecken nicht mehr erreicht, obwohl die Belastung der Biologie nicht angestiegen ist und die MSR-Technik einwandfrei funktioniert, sind alle installierten Einrichtungen zur  $\text{O}_2$ -Zufuhr zu überprüfen. Mögliche Ursachen liegen in:

- einem Defekt der Verdichter bzw. Oberflächenbelüfter,
- der Verstopfung der Ansaugfilter bei Gebläsen,
- einem zu hohen Druckanstieg im System (Verengung von Querschnitten, Verstopfung von Belüfterelementen),
- Undichtigkeiten im System (Rohrleitungen, Belüfter).

Durch Kontrolle der Druckverhältnisse und der Stromaufnahme der Verdichter kann die Fehlerquelle eingegrenzt werden. Defekte Einrichtungen sind instandzusetzen.

#### **4.2-302 Schlammabtrieb aus der Nachklärung**

Eine ungewollte Verminderung des Schlammalters ist auch durch einen übermäßigen Schlammabtrieb aus der Nachklärung möglich (vgl. ⇒ **3.2-101 ff**). In diesem Zusammenhang sind in der Regel auch erhöhte CSB-Werte im Ablauf die Folge (⇒ **3, Kohlenstoffelimination**). Bei übermäßigem Schlammabtrieb und einer Verminderung der Nitrifikation durch eine zu starke Absenkung des Schlammalters sind Gegenmaßnahmen nach (⇒ **10, Blähschlamm**) durchzuführen.

#### **4.2-303 Externe Untersuchung der Hemmung**

Zur Ermittlung von Hemmstoffen stehen an Forschungseinrichtungen oder geeigneten Labors entsprechende Untersuchungsverfahren zur Verfügung. Die Untersuchungen sind in der Regel aufwendig und kostenintensiv.

### **4.3 Ammonium-Gehalt bei Tropfkörpern und Rotationstauchkörpern erhöht**

#### **4.3-111 BSB<sub>5</sub>-Belastung des Tropfkörpers zu hoch**

Eine weitgehende Nitrifikation ist nur zu erwarten, wenn die BSB<sub>5</sub>-Raumbelastung ( $B_R$ ) unter  $0,2 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  bzw.  $0,4 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  - in Abhängigkeit des Füllmaterials - liegt. Die Raumbelastung der Bemessung ist den entsprechenden Unterlagen zu entnehmen. Die aktuelle BSB<sub>5</sub>-Raumbelastung errechnet sich nach Gleichung 5:

$$B_R = \frac{\text{BSB}_{5,\text{zu}} \text{ (kg/d)}}{\text{Volumen des Tropfkörpers (m}^3\text{)}} \quad (5)$$

Der maßgebende  $\text{BSB}_{5,\text{zu}}$  wird aus 24-h-Mischproben im Zulauf zum Tropfkörper bestimmt. Zur Angabe der maßgebenden Belastung ist der 85%-Wert aus mindestens 10 Messungen heranzuziehen.

Wurde die Raumbelastung von  $0,2 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  bzw.  $0,4 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  überschritten, ist eine gezielte Ursachenforschung zu betreiben. Bei der Berechnung der maßgebenden Raumbelastung ist die spezifische, nutzbare Oberfläche des Füllmaterials zu berücksichtigen.

#### 4.3-112 Stickstoff-Belastung eines Tropfkörpers bzw. Rotationstauchkörpers zu hoch

Bei einer Überschreitung der Bemessungsfracht im Zulauf bzw. einer plötzlichen deutlichen Erhöhung der zugeführten Stickstofffracht, können erhöhte Ammoniumablaufwerte auftreten (vgl.  $\Rightarrow$  **4.2-108, TKN-Fracht im Zulauf**). Die maximale Nitrifikationskapazität eines Tropfkörpers kann zu  $1,0 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$  angenommen werden. Daher ist zu überprüfen, ob diese Bedingung nach Gleichung 6 erfüllt ist.

$$\text{N-Kap.} = \frac{\text{NH}_4\text{-N}_N \text{ (kg/d)}}{\text{spez. Oberfläche (m}^2/\text{m}^3) * \text{TK-Vol. (m}^3\text{)}} < 0,1 \text{ kg/m}^2 * \text{d} \quad (6)$$

$\text{NH}_4\text{-N}_N$  zu nitrifizierender Stickstoff  
 $\text{NH}_4\text{-N}_N = \text{TKN}_{\text{zu}} - \text{N}_{\text{ÜS}} (= 0,05 * \text{BSB}_{5,\text{zu}}) - \text{N}_{\text{org}} (= 0,04 * \text{TKN}_{\text{zu}})$

spez. Oberfläche in Abhängigkeit des Füllmaterials (vgl. Bemessungsgrundlagen) bzw. der Scheibenfläche

Zur Ermittlung der tatsächlichen Stickstofffracht im Zulauf zur biologischen Stufe ist die zulässige Bemessungsfracht bzw. die zugeführte Fracht in einem vorhergehenden Vergleichszeitraum den im Zeitraum der Funktionsstörung zugeführten N-Frachten gegenüberzustellen. Dafür sind die 24-h-Mischproben der letzten drei Tage vom Zulauf (wenn vorhanden, ggf. aus Rückstellprobe) zur Biologie bezüglich TKN oder ersatzweise Ammonium zu untersuchen und die zugeführte Stickstofffracht zu berechnen.

Sollten nur  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Werte vorliegen, kann der TKN-Wert mit  $1,4 * \text{NH}_4\text{-N} = \text{TKN}$  abgeschätzt werden.

Werden durch die Probenahme möglicherweise zugeführte Stickstofffrachten aus

- Fäkalwasser,
- Sickerwasser oder
- mit Ammonium belastetem Wasser aus der Schlammbehandlung

nicht erfaßt, sollten hier Stichproben durchgeführt werden, um diese Belastung abzuschätzen. Die zurückgeführte Wassermenge ist den Betriebsunterlagen zu entnehmen.

Weiterhin sollte eine gezielte Ursachenforschung für die Überlastung der Kläranlage durchgeführt werden. Dabei ist bezüglich externer Einleiter (im Kanalnetz) oder interne Einleitungen (durch Sickerwasser oder Prozeßwässer aus der Schlammbehandlung) zu unterscheiden. Ist die tatsächlich zugeführte Stickstofffracht geringer als die zulässige Bemessungsfracht, sollte eine Untersuchung bezüglich Hemmung der Nitrifikation durchgeführt werden ( $\Rightarrow$  **4.2-109, Hemmung**).

#### **4.3-113 Verschammung des Tropfkörpers/Rotationstauchkörpers**

Wasserpfützen auf der Oberfläche und häufig auch ein fauliger Geruch sind Anzeichen für eine Verschammung des Tropfkörpers. Diese läßt sich durch schrittweises Spülen beseitigen. Dazu ist der Drehsprenger bei maximaler Beschickung zu fixieren (ggf. anbinden) und jeweils um einen Schritt vorzurücken, wenn im Ablauf des Spülfeldes die absetzbaren Stoffe kleiner 2 ml/l sind. Innerhalb von 24 Stunden darf nicht mehr als 25 Prozent des Tropfkörpervolumens auf diese Weise gespült werden.

Bei extrem starker Verschammung, insbesondere in den oberflächennahen Schichten, ist die Oberfläche einmal täglich mit  $400 \text{ g NaNO}_3/\text{m}^2$  ( $= 66 \text{ g NO}_3\text{-N}/\text{m}^2$ ) zu bestreuen und leicht mit Wasser zu besprühen. Nach einigen Stunden ist der Normalbetrieb aufzunehmen. Die Dosierung ist oft über eine Woche notwendig, bis der gesamte Tropfkörper entschlammt ist. In diesem Zeitraum ist ggf. mit kurzzeitig erhöhten Nitratwerten im Ablauf der Anlage zu rechnen.

Verstopfungen bei Tropfkörpern können unter Umständen auch auf eine starke Besiedlung des Füllkörpers mit Schnecken zurückzuführen sein.

Bei **Rotationstauchkörpern** ist die Beseitigung von Verstopfungen nach der jeweiligen Betriebsanleitung durchzuführen.

#### 4.3-114      **Hydraulische Beschickung des Tropfkörpers zu hoch**

Eine übermäßige hydraulische Beschickung des Tropfkörpers kann ebenfalls zu einer verminderten Nitrifikationsleistung führen. Unter Berücksichtigung des Rücklaufes sollte die Beschickung der Tropfkörperoberfläche in der Spitze unter 3,5 m/h liegen.

Dabei errechnet sich  $q_a$  nach Gleichung 7 wie folgt:

$$q_{a(1+RV)} = \frac{Q_{zu} + Q_{rück} \text{ (m}^3\text{/h)}}{m^2} \quad \text{in m/h} \quad (7)$$

#### 4.3-115      **BSB<sub>5</sub>-Belastung des Rotationstauchkörpers zu hoch**

In Abhängigkeit der Anzahl der Kaskaden ist eine weitgehende Nitrifikation nur zu erwarten, wenn die BSB<sub>5</sub>-Flächenbelastung ( $B_A$ ) unter 4 g/(m<sup>2</sup>\*d) liegt.

Die aktuelle BSB<sub>5</sub>-Flächenbelastung errechnet sich nach Gleichung 8:

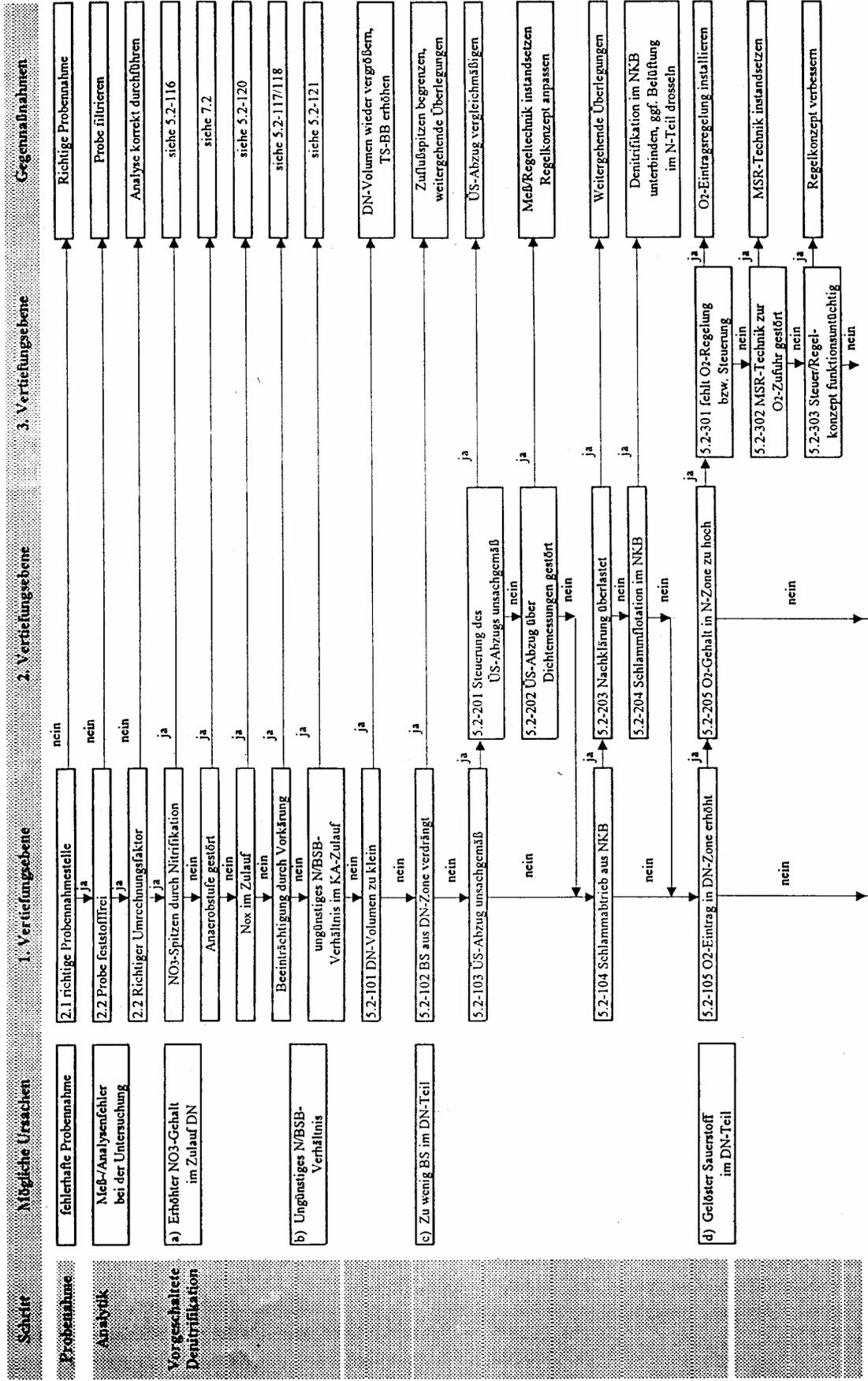
$$B_A = \frac{BSB_{5,zu} \text{ (kg/d)}}{\text{Bewuchsfläche (m}^2\text{)}} \quad (8)$$

Der maßgebende BSB<sub>5,zu</sub> wird aus 24-h-Mischproben im Zulauf zum Rotationstauchkörper bestimmt. Zur Ermittlung der Belastung ist der 85%-Wert aus mindestens 10 Messungen heranzuziehen.

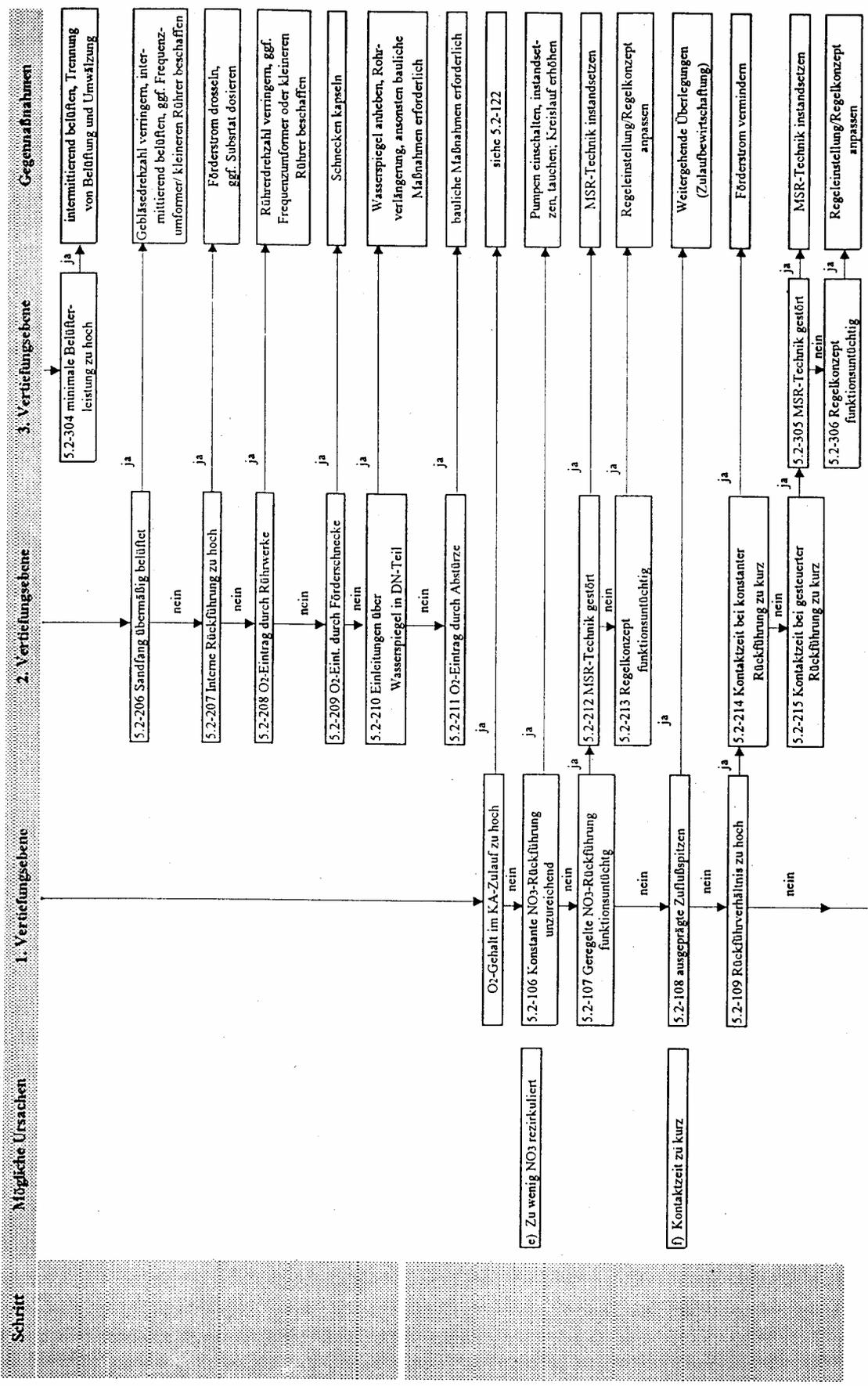
Wurde die Flächenbelastung von 4 g/(m<sup>2</sup>\*d) überschritten, ist eine gezielte Ursachenforschung zu betreiben.

Ursachen für überhöhte Nitratgehalte im Ablauf (NO<sub>3</sub>-N > 10 mg/l)

Funktionsstörungen

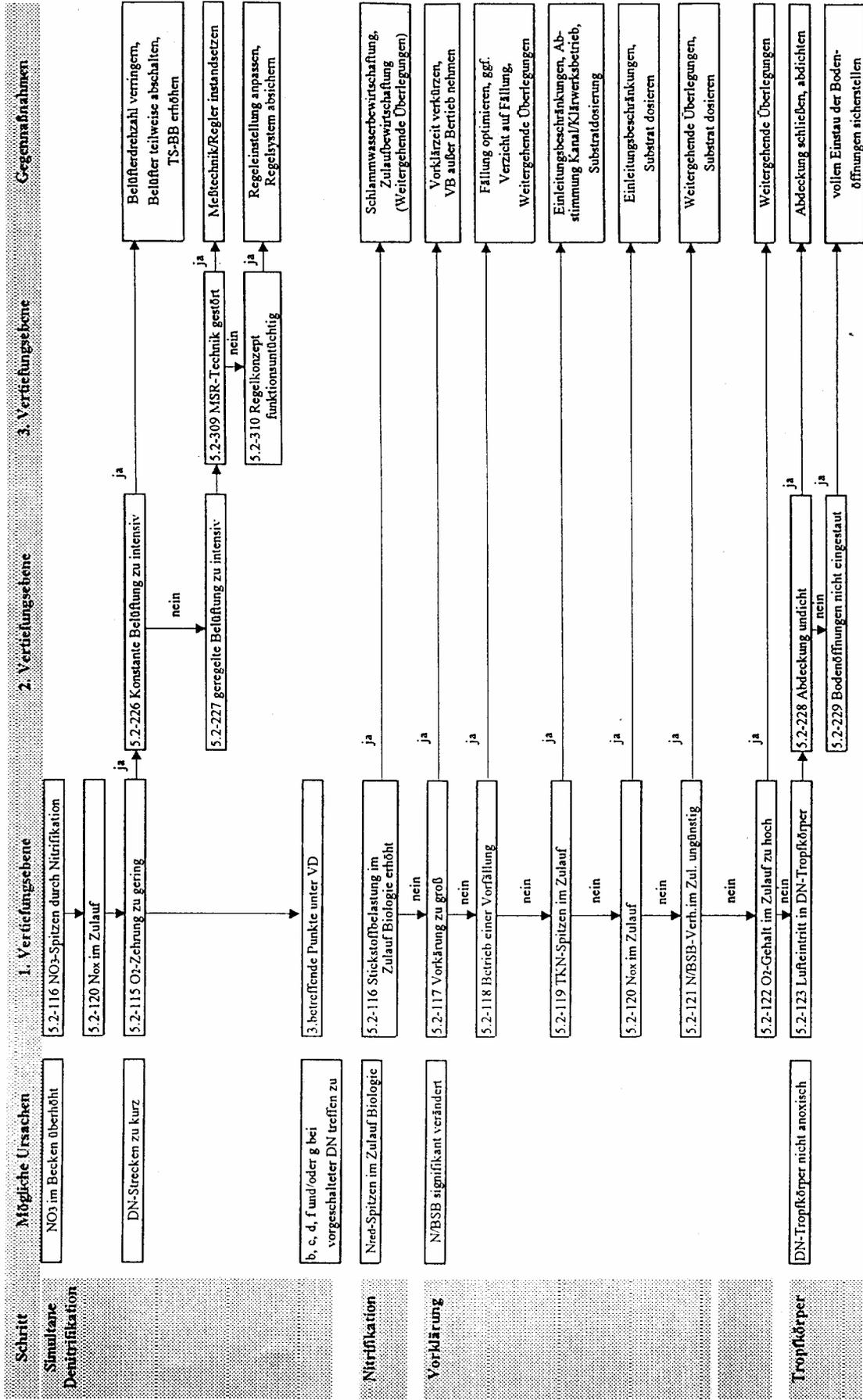


**Funktionsstörungen** Ursachen für überhöhte Nitratgehalte im Ablauf ( $\text{NO}_3\text{-N} > 10 \text{ mg/l}$ )



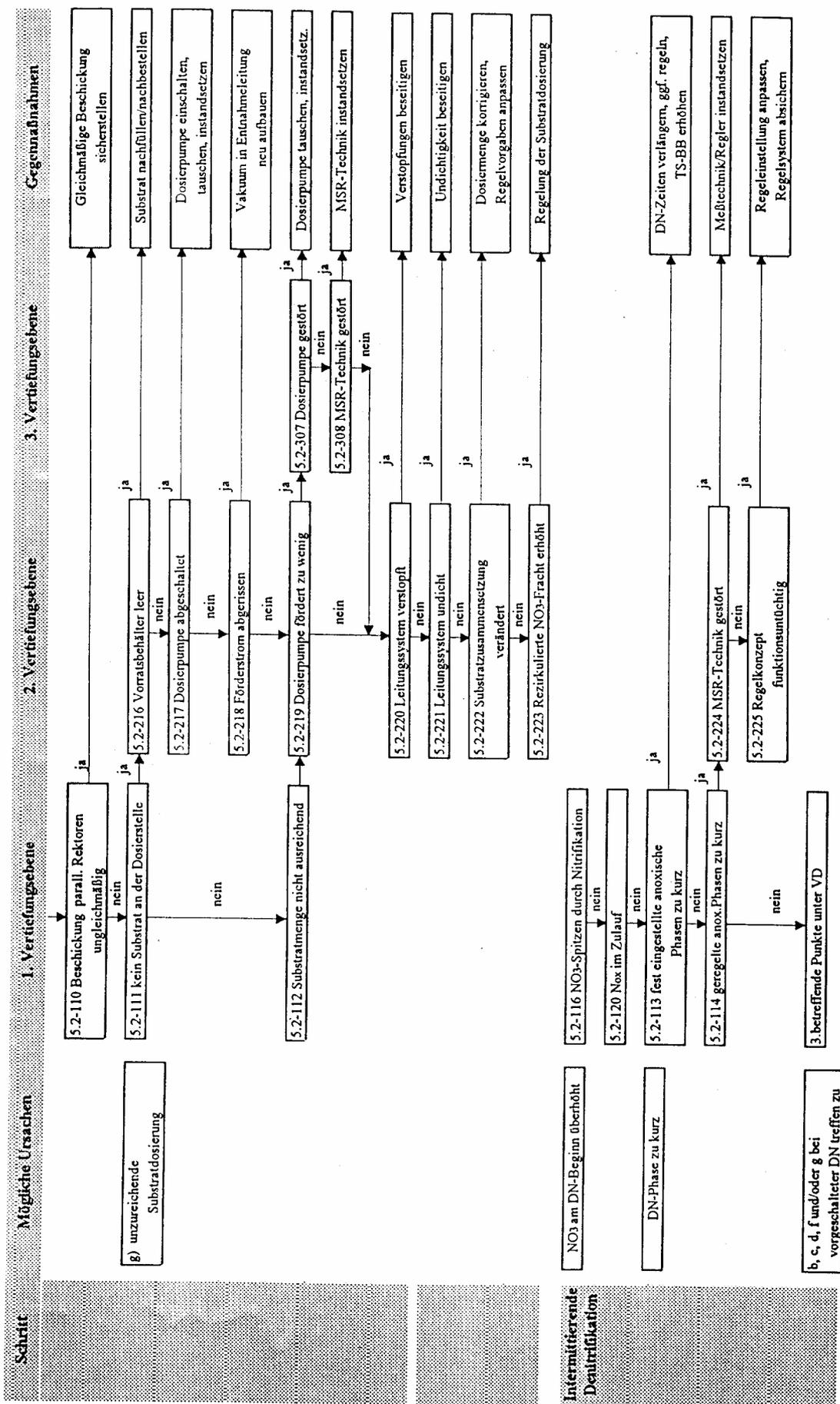
Ursachen für überhöhte Nitratgehalte im Ablauf ( $\text{NO}_3\text{-N} > 10 \text{ mg/l}$ )

Funktionsstörungen



**Funktionsstörungen**

**Ursachen für überhöhte Nitratgehalte im Ablauf (NO<sub>3</sub>-N > 10 mg/l)**





## 5 Reinigungsziel: Denitrifikation

### 5.1 Allgemeines

Die Stickstoffelimination auf Kläranlagen erfolgt zum einen durch Einbindung von Stickstoff in den Überschussschlamm, zum anderen durch Denitrifikation. Mit Denitrifikation wird der biologische Abbau organischer Kohlenstoffverbindungen unter Verwendung von Nitrat- und Nitritsauerstoff im anoxischen Milieu (kein gelöster Sauerstoff) bezeichnet. Nitrat wird dabei über Nitrit zu gasförmigem Stickstoff ( $N_2$ ) reduziert, organischer Kohlenstoff wird zu Kohlendioxid oxidiert. Zur Denitrifikation ist der Großteil der Mikroorganismen des Belebtschlammes befähigt.

Die mikrobielle Reduktion von Nitratsauerstoff zu molekularem Stickstoff führt zu einer teilweisen Rückgewinnung von Sauerstoff und Säurekapazität, die bei der Nitrifikation verbraucht wurden.

Eine wirkungsvolle Denitrifikation ist nur möglich, wenn zuvor der Stickstoff auch nitrifiziert wurde. Eine hohe  $NH_4$ -N-Konzentration im Ablauf der Nachklärung spricht dann dagegen.

Am häufigsten kamen bisher die vorgeschaltete, die intermittierende sowie die simultane Denitrifikation zum Einsatz.

Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Denitrifikation sind filtrierte Proben vom Ablauf des Denitrifikationsteils bzw. vom Ablauf der Kläranlage heranzuziehen. Dabei ist sicherzustellen, daß die Proben auch tatsächlich an der bezeichneten Stellen genommen und nicht verwechselt wurden ( $\Rightarrow$  **2.1**).

Werden erhöhte Nitratgehalte im Ablauf gemessen, sollte als erstes die Nitratbestimmung selbst überprüft werden ( $\Rightarrow$  **2.2**). Liegen die von einem kontinuierlich arbeitenden Meßgerät ausgegebenen Nitratgehalte über dem Sollwert, sollte die Zuverlässigkeit des Gerätes anhand einer Vergleichsmessung im Labor überprüft werden ( $\Rightarrow$  **2.3**).

Bei erhöhten Nitratgehalten im Kläranlagenablauf besteht die Gefahr, daß der wasserrechtliche und/oder abgaberechtliche Anforderungswert für den Gehalt an anorganischem Stickstoff überschritten wird. Da in solchen Fällen der Nitrit-

gehalt an Bedeutung gewinnt ( $\Rightarrow$  **9, Nitrit**), sind an denselben Proben zusätzlich stets auch Nitritbestimmungen vorzunehmen.

Funktionsstörungen in Nachklärbecken wie auch in nachgeschalteten Filtern, die zur weitergehenden Suspensa- bzw. Phosphorelimination dienen, haben keine unmittelbare Auswirkung auf den Nitratgehalt im Kläranlagenablauf.

## **5.2 Nitratgehalte im Ablauf beim Belebungsverfahren erhöht**

### **5.2-101 Denitrifikationsvolumen zu klein**

Mit der Außerbetriebnahme von Denitrifikationsvolumen wird sowohl die Denitrifikationskapazität vermindert (aufgrund der geringeren Schlammmenge im DN-Reaktor), als auch die Kontaktzeit verkürzt. Dadurch kann es zu höheren Nitratgehalten im Ablauf kommen. In diesem Fall ist das DN-Volumen wieder zu erhöhen, alternativ ist der Feststoffgehalt  $TS_{BB}$  anzuheben.

### **5.2-102 Belebtschlamm aus Denitrifikationszone verdrängt**

Bei erhöhtem Zufluß wird belebter Schlamm in die nachfolgenden Becken verdrängt. Infolge der verminderten Grundatmung bei vermindertem Trockensubstanzgehalt im DN-Reaktor geht die DN-Kapazität vorübergehend zurück.

Es empfiehlt sich, die zeitliche Veränderung des Schlammvolumens im DN-Becken bei ausgeprägten Zuflußspitzen (Mischwasserzufluß) zu kontrollieren. Wird der übliche Wert des Schlammvolumens (**bei gleichem ISV**) um mehr als 25 % unterschritten, ist insbesondere bei Anlagen mit einem höheren Schlammalter mit einer meßbaren Beeinträchtigung der Denitrifikation zu rechnen. In diesem Falle sind, soweit möglich, die Zuflußspitzen zu begrenzen.

### **5.2-103 Überschußschlammabzug unsachgemäß**

Durch unsachgemäßen Abzug des Überschußschlammes, der einen vorübergehend deutlich verminderten Schlammgehalt im Belebungs teil zur Folge hat, wird neben der Nitrifikation ( $\Rightarrow$  **4.2-103, aerobes Schlammalter**) auch die Denitrifikation beeinträchtigt ( $\Rightarrow$  **5.2-201 ff, Überschußschlammabzug**).

#### **5.2-104 Schlammabtrieb aus der Nachklärung**

Anhaltender oder stoßweiser Schlammabtrieb kann zur Verminderung des Schlammgehaltes im Belebungsbecken und damit zur Verringerung des Schlammalters führen. Der Schlammverlust ist anhand der Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe ( $\Rightarrow$  **3.2-101 ff**) zu ermitteln. In diesem Fall sind vermutlich auch erhöhte Werte bezüglich des CSB ( $\Rightarrow$  **3.**) und des Ammoniumgehaltes ( $\Rightarrow$  **4, Nitrifikation**) festzustellen.

#### **5.2-105 Sauerstoffeintrag in die Denitrifikationszone erhöht**

Nitrat kann im Denitrifikationsreaktor nur bei Abwesenheit von gelöstem Sauerstoff zum Stoffumsatz genutzt werden. Häufig lassen sich überhöhte Nitratgehalte im Auslauf auf eine kläranlagenintern verursachte übermäßige Sauerstoffzufuhr zurückführen.

Zur Sicherstellung anoxischer Verhältnisse ist der Sauerstoffgehalt im DN-Reaktor zu kontrollieren. Eine Beeinträchtigung der Denitrifikationsleistung ist in der Regel bei  $O_2$ -gehalten  $> 0,3$  mg/l zu erwarten.

In diesem Zusammenhang ist auch auf die begrenzte Genauigkeit der Sauerstoffgehaltsmessung im Bereich  $< 0,3$  mg/l hinzuweisen.

Zur Abschätzung des Sauerstoffeintrages in die DN-Zone sind weitere Untersuchungen vorzunehmen ( $\Rightarrow$  **5.2-205 ff**).

#### **5.2-106 Konstante Nitratrückführung unzureichend**

Grundsätzlich ist sicherzustellen, daß die interne Kreislaufförderung ebenso wie die Rücklaufschlammförderung in Betrieb ist.

Bei abgeschalteten Pumpen ist deren Verhalten nach Wiedereinschalten zu beobachten.

Der interne Kreislauf und der Rücklaufschlammförderstrom sind regelmäßig mittels eingebauter Meßgeräte oder durch Behältermessungen zu überprüfen. Zur Bestimmung des Förderstromes ( $\Rightarrow$  **5.2-207, interne Rückführung**).

Liegt der interne Kreislauf oder der Rücklaufschlammförderstrom unter dem vorgegebenen Wert, ist zu prüfen, ob die zugehörigen Pumpen abnormale Geräusche aufweisen, heiß gelaufen sind und/oder Luft ansaugen.

Ggf. ist die Reservepumpe in Betrieb zu nehmen und die defekte Pumpe umgehend instandzusetzen.

Die Denitrifikationskapazität der Anlage sollte stets voll ausgenutzt werden. Die Kontrolle kann über die Messung des Nitratgehaltes im Ablauf des DN-Beckens anhand von Laborbestimmungen oder mittels einer kontinuierlichen Messung erfolgen. Der optimale Nitratgehalt im Ablauf der DN-Zone liegt zwischen 0,2 und 1,0 mg/l. Ist kein Nitrat mehr nachweisbar, wird die aktuelle Denitrifikationskapazität nicht voll ausgenutzt, der Nitratgehalt im Kläranlagenablauf ist unnötig hoch.

In letzterem Fall ist die interne Rückführung zu erhöhen. Bei stark schwankenden Nitratgehalten im Ablauf der DN-Zone kann eine Regelung/Steuerung der Rückführungspumpen sinnvoll sein ( $\Rightarrow$  **5.2-107, Regelung**).

### **5.2-107      Geregelte Nitratrückführung funktionsuntüchtig**

Auch bei einer geregelten Nitratrückführung gelten alle Hinweise nach ( $\Rightarrow$  **5.2-106**). Bei Störungen der Regelung sind die Ausführungen unter ( $\Rightarrow$  **2.4** bzw. **5.2-213 ff**) zu beachten.

### **5.2-108      Kontaktzeit zu kurz**

Die Kontrolle der Kontaktzeit in der DN-Zone, d. h. der rechnerischen Durchflußzeit, kann anhand Gleichung 7 erfolgen:

$$t_k = V_{DN} / (Q_{ZU} + Q_{RS} + Q_{IK}) \quad \text{in h} \quad (7)$$

$V_{DN}$     = Denitrifikationsvolumen (m<sup>3</sup>),  
 $Q_{ZU}$     = Zufluß (m<sup>3</sup>/h),  
 $Q_{RS}$     = Rücklaufschlammförderstrom (m<sup>3</sup>/h),  
 $Q_{IK}$     = interner Kreislauf (m<sup>3</sup>/h)

Bei Kontaktzeiten unter 45 min (bzw. unter 30 min bei besonders günstigen Bedingungen mit  $N_{ges}/BSB_5 < 0,2$  im Zulauf Biologie) ist die vollständige Denitrifikation des angebotenen Nitrates nicht mehr gewährleistet.

Zunächst ist zu prüfen, inwieweit bzw. wie lange die Mindestkontaktzeit bei festeingestelltem  $Q_{RS} + Q_{IK}$  unterschritten wird, wenn ausgeprägte Zuflußspitzen auftreten.

Bei fehlenden Durchflußmeßeinrichtungen können die Kontaktzeiten auch mittels Verweilzeitmessungen unter Einsatz von Tracern anhand faltenfiltrierter Proben bestimmt werden. Als Tracer kommen Salze (z.B. NaCl) oder Farbstoffe (z.B. Uranin) in Betracht.

Ggf. ist über eine Zeitsteuerung oder Regelung des internen Kreislaufes (über den Zufluß oder den Nitratgehalt im Ablauf des DN-Beckens) eine ausreichende Kontaktzeit sicherzustellen.

### 5.2-109 Rückführverhältnis zu hoch

Das Rückführverhältnis (RF) kann anhand Gleichung 8 berechnet werden:

$$RF = [(Q_{ZU} + Q_{RS} + Q_{IK})/Q_{ZU}] * 100 \quad \text{in \%} \quad (8)$$

Auch bei fest eingestellter Rücklaufschlammförderung steigt mit der Erhöhung des internen Kreislaufs auch das Rückführverhältnis an. Durch

- eine Verkürzung der Kontaktzeit im DN-Teil,
- eine Erhöhung der rezirkulierten Sauerstofffracht und
- eine Verschlechterung des Verhältnisses von BSB-Fracht im Zulauf und rezirkulierter Nitratfracht

kann die Denitrifikation beeinträchtigt werden. Die genannten Einflüsse können dazu führen, daß der Denitrifikationsgrad [ $\eta_{DN} = RF/(1+RF) \times 100$  in %] nach Erreichen eines Maximums bei Rückführverhältnissen zwischen etwa 300 % und 400 % deutlich abfällt. Außerdem fallen bei hohen Rückführungsverhältnissen unnötig hohe Pumpkosten an.

### **5.2-110 Beschickung paralleler Reaktoren ungleichmäßig**

Bei mehreren, parallel geschalteten Reaktoren ist eine regelmäßige Kontrolle der Zuflüsse und der Rückströme durchzuführen. Anschließend sind die Kontaktzeiten zu ermitteln und mit der minimalen Kontaktzeit ( $\Rightarrow$  **5.2-108**) zu vergleichen.

### **5.2-111 Kein Substrat an der Dosierstelle**

Die Dosierung externer Kohlenstoffträger zur Verbesserung der Denitrifikationswirkung sollte geregelt erfolgen. Eine Unterdosierung führt zu erhöhten  $\text{NO}_x$ -Gehalten im Ablauf. Bei Überdosierung besteht die Gefahr erhöhter CSB-Werte im Ablauf, außerdem entstehen unnötige Kosten für Chemikalien und für die Schlammbehandlung und -entsorgung.

Als Regelgröße dient der Nitratgehalt im Ablauf des DN-Reaktors. Lagertank, Dosierpumpen (einschließlich Reservepumpen), Leitungssystem, On-Line-Messung und Regeleinrichtung bilden eine Einheit.

Bei erhöhten Nitratgehalten im Ablauf des Denitrifikationsbeckens ist zunächst zu überprüfen, ob überhaupt Substrat an der Dosierstelle ankommt ( $\Rightarrow$  **5.2-216 ff**). Ist diese von außen einsehbar, fällt möglicherweise auch ein verminderter Substratfluß auf ( $\Rightarrow$  **5.2-112, Substratmenge**).

### **5.2-112 Substratmenge nicht ausreichend**

Treten trotz Substratzugabe erhöhte Nitratgehalte im Ablauf des Denitrifikationsbeckens auf, ist zunächst die aktuelle Dosiermenge zu überprüfen (möglicherweise ergibt schon der Augenschein eine zu geringe Dosierleistung). Sofern kein zuverlässig arbeitendes Durchflußmeßgerät installiert ist, kann dies durch Auslitern mit Hilfe eines geeigneten Standzylinders und einer Stoppuhr geschehen.

Der Kontrollwert ist dem Sollwert bzw. der entsprechenden Dosiermenge bei der letzten Kontrolle mit derselben Pumpeneinstellung gegenüberzustellen.

Beim Umgang mit ätzenden und/oder wassergefährdenden Flüssigkeiten sind die einschlägigen Sicherheitsvorschriften zu beachten.

Als Ursachen für eine Unterdosierung kommen neben Störungen an verschiedenen Stellen des Dosiersystems (⇒ **5.2-219 ff**) auch ein Substratwechsel (⇒ **5.2-222**) oder eine zwischenzeitliche Erhöhung der rezirkulierten Nitratfracht (⇒ **5.2-223**) in Betracht.

#### **5.2-113 Fest eingestellte anoxische Phasen zu kurz**

Bei zu kurzen Belüftungspausen kann das zuvor entstandene Nitrat nicht vollständig denitrifiziert werden. In diesem Zusammenhang ist auch zu beachten, daß die Denitrifikation nicht schon mit dem Abstellen der Belüftung einsetzt, sondern erst, nachdem der noch gelöste Sauerstoff weggezehrt ist.

Der Zeitbedarf für die Sauerstoffzehrung bei verschiedenen Belastungen ist anhand von Sauerstoffmessungen zu ermitteln. Generell sind bei Belüftungspausen < 30-40 Minuten und damit entsprechend hoher Zyklenzahl höhere Nitratgehalte im Ablauf zu erwarten als bei geringerer Zyklenzahl mit gleichem Verhältnis von Belüftungszeit und Belüftungspause.

Bei einer möglichen Beeinträchtigung der Denitrifikation durch zu kurze DN-Phasen oder eine ungünstige Zyklenanordnungen sind entsprechende Änderungen vorzunehmen. Ggf. sind die Zyklen bzw. die Dauer der Phasen zu regeln (⇒ **5.2-114**).

#### **5.2-114 Geregelte anoxische Phasen zu kurz**

Bei geregelter Zu- und Abschaltung der Belüfter gelten die Anmerkungen unter (⇒ **5.2-113**) gleichermaßen. Zu kurze DN-Phasen sind auf Störungen im Bereich der MSR-Technik oder auf ein mangelhaftes Regelkonzept zurückzuführen (⇒ **5.2-224** bzw. **5.2-225**).

#### **5.2-115 Sauerstoffzehrung zu gering**

Anhand systematischer Sauerstoffmessungen entlang der Fließwege im Belebungsbecken und bei unterschiedlichen Belastungen ist zu prüfen, ob auf der Strecke zwischen den Belüftern der Sauerstoff vollständig gezehrt wird und damit die Denitrifikation überhaupt in Gang kommen kann. Ggf. ist nach (⇒ **5.2-226**) vorzugehen.

### 5.2-116 Stickstoffbelastung im Zulauf Biologie erhöht

TKN-Spitzen im Zulauf zum biologischen Anlagenteil führen - vollständige Nitrifikation vorausgesetzt - mit entsprechender Zeitverzögerung zu  $\text{NO}_3\text{-N}$ -Spitzen im Ablauf des Nitrifikationsteils (vorgeschaltete Denitrifikation) bzw. am Ende der Nitrifikationsphase (intermittierende Denitrifikation) oder am Ende der Nitrifikationsstrecke (simultane Denitrifikation).

Zu TKN-Stoßbelastungen kommt es bei erhöhten Stickstoffgehalten im Kläranlagenzulauf ( $\Rightarrow$  5.2-119), sowie bei unsachgemäßer Rückführung von Schlammwässern aus dem Bereich der Schlammbehandlung (Filtratwasser/Trübwasser).

Anhand der systematischen Erfassung der Schlammwasserströme sowie der zugehörigen TKN-Gehalte ist zu kontrollieren, zu welchen Zeiten und mit welchen Stickstofffrachten die Biologie durch die Einleitung von Schlammwässern (Überstand von Eindickern, Trübwasser aus dem Faulturm, Filtrat aus der maschinellen Faulschlammwässerung, Brüden bei Trocknungsanlagen) zusätzlich belastet wird.

Die Schlammwässer sind zu speichern und dem Zulauf, am besten zu Zeiten geringer Stickstoffbelastung, verteilt zuzugeben.

### 5.2-117 Vorklärung zu groß

Günstige Voraussetzungen für eine weitgehende Denitrifikation liegen bei  $N_{\text{ges}}/\text{BSB}$ -Verhältnissen im Zulauf zum DN-Teil  $\leq 0,2$  (oder  $N_{\text{ges}}/\text{CSB} \leq 0,1$ ) vor, ungünstige bei  $N_{\text{ges}}/\text{BSB}$ -Verhältnissen  $\geq 0,3$  (bzw.  $N_{\text{ges}}/\text{CSB}$ -Verhältnissen  $\geq 0,15$ ).

In der Vorklärung wird anteilig mehr BSB (und CSB) als Stickstoff zurückgehalten. Der Einfluß der Vorklärung auf das  $N_{\text{ges}}/\text{BSB}$ -Verhältnis ist durch Bestimmungen des BSB (bzw. CSB) sowie von  $N_{\text{ges}}$  (direkt oder als Summe aus TKN und  $N_{\text{ox}}$ ) in zeitlich miteinander korrespondierenden Proben aus dem Zu- und Ablauf der Vorklärung zu ermitteln.

Bei ungünstigem  $N/\text{BSB}$ -Verhältnis ist zu prüfen, inwieweit die Vorklärung durch betriebliche oder bauliche Maßnahmen (auf maximal 2 Stunden Aufenthaltszeit) verkleinert werden kann. Der Einfluß auf nachfolgende Anlagenteile

bezüglich Sauerstoffbedarf, Schlammanfall und Faulgasanfall ist zu berücksichtigen. Eine Außerbetriebnahme der Vorklärung ist grundsätzlich möglich, wenn Feinsiebe zur Entfernung der Feststoffe aus dem Rohabwasser vorhanden sind.

### **5.2-118      Betrieb einer Vorfällung**

Die Wirkung der Vorfällung auf das  $N_{\text{ges}}$ /BSB- bzw.  $N_{\text{ges}}$ /CSB-Verhältnis ist ebenfalls anhand des BSB bzw. CSB sowie des  $N_{\text{ges}}$  (direkt oder als Summe TKN +  $N_{\text{OX}}$ ) in zeitlich korrespondierenden Proben aus dem Zulauf (unmittelbar vor der Fällmittelzugabe), sowie dem Ablauf des Vorklärbeckens zu bestimmen

Ggf. ist der Fällmitteleinsatz zu reduzieren bzw. ist die Vorfällung außer Betrieb zu nehmen. Der Einfluß auf nachfolgende Anlagenteile bezüglich Schlammbelastung, Sauerstoffbedarf, Schlammanfall und Faulgasanfall ist dann unbedingt zu berücksichtigen.

### **5.2-119      TKN-Spitzen im Zulauf**

Anhand der mehrfach wiederholten Bestimmung der Zulaufganglinien von TKN und  $\text{NH}_4\text{-N}$  (etwa anhand von 12 x 2-h-Mischproben) ist zu prüfen, inwieweit Zulaufspitzen auftreten, etwa als Folge

- der Entleerung von Regenüberlaufbecken,
- der Spülung von Kanälen,
- der Annahme von Fäkalschlämmen und Deponiesickerwasser,
- (unerlaubter) Einleitungen aus der Landwirtschaft (Gülle, Silagewässer), u. U. erkennbar an der Geruchsbildung im Zulaufbereich,
- industrieller Einleitungen (Hinweise dazu sind dem Indirekteinleiterkataster zu entnehmen),
- sonstiger Einflüsse (z.B. Einsatz von Enteisungsmittel im Winter).

Dabei ist darauf zu achten, daß vor der Probenentnahmestelle keine Schlammwässer eingeleitet werden.

Sofern zwischen TKN und  $\text{NH}_4\text{-N}$  ein direkter Zusammenhang erkennbar ist, kann man sich hilfsweise auch auf Bestimmungen des  $\text{NH}_4\text{-N}$  beschränken und

die zugehörigen TKN-Werte mittels der ermittelten Verhältniszahlen berechnen. Das Verhältnis  $\text{NH}_4\text{-N} : \text{TKN}$  liegt in der Regel zwischen 0,6 und 0,8.

Spitzen infolge der Entleerung von Regenüberlaufbecken oder der Spülung von Kanälen sind durch sorgfältige Abstimmung zwischen Kanal- und Klärwerksbetrieb zu vermeiden bzw. zu begrenzen. Dabei müssen die Zeiten bekannt sein, in denen auf der Kläranlage die höchsten Stickstoffbelastungen im Tagesverlauf auftreten. Bei mehreren Regenüberlaufbecken im Einzugsgebiet empfiehlt sich deren Bewirtschaftung.

Fäkalschlämme und Deponiesickerwässer dürfen ebenfalls nicht zu Zeiten an sich schon erhöhter Belastung in den Zulauf gegeben werden. Notfalls sind diese zwischenzuspeichern und während der belastungsschwachen Tageszeiten zu dosieren. Ggf. müssen die Annahmemengen begrenzt werden. Feststoffe aus Fäkalschlammannahmestationen sind direkt in den Faulbehälter zu pumpen.

Führen unerlaubte Einleitungen aus der Landwirtschaft oder Industrie zu Stickstoffstoßbelastungen, ist im Gespräch mit den Verursachern nach Lösungsmöglichkeiten zu suchen.

## **5.2-120      Oxidierter Stickstoff im Zulauf**

Anhand der wiederholten Bestimmung der  $\text{NO}_3\text{-N}$ - bzw.  $\text{NO}_2\text{-N}$ -Gehalte im Zulauf (ggf. auch deren Veränderung im Tagesgang) ist zu prüfen, ob der Kläranlage nennenswerte Frachten an oxidiertem Stickstoff zugeführt werden bzw.  $\text{NO}_x$ -Spitzen auftreten, durch welche die Denitrifikation zusätzlich belastet wird.

Mit  $\text{NO}_x\text{-N}$ -Gehalten  $> 2 \text{ mg/l}$  im Zulauf ist insbesondere zu rechnen bei:

- höheren Nitratgehalten im Trinkwasser,
- Mischwasserzufluß,
- hohem Fremdwasseranteil ( $> 50\%$  von  $Q_s$ ),
- Einleitung nitrathaltiger Dränwässer aus dem landwirtschaftlichen Bereich,
- Anschluß einschlägiger Betriebe (z.B. der Metallverarbeitung). Hinweise auf die mögliche Einleitung von Nitrat bzw. Nitrit sind dem Indirekteinleiterkataster zu entnehmen.
- in Verbindung mit kurzen und steilen Sammlern zur Kläranlage.

Wird anhand von Nitrat- und Nitritmessungen eine hohe  $\text{NO}_x\text{-N}$ -Belastung festgestellt, ist die Denitrifikationswirkung - zumindest für die Dauer evtl. Maßnahmen zur Misch- bzw. Fremdwasserbegrenzung oder auch zur Verringerung betrieblicher Einleitungen - durch Zugabe eines kohlenstoffhaltigen Substrates zu verbessern.

### **5.2-121 N/BSB-Verhältnis im Zulauf ungünstig**

Anhand der regelmäßigen Bestimmung von BSB, CSB, TKN und  $\text{NO}_x\text{-N}$  ist

- a) in Tagesmischproben sowie
- b) in aufeinanderfolgenden Stichproben bzw. 2-h-Mischproben über jeweils mehrere Tage hinweg

zu prüfen, inwieweit das  $N_{\text{ges}}/\text{BSB}$ - bzw. hilfsweise das  $N_{\text{ges}}/\text{CSB}$ -Verhältnis im Tagesmittel, aber auch im Tagesverlauf ungünstige Werte annehmen kann ( $N_{\text{ges}}/\text{BSB} \geq 0,3$  bzw.  $N_{\text{ges}}/\text{CSB} \geq 0,15$ ).

Nachteilig wirkt sich der verstärkte BSB- bzw. CSB-Vorabbau bei langen Fließzeiten im Kanal, insbesondere in der warmen Jahreszeit aus. Gleiches gilt für einen hohen Niederschlagswasseranteil bei Mischwasserzufluß sowie einen hohen Fremdwasseranfall. Bleibt die organische Fracht aus einschlägigen Betrieben (etwa Getränkeherstellung) an den Wochenenden aus, kann ebenfalls das N/BSB-Verhältnis vorübergehend deutlich ansteigen.

Von Interesse in Zusammenhang mit dem  $N_{\text{ges}}/\text{BSB}$ -Verhältnis ist auch der Gehalt an organischen Säuren im Zulauf. Bei Säuregehalten unter 30-40 mg/l bestehen, was das Angebot an leicht verwertbaren organischen Stoffen anbelangt, ungünstige Voraussetzungen für die Denitrifikation.

Bezüglich der möglichen Gegenmaßnahmen sind die Ausführungen ( $\Rightarrow$  **5.2-120**) zu beachten.

Durch teilweise Versäuerung des Primärschlammes im Vorklärbecken (Schlammstapelung über einige Tage) kann der Gehalt an organischen Säuren im Zulauf etwas erhöht werden. Der Vorgang läßt sich allerdings nicht steuern. Außerdem muß mit Verbackungen an den Schlammtrichterwandungen und Geruchsemissionen, sowie bei Mischwasserzufluß mit einem erhöhten Feststoffabtrieb in die Belebung gerechnet werden.

### **5.2-122 Sauerstoffgehalt im Zulauf zu hoch**

Der im Zulauf mitgeführte Sauerstoff kann ebenfalls die Denitrifikationswirkung beeinträchtigen.

Um Aufschluß über das Ausmaß der externen Sauerstoffzufuhr zu erhalten, sind gezielte Messungen des Sauerstoffgehalts im Kläranlagenzulauf (vor einem eventuellen Hebewerk) mit Hilfe einer geeichten Laborelektrode durchzuführen.

Ungünstige Voraussetzungen für die Denitrifikation sind grundsätzlich bei dünnem Mischwasserzufluß (Sauerstoffgehalte  $> 5$  mg/l) bzw. bei einem hohen Fremdwasseranteil, aber auch bei kurzen bzw. bei steilen Sammlern mit zwangsläufiger Belüftung des Abwassers gegeben.

Da sich der Sauerstoffgehalt im Zulauf kaum beeinflussen läßt, muß in den Fällen bzw. zu den Zeiten, in denen hohe Sauerstoffgehalte die Denitrifikation stark beeinträchtigen, ein kohlenstoffhaltiges Substrat dosiert werden.

### **5.2-201 Steuerung des Überschussschlammabzugs unsachgemäß**

Auf vielen Anlagen erfolgt der Abzug des Überschussschlammes diskontinuierlich von Hand oder nach Zeitprogramm. Bei stoßartigem Abzug des Schlammes über nur wenige Stunden am Tag (oder in der Woche) kann der  $TS_{BB}$ -Gehalt schnell deutlich vermindert werden.

Zur Sicherheit sind bei diskontinuierlichem Betrieb der ÜS-Pumpe die Schlammvolumina im DN-Reaktor vor und nach den Schlammabzugsintervallen zu kontrollieren. Die Differenz darf nicht mehr als 25 % betragen. Andernfalls sind der ÜS-Förderstrom zu drosseln und gleichzeitig die ÜS-Abzugszeiten entsprechend zu verlängern.

Bei manuellem ÜS-Abzug kann u.U. vergessen werden, die ÜS-Pumpe wieder abzuschalten. Bei deutlich abgefallenem Schlammvolumen ist daher zuerst zu prüfen, ob die von Hand eingeschaltete ÜS-Pumpe nicht versehentlich noch läuft.

### **5.2-202      Überschußschlammabzug über Schlammlichtmessung beinträchtigt**

Wird der Abzug des Überschußschlammes mit Hilfe einer kontinuierlichen Schlammlicht-Messung geregelt, ist zu prüfen, ob

- die Pumpe entsprechend den Regelvorgaben läuft,
- die aktuelle Trockensubstanz-Anzeige des Schlammlichtmeßgerätes mit den Ergebnissen von Vergleichsmessungen im Labor übereinstimmt.

(diese Überprüfung sollte in engen Zeitabständen geschehen und das Gerät bei Veränderungen in der Flockenstruktur des belebten Schlammes entsprechend nachjustiert werden).

Bei Fehlmessungen oder falschen Regelvorgaben ( $\Rightarrow$  **2.4**) besteht die Gefahr, daß deutlich zuviel oder zu wenig Schlamm abgezogen wird. Die Komponenten des Meß-, Steuer- und Regelsystemes sind dann instandzusetzen.

### **5.2-203      Nachklärung überlastet**

Zur Kontrolle der Belastung der Nachklärung sind die maßgebenden Punkte in Abschnitt 3 zu beachten ( $\Rightarrow$  **3.2-102 ff**).

### **5.2-204      Schlammflotation in der Nachklärung**

Die Anlagerung von Gasblasen an belebten Schlamm führt zur Flotation von Schlammflocken im Nachklärbecken. Die angelagerten Gasblasen sind in der Regel unter dem Mikroskop gut zu erkennen.

Es ist zu prüfen, ob die Ursache für die Flotation in einer zu starken Belüftung im Nitrifikationsteil oder in einer „wilden“ Denitrifikation im Nachklärbecken liegt. Ggf. ist dazu die Belüftung vorübergehend zu drosseln und das Absetzverhalten des belebten Schlammes zu beobachten. Von einer „wilden“ Denitrifikation im Nachklärbecken kann ausgegangen werden, wenn der anlässlich der Schlammvolumenbestimmung im Standzylinder abgesetzte belebte Schlamm nach etwa 45 bis 60 min als Propfen wieder auftreibt.

Als Gegenmaßnahme ist die Denitrifikation in der Nachklärung möglichst zu unterbinden. Dies kann durch eine Verringerung der Schlammhalterzeit (Schlammräumung in kürzeren Intervallen, Erhöhung der Schlammrückführung,

Vergrößerung der Räumschilde) oder durch eine Verbesserung der gezielten Stickstoffelimination erfolgen.

Bei Einschränkung der wilden Denitrifikation im NKB durch kürzere Schlammagerzeiten ist mit einem geringfügig höheren Nitratgehalt im Ablauf zu rechnen.

Bei einer zu starken Belüftung sind die Belüfter im letzten Teil der Nitrifikationszone zu drosseln oder es ist eine Entgasungszone zu schaffen. Es ist zu beachten, daß die Umwälzung des Schlammes jedoch noch gewährleistet sein muß.

### **5.2-205 Sauerstoffgehalt in der Nitrifikationszone zu hoch**

Über den internen Kreislauf zur Nitratrückführung können erhebliche Sauerstofffrachten in den vorgeschalteten DN-Reaktor eingebracht werden.

Zur Abschätzung eines diesbezüglichen Einflusses ist der Sauerstoffgehalt an der Stelle der internen Kreislaufentnahme, d.h. am Ende des Belüftungsbekens bzw. im weiterführenden Gerinne zum Nachklärbecken systematisch zu kontrollieren. Der O<sub>2</sub>-Gehalt sollte hier 2,5 mg/l nicht überschreiten. Andernfalls sind die Hinweise unter ( ⇒ **5.2-301 ff**) zu beachten.

### **5.2-206 Sandfang übermäßig belüftet**

Der im Zulauf enthaltene und der durch den belüfteten Sandfang zusätzlich eingetragene Sauerstoff wird im Vorklärbecken - außer bei der Einleitung von Überschussschlamm - nur zu einem geringen Teil gezehrt.

Eine Kontrolle der Sauerstoffanreicherung im belüfteten Sandfang ist durch Messungen in dessen Zu- und Ablauf unter Einsatz einer Laborelektrode möglich. Bei O<sub>2</sub>-gehalten > 4 mg/l im Ablauf des Sandfanges ist mit einer nachhaltigen Beeinträchtigung der Denitrifikation zu rechnen.

Eine Luftzufuhr von 0,5 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>\*h) ist in der Regel völlig ausreichend. Bei größerer Verdichterleistung ist zu prüfen, ob das Gebläse gedrosselt werden kann. Ist dies nicht möglich, empfiehlt es sich, den Sandfang versuchsweise intermittierend zu belüften. Ggf. ist ein Frequenzumrichter oder eine kleinere Gebläseeinheit anzuschaffen. Durch die Entnahme von Belüftungselementen kann die Luftzufuhr nur unwesentlich vermindert werden, eine Drosselung der

Schieber in den Luftzuleitungen führt dagegen zu keinen geringeren Energieverbrauch.

### **5.2-207 Interne Rückführung zu hoch**

Die interne Rückführung ist als zu hoch einzustufen, wenn der Nitratgehalt im Ablauf der DN-Zone über 1-2 mg/l liegt.

Da mit dem internen Kreislauf zwangsläufig Sauerstoff aus der Nitrifikationszone in den Denitrifikationsreaktor eingetragen wird, ist das Kreislaufverhältnis in Verbindung mit dem Sauerstoffgehalt im rezirkulierten Schlamm zu kontrollieren.

Weiterhin ist zu überprüfen, ob die für den Bemessungsfall geplante Rückführung auch unter den gegebenen Belastungsbedingungen sinnvoll ist.

Sofern keine Durchflußmessung vorhanden und ein Auslitern nicht möglich ist, kann versucht werden, die Rückführung mittels der Messung der Stromaufnahme der Pumpen abzuschätzen. Für das Anheben von 1 m<sup>3</sup> Abwasser bzw. Schlamm um 1 m werden etwa 5-6 Wh verbraucht.

Auch bei Begrenzung des O<sub>2</sub>-Gehaltes an der Entnahmestelle auf < 2 mg/l kann bei Kreislaufverhältnissen über 300 % die Denitrifikation beeinträchtigt werden.

Bei einer unnötig hohen Rezirkulation (z. B. in den Nachtstunden) ist der interne Kreislauf entsprechend zu drosseln.

### **5.2-208 Sauerstoffeintrag durch Rührwerke**

Bei erkennbar starker Wirbelbildung an der Oberfläche besteht die Gefahr des Sauerstoffeintrages in die DN-Zone. An der Stelle der stärksten Turbulenz bzw. in deren unmittelbarer Nähe sollte der Sauerstoffgehalt mit Hilfe eines Handmeßgerätes überprüft werden.

Zur Abhilfe ist die Rührerdrehzahl zu vermindern, ggf. ist ein Frequenzumrichter oder eine kleinere Rührwerkseinheit zu beschaffen.

### **5.2-209 Sauerstoffeintrag durch Förderschnecken**

Bei schnell laufenden, offenen Schneckenrotpumpen wird der Sauerstoffgehalt pro m Förderhöhe um bis zu 1 mg/l erhöht. Dies ist unabhängig davon, ob Abwasser oder belebter Schlamm gefördert wird.

Die Sauerstoffanreicherung im gegebenen Fall kann anhand von Messungen vor dem Pumpwerk sowie an dessen Auslauf (unter Einsatz einer geeichten Laborelektrode) ermittelt werden.

Eine Kapselung der Förderschnecken kann die ungewollte Sauerstoffzufuhr deutlich verringern.

### **5.2-210 Sauerstoffeintrag durch Einleitungen über dem Wasserspiegel**

Bei der Einleitung von Abwasser- oder Schlammströmen über dem Wasserspiegel in den DN-Reaktor entsteht ein Tauchstrahlbelüftereffekt. Bei Abstürzen über 30 cm ist mit einer nachhaltigen Sauerstoffanreicherung zu rechnen.

Falls eine Anhebung des Wasserspiegels durch ablaufseitigen Einstau des DN-Beckens nicht möglich ist, kann durch Verlängerung der Rohrleitungen bis unter den Wasserspiegel Abhilfe geschaffen werden.

### **5.2-211 Sauerstoffeintrag durch Abstürze**

Eine starke Sauerstoffanreicherung des Abwassers oder des belebten Schlammes tritt auch bei Abstürzen auf, die etwa im Auslauf von Schneckenrotpumpen durchaus 0,5 bis 0,8 m betragen können, sowie beim Fall über Wehrschwelen. Unter dem Sturzpunkt von Schnecken ist das Abwasser nicht selten sogar sauerstoffgesättigt.

Besonders kritisch mit Blick auf die Denitrifikation sind außerdem die Überfälle im Ablaubereich von Vorklärbecken und - falls die interne Rückführung im weiterführenden Gerinne ansetzt - auch von Belebungsbecken zu sehen. Bereits bei einer Überfallhöhe von 20 cm tritt eine Sauerstoffanreicherung > 1 mg/l ein.

Abhilfe kann hier i.d.R. nur durch bauliche Maßnahmen geschaffen werden.

### 5.2-212 MSR-Technik gestört

Sofern der kontinuierlich gemessene  $N_{ox}$ -N-Gehalt als Regelgröße dient, sind die Ausführungen zur On-Line-Meßtechnik und Signalübertragung ( $\Rightarrow$  **2.3, 2.4**) zu beachten.

Dient der Kläranlagenzufluß als Regelgröße, ist durch eine regelmäßige Überprüfung sicherzustellen, daß dieser korrekt gemessen wird. Bei der kontinuierlichen Messung des internen Kreislaufs mittels MID oder Ultraschall ist zu beachten, daß mitgeführte Luftblasen (insbesondere bei starker Belüftung am Ende des Nitrifikationsteils) zu Meßfehlern führen können.

Fehlerhafte Komponenten sind instandzusetzen.

### 5.2-213 Regelkonzept funktionsuntüchtig

Je nach Regelkonzept ist zu überprüfen:

- Im Falle einer Regelung über den Zufluß: Sind der Nitratgehalt im Ablauf DN-Becken und der Förderstrom richtig aufeinander abgestimmt?
- Liegt der Meßwert in ausreichend kurzer Zeit vor? Die Zeit zwischen Probenentnahme im Abwasserstrom und Signalausgang aus dem Meßgerät sollte 15 Minuten nicht überschreiten.
- Kann der eingesetzte Regler auf veränderte Bedingungen ausreichend schnell reagieren?
- Wurde an eine Ersatzwertstrategie gedacht, d.h. wird bei Meßwertausfall überhaupt noch Schlamm rezirkuliert?

Bei der Feststellung von Fehlern ist das Konzept entsprechend zu ergänzen bzw. zu ändern.

### 5.2-214 Kontaktzeit bei konstanter Kreislaufführung zu kurz

Auch bei konstanter Nitratrückführung ist der Nitratgehalt im Ablauf des DN-Reaktors regelmäßig zu kontrollieren. Dabei ist auch zu prüfen, ob die minimale Kontaktzeit (vgl.  $\Rightarrow$  **5.2-108, Kontaktzeit**) jederzeit sichergestellt ist. Ggf. ist der interne Kreislaufförderstrom zu drosseln.

### **5.2-215 Kontaktzeit bei gesteuerter Kreislaufführung zu kurz**

Für den Fall, daß die Steuerung des internen Kreislaufes über eine Zeitschaltuhr erfolgt, ist der Nitratgehalt im Ablauf des DN-Reaktors, insbesondere zu Zeiten der höheren Förderströme zu kontrollieren. Außerdem ist zu prüfen, ob die minimale Kontaktzeit sichergestellt ist (vgl.⇒ **5.2-108, 5.2-214**).

Ggf. ist das Zeitprogramm anzupassen.

### **5.2-216 Vorratsbehälter leer**

Hat die Überprüfung der Dosierstelle oder des Durchflußmessers gezeigt, daß der Substratfluß unterbrochen ist, sollte zunächst der Füllstand des Vorratsbehälters kontrolliert werden. Möglicherweise reicht die Substratmenge im Behälter nicht mehr für eine störungsfreie Dosierung aus und muß aufgefüllt werden.

Zeigt die Füllstandsmessung einen noch ausreichenden Vorrat an, muß sichergestellt sein, daß diese korrekt arbeitet.

Bei Verdacht auf eine Fehlfunktion, vor allem bei elektronischen Meßwertaufnehmern, muß der Füllstand des Vorratsbehälters zusätzlich optisch oder mit Hilfe eines Meterstabes kontrolliert werden.

Es ist zweckmäßig, einen minimalen Füllstand zu definieren, bei dessen Erreichen das Substrat spätestens nachzubestellen ist. Bei der entsprechenden Festlegung sind der maximale tägliche Dosierbedarf sowie etwaige Verzögerungen bei der Lieferung zu berücksichtigen.

### **5.2-217 Dosierpumpe läuft nicht**

Falls die Kontrolle des Vorratsbehälters eine ausreichende Substratmenge ergeben hat, ist zu überprüfen, ob die Dosierpumpe

- bei Anforderung ordnungsgemäß läuft oder durch einen Defekt außer Betrieb ist

bzw.

- infolge von Mängeln in der MSR-Technik (⇒ **5.2-308**) gar nicht angesteuert wird.

Bei abgeschalteter Pumpe ist deren Verhalten nach Wiedereinschalten zu beobachten. Ist sie defekt, muß sie umgehend ausgetauscht und instandgesetzt werden. Eventuelle Fehler in der MSR-Technik sind zu beheben.

#### **5.2-218 Förderstrom abgerissen**

Die Dosierpumpe erzeugt selbst bei laufendem Betrieb keinen Förderstrom, wenn die Heberwirkung in der Entnahmeleitung durch Abriß des Flüssigkeitsfadens aufgehoben ist.

In diesem Fall muß das Vakuum in der Entnahmeleitung neu aufgebaut werden (Entlüftung der Dosierpumpe).

#### **5.2-219 Dosierpumpe fördert zu wenig**

Kommt an der Dosierstelle zu wenig Substrat an, ist zu prüfen, ob die Dosierpumpe nur verstellt oder ob sie defekt ist ( $\Rightarrow$  **5.2-307**). Ist dies nicht der Fall, ist weiter zu prüfen, ob die Ansteuerung richtig funktioniert ( $\Rightarrow$  **5.2-308**).

Bei verstellter Pumpe ist diese nachzujustieren.

#### **5.2-220 Leitungssystem verstopft**

Durch Verkrustungen, Auskristallisation bei tiefen Temperaturen sowie durch Verunreinigungen des Substrats kann es zu Querschnittsverengungen in Leitungen, Ventilen und/oder Dosierpumpen (bis hin zum vollständigen Blockieren) kommen, die einen Rückgang der Dosierleistung zur Folge haben.

Verkrustungen bzw. Verstopfungen treten vorzugsweise im Bereich von Querschnitts- und Richtungsänderungen auf. Das Öffnen der Leitungen an diesen Stellen ermöglicht eine optische Kontrolle.

Ob bzw. inwieweit die Dosierung durch verengte Leitungen beeinträchtigt wird, läßt sich auch über die Bestimmung und den Vergleich der Dosiermengen am Pumpenausgang sowie am Ende der Dosierleitung prüfen.

Je nach Art der Verstopfung ist diese manuell, unter Spülwasserdruck oder mit Hilfe geeigneter Chemikalien (beim Substratanbieter zu erfragen) zu beseitigen. Ggf. sind Vorkehrungen zu treffen, um eine Wiederholung zu vermeiden.

Beim Öffnen des Leitungssystems sowie bei der Beseitigung von Verstopfungen sind die einschlägigen Sicherheitsvorschriften für den Umgang mit ätzenden und/oder wassergefährdenden Flüssigkeiten zu beachten.

### **5.2-221 Leitungssystem undicht**

Kommt zu wenig Substrat an der Dosierstelle an, kann die Ursache dafür auch an Rissen in der Leitung bzw. an undichten Leitungsverbindungen (etwa im Bereich der Dosierpumpe) liegen. In die diesbezügliche optische Kontrolle sind die Schächte und das Ende des Schutzrohres mit einzubeziehen.

Ist die Dosierleitung gebrochen, muß umgehend sichergestellt werden, daß kein austretendes Substrat ins Erdreich, Grundwasser oder ein naheliegendes Gewässer gelangt.

### **5.2-222 Substratzusammensetzung verändert**

Zu einer Unterdosierung kommt es auch beim Wechsel zu einem Substrat mit einem geringeren Gehalt an leicht abbaubaren Kohlenstoffverbindungen.

Ergibt die Überprüfung des Dosiersystems keine Mängel, ist anhand der Lieferscheine bzw. Herstellerangaben zum Substrat den folgenden Fragen nachzugehen:

- wurde das der Bezeichnung nach richtige Substrat bestellt bzw. geliefert?
- hat sich trotz unveränderter Bezeichnung des Substrates dessen Zusammensetzung (vor allem hinsichtlich des BSB bzw. CSB) verändert?
- wurde das Produkt bzw. der Lieferant gewechselt und weist das Substrat dadurch eine andere Zusammensetzung auf? In diesem Fall ist auch der Stickstoffgehalt des neuen Substrates zu hinterfragen.

Ggf. sind die Einstellung der Dosierpumpe und die Regelvorgaben anzupassen.

### **5.2-223 Rezirkulierte Nitratfracht erhöht**

Bei zeitgesteuerter Substratzugabe kann es auch zu einer Unterdosierung kommen, wenn die rezirkulierte Nitratfracht und damit der Substratbedarf erhöht wird. Mögliche Ursachen dafür sind Stickstoff-Stoßbelastungen (⇒ **5.2-119**), eine kontinuierliche Steigerung der Stickstofffracht im Zulauf (durch Erschließung neuer Bau- oder Gewerbegebiet bzw. den Anschluß von zusätzlichen

Ortsteilen oder Nachbargemeinden) oder einfach nur ein erhöhtes Rückführverhältnis.

### **5.2-224 MSR-Technik gestört**

Bei Einsatz von Meß- und Regelsystemen zur Festlegung der Denitrifikations- und Nitrifikationsphasen sind folgende Prüfungen vorzunehmen:

- Zeigt der Meßwertaufnehmer für die jeweilige Regelgröße (z.B. Sauerstoffgehalt, Redoxpotential oder Trübung) den richtigen Wert an?
- Sind die zugehörigen Sonden bzw. optischen Systeme sorgfältig kalibriert?
- Funktioniert bei Regelsystemen, die auf der Trübung des gereinigten Abwassers beruhen, das zwischen dem Belebungsbecken und dem Photometer angeordnete halbtechnische Absetzbecken einwandfrei?
- Funktioniert die Signalübertragung von Meßwertaufnehmer zu Regler bzw. Mikroprozessor und von diesem zum Stellglied?

Im übrigen sind die Hinweise unter ( $\Rightarrow$  **2.3** bzw. **2.4**) zu beachten).

Bei erkannten Störungen sind die defekten Komponenten unverzüglich instandzusetzen.

### **5.2-225 Regelkonzept funktionsuntüchtig**

Auch bei einer vorhandenen Regelung ist die Dauer der Belüftungspausen über die kontinuierliche Aufzeichnung der Regelgrößen oder die direkte Beobachtung zu erfassen bzw. zu kontrollieren. Weiterhin sind je nach verwendeter Regelgröße folgende Fragestellungen zu klären:

- Ist bei der Messung des Redoxpotentials ein ausgeprägter Redoxknick als Kriterium für das Ende der DN-Phase stets erkennbar ?
- Treten bei Regelsystemen, die auf der Trübung des gereinigten Abwassers im Belebungsbecken beruhen, ausreichend deutliche Meßwertveränderungen während der Nitrifikations- und der Denitrifikationsphase auf bzw. kann das optische System durch Farbe oder Trübung im Zulauf irritiert werden?
- Ist der Regelung für den Fall des Meßwertausfalles oder bei Störungen im Regler bzw. Mikroprozessor eine Zeitsteuerung unterlegt?

In diesem Zusammenhang ist zu beachten, daß die Nitrifikation und damit die Belüftungsphasen in aller Regel Vorrang vor der Denitrifikation haben.

Ggf. ist die Regelung durch eine entsprechende Ersatzwertstrategie (z.B. überlagertes Zeitprogramm) abzusichern oder eine andere Art der Regelung in Betracht zu ziehen.

#### **5.2-226 Konstante Belüftung zu intensiv**

Wird bei konstanter Einstellung der Belüfteraggregate zu intensiv belüftet, ist bei unverhältnismäßig kurzen anoxischen Strecken versuchsweise die Belüfterdrehzahl zu verringern bzw. ein Teil der Belüfter abzuschalten. Dabei soll der  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt im Ablauf des Reaktors laufend kontrollieren werden.

Eine geeignete Regelung der Belüfter kann Abhilfe schaffen.

#### **5.2-227 Geregelte Belüftung zu intensiv**

Auch bei geregelter Belüftung sind Messungen nach ( $\Rightarrow$  **5.2-115**) durchführen. Es ist zu prüfen, ob die Regeleinstellungen ohne Beeinträchtigung der Nitrifikation verändert werden können. Mögliche Ursachen für eine übermäßige Belüftung können außerdem in Störungen der MSR-Technik liegen ( $\Rightarrow$  **5.2-309**).

#### **5.2-301 Sauerstoff-Regelung bzw. -Steuerung fehlt**

Bei fehlender  $\text{O}_2$ -Eintragssteuerung bzw. -regelung sind erhebliche Schwankungen im Sauerstoffgehalt und damit eine zumindest vorübergehende Beeinträchtigung der Denitrifikation durch zu viel rezirkulierten Sauerstoff zwangsläufig. Die Kontrolle des Sauerstoffgehaltes über den Tag hinweg an den unter ( $\Rightarrow$  **5.2-205**) bezeichneten Stellen gibt Aufschluß über besonders kritische Tageszeiten.

Bei zu hohen Sauerstoffgehalten ist eine Regel- bzw. Steuereinrichtung für die  $\text{O}_2$ -Zufuhr zweckmäßig. Diese ermöglicht in der Regel auch eine deutliche Senkung des Stromverbrauches für die Belüftung.

### 5.2-302 MSR-Technik zur Sauerstoffzufuhr gestört

In Zusammenhang mit der eingesetzten Meß-, Steuer- und Regeltechnik ist zu prüfen,

- ob der angezeigte Sauerstoffgehalt den tatsächlichen Wert wiedergibt. Voraussetzung dafür sind die sorgfältige Wartung und regelmäßige Kalibrierung der Sauerstoffsonde,
- ob die Signalübertragung von Meßwertaufnehmer zu Regler bzw. SPS und von diesen zum Stellglied korrekt erfolgt. Dazu sind entsprechende Messungen der Signalströme (0/4-20 mA) erforderlich.

Bei entsprechenden Störungen sind die defekten Komponenten instandzusetzen.

### 5.2-303 Steuer/Regelkonzept funktionsuntüchtig

Falls eine Zeitsteuerung der Aggregate zur Sauerstoffzufuhr vorhanden ist, muß das Zeitprogramm regelmäßig kontrolliert werden. Dabei ist sicherzustellen, daß die Aggregate tatsächlich korrespondierend mit den höheren Belastungen hochgefahren werden.

Bei der Lufteintragsregelung über den Sauerstoffgehalt darf der Sollwert 2 - 2,5 mg/l nicht überschreiten. Auch bei einer Regelung des Sauerstoffgehaltes über eine kontinuierliche Ammoniummessung ist der maximale O<sub>2</sub>-Gehalt auf 2 - 2,5 mg/l zu begrenzen.

Werden mehrere parallel beschickte Beckeneinheiten über die Sauerstoffmessung in nur einem Becken geregelt, ist - aufgrund der oft problematischen Abwasserverteilung - mit u.U. stark abweichenden Sauerstoffgehalten in den anderen Becken zu rechnen. Entsprechende Vergleichskontrollen sind über den Tag hinweg bzw. bei unterschiedlichen Belastungsverhältnissen durchzuführen.

Bei Bedarf ist das Regelkonzept zur Sauerstoffzufuhr entsprechend zu verbessern. Oft sind hier einfache Softwareänderungen oder das Versetzen einzelner Elektroden ausreichend.

### **5.2-304 Minimale Belüfterleistung zu hoch**

Bei schlecht abgestuften Aggregaten zur Sauerstoff-Zufuhr können trotz Belüfterbetrieb mit minimaler Drehzahl (i.d.R. etwa 40 % der maximalen Drehzahl) während der belastungsschwachen Nachtstunden bzw. bei wenig belastetem Mischwasserzufluß hohe Sauerstoffgehalte bis hin zum Sättigungswert auftreten.

In diesem Falle ist bei mehreren vorhandenen Aggregaten eines gegen eine Einheit mit kleinerer Leistung auszutauschen. Bei installierten Keramikbelüftern ist dabei die minimal notwendige Beaufschlagung zu beachten. Alternativ dazu können Belüftung und Umwälzung durch den zusätzlichen Einbau von Rührwerken getrennt und damit die Voraussetzungen für eine intermittierende Sauerstoffzufuhr geschaffen werden. Gummimembranbelüfter sind zwar weitgehend verstopfungssicher, eine getrennte Umwälzung des Schlammes muß jedoch auch hier erfolgen.

Bei direkt angetriebenen Gebläsen ist eine entsprechende Anpassung der Drehzahl durch einen Frequenzumformer in Erwägung zu ziehen.

### **5.2-305 MSR-Technik gestört**

Anmerkungen unter (⇒ 5.2-212) beachten.

### **5.2-306 Regelkonzept funktionsuntüchtig**

Anmerkungen unter (⇒ 5.2-213) beachten.

### **5.2-307 Dosierpumpe gestört**

Zur Kontrolle ihrer Förderleistung ist die Dosierpumpe von der druckseitigen Leitung zu lösen und die Dosiermenge unmittelbar am Pumpenausgang auszulitern.

Fördert die Dosierpumpe zu wenig und kann der Sollwert für die Dosiermenge auch bei Höherdrehen der Pumpe nicht erreicht werden, ist zur Kontrolle der Funktionsfähigkeit dieser Pumpe eine entsprechend eingestellte Reservepumpe in Betrieb zu nehmen. Ist die Betriebspumpe heiß gelaufen, saugt sie

Luft an oder weist sie abnormale Geräusche auf, ist direkt auf die Reservepumpe umzuschalten.

Ggf. ist die defekte Pumpe auszutauschen und instandzusetzen.

### **5.2-308 MSR-Technik gestört**

Bei SPS-gesteuerten Dosierpumpen kann die Ursache für einen verminderten Förderstrom in Fehlern bei der Meß-, Steuer- und Regeltechnik (MSR-Technik) liegen. Fehlfunktionen treten bei defekten Kabelverbindungen oder unzureichender Programmierung auf. Außerdem kann durch Stromausfall die Programmierung verstellt werden ( $\Rightarrow$  2.4).

Sofern der kontinuierlich gemessene  $\text{NO}_x$ -N-Gehalt als Regelgröße dient, sind die Ausführungen zur On-line-Meßtechnik ( $\Rightarrow$  2.3) zu beachten.

### **5.2-309 MSR-Technik gestört**

Die Regelung der Belüfter kann über den Ammonium- und/oder Nitratgehalt im Ablauf des Belebungsbeckens erfolgen. Hinsichtlich der Funktionsfähigkeit der kontinuierlich arbeitenden Meßgeräte sowie der Steuer- und Regeltechnik sind die Anmerkungen unter ( $\Rightarrow$  2.3 bzw. 2.4) zu beachten.

Bei erkannten Störungen sind die defekten Komponenten unverzüglich instandzusetzen.

### **5.2-310 Regelkonzept funktionsuntüchtig**

Weiterhin sind je nach verwendeter Regelgröße folgende Fragestellungen zu klären:

- Kann der eingesetzte Reglertyp auf veränderte Bedingungen ausreichend schnell reagieren?
- Ergeben sich aufgrund der aktuellen Einstellung der Regelgröße(n) unverhältnismäßig kurze Fließzeiten in den anoxischen Bereichen?
- Ist der Regelung für den Fall des Meßwertausfalles bzw. bei Störungen im Regler bzw. Mikroprozessor eine Zeitsteuerung unterlegt?

Ungeeignete Regeleinstellungen sind anzupassen und das Regelkonzept abzusichern.

### **5.3 Erhöhte Nitratgehalte beim Tropfkörperverfahren**

Eine wirkungsvolle Stickstoffelimination kann auch durch Kombination von vorgeschaltetem anoxischem Tropfkörper und nachgeschaltetem Nitrifikationstropfkörper erreicht werden.

Bei der Suche nach den Ursachen für erhöhte Nitratgehalte im Ablauf solcher Anlagen sind im wesentlichen die gleichen Kriterien wie beim Belebungsverfahren mit vorgeschalteter Denitrifikation zu beachten. Wichtig ist auch hier die Sicherstellung anoxischer Verhältnisse im Denitrifikationstropfkörper.

#### **5.3-123 Lufteintritt in den DN-Tropfkörper**

Um anoxische Verhältnisse im Denitrifikations-Tropfkörper sicherstellen zu können, muß der Lufteintritt in den Tropfkörper über die Oberfläche bzw. den Sohlbereich strikt unterbunden werden (⇒ **5.3-228** und **5.3-229**)

#### **5.3-228 Abdeckung undicht**

Es ist sicherzustellen, daß die Tropfkörperabdeckung bzw. die Luken darin dicht geschlossen sind. Dies gilt insbesondere nach Kontrollen bzw. Revisionsarbeiten. Außerdem ist eine optische Überprüfung der Abdeckung auf Undichtigkeiten sinnvoll.

Undichtigkeiten sind alsbald dauerhaft zu beseitigen.

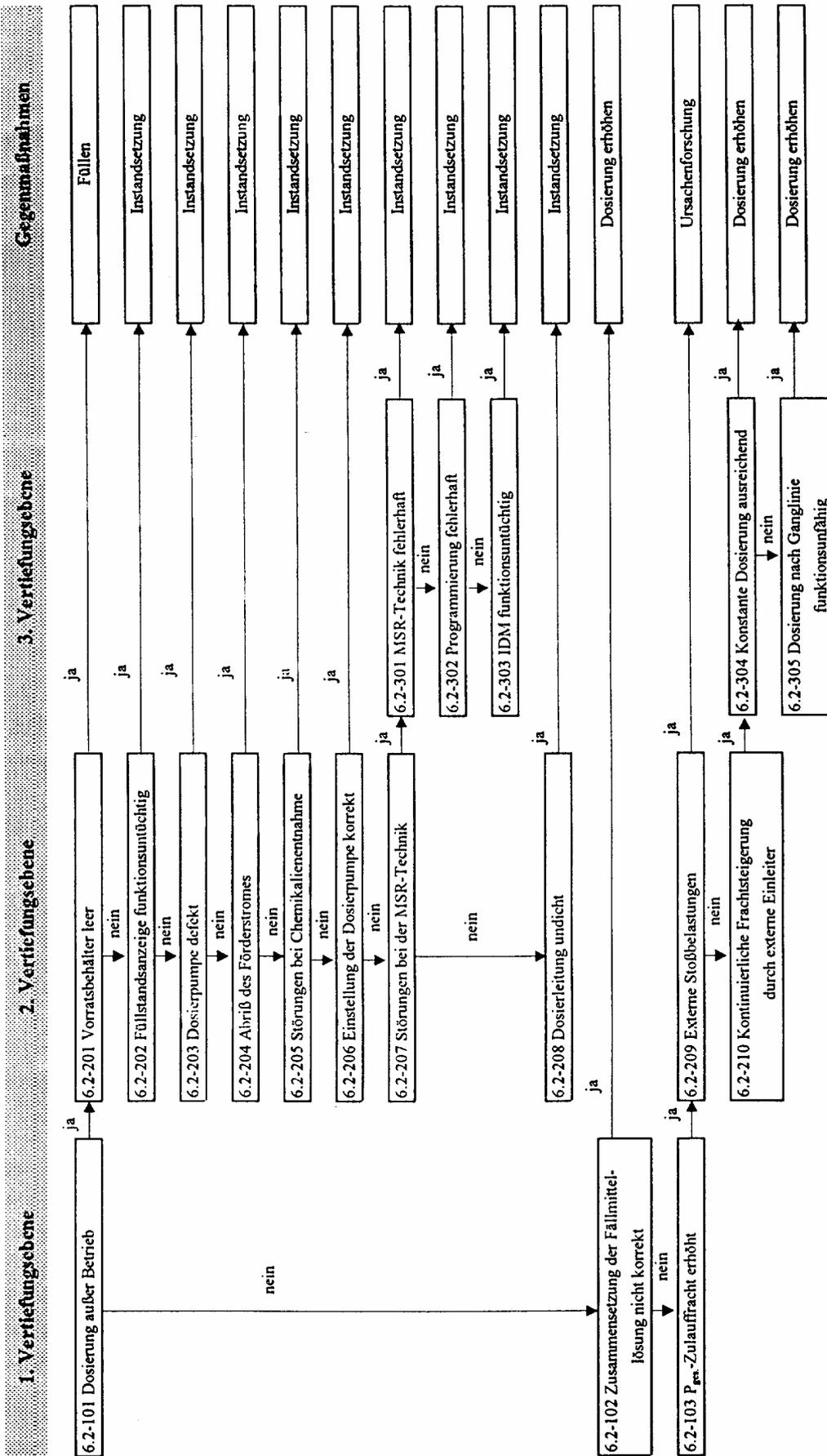
#### **5.3-229 Bodenöffnung nicht vollständig eingestaut**

Es ist sicherzustellen, daß die Bodenöffnungen der Denitrifikationstropfkörper auch bei minimalem Abwasserdurchsatz voll eingestaut sind.

Ggf. ist die Wehrschwelle zum abführenden Gerinne zu erhöhen oder ein überströmter Schieber einzubauen.

Ursachen für erhöhte P-Werte im Ablauf

Funktionsstörungen





## 6 Reinigungsziel: Chemische Phosphatelimination

### 6.1 Allgemeines

Durch die Zugabe von Fällmittel wird eine Überführung der im Abwasser enthaltenen gelösten Phosphate in eine unlösliche und damit abscheidbare Form erzielt.

Folgende Fällmittel kommen für die Anwendung in der Abwasserreinigung in Betracht:

Eisenverbindungen ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ )

Beispiel: Eisenchlorid, Eisenchloridsulfat, Eisensulfat

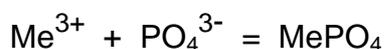
Aluminiumverbindungen ( $\text{Al}^{3+}$ )

Beispiel: Aluminiumchlorid, Aluminiumsulfat, Polyaluminiumchlorid, Natriumaluminat

Handelsüblich sind auch Kombinationsprodukte, die sowohl Eisen wie auch Aluminium enthalten.

Das zweiwertige Eisen kann nur dann angewendet werden, wenn es in sauerstoffhaltigem Wasser zu dreiwertigem Eisen oxidiert wird.

Die Bildung schwerlöslicher Verbindungen geht im wesentlichen nach folgender Reaktionsgleichung vor sich (Me steht stellvertretend für das maßgebende Metallion):



Der Erfolg der Fällung wird maßgeblich vom pH-Wert, der Fällmittelmenge und den Fällungsbedingungen beeinflusst. Die Menge an erforderlichen Metallsalzen kann aus dem notwendigen Molverhältnis „ $\beta$ “ der zuzugebenden Metallionen zu den im Abwasser zu fällenden Phosphationen ermittelt werden. Für eine wirkungsvolle Phosphorfällung soll dieses Verhältnis ca. 1,5 betragen.

Die schnelle Einmischung des Fällmittels und die anschließende Flocktationstionphase mit geringem Energieeintrag begünstigen in erster Linie das Wachstum gut absetzbarer Flocken. Da jedoch erst die Abscheidung der

gebildeten Flocken zur Entnahme des Phosphates aus dem Abwasser führt, ist diesem Verfahrensschritt große Beachtung zu schenken. Weitere Angaben zu den Grundlagen der Phosphatelimination sind dem ATV-Arbeitsblatt A-202 [8] zu entnehmen.

Bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Phosphorelimination sind unfiltrierte Proben vom Ablauf der Kläranlage heranzuziehen. Dabei ist sicherzustellen, daß die Probe tatsächlich an der bezeichneten Stelle genommen wird und die Proben nicht verwechselt wurden ( $\Rightarrow$  **2.1**).

Bei einer vermuteten Funktionsstörung der Phosphorelimination sollte als erste Maßnahme die Bestimmung des Gesamphosphorgehaltes ( $P_{\text{ges}}$ ) bzw. des Phosphats ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) überprüft werden (unfiltrierte Probe bei  $P_{\text{ges}}$ , filtrierte Probe bei  $\text{PO}_4\text{-P}$ , richtiger Faktor, korrekter Aufschluß, etc.) ( $\Rightarrow$  **2.2**). Liegen die von einem kontinuierlichen Meßgerät ausgegebenen  $\text{PO}_4\text{-P}$ -Werte über dem Sollwert, sollte das Prozeßmeßgerät mittels einer Vergleichsmessung im Labor überprüft werden ( $\Rightarrow$  **2.3**).

Bestätigt sich die Richtigkeit der durchgeführten P-Messung, sind weitere Untersuchungen einzuleiten.

## **6.2 $P_{\text{ges}}$ -Werte beim Belebungsverfahren erhöht**

### **6.2-101 Fällmitteldosierung in Betrieb**

Bei erhöhten  $P_{\text{ges}}$ -Werten im Kläranlagenablauf ist zunächst zu überprüfen, ob überhaupt Fällmittel an der Dosierstelle ankommt. Da die Dosierstelle für Fällmittel i.d.R. frei liegt und somit von außen einsehbar ist, sollte hier zunächst optisch überprüft werden, ob das Fällmittel ins Abwasser zuläuft. Möglicherweise fällt auch ein deutlich verminderter Fällmittelfluß auf. Ursachen siehe ( $\Rightarrow$  **6.2-102 ff**).

### **6.2-102 Zusammensetzung der Fällmittellösung nicht korrekt**

Eine Unterdosierung an Fällmittel kann auch auf einer veränderten Zusammensetzung der Fällmittellösung beruhen.

Bei flüssigen Fällmitteln ist die Zusammensetzung anhand der Lieferscheine bzw. der Herstellerangaben zum Fällmittel zu kontrollieren.

Folgende Fragen sind zu untersuchen:

- Wurde das richtige Fällmittel bestellt bzw. geliefert ?
- Wurde das Fällmittel in der richtigen Konzentration bestellt bzw. geliefert (Konzentration des Fällmittels) ?
- Wurde das Produkt bzw. der Lieferant gewechselt (produktionsbedingte Störstoffe bzw. andere Zusammensetzung) ?

Feste Fällmittel wie Eisensulfat müssen vor ihrer Verwendung in Lösung gebracht werden. Daher ist in regelmäßigen Abständen der Eisengehalt der Lösung zu untersuchen. Diese Bestimmung erfolgt am einfachsten über die Dichtebestimmung mit Hilfe einer Spindel. Auf die Temperatur der Lösung ist zu achten. Aus entsprechenden Tabellen kann dann der Eisengehalt der Lösung abgelesen werden.

#### **6.2-103                    $P_{\text{ges}}$ -Zulaufdruck erhöht**

Der Fällmittelbedarf kann durch Erhöhung der Tagesfrachten gestiegen sein.

#### **6.2-201                    Vorratsbehälter leer**

Hat die Überprüfung der Dosierstelle gezeigt, daß der Fällmittelfluß unterbrochen ist, sollte zunächst der Füllstand des Vorratsbehälters überprüft werden. Möglicherweise reicht die Fällmittelmenge nicht mehr für eine störungsfreie Dosierung aus und muß aufgefüllt werden ( $\Rightarrow$  **6.2-202, Füllstandsanzeige**).

#### **6.2-202                    Füllstandsanzeige funktionsuntüchtig**

Wenn die Füllstandsanzeige am Vorratsbehälter eine ausreichende Fällmittelmenge angezeigt hat, muß sichergestellt sein, daß sie korrekt arbeitet.

Bei Verdacht auf eine Fehlfunktion, vor allem bei elektronischen Meßwertaufnehmern, muß der Füllstand des Vorratsbehälters zusätzlich optisch oder mit Hilfe eines Meterstabes kontrolliert werden.

### **6.2-203 Dosierpumpe defekt**

Falls die erste Prüfung des Vorratsbehälters eine ausreichende Fällmittelmenge ergeben hat, ist zu überprüfen, ob die Dosierpumpe ordnungsgemäß läuft oder durch einen Defekt außer Betrieb ist ( $\Rightarrow$  **6.2-206, Einstellung**,  $\Rightarrow$  **6.2-207, MSR-Technik**).

### **6.2-204 Abriß des Förderstromes**

Die Dosierpumpe zeigt selbst bei laufendem Betrieb keine Wirkung, wenn die Heberwirkung in der Entnahmeleitung durch Abriß des Flüssigkeitsfadens aufgehoben ist.

In diesem Fall muß das Vakuum in der Entnahmeleitung neu aufgebaut werden (Entlüftung der Dosierpumpe).

### **6.2-205 Störungen bei der Chemikalienentnahme**

Sowohl bei flüssigen als auch bei festen Fällmitteln kann die Chemikalienentnahme aus dem Vorratsbehälter durch Verstopfung der Leitungen, der Ventile oder/und der Pumpen blockiert sein. Das kann folgende Ursachen haben:

- Verkrustungen
- Auskristallisieren der Fällmittellösung bei tiefen Temperaturen
- Verklumpen des Granulats durch Aufnahme von Feuchtigkeit.

In diesen Fällen ist die Verstopfung an der entsprechenden Stelle zu beseitigen und ggf. Vorkehrung zu treffen, um eine Wiederholung zu vermeiden.

### **6.2-206 Einstellung der Dosierpumpe korrekt**

Falls die Dosierpumpe in Betrieb ist, kann der Förderstrom durch einen Defekt oder eine fehlerhafte Einstellung gedrosselt sein. (Möglicherweise bestand auch schon bei der augenscheinlichen Kontrolle der Dosierstelle der Eindruck einer geringeren Dosierung als üblich).

Vor diesem Hintergrund ist die Pumpeneinstellung, d.h. der Förderstrom bzw. die Anzeige des aktuellen Förderstromes, zu überprüfen. Falls keine Anzeige

der Fördermenge vorhanden ist, ist der Förderstrom mit Hilfe eines geeigneten Standzylinders auszulitern.

Beim Umgang mit ätzenden und/oder wassergefährdenden Flüssigkeiten sind die einschlägigen Sicherheitsvorschriften zu beachten.

### **6.2-207 Störungen bei der MSR-Technik**

Bei SPS-gesteuerten Dosierpumpen kann die Ursache für einen reduzierten Förderstrom in einer fehlerhaften Meß-, Steuer- und Regeltechnik (*MSR-Technik*) liegen ( $\Rightarrow$  2.4).

### **6.2-208 Dosierleitung undicht**

Störungen des Fällmittelflusses können auch in der Dosierleitung auftreten, weshalb die Leitung auf Verstopfungen oder Abrißstellen zu kontrollieren ist. Dies kann in den Schächten und am Ende des Schutzrohres kontrolliert werden.

Ist die Dosierleitung gebrochen, muß umgehend sichergestellt werden, daß kein austretendes Fällmittel ins Erdreich, Grundwasser oder ein nahegelegenes Gewässer gelangt!

### **6.2-209 Externe Stoßbelastungen**

Durch entsprechende Indirekteinleiter kann ein Anstieg der Phosphorverbindungen im Zulauf auch sprunghaft verursacht werden (z.B. Neuanschluß, Produktionsänderungen, Produktionsausweitungen). Insbesondere Industrien der Lebensmittelproduktion- oder Verarbeitung emittieren erhöhte Phosphorfrachten. In diesem Zusammenhang ist das Indirekteinleiterkataster zur Ursachenforschung heranzuziehen.

### **6.2-210 Kontinuierliche Frachtsteigerung durch externe Einleiter**

Ein kontinuierlicher Anstieg der Tagesfrachten kann auf einer Erhöhung des Anschlußgrades durch:

- Erschließung neuer Baugebiete
- Erschließung neuer Gewerbegebiete
- Anschluß von Nachbargemeinden oder zusätzlichen Ortsteilen beruhen

In diesem Fall ist entsprechend mehr Fällmittel zu dosieren.

### **6.2-301 MSR-Technik fehlerhaft**

Bei der direkten oder indirekten Einbindung von Meßsystemen in ein Steuer- oder Regelkonzept können Fehlfunktionen auch infolge defekter Kabelverbindungen oder unzureichender Programmierung auftreten (vgl. ⇒ **2.4, 6.2-302**).

Vor allem bei Anlagen mit einer frachtabhängigen Dosierung ist darauf zu achten, daß sämtliche Eingangswerte (Wassermenge, Phosphorkonzentration) fehlerfrei sind und auch fehlerfrei verarbeitet werden.

### **6.2-302 Programmierung fehlerhaft**

Neben den Kabelverbindungen ist die Programmierung der Steuereinrichtung zu überprüfen. Folgende Fragen sind u.a. abzuklären:

- Liegt bei der Programmierung ein Eingabefehler vor?
- Muß die Programmierung infolge erhöhter Tagesfrachten geändert werden?
- Muß eine veränderte Tagesganglinie programmiert werden?
- Hat sich nach einem Stromausfall möglicherweise die Programmierung geändert (fest vorgegebene Standardeinstellungen)?

### **6.2-303 IDM funktionunstüchtig**

Folgende Fragen sind abzuklären:

- Ist der IDM verstopft?
- Ist die Messung des IDM aufgrund von Belagbildung fehlerhaft?
- Ist der IDM noch korrekt kalibriert?

Eine Überprüfung der Messung ist durch Auslitern möglich.

### 6.2-304 Konstante Dosierung ausreichend

Wird das Fällmittel mehr oder minder konstant dosiert (gleichmäßig über 24 h oder mit Hilfe einer Zeitschaltuhr im Tag/Nachtrhythmus), muß der Fällmittelbedarf neu berechnet und der Förderstrom der Dosierpumpe entsprechend angepaßt werden.

### 6.2-305 Dosierung nach Ganglinie funktionsunfähig

Bei gesteuerten Dosierpumpen muß die Steuerung ebenfalls für die höhere Fracht neu programmiert werden. Erhöhte  $P_{\text{ges}}$ -Werte im Kläranlagenablauf können auch dann auftreten, wenn die Dosierung des Fällmittels nach einer fest programmierten Tagesganglinie erfolgt und sich diese Tagesganglinie verändert hat.

## 6.3 Erhöhte $P_{\text{ges}}$ -Werte bei Tropfkörpern und Rotationstauchkörpern

Die Phosphatelimination bei Anlagen mit Tropfkörpern und Rotationstauchkörpern erfolgt in der Regel mittels Vorfällung (selten) oder Simultanfällung in den Zulauf zur Nachklärung. Da hier dieselben Kriterien wie bei der chemischen Phosphatelimination bei Belebungsanlagen gelten, wird auf Kapitel 6.2 verwiesen.

## 6.4 Erhöhte $P_{\text{ges}}$ -Werte bei Filtrationseinrichtungen

Ist der homogenisierte  $P_{\text{ges}}$  im Ablauf der Filtrationseinrichtung größer als im Ablauf der Nachklärung, ist der Spülzyklus falsch gewählt. Es ist eine sofortige Rückspülung einzuleiten.

Steigt die Trübung im Ablaufkanal zum Gewässer schnell an, so kann dies neben einem Filterdurchbruch bei einer Filterverstopfung auch auf das Anspringen der Bypass-Leitung zurückgeführt werden.

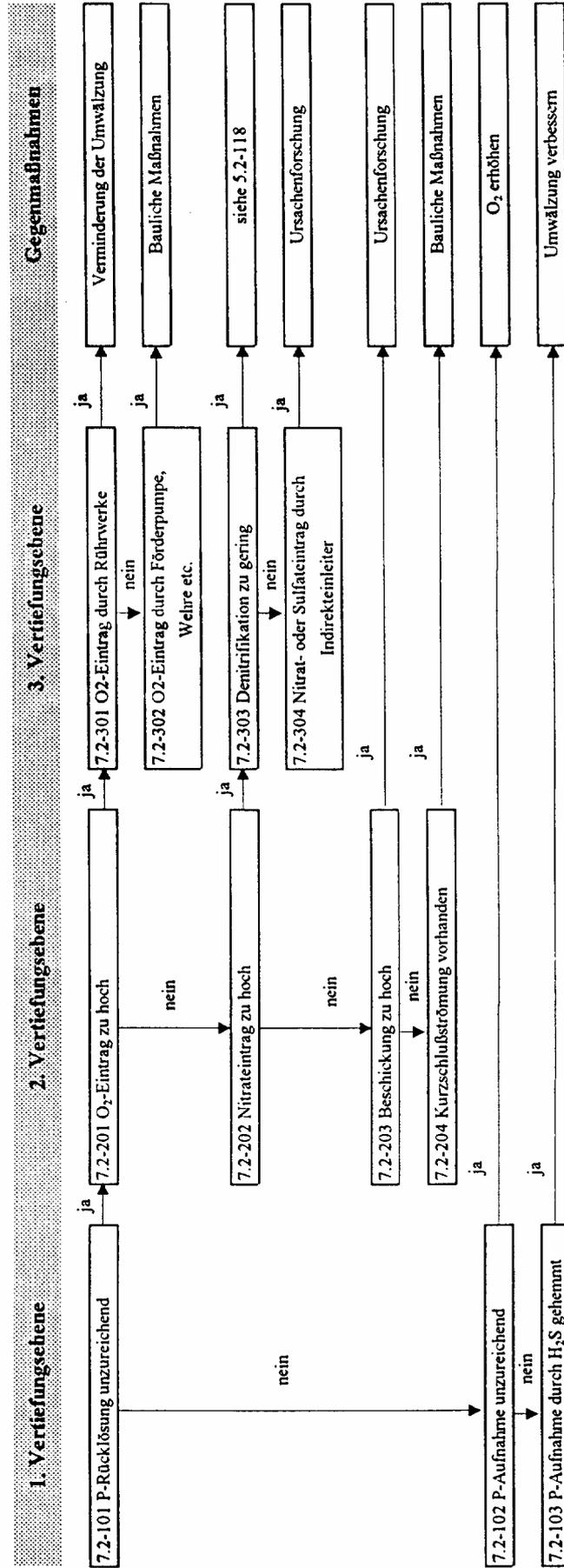
Ein erhöhter  $P_{\text{ges,filtr}}$  im Ablauf des Filters im Vergleich zum  $P_{\text{ges,filtr}}$  im Ablauf der Nachklärung ist in der Regel auf eine Verschlammung des Filters zurückzuführen. Ggf. liegt die Ursache in einer unzureichenden Spülung.

Nach der Rückspülung sind die Meßeinrichtungen für die automatische Rückspülung zu überprüfen.

Sind der Zulauf und Ablauf des Filters ständig trüb, ist die Ursache in feindispersen Partikeln zu suchen. Abhilfe erscheint durch eine Zugabe von Flokkungshilfsmitteln möglich.

Ursachen für erhöhte P-Werteim Ablauf bei biologischer P-Elimination

Funktionsstörungen





## 7      **Reinigungsziel:      Biologische P-Elimination**

### 7.1      **Allgemeines**

Phosphor wird grundsätzlich in jeder Belebungsanlage auf biologischem Wege eliminiert, da die Lebewesen des belebten Schlammes Phosphor für ihr Wachstum benötigen und aus dem Abwasser entnehmen. Die Menge an Phosphor, die durch das "normale" Wachstum der Biocoenose eliminiert wird, ist jedoch relativ gering.

In einer Belebungsanlage können sich unter bestimmten Bedingungen auch solche Bakterien etablieren, die mehr Phosphor als üblich aufnehmen und in der Zelle speichern. In diesem Fall spricht man von *vermehrter biologischer P-Elimination* oder kurz *Bio-P*. Die entsprechenden Bakterien, die hierzu in der Lage sind, werden im folgenden Bio-P-Bakterien genannt.

Bio-P-Bakterien stellen sich nur dann in einer Belebungsanlage ein, wenn der Schlamm einem ständigen Wechsel von aeroben (belüfteten) und anaeroben (unbelüfteten) Bedingungen unterworfen wird.

Treten im belebten Schlamm „anaerobe“ Verhältnisse auf, kann die Vielzahl der aeroben Bakterien keine Nährstoffe mehr aufnehmen, da ihnen die Energie hierfür fehlt.

Bio-P-Bakterien treffen jetzt Vorsorge für Zeiten des Nährstoffmangels und nutzen die Energie aus ihrem Energiespeicher, um in der Zelle ein Nährstoffdepot anzulegen. Die Energie aus den Polyphosphaten wird freigesetzt. Bei diesem Vorgang wird das zuvor gebundene Phosphat frei und in das Medium abgegeben, so daß man im Anaerobbecken einen Anstieg der Phosphatkonzentration registriert.

Da die Phosphate bereits in der Bakterienzelle gebunden waren und jetzt freigesetzt werden, spricht man von Rücklösung des Phosphates in der anaeroben Stufe.

Der Begriff „anaerob“ im Zusammenhang mit der biologischen Phosphorentfernung drückt aus, daß dem belebten Schlamm weder Nitrat oder Sauerstoff zur Verfügung stehen. Jedoch tritt keine Bildung organischer Säuren oder gar Methanbildung wie bei einer anaeroben Schlammfäulung ein.

Wird der Schlamm im Anschluß an die anaerobe Phase wieder belüftet, nutzen alle Bakterien den Sauerstoff zur Gewinnung von Energie durch die Atmungskette.

Dabei entgehen die Bio-P-Bakterien der starken Nahrungskonkurrenz, indem sie nun neben der geringen Menge von Nährstoffen aus dem Außenmedium besonders die Nährstoffe des Speichers zur Energiegewinnung nutzen. Über die für das Wachstum notwendige Energiemenge hinaus wird Poly-Phosphat gebildet und der Energiespeicher wieder aufgefüllt.

Zu diesem Zweck wird vermehrt Phosphat aus dem Medium aufgenommen und innerhalb der Zelle sogar mikroskopisch sichtbar in Form von Volutin-Granula gespeichert.

Nun sind die Bio-P-Bakterien wieder gerüstet für die nachfolgende anaerobe Periode, der Kreislauf kann erneut beginnen.

Verfahrenstechnisch kann nun die Durchführung einer biologischen P-Elimination nach folgendem prinzipiellem Fließschema umgesetzt werden:

Im Vergleich zu einer Belebungsanlage mit vorgeschalteter Denitrifikation wird noch ein weiteres unbelüftetes Becken, die „anaerobe“ Zone (AN-Zone) vorgeschaltet. In dieser Zone werden das zufließende Abwasser und der Rücklaufschlamm gemischt. Da sowohl Zulauf und Rücklaufschlamm in der Regel nur noch wenig Nitrat enthalten, stellen sich in dieser Zone „anaerobe“ Bedingungen ein und eine Rücklösung des Phosphates findet statt.

Anschließend folgt die Denitrifikationszone, in die der interne Kreislauf aus dem Ablauf des Belebungsbeckens eingeleitet wird.

In der dann folgenden belüfteten Zone findet neben der Nitrifikation auch die Entnahme des Phosphates allein über den Überschussschlamm statt.

## 7.2 $P_{\text{ges}}$ -Werte beim Belebungsverfahren erhöht

### 7.2-101 Phosphat-Rücklösung in der AN-Zone unzureichend

Eine unzureichende Rücklösung von Phosphat liegt dann vor, wenn der Phosphorgehalt im Ablauf der AN-Zone nicht wesentlich höher als der im Zulauf zur Kläranlage ist.

Eine unzureichende Rücklösung von Phosphat kann auf eine zu kurze Kontaktzeit des belebten Schlammes in der AN-Zone zurückzuführen sein.

Die aktuelle Kontaktzeit ist rechnerisch zu überprüfen. Bei einem Rücklaufverhältnis von 70 % bis 100 % soll die Kontaktzeit in der AN-Zone mindestens 0,75 Stunden betragen. Die Kontaktzeit in der anaeroben Zone errechnet sich wie folgt:

$$t_K = V_{AN}/(Q_{ZU} + Q_{RS}) \quad \text{in h} \quad (9)$$

$V_{AN}$  = Anaerobvolumen ( $\text{m}^3$ )

$Q_{ZU}$  = Zufluß ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$Q_{RS}$  = Rücklaufschlammförderstrom ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

### 7.2-102 Phosphat-Aufnahme in der N-Zone unzureichend

Für die vermehrte Aufnahme von Phosphat aus dem Abwasser muß der belebte Schlamm in der Nitrifikationszone gut mit Sauerstoff versorgt werden. Es ist deshalb zu überprüfen, ob der Sauerstoffeintrag in der Nitrifikationszone ausreichend ist. In der Regel ist das bei  $\text{O}_2$ -Gehalten über 1 mg/l der Fall. Allerdings sollten schlecht belüftete Bereiche mit geringen Sauerstoffkonzentrationen ausgeschlossen werden ( $\Rightarrow$  **4, Nitrifikation**).

Bei einer Unterversorgung ist der Sauerstoffgehalt in der N-Zone möglichst zu steigern.

### **7.2-103 P-Aufnahme durch H<sub>2</sub>S gehemmt**

Die vermehrte Aufnahme von Phosphat kann auch durch die Anwesenheit von Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) gestört sein. Die Hemmwirkung ist nicht einfach zu erkennen.

Zur Bildung von Schwefelwasserstoff in der AN-Zone kann es dann kommen, wenn der belebte Schlamm durch mangelhafte Umwälzung nicht ausreichend in Schwebelage gehalten wird. Aus diesem Grunde ist die Umwälzung in der AN-Zone zu kontrollieren und gegebenenfalls zu verbessern.

### **7.2-201 Eintrag von Sauerstoff zu hoch**

Eine mögliche Störquelle ist der unzulässige Eintrag von Sauerstoff in die AN-Zone. Um dieser Frage nachzugehen, sollten mit dem Sauerstoff-Handmeßgerät oder mit Hilfe einer stationären Sauerstoffsonde punktuelle Messungen in der AN-Zone (vor allem im Zulaufbereich) durchgeführt werden. Eine Beeinträchtigung der Phosphatrücklösung ist in der Regel bei O<sub>2</sub>-Gehalten > 0,3 mg/l zu erwarten (vgl. ⇒ **5.2-105, Sauerstoffeintrag über Rücklauf; 5.2-120, Sauerstoffeintrag über Zulauf**).

In diesem Zusammenhang ist auch auf die begrenzte Genauigkeit der Sauerstoffgehaltsmessung im Bereich < 0,3 mg/l hinzuweisen.

### **7.2-202 Nitrateintrag zu hoch**

Neben Sauerstoff kann, wie bereits dargestellt, auch ein erhöhter Nitrateintrag über den Rücklaufschlamm (oder über den Zulauf ⇒ **5.2-120**) in die anaerobe Zone eine hemmende Wirkung auf die Phosphatrücklösung ausüben.

Zur Überprüfung sollte die Konzentration an Nitratstickstoff im Ablauf der AN-Zone bestimmt werden. Sollte der Gehalt an Nitratstickstoff im Ablauf der anaeroben Zone > 0,5 mg/l betragen, ist eine Ursachenforschung zu betreiben. Ggf. ist die Schlammrückführung aus der Nachklärung zu verringern, eine Beeinträchtigung der Nachklärung ist dabei auszuschließen.

### 7.2-203                    **Beschickung zu hoch**

Hat sich bei der rechnerischen Überprüfung eine zu kurze Aufenthaltszeit in der AN-Zone bestätigt, sollte zunächst überprüft werden, ob sich die Beschickungsmenge der AN-Zone geändert hat.

Im einzelnen sind folgende Volumenströme mengenmäßig zu kontrollieren:

- Abwasserzulauf,
- Rücklaufschlamm,
- Kreislaufschlamm (bei Zuleitung vor der AN-Zone),
- separat zugeleitete Produktionsabwässer größerer Indirekteinleiter (bei Zuleitung vor der AN-Zone).

Die korrekten Sollwerte der Beschickung sind wieder einzustellen.

### 7.2-204                    **Kurzschlußströmungen vorhanden**

Die Beschickung der AN-Zone kann sich unbemerkt auch durch unbeabsichtigte Kurzschlußströmungen erhöhen. Daher sind alle Schieber und Schütze in Zusammenhang mit dem Betrieb der AN-Zone auf ihre richtige Einstellung zu überprüfen. **Die Funktionsfähigkeit des Rührwerkes ist zu überprüfen.**

### 7.2-301                    **Sauerstoff-Eintrag durch Rührwerke**

Bei erkennbar starker Wirbelbildung an der Oberfläche besteht die Gefahr des Sauerstoffeintrages in die AN-Zone. Sind solche Turbulenzen mit bloßem Auge sichtbar, kann der Sauerstoffgehalt an dieser Stelle oder in unmittelbarer Nähe mit Hilfe eines Handmeßgerätes überprüft werden. Somit kann diese Ursache sicher erkannt und anschließend behoben werden, wenn ein diskontinuierlicher Betrieb der Rührwerke sich als nicht ausreichend erweist.

Zur Abhilfe ist die Rührerdrehzahl zu vermindern, ggf. ist ein Frequenzumrichter oder eine kleinere Rührwerkseinheit zu beschaffen.

### **7.2-302 Sauerstoff-Eintrag durch Förderpumpen, Wehre, etc.**

Bei schnell laufenden, offenen Schneckenrotpumpen wird der Sauerstoffgehalt pro m Förderhöhe um bis zu 1 mg/l erhöht. Dies ist unabhängig, ob Abwasser oder belebter Schlamm gefördert wird.

Die Sauerstoffanreicherung im gegebenen Fall kann anhand von Messungen vor dem Pumpwerk sowie an deren Auslauf (unter Einsatz einer geeichten Laborelektrode) ermittelt werden.

Eine Kapselung der Förderschnecken kann die ungewollte Sauerstoffzufuhr deutlich verringern.

Bei der Einleitung von Abwasser- oder Schlammströmen über dem Wasserspiegel in den AN-Reaktor entsteht ein Tauchstrahlbelüftereffekt. Bei Abstürzen über 30 cm ist deshalb mit einer nachhaltigen Sauerstoffanreicherung zu rechnen.

Abhilfe kann hier nur durch bauliche Maßnahmen geschaffen werden. Dazu sind die Rohrleitungen bis unter den Wasserspiegel zu verlängern.

Eine starke Sauerstoffanreicherung tritt auch bei Abstürzen auf, die etwa im Auslauf von Schneckenrotpumpen durchaus 0,5 bis 0,8 m betragen können, sowie beim Fall über Wehrschwelen. Bei einer Wehrhöhe von z.B. 20 cm tritt eine Sauerstoffanreicherung von  $> 1$  mg/l ein. Ggf. sind das Abwasser bzw. der belebte Schlamm unter dem Sturzpunkt sogar sauerstoffgesättigt.

Abhilfe kann hier nur durch bauliche Maßnahmen geschaffen werden.

### **7.2-303 Denitrifikation zu gering**

Ein erhöhter Nitrateintrag kann von einer verschlechterten Denitrifikationsleistung herrühren. In diesem Fall wird zuviel Nitrat mit dem Rücklaufschlamm in die AN-Zone eingetragen.

Eine Verschlechterung der Denitrifikation läßt sich einfach und schnell anhand der Ablaufwerte aus der Nachklärung überprüfen, da man davon ausgeht, daß der Nitratgehalt im Rücklaufschlamm in etwa dem des Ablaufes entspricht.

In der Folge sind Maßnahmen zur Verbesserung der Denitrifikation durchzuführen (⇒ **5, Denitrifikation**).

### **7.2-304 Nitrat oder Sulfateintrag durch Indirekteinleiter**

Anhand der wiederholten Bestimmung der  $\text{NO}_3\text{-N}$ - bzw.  $\text{NO}_2\text{-N}$ -Gehalte im Zulauf (ggf. auch deren Veränderung im Tagesgang) ist zu prüfen, inwieweit der Kläranlage nennenswerte Frachten an oxidiertem Stickstoff zugeführt werden bzw.  $\text{N}_{\text{ox}}$ -Spitzen auftreten, durch die Denitrifikation zusätzlich belastet wird (⇒ **5.2-120, Nitrat im Zulauf**). Mit  $\text{N}_{\text{ox}}$ -N-Gehalten im Zulauf  $> 2 \text{ mg/l}$  ist insbesondere zu rechnen

- bei höheren Nitratgehalten im Trinkwasser,
- bei Mischwasserzufluß,
- bei hohem Fremdwasseranteil ( $> 50\%$  von  $Q_s$ ),
- bei Einleitung nitrathaltiger Dränwasser aus dem landwirtschaftlichen Bereich,
- beim Anschluß einschlägiger Betriebe (z.B. der Metallverarbeitung) (Hinweise auf die mögliche Einleitung von Nitrat bzw. Nitrit sind dem Indirekteinleiterkataster zu entnehmen).

Bei kurzen und steilen Sammlern zur Kläranlage treten die genannten Erscheinungen verstärkt auf.

Dieser Frage sollte, falls möglich, unbedingt durch entsprechende Messungen nachgegangen werden, um entweder den erhöhten Nitratreintrag zu stoppen oder langfristig verfahrenstechnische Lösungen zu finden.



## **8 Unter- oder Überschreitung des pH-Wertes im Ablauf**

### **8.1 Allgemeines**

Der zulässige pH-Wert-Bereich im Ablauf der Kläranlage ist anlagenspezifisch und dem jeweiligen Wasserrechtsbescheid zu entnehmen. Üblicherweise ist eine Einleitung von pH-Werten im Bereich von 6,5 (6,0) bis 8,5 (9,0) erlaubt. Die korrekte kontinuierliche Erfassung des pH-Wertes im Ablauf bedingt eine regelmäßige Reinigung und Justierung der Meßsonde. Kurzzeitige Spitzen auf Schreiberanglinien sind deshalb auch oft auf entsprechende Reinigungs- oder Justierungsmaßnahmen zurückzuführen.

### **8.2 pH-Wert zu hoch**

Eine deutliche Überschreitung des üblichen pH-Wertes im Ablauf einer Kläranlage ist in der Regel auf äußere Einflüsse ( $\Rightarrow$  13.3.1) zurückzuführen. Lediglich bei der Verwendung von Kalkhydrat auf der Kläranlage (bei der Phosphatelimination oder der Schlammbehandlung) kann durch interne Havariefälle (Auslaufen von Lagerbehältern oder Leitungen, Überdosierung) oder eine ungeschickte Betriebsführung (stoßartiger Abfluß von kalkhaltigem Prozeßwasser aus der Schlammbehandlung in die Biologie) eine deutliche pH-Wert Erhöhung die Folge sein. Dies ist insbesondere bei mobilen Schlammwässerungsanlagen möglich.

Da sich die Alkalie schon in der Belebung/Nachklärung befindet, sind nur Maßnahmen ergreifbar, welche die möglichen Folgen für die Abwasserreinigung (Ammoniakbildung, Schädigung der Biozönose) begrenzen. Es wird empfohlen, bei Anstieg des pH-Wertes über 8,5 in der Belebung (ggf. Stichprobe und laufende Kontrolle) die maximal mögliche Sauerstoffzufuhr in das Belebungsbecken sicherzustellen und den pH-Wert weiter zu verfolgen.

Die Dosierung von Eisen- oder Aluminiumsalzen aus der Phosphatfällung zur Neutralisation des alkalischen Abwassers sollte erst nach Rücksprache mit externem Fachpersonal bzw. aufgrund eigener entsprechender Berechnungen erfolgen. Dabei sind insbesondere die notwendigen Mengen und die möglichen Folgen für die Kläranlage (Säurekapazität, Schlammfall) zu berücksichtigen.

Bei einer akuten Bedrohung des Vorfluters durch hochalkalisches Abwasser ist die Schließung des Zulaufschiebers in Erwägung zu ziehen. Eine Rücksprache mit der Aufsichtsbehörde ist dabei unerlässlich.

### **8.3 pH-Wert zu niedrig**

Die Unterschreitung des pH-Wertes im Ablauf der Anlage ( $\text{pH} < 6,5$ ) ist auf interne Einflüsse (zu geringe Säurekapazität  $\Rightarrow$  **3.2-303**) oder externe Einflüsse ( $\Rightarrow$  **13.3.2**) zurückzuführen. Ein möglicher äußerer Einfluß kann nach Kontrolle der pH-Messung im Zulauf (eventuell auch in der Rückstellprobe) rasch beurteilt werden. Bei zu geringer Säurekapazität wird auf ( $\Rightarrow$  **3.2-303**) verwiesen.

## 9 Nitrit zu hoch

### 9.1 Allgemeines

Nitrit entsteht als Zwischenprodukt sowohl bei der Oxidation von Ammonium zu Nitrat (Nitrifikation) als auch bei der Reduktion von Nitrat zu molekularem Stickstoff (Denitrifikation).

Erhöhte Nitritgehalte gefährden die Biologie, da sie toxisch auf Mikroorganismen wirken. Außerdem wird der wasser- und abgaberechtlich bedeutsame Gehalt an anorganischem Stickstoff im Ablauf entsprechend erhöht.

Bei gut funktionierender Nitrifikation/Denitrifikation liegen die  $\text{NO}_2\text{-N}$ -Gehalte im gereinigten Abwasser unter 1,5 mg/l.

Im Ablauf von Anlagen, in denen im Winter die Nitrifikation temperaturbedingt aussetzt, können im Frühjahr kurzzeitig  $\text{NO}_2\text{-N}$ -Gehalte bis etwa 3 mg/l auftreten. Dabei handelt es sich um keine eigentliche Funktionsstörung. Die vorübergehende Nitritanreicherung ist darauf zurückzuführen, daß die für die Umwandlung von Nitrit in Nitrat (Nitrifikation) verantwortlichen Nitrobacter langsamer wachsen als Nitrosomonas, die für die Oxidation von Ammonium zu Nitrit (Nitritation) verantwortlich sind. Außerdem können höhere Ammoniumkonzentrationen die Nitritation hemmen.

Steigt der  $\text{NO}_2\text{-N}$ -Gehalt über 3 mg/l, sollte in jedem Fall die weitere Entwicklung anhand täglicher Kontrollanalysen genau verfolgt werden.

Aufgrund der relativen Unbeständigkeit von Nitrit sind die Proben möglichst sofort zu analysieren. Im Falle von Mischproben über 24 h können deutliche Fehler auftreten. Die Bestimmungen sollten an filtrierten Proben durchgeführt werden

## 9.2 Ursachen für erhöhte Nitritgehalte

NO<sub>2</sub>-N-Gehalte > 3 mg/l, die u. U. schnell bis 10 mg/l und darüber hinaus ansteigen können, stellen sich ein

- a) im Zuge der Nitrifikation durch Hemmung der Nitratation (die vielen Einflüssen gegenüber empfindlicher ist als die Nitritation), etwa durch
- Sauerstoffmangel im Nitrifikationsteil,
  - starke Verkürzung des Schlammalters durch sehr hohen Überschussschlammabzug,
  - erhöhte Ammoniumgehalte bzw. -frachten im Zulauf,
  - hohe Ammoniumrückbelastung durch Schlammwässer bei anaerober Schlammbehandlung,
  - schnelle Absenkung der Abwassertemperatur,
  - nitratationshemmende Stoffe im Zulauf,
  - nitratationshemmende Stoffe im Fällmittel.
- b) im Zuge der Denitrifikation durch Hemmung der Nitritreduktion, über deren Hintergründe (etwa die Unterversorgung mit leicht abbaubaren Kohlenstoffverbindungen) bisher noch wenig bekannt ist.

Die Suche nach den Ursachen für eine Nitritanreicherung ist meist sehr schwierig und führt nicht immer zu einem eindeutigen Ergebnis.

## 9.3 Maßnahmen bei erhöhten Nitritgehalten

Werden NO<sub>2</sub>-N-Gehalte im Ablauf > 3 mg/l festgestellt, sind als Sofortmaßnahmen

- die Belüftung im Nitrifikationsteil zu erhöhen,
- Schlammwässer vorübergehend zurückzuhalten (speichern oder anderweitig entsorgen),

- das Schlammalter durch Steigerung des Trockensubstanzgehaltes zu erhöhen. Dabei ist jedoch die Belastbarkeit der Nachklärung zu beachten (ISV, TS).

Falls damit kein Erfolg erzielt wird, kommen folgende weitere Maßnahmen in Betracht

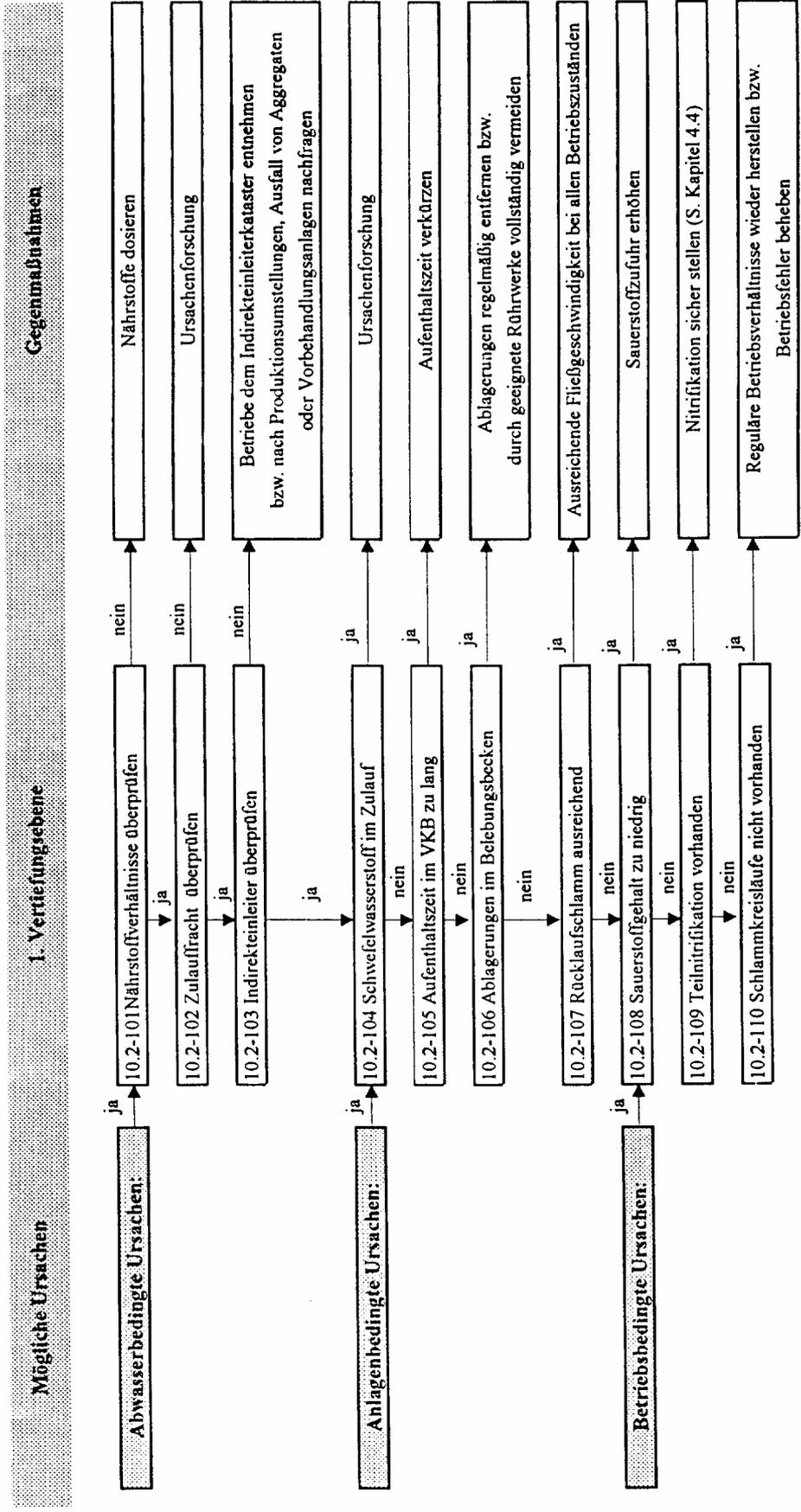
- Vorfällung zur Entlastung der Biologie (Begünstigung der Nitrifikation),
- vollständige Nitritreduktion durch vorübergehendes Abschalten der kompletten Belüftung. Diese Empfehlung gilt allerdings nur für den Fall, daß Belüftung und Umwälzung vollständig getrennt werden können. Die Ablaufqualität muß dabei laufend kontrolliert werden.

Vom Abschalten der Belüfter ohne Umwälzung wird dringend abgeraten, da bei abgesetztem Schlamm keine Reinigung mehr erfolgt. Auch die Drosselung der Belüftung auf das für die Umwälzung gerade erforderliche Maß ist nicht zielführend, da dadurch kein sauerstofffreies Milieu erreicht werden kann.

- Fällmittel wechseln, ggf. intern eingesetzte Reinigungsmittel wechseln,
- Stickstofffracht im Zulauf begrenzen bzw. ausgleichen (Vorbehandlung in Betrieben, Zulaufspeicherung).

In die Planung der Maßnahmen ist die Wasserbehörde mit einzubeziehen. Nitrifikationshemmteste mit Rückstellproben aus dem Zulauf oder den auf der Kläranlage eingesetzten Chemikalien können u. U. bei der Ursachenforschung weiterhelfen.

**Funktionsstörungen durch Biäthschlamm**



## 10 Funktionsstörungen durch Blähschlamm

### 10.1 Allgemeines

Das Absetzverhalten des belebten Schlammes, charakterisiert durch den Schlammindex ISV, ist beim Belebungsverfahren mitentscheidend für die Einhaltung der Ablaufwerte.

Belebter Schlamm wird als Blähschlamm bezeichnet, wenn der Schlammindex größer als 150 ml/g ist und der Schlamm eine starke Fädigkeit aufweist. Die Fädigkeit des belebten Schlammes wird durch Mikroorganismen (MO) mit fadenförmigem Wachstum verursacht, die sich im belebten Schlamm übermäßig vermehren, wenn sie einen Wachstumsvorteil gegenüber den flockenbildenden Mikroorganismen haben. Bei der Bestimmung des Schlammindex ist auf die erforderliche Verdünnung der Proben hinzuweisen, wenn das Schlammvolumen nach 30 Minuten Absetzzeit im Standzylinder mehr als 250 ml/l beträgt.

Schlechte Absetzeigenschaften, d.h. hohe Schlammindexwerte können zum Abtreiben von Schlammflocken aus dem Nachklärbecken führen und damit die Ablaufqualität verschlechtern bzw. zu einer Belastung des Vorfluters mit Feststoffen führen.

Bei vorhandenem Blähschlamm „steht“ der Schlamm im Nachklärbecken; die Schlammschicht kann oft mit bloßem Auge erkannt werden. Eine Schwimmschlammschicht ist im allgemeinen nicht zu beobachten.

Vor allem bei Mischwasserzufluß mit hoher hydraulischer Belastung wird die Absetzwirkung im Nachklärbecken weiter verschlechtert, die Gefahr eines Schlammabtriebs wird dadurch größer.

Falls schon bei relativ niedrigen Schlammindexwerten ein Schlammabtrieb aus der Nachklärung auftritt, ist die hydraulische Beschickung der Nachklärung zu überprüfen.

Durch defekte oder falsch justierte Drossel- oder Meßeinrichtungen kann vor allem bei Mischwasserzufluß größere Zuflüsse als geplant zur Kläranlage gelangen und eine hydraulische Überlastung der Anlage verursachen.

Als Verursacher des Blähschlammes sind ca. 30 verschiedene fadenbildende Mikroorganismen bekannt, deren Identifizierung mit Hilfe einer mikroskopischen Untersuchung des belebten Schlammes möglich ist. Die Quantifizierung und Identifizierung der fadenförmigen Mikroorganismen (MO) erfolgt durch die Erstellung eines mikroskopischen Bildes des belebten Schlammes. Die Erstellung des Bildes wird mit Hilfe des Handbuchs des Bayerischen Landesamtes [9] oder mit Hilfe des Handbuchs von EIKELBOOM [10] durchgeführt.

## 10.2 Ursachen der Blähschlamm Bildung

Auf eine Wiedergabe der unterschiedlichen Wachstumshypothesen für die fadenbildenden Mikroorganismen wird hier verzichtet, lediglich die wichtigsten bekannten Ursachen seien der Vollständigkeit halber genannt:

- Abwasserbedingte Ursachen
  - Organisch belastete Abwässer aus der Obstverwertung, Gemüseverarbeitung, Brauereien, Milchverwertung, Papierfabriken (vorwiegend gelöste Verbindungen)
  - Nährstoffmangel (Stickstoff und/oder Phosphor)
  - angefaultes Abwasser (Schwefelwasserstoff)
  - extreme pH-Werte
  
- Anlagenbedingte Ursachen
  - Lange Vorklärzeiten
  - Stagnationsräume in Becken oder Leitungen
  - Lange Aufenthaltszeit in der Nachklärung
  
- Betriebsbedingte Ursachen
  - Labile Betriebsverhältnisse wie Teilnitrifikation
  - Niedriger Sauerstoffgehalt
  - Schlammstorage in der Nachklärung
  - Interne Kreisläufe von Faulschlamm oder Schlammwasser

In vielen Belebungsanlagen tritt Blähschlamm mit unterschiedlich hohen Schlammindexwerten, vor allem in den Übergangsperioden Frühjahr/Sommer

und Herbst/ Winter auf. In diesen Zeiträumen findet offenbar eine Umstellung der gesamten Biocönose des belebten Schlammes aufgrund der Temperaturänderung statt. Fadenförmige Mikroorganismen sind in der Lage, diese Änderung der Milieubedingungen besser zu verkraften. Die flockenbildenden Mikroorganismen scheinen entweder nur eingeschränkt zu wachsen oder ihre Fähigkeit zur Flockenbildung ist während dieser Zeiträume begrenzt.

### 10.2-101 Nährstoffverhältnisse überprüfen

Zunächst ist abzuklären, wie die Nährstoffverhältnisse im Zulauf zur Belebungsanlage sind. Für ein ausreichendes Wachstum sämtlicher Mikroorganismen und vor allem für eine gute Nährstoffversorgung der flockenbildenden Mikroorganismen müssen folgende Nährstoffverhältnisse eingehalten werden:

$$N_{\text{ges}}/BSB_5 \geq 0,05 \quad \text{und} \quad P_{\text{ges}}/BSB_5 \geq 0,01$$

Falls aufgrund hoher  $BSB_5$  bzw. CSB-Frachten die Nährstoffverhältnisse unterschritten werden, sind Stickstoff und/oder Phosphor zu ergänzen. Üblicherweise tritt diese Problematik nur bei Anlagen mit einem hohen industriellen Einfluß auf.

Bewährt haben sich ganz konventionelle Handelsdünger aus der Landwirtschaft wie NPK-Dünger, Stickstoffdünger (Harnstoff, Kalkammonsalpeter) und Thomasphosphat. Die Zugabe erfolgt am besten nach Auflösung des Düngers in Wasser, verteilt über die Tagesstunden.

Beim Einsatz einer Vorfällung kann es zu einem Mangel an Phosphor in der nachfolgenden Belebungsanlage kommen, falls im Ablauf der Vorklärung nur noch sehr geringe Gehalte an Phosphor vorhanden sind. In diesem Fall ist die Vorfällung so zu betreiben, daß die o. a. Nährstoffverhältnisse wieder überschritten werden.

Bei ungünstigen Nährstoffverhältnissen treten im allgemeinen die folgenden Mikroorganismen auf:

- Typ 0041
- *Sphaerotilus natans*
- Typ 021N

### **10.2-102 Zulaufrecht überprüfen**

Ein Nährstoffmangel gemäß ( $\Rightarrow$  **10.2-101**) kann infolge einseitig hoher Zulaufmengen von BSB<sub>5</sub> oder CSB auftreten. Dies ist z.B. während der Obstkampagne im Herbst möglich, wenn eine große Menge an leicht abbaubarem Substrat (bestimmt als BSB<sub>5</sub>) auf die Kläranlage gelangt. Bei zu hoher Stickstofffracht ist nach ( $\Rightarrow$  **4.2-108 oder 5.2-116, N im Zulauf**) vorzugehen.

### **10.2-103 Indirekteinleiter überprüfen**

Für die Einleitung hoher organischer Frachten kommen prinzipiell auch Indirekteinleiter der Branchen

Obstverwertung,  
Gemüseverarbeitung,  
Brauereien,  
Getränkeherstellung,  
Milchverwertung und  
Papierfabriken

in Betracht. Solche Betriebe sind dem Indirekteinleiterkataster zu entnehmen bzw. in der Regel bei den Kläranlagen bekannt. Eine Nachfrage nach Produktionsumstellungen, Ausfall von Aggregaten oder Vorbehandlungsanlagen ist auf jeden Fall erforderlich.

### **10.2-104 Schwefelwasserstoff im Zulauf**

Eine häufige Ursache von Blähschlamm ist angefaultes Abwasser. Schwefelwasserstoff begünstigt das Wachstum von Schwefelbakterien, die einen hohen Schlammindex verursachen.

Ursache für das Anfaulen des Abwassers können z.B. extrem lange Standzeiten des Abwassers in Regenüberlaufbecken oder flache Kanalnetze mit Ablagerungen sein. Auch großflächig durchgeführte Kanalspülungen können zu einem stoßartigen Anfall von angefaultem Abwasser führen.

Die verursachenden Fadenbildner sind im Allgemeinen:

- Beggiatoa
- Thiotrix

### **10.2-105 Aufenthaltszeit im Vorklärbecken zu lang**

Wie im Kanalnetz kann es auch durch eine zu lange Aufenthaltszeit des Abwassers in der Vorklärung zum Anfaulen und damit zur Bildung von Schwefelwasserstoff kommen.

Eine lange Aufenthaltszeit in der Vorklärung bewirkt auch eine weitgehende Entnahme der abfiltrierbaren Stoffe, die den belebten Schlamm beschweren können. Belebungsanlagen mit simultaner aerober Schlammstabilisierung haben keine Vorklärung und die absetzbaren sowie abfiltrierbaren Stoffe aus dem Zulauf führen zur erwünschten Beschwerung des belebten Schlammes. Diese Anlagen weisen in der Regel sehr gute Schlammindeces auf, Blähschlamm ist praktisch nie zu beobachten.

Die verursachenden Fadenbildner sind im Allgemeinen:

- Beggiatoa
- Thiotrix

### **10.2-106 Ablagerungen im Belebungsbecken**

Falls es aufgrund mangelnder Umwälzung und Durchmischung im Belebungsbecken (z.B. durch zu schwach dimensionierte Rührwerke, Ausfall von Rührwerken oder Defekt der Belüftung) zu Ablagerungen im Belebungsbecken kommt, kann ein Anfaulen des belebten Schlammes zur Bildung fadenbildender Mikroorganismen führen.

Eventuelle Ablagerungen sind daher entweder regelmäßig zu entfernen bzw. besser noch durch geeignete Rührwerke vollständig zu vermeiden.

Die Prüfung auf Ablagerungen erfolgt am einfachsten mit Hilfe einer kleinen Tauchpumpe, die langsam ins Belebungsbecken abgelassen wird. Anhand der Konsistenz des Schlammes und auch anhand der Farbe kann abgelagerter Schlamm sehr leicht erkannt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht im Einsatz eines Schlammspiegelmeßrohres.

Die verursachenden Fadenbildner sind im Allgemeinen:

- Beggiatoa
- Thiotrix

### **10.2-107 Rücklaufschlamm ausreichend**

Bei einer zu langen Lagerzeit des belebten Schlammes im Nachklärbecken können ebenfalls die oben beschriebenen Effekte durch Anfaulen des belebten Schlammes auftreten (⇒ **3.2-108, Gasbildung**; ⇒ **3.2-203, Rücklaufschlammförderung**).

Bedingt durch große Rücklaufschlammdücker und -kanäle kann es bei geringen Volumenströmen zu Ablagerungen und Anfaulen des Schlammes kommen. Vor allem bei gesteuerter oder geregelter Rücklaufschlammförderung ist auf ausreichende Fließgeschwindigkeiten bei allen Betriebszuständen zu achten. Ggf. sollte ein automatischer Spülbetrieb durch kurzzeitige Förderung größerer Wassermengen eingerichtet werden.

### **10.2-108 Sauerstoffgehalt überprüfen**

Fast bei allen Blähschlammereignissen ist neben anderen Ursachen auch ein zu niedriger Sauerstoffgehalt mitverursachend. Auf jeden Fall muß die Sauerstoffzufuhr kontrolliert und gegebenenfalls erhöht werden (⇒ **4.2-101, O<sub>2</sub>-Gehalt**).

Alle Fadenbildner haben bei sauerstofflimitierten Verhältnissen Wachstumsvorteile gegenüber den flockenbildenden Mikroorganismen.

### **10.2-109 Teilnitrifikation vorhanden**

Instabile Betriebsverhältnisse wie z.B. eine Teilnitrifikation können ebenfalls zu Blähschlamm führen. In diesem Fall ist nach Abschnitt 4 vorzugehen (⇒ **4, Nitrifikation**).

### **10.2-110 Schlammkreisläufe vorhanden**

Wenn angefaultes Abwasser aus dem Zulauf bzw. aus der Vorklärung zu Blähschlamm führen kann, so gilt dies auch für Schlammkreisläufe aus der Faulung.

Übermäßiger Faulwasserabzug, eventuell sogar die Rückführung von Faulschlamm bei unkontrollierter, hoher Beschickung des Faulturms bzw. bei Betriebsfehlern kann zu Blähschlamm führen.

Die im Faulwasser bzw. -schlamm enthaltenen organischen Säuren sind ein bevorzugtes Substrat für viele Fadenbildner.

In diesen Fällen sind die regulären Betriebsverhältnisse wieder herzustellen bzw. Betriebsfehler zu beheben.

### **10.3 Bekämpfung von Blähschlamm**

#### **10.3.1 Allgemeines**

Falls bei Blähschlamm noch keine Beeinträchtigung der Ablaufwerte gegeben ist, so ist der Schlamm Spiegel im Nachklärbecken kontinuierlich (ggf. rund um die Uhr) zu überwachen. Wenn der Abstand zwischen Schlamm Spiegel und Ablaufkante im Nachklärbecken kleiner als 1 m wird, ist mit abtreibendem Schlamm zu rechnen. Spätestens zu diesem Zeitpunkt sind Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Eine automatische Schlamm Spiegelmessung kann hier von Vorteil sein.

Falls es schon zu einer Beeinträchtigung der Ablaufwerte durch abtreibenden Schlamm kommt, muß unverzüglich mit Bekämpfungsmaßnahmen begonnen werden. Die Ursachenrecherche gemäß der oben aufgelisteten Punkte kann parallel dazu erfolgen.

Grundsätzlich sind die Bekämpfungsmaßnahmen schrittweise durchzuführen:

- Analyse der Betriebsbedingungen:
  - Ermitteln der verursachenden fadenbildenden Mikroorganismen durch Mikroskopieren des belebten Schlammes
  - Überprüfen der Betriebseinstellungen für Sauerstoff, Rücklaufschlamm, Trockensubstanzgehalt
  - Belastungswerte der Anlage ( $BSB_5$ ,  $CSB$ ,  $N_{ges}$ ,  $P_{ges}$ ) feststellen
- Diagnose und Ausarbeitung eines Bekämpfungsvorschlags
- Durchführung der Bekämpfungsmaßnahmen

Zur Bekämpfung von Blähschlamm sind verschiedene Maßnahmen möglich, deren Wirkung auch abhängig von den Blähschlamm verursachenden Mikroorganismen ist:

- im Bereich des Kanalnetzes sind Ablagerungen zu vermeiden, um ein Anfaulen des Abwasser zu verhindern. Regelmäßige Spülungen sind hierbei hilfreich
- Nährstoffzugabe bei Nährstoffmangel (nur bei einseitig zusammengesetztem Abwasser - bspw. bei Kampagnebetrieb)
- keine Sauerstoffarmut zulassen - Erhöhung des Sauerstoffgehalts
- Beschwerung des belebten Schlammes
  - Außerbetriebnahme der Vorklärung
  - Zugabe von Eisen- oder Aluminiumsalzen
  - Zugabe von Kalkhydrat
- Veränderung der Durchflußcharakteristik (Einrichten eines Substratgradienten)
  - Vorschalten eines Kontaktbeckens (hochbelastet)
  - Kaskadenförmige Durchströmung der Belebungsanlage, d.h. das Belebungsbecken ist „vor-Kopf“ zu beschicken.

Generell ist anzumerken, daß ein Abtreiben von belebtem Schlamm in den Vorfluter unbedingt zu vermeiden ist. Es ist auf jeden Fall besser, während der Blähschlammphase den Zufluß bei Mischwasser zu drosseln und eine längere Überlaufdauer und Einstaudauer der Regenüberlaufbecken in Kauf zu nehmen, als einen Schlammabtrieb. Das Vorgehen ist mit der Wasserbehörde abzustimmen.

### **10.3.2 Auswertung der Betriebsdaten**

Zur Gewinnung von Aussagen über wirkungsvolle Bekämpfungsmaßnahmen müssen sämtliche relevanten Betriebsdaten (z.B. Schlammindex, Feststoffgehalt, Sauerstoffgehalt, usw.) erhoben und deren zeitlicher Verlauf vor Beginn der Blähschlammssituation (ca. zwei Monate) dargestellt werden.

### 10.3.3 Bekämpfungsmaßnahmen

- **Regelmäßige Spülungen des Netzes**
  - Vermeidung von Ablagerungen im Kanalnetz
  - kein Anfaulen des Abwassers
- **Zugabe von Eisen- oder Aluminiumsalzen.**

Zur Beschwerung des belebten Schlammes ist es möglich, Eisen- oder Aluminiumsalze in Form einer Simultanfällung dem belebten Schlamm zuzudosieren.

Da mit einer derartigen Zugabe Blähschlamm bekämpft werden kann, sollte man annehmen, daß in Anlagen mit gezielter Simultanfällung kein Blähschlamm auftritt. In den vergangenen Jahren ist jedoch auch in Anlagen mit Simultanfällung Blähschlamm aufgetreten. Ein Grund hierfür könnte sein, daß wegen der niedrigeren Phosphorwerte im Zulauf der Anlagen nur noch eine geringe Menge an Fällmittel zur eigentlichen Phosphorelimination gebraucht wird. Diese Menge ist deutlich geringer als die zur Beschwerung des Schlammes erforderliche, so daß die Simultanfällung noch keine ausreichende Beschwerung des Schlammes bewirkt.

Dosierempfehlung:

Als Anhaltswert für eine Abschätzung der erforderlichen Dosiermenge gilt :  
 pro m<sup>3</sup> Zulauf (Tageswert bei Trockenwetter) werden ca. 20 bis 30 g Eisen dosiert.  
 Die zu dosierende Menge wird kontinuierlich über die 24 Stunden eines Tages verteilt.

Achtung: Bei der Zugabe saurer Fällmittel ist auf die mögliche Absenkung des pH-Wertes zu achten. Eine Überdosierung kann zur Verschlechterung des Ablaufes führen.

- **Zugabe von Flockungsmitteln (Polymeren)**

Die stoßartige Zugabe von Polymeren, wie sie z.B. bei der Entwässerung von Faulschlamm auf vielen Anlagen Verwendung finden, kann zu einer raschen und deutlichen Absenkung der Schlammindexwerte führen.

Diese positive Wirkung ist jedoch i.d.R. nur von kurzer Dauer, so daß sich lediglich ein akuter Schlammabtrieb beeinflussen läßt. Die Wirkung hält

nicht lange vor und eine Dauerdosierung ist wegen der hohen Dosiermengen nicht empfehlenswert.

Vor der Zugabe von Polymeren muß auf jeden Fall ein Standversuch im Labor durchgeführt werden, um deren Wirkung zu testen: Hierzu wird 1 Liter des belebten Schlammes mit unterschiedlichen Mengen an Polymeren gemischt, das Absetzverhalten und die Klarwasserzone beobachtet und protokolliert.

Als Dosierstelle haben sich der Einlauf zum Nachklärbecken bzw. direkt der Königstuhl als geeignet erwiesen.

Bei einer hohen Überdosierung ist mit einem erhöhten CSB im Ablauf der Anlage zu rechnen. Negative Auswirkungen können sich auch bei der Voreindickung des Überschussschlammes einstellen.

- **Außerbetriebnahme der Vorklärung**

Eine häufig wirkungsvolle Maßnahme zur Blähschlammbekämpfung ist die Außerbetriebnahme eines Teils der Vorklärung bzw. der gesamten Vorklärung, um die beschwerenden Stoffe aus dem Zulauf in die Belebungsanlage zu bringen.

Falls kein Feinrechen oder -sieb vorhanden ist, kann es zu Verstopfungen an Pumpen kommen. Daher ist eine genaue Beobachtung und eine zeitliche Begrenzung der Maßnahme erforderlich.

Der eventuelle Verlust von Faulgas durch die Außerbetriebnahme der Vorklärung ist als sekundär zu betrachten, wenn ein Blähschlammereignis schon eingetreten ist.

Bevor Schlamm abtreibt, sind höhere Betriebskosten allemal gerechtfertigt.

- **Veränderung der Durchflußcharakteristik (Einrichten eines Substratgradienten)**

In volldurchmischten Becken herrschen an jeder Stelle des Beckens sehr niedrige Konzentrationen an Substrat und Nährstoffen. Im Gegensatz

hierzu ist der belebte Schlamm in Anlagen mit kaskadenförmiger Durchströmung unterschiedlichen Bedingungen beim Durchfließen des Beckens ausgesetzt.

Die Umstellung von „voldurchmischt“ auf „kaskadenförmig durchströmt“ kann zur Verbesserung der Schlammindezwerte führen. Dieser Effekt trat auch bei der Einführung der vorgeschalteten Denitrifikation Mitte der achtziger Jahre auf. Mittlerweile ist allerdings festzustellen, daß auch in Anlagen mit vorgeschalteter Denitrifikation Blähschlamm auftreten kann.

Als Maßnahme ist daher noch die Vorschaltung eines hochbelasteten Kontaktbeckens mit Belüftung möglich, die jedoch in der Regel nur durch bauliche Veränderungen eingerichtet werden kann.



## 11 Schwimmschlamm und Schaum

### 11.1 Allgemeines

Eine mit der Blähschlamm-Bildung verwandte Funktionsstörung von Kläranlagen ist die Bildung von Schwimmschlamm und Schaum.

Eine Schwimmschlamm- und Schaumbildung ist charakterisiert durch:

- eine griesige, dicke kompakte Schlammschicht auf der Oberfläche der Nachklärung,
- braunen, blasigen, zähen Schaum auf dem Belebungsbecken,
- Schlammindex nicht erhöht (< ca. 120 ml/g),
- durch Be- oder Abspritzen kann der flotierte Schaum nicht entfernt werden.

Bei der Bestimmung des mikroskopischen Bildes sind fadenbildende Mikroorganismen und die Bildung von „Schlammlinsen“ (von belebtem Schlamm umhüllte Gasbläschen) zu erkennen. Die Gasbläschen können entweder Luftbläschen (im Belebungsbecken) oder Stickstoffbläschen (durch Denitrifikation) sein.

Dieser Schwimmschlamm/Schaum hat nichts zu tun mit der Bildung von Schlammfladen durch unkontrollierte (wilde) Denitrifikation in der Nachklärung. Durch Denitrifikation verursachte Schlammfladen lassen sich im Gegensatz zum Schaum durch mechanische Einwirkung oder Abspritzen entfernen.

Die Bildung des Schaums kann so stark sein, daß sich auf dem Belebungsbecken eine mehrere Dezimeter dicke Schicht bildet, die auch über die Beckenwände bzw. aus Schächten und Gerinnen auf die umgebenden Flächen treten kann.

Bei den in den letzten Jahren verstärkt aufgetretenen Schaumbildungen in Faultürmen war festzustellen, daß es sich im Faulturm um dieselben Flotationsvorgänge unter Beteiligung derselben Mikroorganismen handelt wie beim Schaum in den Belebungsanlagen.

## 11.2 Beeinflussung des Anlagenbetriebs

Die Ablaufwerte in der vom Schaum unbeeinflussten Probe sind in der Regel überhaupt nicht zu beanstanden. Die Ablaufqualität wird nur beeinflusst, falls Schaumflocken in den Ablauf gelangen.

Die Schwimmschlamm-/Schaumbildung führt auf jeden Fall zu einem erhöhten Betriebsaufwand für die eventuelle Räumung und für Reinigungsarbeiten an den Beckenrändern.

Die Schwimmschlamm-/Schaumbildung ist daher in erster Linie ein betriebliches und ästhetisches Problem. Lediglich bei Bildung einer dicken Schwimmschlammschicht, die vor allem bei hohen Außentemperaturen und Sonneneinstrahlung austrocknen kann, kann es zu Geruchsbelästigungen kommen.

Problematisch kann sich der Schaum auch auf die installierte Meßtechnik auswirken: die üblichen Sauerstoffelektroden (ggf. auch die Schlammspiegelmessungen, ⇒ **5.2-202**) stecken im Schaum und geben keine verlässlichen Meßwerte mehr an. In diesem Fall sind die Gebläse auf Handsteuerung zu betreiben und lediglich eine stichprobenhafte Überprüfung der O<sub>2</sub>-Konzentrationen im Belebungsbecken ist durchzuführen. Unter Umständen kann das Tiefersetzen der Meßelektrode Abhilfe schaffen.

## 11.3 Verursachende Mikroorganismen

Auffallend ist, daß in fast allen Anlagen mit Schaumbildung im belebten Schlamm Mikroorganismen „Nocardia“ und/oder „Microthrix parvicella“ in höheren Mengen zu finden sind. In der Regel weisen die Anlagen sehr hohe Schlammalter mit einer stabilen Nitrifikation auf.

Bezüglich des jahreszeitlichen Auftretens gilt dasselbe wie bei der Blähschlammbildung: bei dem Übergang Frühjahr/Sommer- und Herbst/Winter- treten diese Fadenbildner verstärkt auf. Vor allem nach einer Schwimmschlamm-/Schaumbildung in den Wintermonaten kann man davon ausgehen, daß mit ansteigenden Temperaturen im belebten Schlamm die Schaumbildung zurückgeht.

Aufgrund ihrer Fähigkeiten, niedere organische Säuren sehr gut verwerten zu können, sind „Nocardia“ und „Microthrix“ bei einem kurzfristig hohen Angebot an Fettsäuren gegenüber anderen Mikroorganismen besonders konkurrenzfähig. Hinzu kommt, daß die Mikroorganismen eine hydrophobe Oberfläche besitzen und sich daher bevorzugt an den Grenzflächen Wasser/Luft ansiedeln. Gerade bei der heute üblichen feinblasigen Druckluftbelüftung sind diese Grenzflächen erwünscht (möglichst kleine Luftblasen) und damit ideal für diese Mikroorganismen.

Langkettige Fettsäuren im Abwasser haben verschiedenste Ursachen bzw. Herkunft:

- Sie sind Abbauprodukte von
  - Fetten
  - Tensiden aus Waschmitteln
- Sie entstehen beim Anfaulen des Abwassers
  - in der Vorklärung
  - bei Schlammablagerungen
- Sie sind in den Prozeßabwässern aus der Faulung enthalten

Neueren Untersuchungen zufolge wachsen die schaubildenden Mikroorganismen vor allem in Belebungsanlagen, in denen sich Stagnationszonen durch schlechte Durchmischung einstellen können. Solche Zonen können auch in Denitrifikationszonen entstehen, wodurch dann zwei Effekte überlagert werden:

- wenig Sauerstoff und damit Wachstumsvorteil für diese Mikroorganismen
- „anfaulen“ des belebten Schlammes und Bildung von niederen Fettsäuren als Substrat für diese Mikroorganismen

## 11.4 Bekämpfungsmaßnahmen

Eine gezielte Bekämpfung des Schwimmschlamm/Schaums ist derzeit nicht möglich. Die üblichen Maßnahmen wie

- Abspritzen,
- Rückführung des Schwimmschlamm in die Vorklärung,
- Abzug über ÜS-Eindickung zur Faulung

haben keinen Erfolg. Spätestens nach einem halben Tag ist der Schwimmschlamm/die Schaumbildung wieder da.

Eine Entfernung des Schwimmschlamm/Schaums ist nur erfolgversprechend, wenn der Schlamm tatsächlich aus dem System entfernt wird und nicht wieder in die Anlage gelangen kann:

- Verbringung in Schlammstapelbehälter (kein Trübwasserabzug); direkte landwirtschaftliche Verwertung,
- Zugabe direkt in den Faulturm (kein Trübwasserabzug),
- Zugabe zur maschinellen Überschussschlammeindickung (kein Trübwasserabzug aus dem Faulturm).

Die zur Zeit wirksamste Bekämpfung des Schwimmschlamm/Schaums ist die relativ rasche Erniedrigung des Schlammalters bzw. Erhöhung der Schlammbelastung.

Da dadurch vor allem die Nitrifikation gefährdet ist, ist diese Maßnahme nur bei absoluter Dringlichkeit und nach vollständiger Erfassung des Betriebszustandes der Anlage anzuwenden.

Die Erniedrigung des Schlammalters erfolgt dann durch:

- Außerbetriebnahme eines Teils der Belebungsbecken (Abstellen der Abwasserzufuhr zu diesen Becken). Die außer Betrieb genommenen Becken werden mit einer geringen Luftmenge versorgt, damit der belebte Schlamm nicht geschädigt wird (abstirbt).
- Reduzierung des Feststoffgehalts in den Belebungsbeckens durch sehr raschen und hohen Überschussschlammabzug.

### Funktionsstörungen im Bereich der Schlammfäulung

**vorab sicherstellen:**

- ist Faulprozeß tatsächlich gestört
- ist Faulgasanfall tatsächlich zu gering
- 12.3-101 organische Säuren und Säurekapazität im Faulschlamm kontrollieren
- 12.3-102 CO<sub>2</sub>- bzw. CH<sub>4</sub>-Gehalt im Faulgas kontrollieren
- 12.3-103 Schlammmanfall kontrollieren
- 12.3-104 zu erwartenden Gasanfall anhand der zugeführ. ofS-Fracht berechnen
- 12.3-105 Faulgasmessung überprüfen
- 12.3-106 Lecksuche

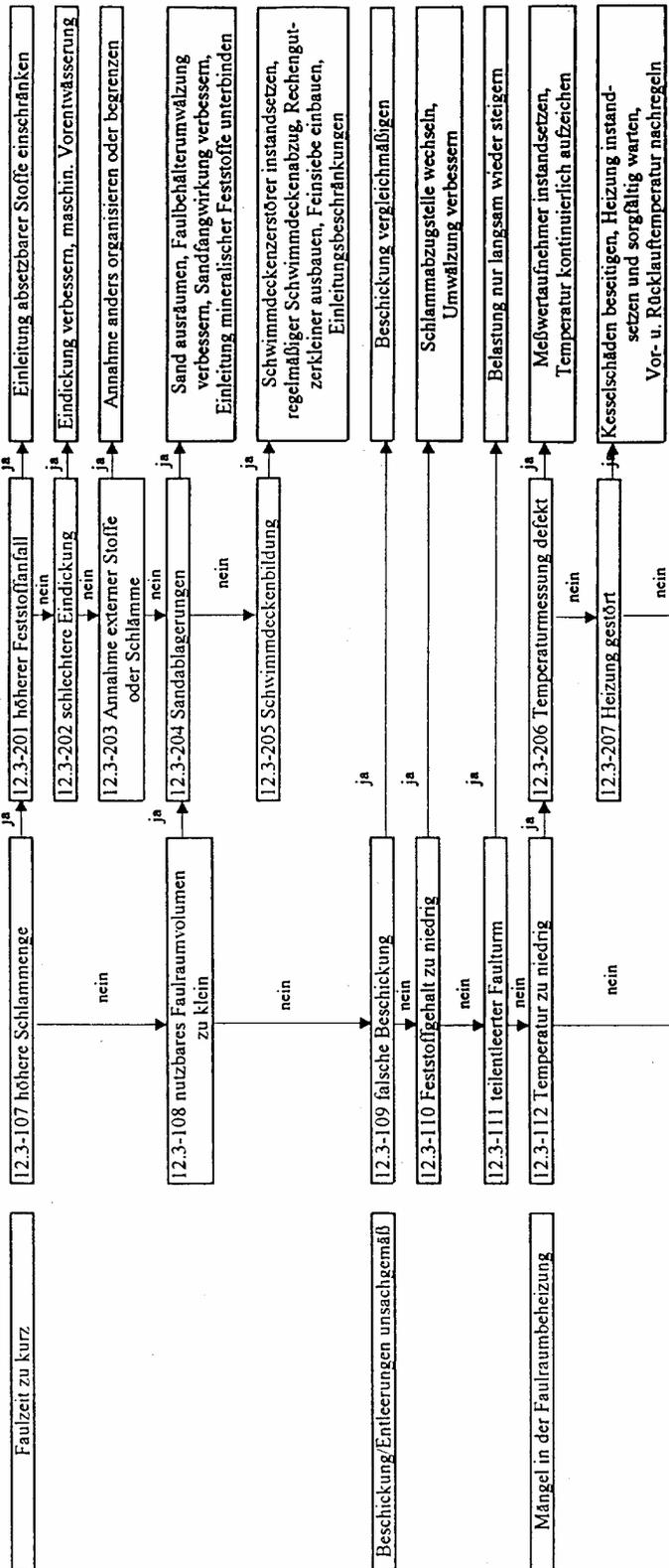
**Störungssuche**

**Mögliche Ursachen**

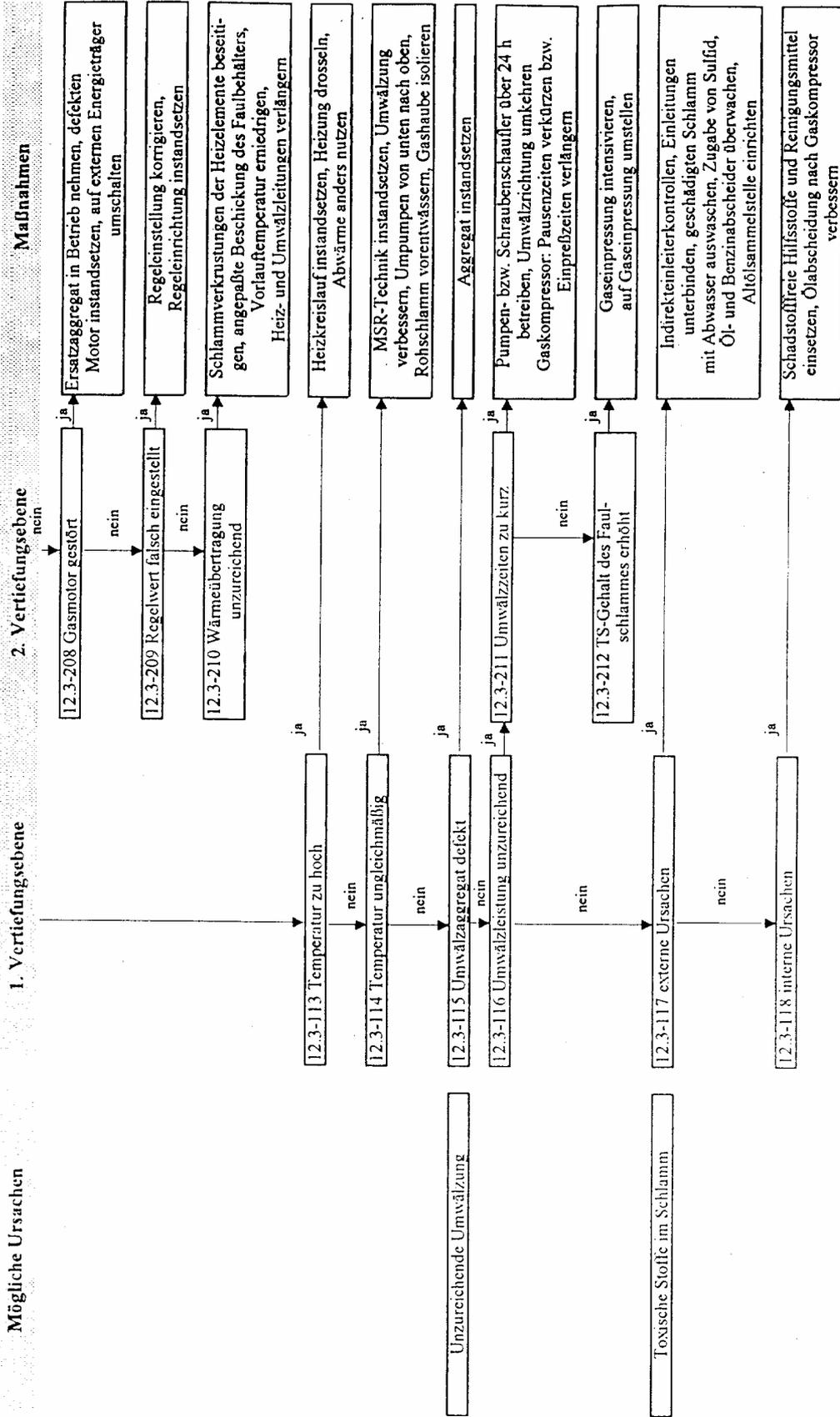
**1. Vertiefungsebene**

**2. Vertiefungsebene**

**Maßnahmen**



# Funktionsstörungen im Bereich der Schlammfäulung



## 12 Funktionsstörungen im Bereich der Schlammbehandlung

### 12.1 Allgemeines

Die Schlammbehandlung auf Kläranlagen hat folgende Ziele:

- Verminderung des Schlammvolumens,
- Verminderung des Gehaltes an biologisch umsetzbaren organischen Feststoffen,
- Verminderung der potentiellen Geruchsentwicklung des Rohschlammes.

Diese Ziele können erreicht werden durch:

- Aerobe Stabilisierung,
- Anaerobe Stabilisierung,
- Thermische Stabilisierung.

Bei allen Verfahren ist es aus wirtschaftlichen Gründen erstrebenswert, vor oder auch nach dem Stabilisierungsprozeß den Wassergehalt des Schlammes zu vermindern. Schlamm-trockensubstanzgehalte im biologischen Reaktor von bis zu 8 Prozent sind ohne Probleme beherrschbar.

Bei volldurchmischten biologischen Reaktoren kann aus diesen kein sogenanntes „Trübwasser“ abgetrennt werden. Bei allen anderen Reaktoren mit Temperaturen unter 25°C und Feststoffgehalten unter 3 Prozent ist dies möglich.

Wie sich die Stabilisierung eines behandelten Schlammes messen läßt, ist bis heute noch strittig. Für die Messung des Stabilisationsgrades der aeroben Verfahren werden deshalb nach [11] folgende Kriterien empfohlen:

- Getrennte aerobe Stabilisierung:
  - oTR-Abbau: > 30 %,
  - BSB/CSB: < 0,15
- Simultane aerobe Stabilisierung:
  - Schlammalter > 25 d
- Anaerobe mesophile Stabilisierung (Faulung):
  - oTR-Abbau: > 45 %
  - Organische Säuren: < 500 mg/l
  - spez. Gasausbeute: > 400 NI/kg oTR<sub>zu</sub> = 0,4 Nm<sup>3</sup>/kg oTS<sub>zu</sub>

Anaerob behandelter Schlamm gilt demnach als stabilisiert, wenn die organische Substanz um 40-50% abgenommen hat. Je höher der Fettgehalt im Rohschlamm ist, umso höher muß die Abnahme der organischen Substanz sein.

## 12.2 Eindickung

### 12.2.1 Allgemeines

Eine Voreindickung des Schlammes ist immer hilfreich. Eine Beschickung des Stabilisationsreaktors mit einem Feststoffgehalt unter 5 Prozent ist nur dann akzeptabel, wenn ein vorhandener Reaktor noch große Leistungsreserven aufweist.

Die Primär- und Überschussschlämme können sowohl getrennt oder gemeinsam statisch oder maschinell voreingedickt werden.

Bei einer biologischen Phosphatentfernung darf der Sekundärschlamm jedoch nur dann gemeinsam mit dem Primärschlamm voreingedickt werden, wenn dies mit maschineller Voreindickung erfolgt und dabei gewährleistet ist, daß die Schlämme erst in der Maschine vermischt werden. Bei einer statischen Eindickung ist ein Feststoffgehalt von **mindestens** 5 % anzustreben, bei der maschinellen Eindickung ist ein TS-Gehalt von 6 - 10% empfehlenswert. Um dies zu erreichen, muß in der Regel Flockungshilfsmittel zugegeben werden.

Der Trockensubstanzgehalt nach der Voreindickung hat einen wesentlichen Einfluß auf den Betrieb der nachfolgenden Pumpen, Rohrleitungen, Umwälzeinrichtungen und Schlammaustrageinrichtungen.

Das bei der Entwässerung/Trocknung abgetrennte Wasser und (**bei Wirbelschichttrocknern**) die Brüden können zu einer erheblichen Rückbelastung des Klärwerkes führen. Dieses Wasser darf deshalb allenfalls bei kontinuierlichem Betrieb direkt der Abwasserbehandlungsanlage zugeführt werden. In allen anderen Fällen ist eine Zwischenspeicherung notwendig. Eine getrennte Behandlung des Wassers ist überlegenswert.

## 12.2.2 Funktionsstörungen bei statischer Eindickung

Als Funktionsstörungen bei der statischen Eindickung von Schlämmen werden oft die Symptome „kein Trübwasseranfall“ sowie der „Auftrieb von Schlamm“ angesehen.

- Kein Trübwasseranfall

Fällt bei einem Feststoffgehalt von über 4 % im Beschickungsschlamm kein Trübwasser mehr an, so liegt keine Funktionsstörung vor. Das gleiche gilt für warme ausgefaulte Schlämme, wenn keine Vakuumentgasung erfolgte. Die Zugabe von Hilfsmitteln zur Entwässerung kann die Eindickwirkung verbessern.

- Teilweise Flotation des Schlammes

In diesem Fall muß das Trübwasser mit getauchten Rohren oder Pumpen abgezogen werden. Eine ständige optische Kontrolle während des Entnahmezeitraumes ist dabei unerlässlich. Die Ursache der Flotation ist zu ermitteln.

## 12.3 Faulung

### 12.3.1 Allgemeines

Funktionsstörungen im Bereich der Schlammfäulung sind vergleichsweise selten und lassen sich meist auf Mängel in der technischen Ausrüstung und/oder Betriebsfehler zurückführen. Sie äußern sich durch

- geringeren Faulgasanfall und veränderte Gaszusammensetzung, die einen Leistungsabfall der mit Faulgas betriebenen Heizung bzw. einen Rückgang in der Stromerzeugung durch Gasmotoren und (Zünd)schwierigkeiten beim Betrieb der Motoren selbst zur Folge haben,
- pH-Wert-Abfall im Faulbehälter unter pH 6,9 bzw. zuvor durch den Anstieg der Konzentration organischer Säuren im Schlamm, falls diese regelmäßig bestimmt wird,
- starke Schaumbildung im Faulbehälter.

Da der Leistungsabfall bei Heizung bzw. Eigenstromerzeugung auch andere Ursachen haben kann, muß bei entsprechenden Beobachtungen zunächst überprüft werden ( $\Rightarrow$  **12.3-101** bis **12.3-106**),

- a) ob der Faulprozeß tatsächlich gestört bzw.
- b) ob der Faulgasanfall, gemessen an den aktuellen Belastungsverhältnissen, tatsächlich zu gering ist.

Befindet sich der Faulprozeß nicht mehr im Gleichgewicht, sind als Sofortmaßnahmen die Beschickung deutlich zu reduzieren und die Durchmischung zu intensivieren. Falls eine Stapelung des zwischenzeitlich anfallenden Restschlammes nicht möglich ist, muß dessen anderweitige Entsorgung umgehend organisiert werden.

Bei zweistufiger Faulung empfiehlt es sich, die Behälter in umgekehrter Reihenfolge zu betreiben, sofern die technische Ausrüstung dafür vorhanden und die zweite Stufe nicht auch gestört ist.

Bei absinkendem Faulgasanfall ist rechtzeitig auf den dafür vorzusehenden externen Energieträger umzuschalten.

Das weitere Prozeßverhalten ist dann anhand häufiger Kontrollmessungen sorgfältig zu verfolgen. Parallel dazu sind die Ursache(n) der Funktionsstörung festzustellen.

Läßt sich der Faulprozeß durch die genannten Maßnahmen nicht stabilisieren bzw. ist er bereits gekippt, d.h. in saure Faulung übergegangen, sind die Hinweise unter ( $\Rightarrow$  **12.3-117**, **toxische Einflüsse** und **12.3.3, Verhalten nach Kippen des Prozesses**) zu beachten.

## **12.3.2 Funktionsstörungen**

### **12.3-101 Kontrolle Faulschlamm**

Bei vermuteten Störungen sind umgehend der Gehalt an organischen Säuren sowie die Säurekapazität (auch als Alkalität oder Kalkreserve [12] bezeichnet) zu bestimmen. Dies geschieht schnell und ausreichend genau durch einfache Titration des Schlammwassers. Die Bestimmungen können anhand der in [13]

bzw. [14] beschriebenen Methoden auch im Betriebslabor der Kläranlage durchgeführt werden.

Bei Säuregehalten im Faulwasser < 500 mg/l bzw. < 20 g/kg TS im Schlamm ist der Faulprozeß sicher nicht gestört. Dasselbe gilt bei einer Säurekapazität über 2.500 mg/l CaCO<sub>3</sub> (bzw. 50 mmol/l). Werden höhere Säuregehalte festgestellt, sind diese zunächst mit den Werten beim Normalbetrieb zu vergleichen.

Als alleinige Kontrollgröße ist der pH-Wert unbrauchbar, da er bei Störungen aufgrund der hohen Säurekapazität zunächst nur ganz geringfügig zurückgeht, um dann, wenn es bereits zu spät ist, plötzlich stark abzufallen.

### **12.3-102 Kontrolle Faulgaszusammensetzung**

Bei ungestörter Faulung liegt der Methangehalt im Faulgas im Bereich 65 ± 5 Vol%. Bei der Ausfäulung von Mischschlamm ergeben sich im Vergleich zu der von reinem Überschussschlamm etwas höhere Werte. Die entsprechenden Kohlendioxidgehalte liegen zwischen etwa 30 und 40 Vol%. Außerdem enthält das Faulgas geringe Mengen an H<sub>2</sub>S (bis etwa 1 Vol%), Stickstoff und Wasserstoff.

Normal zusammengesetztes Faulgas brennt mit blauer Flamme und wenigen gelben Spitzen.

Methangehalte unter 55 % lassen auf einen gestörten Faulprozeß schließen. Ein geringer Methangehalt kann seine Ursache aber auch im „Aufpumpen“ des Faulbehälters durch eine trockenlaufende Pumpe haben, die Luft ansaugt. In diesem Fall wird eine größere Gasmenge gemessen werden. Es besteht akute Explosionsgefahr.

### **12.3-103 Kontrolle Schlammanfall**

Weicht der Gasanfall an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen deutlich (um mehr als 15 %) vom Mittelwert der letzten Wochen ab, ist zunächst zu prüfen, ob

- sich nicht auch die in den Faulbehälter eingebrachte Schlammmenge verringert hat, etwa als Folge
  - einer beabsichtigten oder unbeabsichtigten Schlammstapelung im Vorklärbecken oder Belebungsbecken,

- einer Unterbrechung in der Anfuhr externer Stoffe,
  - von Produktionseinschränkungen bzw. der Schließung von Betrieben (insbes. bei Brauereien, Stärke- und Hefefabriken, Konservenfabriken).
- Vorklärbecken außer Betrieb genommen wurden. In diesem Fall wird ein Teil der organischen Substanz im Belebungsbecken aerob abgebaut.

In beiden Fällen liegen keine eigentlichen Funktionsstörungen vor.

### **12.3-104 Kontrolle Gasanfall**

Haben sich die in den Faulturm eingebrachten Schlammengen nicht verändert, sind zunächst der tatsächliche, d.h. gemessene Gasanfall und der aufgrund der aktuellen Belastung zu erwartende Gasanfall gegenüberzustellen. Zur rechnerischen Bestimmung muß die zugeführte organische Trockenmasse bekannt sein (Schlammmenge x organischer TS-Gehalt).

Bei normal zusammengesetztem kommunalen Mischschlamm liegt der spez. Faulgasanfall bei 0,4-0,5 Nm<sup>3</sup>/kg oTS<sub>zu</sub> (Primärschlamm allein: 0,5-0,6 Nm<sup>3</sup>/kg oTS, reiner Belebtschlamm: 0,25-0,3 Nm<sup>3</sup>/kg oTS).

### **12.3-105 Faulgasmessung**

Weicht die gemessene Faulgasmenge deutlich von der zu erwartenden ab, ist die Gasmeßeinrichtung anhand eines geeichten Gerätes überprüfen zu lassen.

### **12.3-106 Gaslecksuche**

Faulgas kann auch durch defekte Überdrucksicherungen bzw. durch Undichtigkeiten im Gasleitungssystem, im Gasreinigungssystem oder im Bereich des Gasspeichers entweichen. Leckagen könnten u.U. bereits über den Geruch nach H<sub>2</sub>S geortet werden. Ansonsten sollte das gasführende System mittels Gasmeßgerät bzw. speziellen Sprays überprüft werden.

### 12.3-107 Schlammengen erhöht

Werden Säuregehalte im Faulwasser > 500 mg/l festgestellt und sind diese gegenüber dem Normalbetrieb deutlich erhöht, ist zunächst die Faulzeit zu kontrollieren. Dies geschieht anhand der Gleichung:

$$t_F = V_F / Q_{zu}$$

$t_F$  Faulzeit (d)

$V_F$  Faulbehälterinhalt (m<sup>3</sup>)

$Q_{zu}$  täglich zugeführte Schlammmenge (m<sup>3</sup>/d)

Die zugeführte Schlammmenge läßt sich, sofern kein Durchflußmeßgerät vorhanden oder das vorhandene defekt ist, über Volumenmarkierungen in den Pumpensämpfen ermitteln.

Bei mittleren Faulzeiten unter 15 Tagen ist eine ausreichende Schlammstabilisierung nicht mehr gewährleistet.

Im Falle der Außerbetriebnahme eines von mehreren Faulbehältern, etwa zu Revisions- oder Reparaturzwecken, verkürzt sich die Faulzeit entsprechend.

### 12.3-108 Nutzbares Faulraumvolumen zu klein

Infolge der Bildung von Totzonen im Faulbehälter, hervorgerufen durch massive mineralische Ablagerungen oder durch die Bildung mächtiger Schwimdecken ist das für den Faulprozeß nutzbare Volumen oft deutlich geringer als das installierte Volumen. Totzonen sind durch Fernhalten entsprechender Störstoffe (⇒ **12.3-204**, **12.3-205**) bzw. eine effektive Umwälzung (⇒ **12.3-114**) zu vermeiden.

### 12.3-109 Beschickung stoßartig

Durch Überlastung mit organischen Feststoffen allein kann ein stabiler Faulprozeß nicht zum Kippen gebracht werden. Kommt es infolge stoßartiger Beschickung mit größeren Schlammengen jedoch zu ausgeprägten Temperaturunterschieden (⇒ **12.3-113**) und/oder einer schlechten Einmischung und damit zumindest zu örtlich hohen Konzentrationen von organischen Säuren, kann die

Methanproduktion gehemmt und dadurch der gesamte Prozeß mittelbar gefährdet werden.

Werden bei unveränderter mittlerer Faulzeit erhöhte Säuregehalte festgestellt, ist daher zu prüfen, ob Umstellungen bei der Beschickung des Faulbehälters mit Rohschlamm vorgenommen wurden.

Der Rohschlamm darf keinesfalls über mehrere Tage (etwa übers lange Wochenende) gestapelt werden, da sonst Stoßbeschickungen unvermeidlich sind und der Schlamm zudem versäuert (infolge des niederen pH-Wertes wird der Faulprozeß bei unzureichender Aufheizung bzw. Einmischung zusätzlich beeinträchtigt). Falls sich der Rohschlamm in saurer Gärung befindet und keine ausreichende Impfmöglichkeit besteht, sollte sein pH-Wert durch Kalkzugabe auf etwa 7 angehoben werden.

Außerdem ist zu prüfen, ob größere Schlammengen von anderen Kläranlagen oder größere Stoffmengen aus dem gewerblichen Bereich angenommen und stoßartig in den Faulbehälter eingebracht wurden (⇒ **12.3-203**).

Grundsätzlich sollte die Faulraumbeschickung kontinuierlich erfolgen. Zumindest sollte die Schlammzugabe auf jeweils mehrere Stunden morgens und nachmittags verteilt und dabei der gesamte Faulbehälterinhalt schnell durchmischt werden.

Ggf. ist die Beschickung zu automatisieren.

Externe Schlämme bzw. Stoffe sind in verträglichen Chargen außerhalb der normalen Beschickungszeiten zuzugeben und intensiv einzumischen. Bei fehlender Speichermöglichkeit auf der Kläranlage ist für eine entsprechend verteilte Anlieferung zu sorgen.

### **12.3-110 Feststoffgehalt zu niedrig**

Auch bei einer deutlichen Erniedrigung des Feststoffgehaltes im Faulbehälter (und damit der aktiven Schlammmenge) können Funktionsstörungen auftreten. Diese Gefahr besteht vor allem dort, wo bei unzureichender Durchmischung des Faulbehälterinhaltes (⇒ **12.3-115 ff**) ständig nur Faulschlamm von unten verdrängt wird. Da der Schlamm im unteren Teil des Faulbehälters dicker ist als

oben werden zu viele Feststoffe ausgetragen. Bei technischen Störungen in der Umwälzung kann der Feststoffgehalt auf diese Weise relativ rasch abfallen.

Bei entsprechender Betriebsweise ist daher der Feststoffgehalt des Schlammes sorgfältig zu kontrollieren. Weicht dieser um mehr als 10 % vom gewohnten Wert nach unten ab, ist die Umwälzung zu intensivieren. Zur Erhöhung des Feststoffgehaltes ist dünnerer Schlamm oben abzuziehen.

### **12.3-111 Faulbehälter teilentleert**

Verschiedentlich werden Faulbehälter teilentleert, wenn sich eine zeitlich befristete günstige Entsorgungsmöglichkeit für den ausgefaulten Schlamm bietet (etwa die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung außerhalb der Vegetationsperiode) und die entsprechende Speicherkapazität fehlt.

Als Folge davon geht die effektive Faulzeit bei weiterhin normaler Beschickung u. U. ganz erheblich zurück und der Prozeß wird überlastet. Mangels funktionierender Füllstandsmessung im Faulbehälter ist deren Ermittlung oft nicht möglich. Außerdem besteht bei Teilentleerung Unterdruckgefahr (wenn nicht genügend Faulgas aus dem Gasspeicher zurückströmen kann) bzw. Explosionsgefahr (wenn über undichte Stellen Außenluft eingesaugt werden kann).

Bei nur einem vorhandenen Faulbehälter ist eine solche Betriebsweise unbedingt zu vermeiden.

Bei teilentleertem Faulturm ist die Beschickung entsprechend zurückzunehmen und darf nur langsam wieder gesteigert werden.

### **12.3-112 Temperatur zu niedrig**

Bei einer Faulzeit über 15 Tage und sachgemäßer Beschickung bzw. Entleerung sind die aktuelle Faulraumtemperatur wie auch der Temperaturverlauf in den vergangenen Tagen genau zu überprüfen. Sowohl ein deutlicher Temperaturabfall als auch kurzfristig schwankende Temperaturen ( $\Rightarrow$  **12.3-114**) können zu Störungen führen.

Üblicherweise liegt der Betriebswert für die Faulraumtemperatur zwischen 32° und 37 °C (mesophile Faulung) und wird durch Regelung konstant gehalten. Es empfiehlt sich, die Temperatur kontinuierlich aufzuzeichnen.

Ein beheizter Faulbehälter sollte grundsätzlich ohne Trübwasserabzug betrieben werden. Wird doch anders verfahren, ist der Feststoffgehalt im Trübwasser zu kontrollieren. Steigt dieser über 1 %, wird durch die Kreislaufführung der Feststoffe der Rohschlammanfall erheblich vergrößert und dadurch die Heizung schnell überlastet. Weiterhin wird die biologische Stufe zusätzlich belastet.

### **12.3-113 Temperatur zu hoch**

Ein ungezielter Temperaturanstieg im Faulbehälter über 38 - 40 °C hinaus führt aufgrund des Temperaturwechsels bzw. der sich verändernden Biozönose zeitweilig zur Hemmung der Methanproduktion. Bei weiter ansteigenden Temperaturen können auch bautechnische Probleme auftreten.

Werden entsprechend überhöhte Temperaturen festgestellt, ist zunächst der Meßwertaufnehmer zu kontrollieren. Zeigt dieser korrekt an, ist zu prüfen, ob

- eine falsche Temperatureinstellung
- Mängel in der Regelung des Heizkreislaufs (regeltechnisch oder mechanisch, etwa durch festsitzende Ventile) oder
- die übermäßige Wärmezufuhr in der warmen Jahreszeit

für die Temperaturerhöhung verantwortlich sind.

Zu letzterer kommt es vor allem beim Betrieb von Blockheizkraftwerken, deren Abwärme zwangsläufig in voller Höhe der Schlammheizung zugeführt wird. Bei vollständiger Verbrennung des anfallenden Faulgases im Sommer kann bei Heizungsanlagen derselbe Effekt auftreten.

Ggf. ist die Temperatureinstellung zu korrigieren bzw. die Heizungsregelung und/oder das Leitungssystem instandzusetzen. Bei einer kritischen Aufheizung des Schlammes durch die Abwärme von Gasmotoren ist zu prüfen, inwieweit diese anderweitig genutzt werden kann. Besitzen die Gasmotoren eine Notkühlung, ist diese auf ihre Funktionsfähigkeit zu prüfen. Falls nicht vorhanden, ist eine Notkühlung einzubauen, ggf. können auch technische Veränderungen im Bereich des Wärmetausches erforderlich werden. Bei Heizungsanlagen ist das überschüssige Gas notfalls abzufackeln.

### **12.3-114 Temperatur ungleichmäßig**

Beinahe wichtiger als die absolute Höhe der Temperatur im Faulbehälter ist das Vermeiden kurzzeitiger Temperaturschwankungen. Unterschiede von mehr als 2 °C führen zur Hemmung der Methanbakterien und sind daher zu vermeiden. Bei allmählicher Temperaturverschiebung im Jahresverlauf wird der Prozeß dagegen nicht beeinträchtigt.

Die Forderung nach Temperaturkonstanz gilt nicht nur für die Meßstelle, sondern für den gesamten Faulbehälter.

Ausgeprägte tageszeitliche Temperaturschwankungen im Faulbehälter können durch Vorerwärmung des Rohschlammes bzw. durch vollständiges Mischen des Faulbehälterinhaltes beim bzw. unmittelbar nach dem Beschicken vermieden werden.

Sind Mängel in der Heizungsanlage bzw. der MSR-Technik für die Temperaturschwankungen verantwortlich, müssen diese umgehend beseitigt werden.

Die Kontrolle der Temperatur über die Faulbehältertiefe ist schwierig, sofern nicht mehrere Meßfühler über die Höhe verteilt angeordnet sind oder mehrere Abzugsmöglichkeiten für Schlammproben bestehen. Denkbar ist die Erfassung des Temperaturverlaufs von außen mittels Thermographie-Aufnahmen (Messung der Infrarotstrahlung).

Wird ein ausgeprägtes Temperaturgefälle über die Faulbehältertiefe festgestellt, sind die Umwälzung zu verbessern ( $\Rightarrow$  **12.3-115** ff.) und die Gashaube zu isolieren. Das Umpumpen sollte von unten nach oben erfolgen.

### **12.3-115 Umwälzaggregat defekt**

Störungen des Faulprozesses treten auch bei unzureichender Umwälzung des Faulbehälterinhaltes auf.

Die Umwälz- bzw. Einmischleistung läßt sich mit Hilfe von Tracermessungen bestimmen. Der Tracer (z. B. Lithium) wird dem Rohschlamm zu gegeben. Während und nach der Beschickung werden in kurzen Abständen die Tracerkonzentrationen z.B. in der Umwälzschlamm- und der Verdrängungsleitung erfaßt. Die Methodik wird in [7] näher beschrieben.

Feststoffgehalts- bzw. Glühverlustbestimmungen anstelle von Tracermessungen sind aufgrund ihrer begrenzten Genauigkeit nur bedingt aussagekräftig.

Wird eine unzureichende Umwälzleistung vermutet oder nachgewiesen, ist zunächst sicherzustellen, daß die Umwälzaggregate einwandfrei funktionieren.

In diesem Zusammenhang ist zu kontrollieren, ob die Umwälzpumpen bzw. Gaskompressoren ein auffälliges Verhalten zeigen (Stillstand, ungewöhnliche Laufgeräusche, etwa durch Verstopfung, oder starke Erwärmung). Bei abgeschalteten Aggregaten ist deren Verhalten nach Wiedereinschaltung zu beobachten.

Bei Vorhandensein eines Durchflußmessers ist zu prüfen, ob der Umwälzstrom noch dem Sollwert entspricht. Verstopfungen in Rohrleitungen sind mittels Hochdruckspülung zu beseitigen

Bei eingebauten Schraubenschauflern sind die senkrechte Ausrichtung des Zentralrohres sowie dessen Verspannungen zu überprüfen.

Im Falle intermittierend betriebener Gaskompressoren ist auch die elektrische Steuerung auf Funktionsfähigkeit zu überprüfen.

### **12.3-116 Umwälzleistung unzureichend**

Sind die Umwälzaggregate voll funktionsfähig, ist zu prüfen, ob die unzureichende Umwälzleistung auf Änderungen in der Betriebseinstellung der Maschinen ( $\Rightarrow$  12.3-211) oder einen erhöhten Feststoffgehalt im Faulschlamm ( $\Rightarrow$  12.3-212) zurückzuführen sind.

### **12.3-117 Toxische Einflüsse von außen**

Eine mögliche Ursache für Störungen bei der Faulung ist die Vergiftung des Rohschlammes infolge gewerblicher Einleitungen. Bei entsprechendem Verdacht ist der Faulschlamm auf toxische Stoffe hin zu untersuchen. Um sicherzustellen, daß es sich um keine anhaltende Zufuhr dieser Stoffe handelt, sind gleichzeitig auch der Rohschlamm und ggf. auch der Zulauf bzw. Rückstellproben daraus zu analysieren.

Falls keine konkreten Verdachtsmomente vorliegen (bestimmte Betriebe, externe Schlämme) und auch das Indirekteinleiterkataster nicht unmittelbar

weiterhilft, sollte die Untersuchungsstrategie bei den Schwermetallen ansetzen. Im Falle von Stoßbelastungen wirken Nickel, Zink und Chrom bei Konzentrationen  $> 100$  mg/l hemmend bzw. bei  $> 0,5-1$  g/l toxisch [15,16]. Cadmium und Kupfer werden dagegen sulfidisch gefällt. Entsprechend hohe Metallbelastungen treten heute allerdings nur in Ausnahmefällen auf.

Cyanid wirkt ab 5 mg/l hemmend [17]. Unter den organischen Stoffen sind chlorierte Kohlenwasserstoffe, Aldehyde, Kohlenwasserstoffe und Aromate zu beachten. Besonders kritisch sind Lösungsmittel aus chloriertem Methan und Ethan, die bereits ab 2 mg/l stark hemmend wirken [17].

Vergiftungen bedeuten meist nur eine Inaktivierung der Mikroorganismen, nicht aber deren Abtötung. Daher sollte zunächst versucht werden, die toxischen Stoffe mit Hilfe von Abwasser aus dem Schlamm auszuwaschen.

Wird eine Hemmung der Methanproduktion durch Schwermetallvergiftung frühzeitig erkannt, kann der Faulprozeß auch durch Zugabe von Sulfiden als wirksamem Fällmittel wieder stabilisiert werden (Achtung: Sulfide sind bei Konzentrationen  $> 50$  mg/l selbst hemmend, Chrom wird durch Sulfide nicht gefällt).

Im Anschluß an entsprechende Maßnahmen muß die Beschickung vorübergehend gedrosselt werden.

Nach Feststellung des Verursachers sind, ggf. im Benehmen mit diesem, geeignete Maßnahmen gegen Wiederholungen zu treffen.

Weitere Hinweise zum Verhalten nach Vergiftungen s. ( $\Rightarrow$  **12.3.3**)

### **12.3-118 Interne toxische Einflüsse**

Beim Einsatz großer Mengen von Reinigungsmitteln auf der Kläranlage ist anhand deren Spezifikation zu prüfen, ob toxische Stoffe in größerem Umfang nicht von diesen aus in den Rohschlamm gelangen. Ggf. sind andere Reinigungsmittel einzusetzen.

Bei Umwälzung des Faulbehälterinhaltes mittels ölgeschmierter Gaskompressoren ist der Ölabscheider auf seine Wirksamkeit hin zu überprüfen und ggf. zu verbessern.

### **12.3-201 Schlammfeststoffanfall erhöht**

Bei Schlammehranfall als Ursache für die kürzere Faulzeit ist zu kontrollieren, ob auch die Feststofffracht mit angestiegen ist. Dies ist der Fall bei Inbetriebnahme zusätzlicher Regenbecken, dem Anschluß neuer Siedlungsgebiete oder auch bei verstärktem Feststoffeintrag in den Kanal durch einschlägige Betriebe (Ausfall der Vorbehandlung, Produktionsumstellungen, neue Betriebe).

Zur Erfassung des Feststoffanfalles sind vorübergehend tägliche TS-Bestimmungen an repräsentativen Rohschlammproben unter Einbeziehung unterschiedlicher Zuflußverhältnisse durchzuführen. Dabei ist der organische Trockensubstanzgehalt mit zu erfassen.

Zur Verminderung des Schlammfeststoffanfalles ist die Einleitung absetzbarer Stoffe aus einschlägigen Betrieben zu begrenzen (etwa unter Hinweis auf diesbezügliche Bestimmungen in der Satzung).

### **12.3-202 Eindickerwirkung verschlechtert**

Die Verschlechterung der Eindickerwirkung statischer Eindicker bzw. die Außerbetriebnahme eines Teils der Eindicker führt zu mehr Schlamm mit einem höheren Wassergehalt. Dabei wird die dem Faulbehälter zugeführte Feststofffracht nicht größer, sondern eher etwas geringer.

Die Eindickerwirkung ist anhand von TS-Bestimmungen im zugeführten und eingedickten Schlamm unter Berücksichtigung der Eindickerzeiten zu ermitteln (⇒12.2.2).

Die Eindickerwirkung kann u.U. durch Zugabe von Polymeren zum Rohschlamm verbessert werden. Eine deutliche Volumenverminderung läßt sich durch eine maschinelle Schlammeindickung erreichen.

### **12.3-203 Annahme externer Rückstände**

Bei einem festgestellten Schlammehranfall ist zu prüfen, inwieweit sich dieser auf die Annahme von Fäkalien, Fett (aus Fettabscheidern) oder sonstigen Stoffen, (z.B. aus Großküchen oder Schlachthöfen) zurückführen läßt.

Kann ggf. die Faulung durch andere Maßnahmen nicht entlastet werden (⇒ **12.3-201, 12.3-202**), ist die Annahme externer Stoffe zu begrenzen oder ganz einzustellen.

#### **12.3-204 Totzonen durch abgelagerten Sand**

Die Sandfangwirkung und der Anteil der mineralischen Feststoffe im Primärschlamm sind anhand von Aufschlammversuchen mit repräsentativen Schlammproben zu prüfen. Dabei werden Größe und Menge der mineralischen Feststoffe erfaßt. Diese geben Aufschluß über das Versandungspotential.

Zunehmende Schwierigkeiten beim Schlammabzug aus der Trichterspitze des Faulbehälters (bis hin zur Verstopfung der Abzugsleitung) können ein Indiz für fortschreitende Ablagerungen sein.

Das Ausmaß von Ablagerungen läßt sich durch Abtasten mittels Lanzen (nur bei kleinen Behältern) oder durch den Einsatz speziell ausgebildeter Taucher bestimmen. Ansonsten muß der Faulbehälter außer Betrieb genommen und entleert werden. Bei allen genannten Maßnahmen sind die einschlägigen Sicherheitsvorschriften genau zu beachten.

Um die Ablagerungen entfernen zu können, muß der Faulbehälter entleert werden. Diese Maßnahme ist sorgfältig zu planen (⇒ **12.3.3, Kippen des Faulprozesses**). Dabei ist auch zu überlegen, wie die Wirksamkeit des Umwälzsystems verbessert werden kann. Sandablagerungen können u.U. dadurch vermieden werden, daß einmal pro Woche schlagartig eine größere Schlammmenge über die Trichterspitze abgezogen wird. Der vorhandene Sand wird aus dem Faulbehälter entfernt.

Bei einem erhöhten Anteil mineralischer Feststoffe im Rohschlamm ist die Wirkung des Sandfanges zu verbessern. Außerdem ist dafür zu sorgen, daß die Einleitung entsprechender Stoffe aus Betrieben verhindert werden.

#### **12.3-205 Totzonen durch Schwimmdecken**

Die Bildung von Schwimmdecken und Schlammnestern im Faulbehälter wird durch relativ grobe Rechen und eine unzureichende Umwälzung begünstigt. Probleme treten insbesondere in Anlagen mit angeschlossenen Schlachthöfen oder Betrieben der Nahrungsmittelindustrie auf, die keine wirksame Vorbe-

handlung haben. Die Dicke der Schwimmdecken kann erst bei deren Ablassen kontrolliert werden (Vorsicht Gasgefahr:  $\text{H}_2\text{S}$  im Faulgas 5.000-10.000 mg/l, lethale Dosis 2.000 mg/l, MAK-Wert 10 mg/l !).

Hinweise auf Art und Menge der organischen Grobstoffe, die zur Schwimmdeckenbildung neigen, kann ein vorübergehend in das Gerinne nach dem Rechen eingehängter, feinerer Rechenrost geben. Dessen Räumung muß dann manuell erfolgen.

Sind technische Einrichtungen zur Schwimmdeckenzerstörung vorhanden, ist deren Funktionsfähigkeit über das Sichtfenster zu überprüfen. Fehlt die entsprechende Ausrüstung oder erfüllt sie ihren Zweck nicht, müssen an der Oberfläche befindliche Schwimmstoffe regelmäßig abgezogen werden, um die Bildung dicker Schwimmdecken zu verhindern.

Rechengutzerkleinerer begünstigen bei schwacher Umwälzung in gewissem Maße die Bildung von Schwimmdecken.

Beim Einsatz von Feinsieben im Einlaufbereich treten derartige Probleme, wenn überhaupt, sehr selten auf. Bei unzureichender Feststoffabtrennung in der mechanischen Stufe kann auch eine Vorabscheidung von Grobstoffen direkt vor der Schlammbehandlung erwogen werden.

Ggf. ist in den einschlägigen Betrieben ein Feststoffrückhalt anzustreben bzw. sind Einleitungsbeschränkungen in die Satzung aufzunehmen. Wo solche Regelungen bereits bestehen, sollten sie auch durchgesetzt werden.

Aus Fäkalschlämmen, die direkt in den Faulbehälter gepumpt werden, müssen vorab die Grobstoffe abgesiebt werden.

Zur Frage der Umwälzung s. Hinweise unter ( $\Rightarrow$  **12.3-115** und **12.3-116**).

### **12.3-206    Temperaturmessung defekt**

Zeigt das festinstallierte Temperaturmeßgerät einen Wert deutlich unter dem Sollwert an, ist zunächst der Meßwertaufnehmer anhand einer Vergleichsmessung zu kontrollieren. Dies kann anhand eines zweiter Fühlers oder der Temperaturbestimmung in einer abgelassenen Schlammprobe geschehen.

Die Meßanzeigen vor Ort und in der Schaltwarte müssen übereinstimmen, wenn sie auf denselben Meßwertaufnehmer zurückgehen. Andernfalls ist die Signalübertragung zu prüfen.

Ggf. ist das Betriebsmeßgerät instandzusetzen.

### **12.3-207 Heizkessel gestört**

Stimmt die Temperaturanzeige, ist als nächstes die komplette Heizungsanlage zu überprüfen. Dazu gehört auch die Kontrolle der Vor- und Rücklauftemperatur.

Ggf. sind diese nachzuregeln. Bei defekter Heizungsanlage sind die betreffenden Teile instandzusetzen. Die Heizung ist das ganze Jahr über sorgfältig zu warten.

### **12.3-208 Gasmotoren gestört**

Erfolgt die Faulbehälterheizung über die Abwärme von Gasmotoren, ist zu kontrollieren, ob die Motoren immer wieder auf Störung gehen bzw. ob sie nur mit Teillast laufen oder die Notkühlung zu früh anspringt. Auch die Vor- und Rücklauftemperatur sind zu kontrollieren und ggf. einzuregeln.

Defekte Motoren bzw. Steuerungen sind instandzusetzen. Evtl. vorhandene Reserveaggregate sind umgehend in Betrieb zu nehmen. Im Falle von Gas-mangel muß auf externe Energieträger (Erdgas, Flüssiggas, Diesel) umgeschaltet werden.

### **12.3-209 Regelwert falsch eingestellt**

Desweiteren ist zu prüfen, ob der Regelwert für die Faulraumbeheizung nicht versehentlich verstellt oder falsch eingegeben wurde oder ob defekte Kabelverbindungen im Bereich der Regeleinrichtungen vorliegen.

Weiterhin sind die Anmerkungen zur Steuer- und Regeltechnik unter ( $\Rightarrow$  **2.4**) zu beachten.

### 12.3-210 Wärmeübertragung unzureichend

Die Ursache für eine nachlassende Heizleistung kann auch in der mangelnden Wärmeübertragung liegen. Wird der Temperatur-Sollwert nicht erreicht, sind Wärmetauscher und Heizleitungen auf Verkalkung (auf der Wasserseite) bzw. auf Schlammverkrustungen (auf der Schlammseite) zu kontrollieren. Dazu sind die betreffenden Elemente außer Betrieb zu nehmen.

Als Ursachen für starke Schlammanbackungen innerhalb kurzer Zeit kommen in Betracht:

- zu hohe Vorlauftemperatur (diese darf keinesfalls über 70 °C liegen),
- Heizung außenliegender Wärmetauscher ist auch zu Zeiten an, in denen kein Schlamm fließt,
- Überdosierung von Kalkmilch zur Stabilisierung des pH-Wertes (bei pH > 8 wird zudem der Faulprozeß selbst gefährdet),
- erhöhte Feststoffgehalte im Schlamm, etwa nach Inbetriebnahme einer maschinellen Schlammvorentwässerung,
- Fließgeschwindigkeit im Wärmetauscher zu gering (Ursache für Verkalkungen).

Ggf. sind die Ablagerungen durch Säurebehandlung zu beseitigen.

Der Rohschlamm wird auch dann nicht ausreichend aufgeheizt, wenn es durch unsachgemäß stoßartige Beschickung des Faulbehälters (⇒ **12.3-109**) zur Überforderung der installierten Heizleistung bzw. des Wärmeübertragungssystem kommt.

### 12.3-211 Umwälzzeiten zu kurz

Wird mittels Pumpen umgewälzt, ist sicherzustellen, daß diese rund um die Uhr laufen und der Faulbehälterinhalt mindestens fünfmal pro Tag umgepumpt wird.

Dasselbe gilt für den Betrieb von Schraubenschauflern. Hier ist außerdem zu beachten, daß der Schlamm Spiegel im Faulbehälter (etwa zum Zwecke der Schaumbekämpfung) nicht abgesenkt werden darf, da ansonsten die Umwälzung nicht mehr funktionieren kann.

Im Falle des Umpumpens sollte ferner geprüft werden, ob nicht durch Änderung der Fließrichtung des Schlammes eine verbesserte Umwälzung erreicht werden kann.

Auch bei Schraubenschaufeln sollte versuchsweise die Drehrichtung verändert werden.

Ggf. ist auf Gaseinpressung umzurüsten, die zudem energetisch günstiger ist.

Bei intermittierend betriebenen Umwälzaggregaten (Gaskompressor) sind versuchsweise die Pausenzeiten zu verkürzen bzw. die Betriebszeiten zu verlängern.

### **12.3-212 Feststoffgehalt des Faulschlammes erhöht**

Bei betrieblichen Umstellungen im Bereich der Schlammeindickung ist neben der Eindickwirkung auch die Veränderung des Trockensubstanzgehaltes im Faulbehälter sorgfältig zu kontrollieren.

Dies gilt vor allem nach Inbetriebnahme einer wirksamen maschinellen Schlammeindickung, durch die der TS-Gehalt des Faulschlammes auf etwa das Doppelte ansteigen kann und die Umwälzung entsprechend erschwert wird.

Durch Umpumpen ist in solchen Fällen eine ausreichende Durchmischung praktisch nicht mehr möglich. Dies gilt gleichermaßen auch für den Einsatz von Schraubenschaufeln.

### 12.3.3 Empfehlungen zum Verhalten nach Kippen des Faulprozesses

Zunächst ist durch vorsichtige Zugabe von Kalkmilch oder Natronlauge zum Rohschlamm und deren intensive Vermischung im gesamten Faulbehälter der pH-Wert unter ständiger Beobachtung auf etwa 7,5 anzuheben. Dazu werden mehrere Tage benötigt. Da diese Maßnahme in vielen Fällen nicht ausreicht sind desweiteren

- die Durchmischung zu intensivieren,
- die Beschickung deutlich zu reduzieren (der zwischenzeitlich anfallende Restschlamm ist dann anderweitig zu entsorgen)
- unbelasteten (Impf)schlamm aus dem Nacheindicker bzw. einer anderen Kläranlage zuzugeben.

Eine komplette Entleerung und Entsorgung des Faulbehälterinhaltes nach dem Kippen der Faulung sollte nach Möglichkeit vermieden werden. Sie ist nur dann anzuraten, wenn

- die genannten Sanierungsmaßnahmen erfolglos bleiben,
- der Faulschlamm überhöhte Schadstoffgehalte aufweist und die Akzeptanz für die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung nicht gefährdet werden soll
- der begründete Verdacht auf starke Ablagerungen im Behälter bzw. auf starke Verkrustung innenliegender Heizschlangen besteht, so daß eine baldige Entleerung sowieso ansteht.

Da die Entleerung selbst relativ zeitaufwendig ist, der Faulbehälter mit unbelastetem Schlamm neu eingefahren und dabei die Beschickung stark gedrosselt werden muß, vergehen bis zur Normalisierung des Faulbetriebes mindestens vier Wochen. Mit der Entleerung kann erst begonnen werden, wenn die Entsorgung des Faulschlammes aus dem Faulbehälter sowie die Stapelung bzw. Weitergabe des zwischenzeitlich anfallenden Rohschlammes organisiert sind.

## 13 Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bei extern verursachten Funktionsstörungen

### 13.1 Allgemeines

Als extern verursachte Funktionsstörungen werden in diesem Zusammenhang nur Störungen durch, mit dem Abwasserstrom über die Kanalisation der Kläranlage zugeführte Substanzen bezeichnet. Andere „externe“ Funktionsstörungen (z. B. Stromausfall, Hochwasser)“ werden hier nicht berücksichtigt.

Durch externe Einleitungen verursachte Funktionsstörungen sind in der Regel oft schwierig zu erkennen bzw. nur selten einem bestimmten Erkennungsmerkmal definitiv zuzuordnen. Aus diesem Grund werden in den nachfolgenden Abschnitten die möglichen Schadstoffgruppen bezeichnet (13.2) und anschließend nach Erkennungsmerkmalen behandelt (13.3). Auf der Kläranlage selbst wird die Identifikation eines Störstoffes und der möglichen Einleiter durch nachträglich zu untersuchende Rückstellproben erleichtert.

Die auf der jeweiligen Kläranlage vorliegenden Alarmpläne sind zu beachten.

### 13.2 Schadstoffgruppen (Bezeichnung und Herkunft)

In der nachfolgenden Tabelle sind die wesentlichen in Frage kommenden Stoffgruppen (A-H) aufgelistet, die zu Störungen auf Kläranlagen führen können. Dabei sind mögliche in das Abwasser eingeleitete Einzelstoffe und die üblichen Herkunftsbereiche aufgeführt. Weiterhin sind für einzelne Stoffe toxische Grenzkonzentrationen nach [18] genannt.

**A Leicht brennbare und explosive Gase sowie Flüssigkeiten** (Gefahrenklasse A1 der Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF))

- Aceton, Äther, Benzin, Benzol, allg. Lösemittel
- Havariefälle (chemische Industrie, Straßenverkehr)

**B Mineralölprodukte** (Nicht halogenierte Kohlenwasserstoffe, Gefahrenklasse A 3 Vbf)

- Bohreröl, Dieselöl, Heizöl, Schweröl, Schmierstoffe
- Havariefälle (chemische Industrie, Öltankbefüllungen, Ölabscheider, Straßenverkehr, Ölleitungen)

**C Säuren und alkalische Stoffe**

- Organische Säuren (Essigsäure, Zitronensäure, Propionsäure), anorganische Säuren (Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure), anorganische alkalische Stoffe (Ammoniak, Kalk, Natronlauge, Soda)
- Havariefälle (Straßenverkehr, chemische Industrie), Reinigungsmittel

**D Nährstoffe** (stoßartige Belastung)

- Gülle, Ammonium, Nitrit- oder Nitratsalze, Phosphate, Eiweiße, Blut
- Havariefälle (Straßenverkehr, chemische Industrie), Reinigungsmittel, unerlaubte Einleitungen von Prozeßabwasser aus Gewerbebetrieben

**E Tenside** (stoßartige Belastung)

- Wasch- und Reinigungsmittel, Lösungsvermittler, Entfettungsbäder
- Havariefälle (Straßenverkehr, chemische Industrie), Reinigungsmittel, unerlaubte Einleitungen von Prozeßabwasser aus Gewerbebetrieben
- Toxische Grenzkonzentration für Tenside: 150 mg/l

**F Leicht abbaubares Substrat** (stoßartige Belastung)

- Fette (pflanzlich und tierisch), Zucker, Molke, Stärke, Alkohol, Konzentrate
- Havariefälle (Straßenverkehr, chemische Industrie), Einleitungen von Prozeßabwasser aus Gewerbebetrieben, insbesondere der Lebensmittelverarbeitung

**G Sonstige giftige Stoffe** (stoßartige Belastung)

- Schwermetalle (Kupfer, Blei, Zink, Chrom, Cadmium, Quecksilber, etc.), chlorierte Kohlenwasserstoffe (PCB, Dioxin, Chloroform, etc.), Blausäure, Cyanide, Pestizide, Mikrobizide, Farbstoffe und Pigmente
- Havariefälle (Straßenverkehr, chemische Industrie), unerlaubte Einleitungen von Prozeßabwasser aus Gewerbebetrieben (insbesondere Metallbe- und verarbeitung, Textilindustrie)

Toxische Grenzkonzentrationen im Kläranlagenzulauf:

Cyanid	1	mg/l
Kupfer	3	mg/l
Nickel	5	mg/l
Blei	10	mg/l
Chloroform	10	mg/l
Chlor	10	mg/l
Chromat	30	mg/l
Trichlorethen	50	mg/l
Ammoniak	100	mg/l

**H Feststoffe** (stoßartige Belastung)

- Steine, Teer, Kunststoffteile
- Havariefälle (Straßenverkehr, Baustellen), Kanaleinleitungen mit defekten Sinkkästen

### 13.3 Erkennungsmerkmale

#### 13.3.1 pH-Wert im Zulauf > 8,5

Ein pH-Wert über 8,5 ist bei ordnungsgemäßer Funktion der pH-Sonde im Zulauf ein sicheres Zeichen für die Einleitung von alkalischem Abwasser. Außer bei der Einleitung von Kalk (in der Regel weißliches oder milchiges Abwasser) ist die Zuführung von Natronlauge, Soda oder Ammoniak nicht an der Farbe des Abwassers erkennbar. Allerdings kann bei der Einleitung von Ammoniak ein stechender Geruch bemerkbar sein.

Die Gefahren für die Abwasserreinigung hängen hier im wesentlichen von der Dauer, der Menge, der Laugenkonzentration des eingeleiteten Stoffes und der Art der Abwasserreinigung (Belebung, Festbett) ab. Bei allen Alkalien ist grundsätzlich mit steigendem pH-Wert eine Zerstörung bzw. Hemmung der Mikroorganismen möglich.

Alkalisches Abwasser wird durch die Pufferwirkung des Abwassers und durch die  $\text{CO}_2$ -Produktion in der Regel soweit neutralisiert, daß die Biologie keinen Schaden nimmt. Der pH-Wert wird meist auf Werte < 9,0 abgesenkt, so daß sich auch der erforderliche Überwachungswert im Kläranlagenablauf sicher einhalten läßt.

Festbettreaktoren (Tropfkörper, Rotationstauchkörper) sind grundsätzlich wesentlich unempfindlicher als die Belebtschlammbiologie, so daß bei diesen Verfahren kaum eine Schädigung der Mikroorganismen zu erwarten ist.

Hohe pH-Werte in der Belebung (> 9,0) führen insbesondere bei höheren Abwassertemperaturen zur Ammoniak ( $\text{NH}_3$ )-Bildung, so daß die Nitrifikation deutlich gehemmt werden kann.

Als Sofortmaßnahmen werden empfohlen:

- A) Bei vorhandener Möglichkeit das Abwasser in eine leerstehende Beckeneinheit umzuleiten (RÜB, Vorklärung). Eine Ableitung durch Überläufe in den Vorfluter ist dabei jedoch auszuschließen. Optimal ist ein für diese Zwecke vorgesehene Störfallbecken.

- B) Entnahme von Stichproben vom Zulauf zur späteren Analyse (Rückstellprobe).
- C) Der pH-Wert in der Nitrifikationszone ist laufend zu kontrollieren. Bei Anstieg des pH-Wertes über 9,0 ist die Belüftung zu intensivieren.
- D) Die Dosierung von Eisen- oder Aluminiumsalzen aus der Phosphatfällung zur Neutralisation des alkalischen Abwassers sollte erst nach Rücksprache mit Fachpersonal bzw. aufgrund eigener entsprechender Berechnungen erfolgen. Dabei sind insbesondere die notwendigen Mengen und die möglichen Folgen für die Kläranlage (Säurekapazität, Schlammfall) zu berücksichtigen.

### **13.3.2 pH < 6,5 im Zulauf**

Die Unterschreitung des angeführten pH-Wertes ist im Normalfall bei ordnungsgemäßem Betrieb der pH-Sonde im Zulauf ein sicheres Zeichen für die Einleitung von säurehaltigem Abwasser. Während diese Einleitung im allgemeinen optisch kaum zu erkennen sein wird, können sie teilweise über ihren tist bei der Zuführung von organischen Säuren (Essigsäure, Buttersäure) ein stechender oder fauliger Geruch bemerkbar.

Die Gefahren für die Abwasserreinigung hängen hier vor allem von der Menge und der Säurekapazität der eingeleiteten Substanz und der Art der Abwasserbehandlung (Belebung oder Festbett) ab. Bei allen Säuren ist grundsätzlich eine Zerstörung bzw. eine Hemmung der Mikroorganismen möglich. Festbettreaktoren reagieren in der Regel empfindlicher als Belebungsanlagen. Weiter besteht bei allen Systemen die Korrosionsgefahr an Bauwerken oder Einbauten.

Bei der Einleitung von organischen Säuren ist damit auch eine Erhöhung der organischen Schmutzfracht verbunden. Ein höherer Sauerstoffbedarf in der Belebung wird die Folge sein.

Als Sofortmaßnahmen werden empfohlen:

- A) Bei vorhandener Möglichkeit das Abwasser in eine leerstehende Beckeneinheit umzuleiten (RÜB, Vorklärung). Eine Ableitung durch Überläufe in den Vorfluter ist dabei jedoch auszuschließen.
- B) Entnahme von Stichproben vom Zulauf zur späteren Analyse (Rückstellprobe).
- C) Der pH-Wert in der Nitrifikationszone ist laufend zu kontrollieren. Bei einem Abfall des pH-Wertes unter pH 6,5 ist mit einer Schädigung der Biozönose (Flockenzerfall) zu rechnen. Einzig mögliche Gegenmaßnahme ist die Zuführung von alkalischem Neutralisationsmittel. Geeignete Stoffe (Kalk, Soda, Natronlauge, etc.) sind aber in der Regel auf der Kläranlage nicht vorhanden. Als Notmaßnahme kann der Einsatz von trockenem Kalkhydrat ( $\Rightarrow$  3.2-207) erfolgen.
- D) Natriumaluminat oder Kalk aus den Einrichtungen zur Phosphatelimination oder Schlammbehandlung zur Neutralisation des Abwassers sollte nur nach vorheriger Rücksprache mit Fachpersonal oder eigenen Berechnungen eingesetzt werden.

### 13.3.3 Deutlich erhöhte Abwassertemperatur im Zulauf

Bei einer raschen Erhöhung der Abwassertemperatur im Kläranlagenzulauf um mehr als 4°C ist auf die Einleitung von erwärmten Produktionsabwässern zu schließen. Die Erwärmung des Abwassers ist für die Mikroorganismen der biologischen Stufe tendenziell unproblematisch und wird sogar zu einer erhöhten Umsatzrate bei der biologischen Abwasserreinigung führen. Infolge der langen Fließwege wird sich das Abwasser relativ schnell abkühlen.

Es ist aber zu beachten, daß neben dem Wärmeinhalt des Abwassers oft noch andere Substanzen gleichzeitig in die Kläranlage geführt werden. Erwärmte Wässer stammen oft aus der Nahrungsmittelindustrie (Produktionsabwasser, Spülwasser), und können u. a. biologisch leicht abbaubare Stoffe oder Tenside enthalten. Es wird empfohlen, eine oder mehrere Stichproben des erwärmten Abwassers zu ziehen und bezüglich CSB zu analysieren. Damit ist eine Abschätzung der zugeführten organischen Belastung möglich.

### 13.3.4 Ölfilm im Zulauf

Ein Ölfilm auf der Oberfläche des Zulaufes deutet auf die Zuführung von Mineralölprodukten hin. Neben dem Ölfilm auf der Oberfläche ist oft auch noch ein öliger Geruch wahrnehmbar.

Benzin und Heizöl sind deutlich leichter als Wasser und steigen deshalb nach oben und bilden eine Schwimmschicht. Diese Schwimmschichtbildung wird aber empfindlich gestört, wenn die Ölbläschen und Tropfen durch Turbulenzen zerschlagen werden. Eine Entnahme ist dann deutlich erschwert.

Bei der Einleitung von größeren Mengen an Mineralölprodukten besteht im Bereich der Abwasserbehandlung grundsätzlich Explosionsgefahr ( $\Rightarrow$  **13.3.5**). Weiterhin droht eine Schädigung des belebten Schlammes und bei Vorhandensein von Sandfiltern ein Verkleben der Sandschicht. Es ist Ölalarm auszulösen.

Besteht keine Explosionsgefahr (Messung mit Warngerät) wird empfohlen, folgende Maßnahmen zu ergreifen:

- a) Bei vorhandener Möglichkeit ist das Abwasser in eine leerstehende Beckeneinheit umzuleiten (RÜB, Vorklärung). Eine Ableitung durch Überläufe in den Vorfluter ist dabei jedoch auszuschließen. Ein für diese Zwecke vorgesehene Störfallbecken ist von Vorteil.
- b) Außerbetriebnahme von Rücklaufschlamm und Kreislaufschlammförderung, um die rasche Verteilung und Zerschlagung des Mineralöles in der Anlage zu verhindern.
- c) Die Rührwerke in den unbelüfteten Zonen sind abzustellen und eine Ölsperre am Ablauf der Denitrifikations-Zone (bzw. Anaerobzone - falls vorhanden) einzurichten. Sollte das Öl noch nicht in den Bereich der Biologie gelangt sein, sind entsprechende Maßnahmen im Bereich des Sandfanges, und wenn vorhanden an der Vorklärung zu ergreifen.
- d) Tritt das Öl in die belüftete Zone ein, ist die Belüftung abzustellen und Bindemittel einzustreuen.

Zu beachten ist, daß das aufschwimmende Öl keinesfalls auf den Becken oder Gerinnen abgefackelt werden darf.

### **13.3.5 Geruch nach Gasen, ggf. in Verbindung mit Schlieren im Abwasser**

Bei den genannten Erkennungsmerkmalen besteht die Möglichkeit, daß leicht brennbare und explosive Gase- bzw. Flüssigkeiten (Stoffgruppe A) in die Kläranlage gelangt sind. In diesem Fall besteht akute Explosions- und Brandgefahr, sowie möglicherweise eine Vergiftung des belebten Schlammes. Akute Explosionsgefahr ist in der Regel nur bei der Einleitung von relativ großen Mengen (Havariefall) möglich. Der Schutz von Personen hat bei allen Maßnahmen erste Priorität.

In diesem Fall sind folgende Sofortmaßnahmen zu ergreifen:

- a) Messung der Explosionsgefahr mit Warngerät.
- b) Bei vorhandener Möglichkeit ist das Abwasser in eine leerstehende Bekkeneinheit umzuleiten (RÜB, Vorklärung). Eine Ableitung durch Überläufe in den Vorfluter ist dabei jedoch auszuschließen.
- c) Alle Motoren und Elektroantriebe im Bereich der explosiven Atmosphäre, insbesondere Motorschieber und Pumpen, sind abzustellen. Diese Maßnahmen sollte vorzugsweise über Hauptschalter oder durch Fernwirkrichtungen durchgeführt werden.
- d) Alle Heizungen ganz abschalten und offene Feuer löschen. Das Schlagen von Funken (hämmern, schweißen, feilen) ist zu vermeiden.
- e) Fenster und Türen in Räumen ohne Abwasser sind zu schließen. Die Belüftung des Gebläsehauses wird abgeschaltet, die Gebläse sollten zur Ausstrippung der Schadstoffe aber weiter laufen.
- f) Dichte Abdeckungen von Becken und Gerinnen sind nach Möglichkeit abzunehmen. Gitterroste o. ä. können an Ort und Stelle verbleiben.
- g) Der Schwimmschlamm und der Überschußschlammabzug ist einzustellen.

### **13.3.6 Stark erhöhte Nitratgehalte im Zu- und Ablauf der Anlage, ggf. in Verbindung mit Schlammauftrieb in der Vorklärung**

Bei diesen Erkennungsmerkmalen ist in der Regel auf eine erhöhte Einleitung von Nitrat oder Nitrit zu schließen. Ursache können die Zuleitung von nitrathaltigen Spülwässern (insbesondere aus der Metallverarbeitung) oder von nitrat-haltigem Oberflächenwasser (Düngung) sein. Bei der Entnahme des Überschussschlammes über die Vorklärung ist dort mit Schlammauftrieb infolge einer „wilden“ Denitrifikation zu rechnen. In diesem Fall sollte auf einen Überschussschlammabzug vorübergehend verzichtet werden.

Gegenmaßnahmen sind nur so weit möglich, wie die Denitrifikationskapazität der Abwasserbehandlungsanlage durch betriebliche Maßnahmen erhöht werden kann ( $\Rightarrow$  **5, Denitrifikation**). Es wird empfohlen, den Einleiter zu identifizieren (Indirekteinleiterkataster) und auf Abhilfe zu dringen. Die Maßnahmen an der Einleitungsstelle werden in der Regel die Umstellung der Produktion und/oder eine Umstellung der Abwasserbehandlung zur Folge haben.

### **13.3.7 Stark erhöhte Ammoniumgehalte im Zu- und Ablauf der Anlage, ggf. in Verbindung mit hohen Nitratgehalten im Ablauf**

Bei entsprechenden Merkmalen ist auf eine erhöhte Einleitung von Ammoniumverbindungen zu schließen. Neben deutlich erhöhten Ablaufwerten wird der Sauerstoffbedarf erhöht. Bei sehr hohen Ammoniumgehalten und insbesondere bei alkalischem Abwasser ist auch der Geruch nach Ammoniak möglich.

Ursache sind in der Regel die Einleitung von ammoniumhaltigen industriellen Abwässern oder von Gülle (ggf. auch schwärzliche Farbe des Zulaufes). Gegenmaßnahmen sind nur insoweit möglich, wie die Nitrifikationskapazität der Anlage erhöht werden kann ( $\Rightarrow$  **4, Nitrifikation**).

Der Einleiter ist zu identifizieren und ggf. Maßnahmen vor Ort (Ersatzstoffe) einzuleiten. Die Zuführung von Gülle ist zu unterbinden (Ortssatzung).

### **13.3.8 Stark erhöhte P-Gehalte im Zu- und Ablauf der Anlage**

Bei entsprechenden Merkmalen ist auf eine erhöhte Einleitung von Phosphorverbindungen in das Kanalnetz zu schließen. Ursache ist normalerweise die Einleitung von phosphathaltigen industriellen Abwässern (oft aus der Lebensmittelindustrie).

Gegenmaßnahmen sind nur insoweit möglich, wie die Fällmittelzugabe erhöht werden kann. Negative Auswirkungen der Fällmitteldosierung, wie Absenkung der Säurekapazität bei sauren Metallsalzen, sind dabei aber zu beachten. Es wird empfohlen, den Einleiter zu identifizieren und ggf. Maßnahmen vor Ort einzuleiten.

### **13.3.9 Farben**

#### **13.3.9.1 Allgemeines**

Bei gefärbten Zuläufen sind Dauer und Zeitraum der Einleitung möglichst genau zu dokumentieren, um die Ermittlung des Einleiters zu erleichtern. Der Betrieb von Probenahmeeinrichtungen mittels 12 x 2-Stunden-Mischproben kann eine entsprechende Kontrolle auch in den Nachtstunden erleichtern. Mögliche Farbänderungen durch Sauerstoffzufuhr (bspw. nach Durchfluß eines belüfteten Sandfanges) geben ggf. ebenfalls Hinweise auf die Art des Farbstoffes.

#### **13.3.9.2 Helle Färbung**

Bei einer hellen Färbung des Abwassers im Zulauf ist u. U. die Zuleitung von Emulsionen (Schadstoffgruppe B, ⇒ **13.3.4**) oder die Einleitung von Kalk (Schadstoffgruppe C, ⇒ **13.3.1**) die Ursache.

Bei Anschluß von Betrieben der Textilindustrie kann die Färbung auch auf entsprechende Farbstoffe zurückzuführen sein. Der Anschluß ist in der Regel bekannt.

#### **13.3.9.3 Rötliche Färbung**

Die rötliche Färbung des Zulaufes deutet oft auf die Zuführung von Blut hin. Ursache ist in der Regel eine Einleitung aus Schlachthöfen oder ähnlichem. Die Einleitung von Blut entspricht einer Stoßbelastung mit Nährstoffen und führt zu

einem erhöhten Sauerstoffbedarf bei der Belüftung. Weiterhin ist möglicherweise mit auftreibenden bzw. flotierendem Schlamm zu rechnen ( $\Rightarrow$  **10, Bläh-schlamm**;  $\Rightarrow$  **13, Schwimmschlamm**).

Bei Anschluß von Betrieben der Textilindustrie kann die Färbung auch auf entsprechende Farbstoffe zurückzuführen sein. Der Anschluß ist in der Regel bekannt.

#### **13.3.9.4. Braun-schwarze Färbung**

Bei einer braun-schwarzen Färbung des Abwassers besteht Verdacht auf Einleitung von z. B. Gülle. Es handelt sich hier ebenfalls um eine stoßartige Einleitung von Nährstoffen (Ammonium, Nitrat, Nitrit), die je nach Umsetzungsprozessen in den unterschiedlichsten Stickstoffverbindungen vorliegen können ( $\Rightarrow$  **13.3.7, 13.3.8**). Weiterhin kann eine dunkle Färbung auch auf die Einleitung von schwermetallhaltigen Abwässern hindeuten ( $\Rightarrow$  **13.3.14**). Bei vorhandener Möglichkeit ist das Abwasser in eine leerstehende Beckeneinheit umzuleiten (RÜB, Vorklärung). Eine Ableitung durch Überläufe in den Vorfluter ist dabei jedoch auszuschließen.

Bei Anschluß von Betrieben der Textilindustrie kann die Färbung auch auf entsprechende Farbstoffe zurückzuführen sein. Der Anschluß ist in der Regel bekannt.

#### **13.3.9.5 Grünliche Färbung**

Bei einer grünen Färbung des Zulaufes ist die Ursache in der Einleitung von Farben (ggf. aus Tracermessungen, z.B. mit Uranin) oder der Einleitung von schwermetallhaltigem Abwasser zu suchen. In ersterem Fall besteht keine Gefahr einer Schädigung der Mikroorganismen, der grüne Farbstoff wird durch die Belüftung und Adsorption an die Biomasse weitgehend entfernt.

Bei der Einleitung von stark schwermetallhaltigem Abwasser ist eine Vergiftung der Biozönose nicht auszuschließen. Bei dem Element Chrom ist jedoch zu beachten, daß eine Grünfärbung nur bei dem weniger giftigen Cr(III) auftritt, und die kritischer einzustufenden Chrom-VI-Verbindungen das Abwasser gelb oder orange färben. Problematisch hierbei ist jedoch, daß i.d.R. aufgrund der starken Verdünnung mit anderen Abwässern eine Färbung auf der Kläranlage nicht festgestellt werden kann. Bei vorhandener Möglichkeit ist das Abwasser in

eine leerstehende Beckeneinheit umzuleiten (RÜB, Vorklärung). Eine Ableitung durch Überläufe in den Vorfluter ist dabei jedoch auszuschließen.

Bei Anschluß von Betrieben der Textilindustrie kann die Färbung auch auf entsprechende Farbstoffe zurückzuführen sein. Der Anschluß ist in der Regel bekannt.

### **13.3.10 Schaum- und Schwimmschlamm Bildung**

Die Ursache der Schaum- und Schwimmschlamm Bildung in Abwasserbehandlungsanlagen können vielfältiger Art sein. Das plötzliche Auftreten von Schaum- und Schwimmschlamm bildnern im Bereich der Belebung/Nachklärung kann dabei u.U. auf die Stoßbelastung mit Tensiden oder sonstigem leicht abbaubarem Substrat zurückzuführen sein.

Während die Tenside vorzugsweise aus Wasch- und Reinigungsmitteln kommen und einen relativ lockeren Schaum zur Folge haben, stammen die Stoßbelastungen mit leicht abbaubarem Substrat in der Regel aus der Lebensmittelindustrie (Verarbeitung von Fetten, Zucker, Molke). In diesem Fall ist auch mit einem starken Sauerstoffbedarf im Bereich der biologischen Stufe zu rechnen.

Bezüglich möglicher Gegenmaßnahmen wird auf Kapitel (⇒ **10, Blähschlamm**, ⇒ **11 Schwimmschlamm**) verwiesen.

### **13.3.11 Geruch im Zulauf**

#### **Geruch nach Benzin**

Bei einem merkbaren Geruch nach Benzin wurden vermutlich Substanzen der Schadstoffgruppe A oder B (weniger wahrscheinlich) in die Kanalisation eingeleitet. Daher ist nach Abschnitt (⇒ **13.3.4** oder **13.3.5**) zu verfahren.

#### **Geruch nach Lösemittel**

Bei einem merkbaren Geruch nach Lösemitteln wurden vermutlich Substanzen der Schadstoffgruppe A in die Kanalisation eingeleitet. Daher ist nach Abschnitt (⇒ **13.3.4**) zu verfahren.

### **Geruch nach Ammoniak**

Bei einem merkbaren Geruch nach Ammoniak wurden vermutlich Substanzen der Schadstoffgruppe D (bei hohem pH-Wert wahrscheinlich C) in die Kanalisation eingeleitet. Daher ist nach Abschnitt ( $\Rightarrow$  **13.3.7** oder **13.3.1**) zu verfahren.

### **Geruch nach „Faulen Eiern“**

Bei einem merkbaren Geruch nach „faulen Eiern“ wurden vermutlich Substanzen der Schadstoffgruppe F in die Kanalisation eingeleitet. Durch die hohe Sauerstoffzehrung des Abwassers und anschließende anaerobe Verhältnisse in der Kanalisation entsteht der toxische  $H_2S$  (Schwefelwasserstoff). Es wird empfohlen,  $H_2O_2$  zuzugeben oder das  $H_2S$  durch die Dosierung von  $FeCl_3$  umzusetzen.

### **Geruch nach Essig**

Bei einem merkbaren Geruch nach „Essig“ wurden vermutlich Substanzen der Schadstoffgruppe F oder C (niedriger pH-Wert) in die Kanalisation eingeleitet. Daher ist nach Abschnitt ( $\Rightarrow$  **13.3.2**) zu verfahren.

### **Geruch nach Bittermandeln**

Bei einem merkbaren Geruch nach „Bittermandeln“ wurden vermutlich Substanzen der Schadstoffgruppe G (Cyanide oder cyanidabspaltende Stoffe) in die Kanalisation eingeleitet. Daher ist nach Abschnitt ( $\Rightarrow$  **13.3.13**) zu verfahren.

### **13.3.12 Störungen der Rechen/Siebanlage**

Störungen der Rechen-/Siebanlage sind unter Umständen auch auf zu viele Feststoffe im Kläranlagenzulauf (Schadstoffgruppe H) zurückzuführen. Insbesondere Kiesel, Steine o.ä., die über Straßenabläufe oder Baustellenabwasser in die Kanalisation gelangen, können zu wesentlichen Funktionsstörungen führen. Oft bleibt nur die manuelle Räumung dieser Feststoffe. Die Einleitungsstelle ist zu identifizieren und mit geeigneten Rückhalteeinrichtungen zu versehen.

Eine weitere Störquelle sind metall- oder kunststoffhaltige Feststoffe, die unerlaubt in die Kanalisation gelangen. Gegenmaßnahmen sind hier, außer eine

verstärkte Aufklärung der Bevölkerung oder der Gewerbebetriebe, nicht möglich.

### **13.3.13 Plötzlicher Abfall der Gebläseleistung bei erhöhtem Sauerstoffgehalt**

Das obengenannte Erkennungsmerkmal weist auf eine Vergiftung der biologischen Stufe durch Substanzen der Schadstoffgruppe G hin. Durch das Absterben der Biomasse wird kein Sauerstoff zum Umsatz mehr benötigt, so daß mit geringer Gebläseleistung hohe Sauerstoffgehalte in der Belebung erreicht werden. Ein schneller Anstieg der Ablaufkonzentrationen bezüglich CSB und Stickstoffverbindungen wird die Folge sein. Unmittelbare Gegenmaßnahmen sind nicht möglich, es wird allerdings empfohlen, keinen Überschußschlamm mehr aus der Anlage zu entfernen, um die Einheiten der Schlammbehandlung vor dem Giftstoff zu schützen. Der vergiftete Klärschlamm muß ggf. separat entsorgt werden.

### **13.3.14 Mögliche Gegenmaßnahmen bei Schadstoffgruppe G**

Erste Gegenmaßnahmen bei einer Einleitung der Schadstoffgruppe G können neben der Ableitung des betreffenden Abwassers in eine separate Beckengruppe oft nur unter Einsatz von Chemikalien erfolgen. Je nach Schadstoff sind hier im Einzelfall spezifische Maßnahmen durchzuführen.

Freies Cyanid läßt sich durch den Einsatz von Grünsalz ( $\text{Fe}^{2+}$ ) in hohen Dosismengen komplexieren, ebenso können Chlor und Chromat dadurch reduziert werden. Gelöst vorliegende Schwermetalle können mit Hilfe von Kalkhydrat bei pH-Werten  $> 11$  weitgehend ausgefällt werden.



## 14 Literatur

- [1] Verordnung des Umweltministeriums über die Eigenkontrolle von Abwasseranlagen (Eigenkontrollverordnung - EigenkontrollVO), 9. August 1989, Gesetzblatt für Baden Württemberg, Seite 381-413
- [2] DIN 38402-11, 1995-12 Probenahme von Abwasser, Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammmuntersuchung, Dezember 1995
- [3] AQS-Merkblatt „Probenahme von Abwasser“, Stand Januar 1993, P-8
- [4] ATV-Merblatt M 269 „Anforderungen an Prozeßanalysengeräte zur Bestimmung von N- und P-Verbindungen“, (1995)
- [5] 18th Biennial IAWQ Conf. 1996, Preprint Books S. 362 ff.
- [6] SCHNEIDER, H.-H./SIEFERT, F. (1991)  
Meßeinrichtungen für den Gelöstsauerstoff, in: „Betriebserprobungen und Anforderungsprofile für Meßeinrichtungen in Klärwerken“, ATV-Dokumentation und Schriftenreihe aus Wissenschaft und Praxis, Band 26, S. 1-117
- [7] ATV-Merkblatt M 256 „Einsatz von Betriebsmeßeinrichtungen auf Kläranlagen“ , Vorblatt und Blatt I, Anforderungen an Sauerstoffmeßeinrichtungen, (1989)
- [8] ATV-Arbeitsblatt A 202 „Verfahren zur Elimination von Phosphor aus dem Abwasser“, (1992)
- [9] BAYERISCHES LANDESAMT (1990)  
Das mikroskopische Bild bei der aeroben Abwassereinigung, Informationsbericht des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, 1/90, ISSN 0716-4217
- [10] EIKELBOOM, D.H./VAN BUIJSEN, J.J. (1983)  
Handbuch für die mikroskopische Schlammmuntersuchung, F. Hirthammer Verlag
- [11] Stabilisierungskennwerte für biologische Stabilisierungsverfahren, ATV-Arbeitsbericht der ATV/BDE/VKS-Arbeitsgruppe 3.1.1, Korrespondenz Abwasser, 3/94, S. 455-460

- [12] NORDMANN, W.  
Eine einfache Methode zur Bestimmung der organischen Säuren und der Kalkreserve im Faulwasser, Korrespondenz Abwasser, Betriebsinfo 2 (1985), 231f
- [13] ROEDIGER, H./ROEDIGER M./KAPP, H.  
Anaerobe alkalische Schlammfäulung, 4. Auflage (1990), Oldenbourg Verlag, München
- [14] KAPP, H.  
Schlammfäulung mit hohem Feststoffgehalt  
Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft 86 (1984)
- [15] MERKL, H.  
Mikrobielle Methangewinnung, Fortschritte der Verfahrenstechnik 18 (1981), S.509 ff,  
VDI-Verlag Düsseldorf
- [16] KÖHLER, R.  
Schadenswirkungen auf den Schlammfäulungsprozeß durch stagnierend und toxisch wirkende Stoffe, Wasser Luft und Betrieb Juni (1966)
- [17] NOACK, W./JENDREYKO, H.  
Einfluß von Kaliumcyanid im Frischschlamm auf die Schlammfäulung  
Technisch-Wissenschaftliche Mitteilungen der Emschergenossenschaft und des Lippeverbandes, Heft 2 (1960)
- [18] BODE, H. (1995)  
Vermeidung von Betriebsstörungen in öffentlichen Kläranlagen, gwf-Wasser-Abwasser, 9/95, S.449-454
- [19] STIER, E. und FISCHER, M.  
Klärwärter-Taschenbuch, 12. Auflage (1995), Hirthammer-Verlag, München
- [20] STEINLE, E.  
Abschätzung der Durchmischungseffektivität kontinuierlich umgewälzter Faulbehälter mit Hilfe von Tracer-Versuchen, Korrespondenz Abwasser 31 (1984), 604 ff.

## 15 Bemessungswerte

Auf der nachfolgende Seite steht ein Formblatt zur Verfügung, in das die

- Bemessungswerte
- Betriebsparameter
- Reaktorvolumen
- Überwachungswerte

der Kläranlage eingetragen werden können. Damit stehen die oft benötigten Angaben immer gesammelt für Berechnungen zur Verfügung.

<b>Bemessungsparameter</b>				
<b>Parameter</b>	<b>Einheit</b>	<b>Rohzulauf</b>	<b>Zulauf Bio</b>	
BSB <sub>5</sub>	[kg/d]			
N <sub>ges</sub>	[kg/d]			
NH <sub>4</sub> -N	[kg/d]			
P <sub>ges</sub>	[kg/d]			
Q <sub>t</sub>	[kg/d]			
Q <sub>m</sub>	[kg/d]			
Q <sub>d</sub>	[kg/d]			

<b>Betriebsparameter</b>				
<b>Parameter</b>	<b>Einheit</b>	<b>Belebung</b>		
TS <sub>BB</sub>	[g/l]			
ISV	[ml/g]			

<b>Volumen</b>		
<b>Reaktor</b>	<b>Einheit</b>	
Vorklärung	[m <sup>3</sup> ]	
DN-Zone	[m <sup>3</sup> ]	
N-Zone	[m <sup>3</sup> ]	
Nachklärung	[m <sup>3</sup> ]	

<b>Überwachungswerte</b>				
<b>Parameter</b>	<b>Einheit</b>			
BSB <sub>5</sub>	[mg/l]			
CSB	[mg/l]			
NH <sub>4</sub> -N	[mg/l]			
N <sub>anorg</sub>	[mg/l]			
P <sub>ges</sub>	[mg/l]			
AFS	[mg/l]			

## 16 Abkürzungsverzeichnis

AFS	Abfiltrierbare Stoffe
Al <sup>3+</sup>	dreiwertiges Aluminium
AN	Anaerob
AQS	Analytische Qualitätssicherung
B <sub>A</sub>	BSB <sub>5</sub> - Flächenbelastung
B <sub>R</sub>	BSB <sub>5</sub> - Raumbelastung
BSB <sub>5</sub>	Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen
B <sub>TS</sub>	BSB <sub>5</sub> - Schlammbelastung
Ca(OH) <sub>2</sub>	Calciumhydroxid
CaCO <sub>3</sub>	Calciumkarbonat
CH <sub>4</sub>	Methan
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
CSB <sub>filtr</sub>	Chemischer Sauerstoffbedarf aus filtrierter Probe
Fe <sup>2+</sup>	zweiwertiges Eisen
Fe <sup>3+</sup>	dreiwertiges Eisen
FNU	Formazine Nephelometric Units
H <sub>2</sub> S	Schwefelwasserstoff
HCl	Salzsäure
IDM	Induktive Durchfluß-Messung
ISV	Schlammindex
Me <sup>3+</sup>	dreiwertiges Metall
MO	Mikroorganismen
MSR	Messen-Steuern-Regeln
N <sub>2</sub> O	Lachgas
NaNO <sub>3</sub>	Natriumnitrat
N <sub>anorg</sub>	Anorganischer Stickstoff = $\sum \text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$
N <sub>ges</sub>	Gesamter Stickstoff = $\sum \text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N} + \text{N}_{\text{org}}$
NH <sub>4</sub> -N	Ammonium - Stickstoff
NI	Norm-Liter
Nm <sup>3</sup>	Norm-Kubikmeter
NO <sub>2</sub> -N	Nitrit - Stickstoff
NO <sub>3</sub> -N	Nitrat - Stickstoff
N <sub>org</sub>	Organischer Stickstoff
NO <sub>X</sub> -N	oxidierter Stickstoff = $\sum \text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$
NTU	Nephelometric Turbidity Units
oTR	organische Trockensubstanz

oTS	organische Trockensubstanz
P <sub>ges</sub>	Gesamt-Phosphor
PO <sub>4</sub> -P	Ortho-Phosphat
q <sub>A</sub>	Oberflächenbeschickung
Q <sub>f</sub>	Zufluß Fremdwasser
Q <sub>IK</sub>	Interner Kreislauf
Q <sub>RS</sub>	Rücklaufschlammfluß
Q <sub>s</sub>	Zufluß Schmutzwasser
q <sub>SV</sub>	Schlammvolumenbeschickung
Q <sub>ÜS</sub>	täglicher Überschussschlammanfall
Q <sub>zu</sub>	täglicher Abwasserzufluß
RF	Rückführverhältnis
RÜB	Regenüberlaufbecken
RV	Rücklaufverhältnis
SBR	Sequencing-Batch-Reactor - Verfahren
SK <sub>4,3</sub>	Säurekapazität
TE/F	Trübungseinheit/Formazin
t <sub>F</sub>	Faulzeit
t <sub>K</sub>	Kontaktzeit
TKN	Total Kjeldahl Nitrogen = $\sum \text{NH}_4\text{-N} + \text{N}_{\text{org}}$
TOC	Total Organic Carbon
TS	Feststoffgehalt
TS <sub>BB</sub>	Feststoffgehalt im Belebungsbecken
TS <sub>RS</sub>	Feststoffgehalt des Rücklaufschlammes
TS <sub>ÜS</sub>	Feststoffgehalt im Überschussschlamm
t <sub>TS</sub>	Schlammalter
ÜS	Überschussschlamm
V <sub>F</sub>	Volumen Faulbehälter
V <sub>N</sub>	Volumen Nitrifikationsbecken
V <sub>N+DN</sub>	Volumen Nitrifikations- und Denitrifikationsbecken

## 17 Index

<b>PARAMETER</b>	<b>ORT</b>	<b>ABSCHNITT</b>	<b>SEITE</b>
Ammoniak	im Zulauf	13.3.7	13-8
Benzin	im Zulauf	13.3.4/5	13-5/6
Blähschlamm- bildung	im BB	10.3.3	10-9
	im VKB	10.3.3	10-9
BSB <sub>5</sub>	im Ablauf erhöht	3.2	3-1
Chlor	im Zulauf	13.3.14	13-13
Chloroform	im Zulauf	13.3.13	13-13
Chromat	im Zulauf	13.3.14	13-13
CSB	im Ablauf erhöht	3.2	3-1
Cyanid	im Zulauf	13.3.4	13-13
Farben im Zulauf	Helle Färbung	13.3.9.2	13-9
	Rötliche Färbung	13.3.9.3	13-9
	Braun-schw. Färb.	13.3.9.4	13-10
	Grünliche Färbung	13.3.9.5	13-10
Faulgas	Faulraum	12.3-102	12-5
Feststoffgehalt	im Ablauf zu hoch	3.2-101	3-2
	im BB zu niedrig	4.2-103	4-2
	im BB zu hoch	3.2-103	3-2

<b>PARAMETER</b>	<b>ORT</b>	<b>ABSCHNITT</b>	<b>SEITE</b>
Feststoffgehalt	im Faulraum zu niedr.	12.3-110	12-8
	im Faulraum zu hoch	12.3-212	12-19
Geruch im Zulauf	nach Benzin	13.3.11	13-11
	nach Lösemittel	13.3.11	13-11
	nach Ammoniak	13.3.11	13-12
	nach „faulen Eiern“	13.3.11	13-12
	nach Essig	13.3.11	13-12
	nach Bittermandeln	13.3.11	13-12
KS <sub>4,3</sub>	im Ablauf zu niedrig	4.2-107	4-5
Leitfähigkeit	im Zulauf NKB	3.2-208	3-7
	im Ablauf NKB	3.2-208	3-7
NH <sub>4</sub> -N	im Ablauf erhöht	3.2	3-1
NO <sub>2</sub> -N	im Ablauf erhöht	9.3	9-2
NO <sub>3</sub> -N	im Ablauf erhöht	5.2/5.3	5-2/5-26
O <sub>2</sub> -Gehalt	im BB zu hoch	5.2-105	5-14
	im BB zu niedrig	4.2-101	4-2
Öl	im Zulauf	13.3.4	13-6
Organische Säuren	Faulraum	12.3-101	12-4
P <sub>ges</sub>	im Ablauf erhöht	6.4	6-7
pH	im Zulauf hoch	13.3.1	13-3
	im Zulauf niedrig	13.3.2	13-4
	im Ablauf hoch	8.2	8-1
	im Ablauf niedrig	8.3	8-2

<b>PARAMETER</b>	<b>ORT</b>	<b>ABSCHNITT</b>	<b>SEITE</b>
Schaumbildung	im BB	11.4	11-4
	im VKB	10.3.3	10-9
Schlammalter	im BB zu gering	4.2-103	4-3
Schwermetalle	im Zulauf	13.3.14	13-13
Schwimmdecken	Faulraum	12.3-205	12-15
Schwimmschlamm	auf Nachklärbecken	11.4	11-4
Temperatur	im BB zu niedrig	4.1	4-1
	im Faulraum zu niedrig	12.3-112	12-9
	im Faulraum zu hoch	12.3-113	12-10
	im Faulraum ungleichm.	12.3-114	12-11
Trübwasseranfall	stat. Eindicker	12.2.2	12-3