

# Leistungssteigerung und Kostenreduktion Einsatz biologisch-chemischer Hilfsstoffe

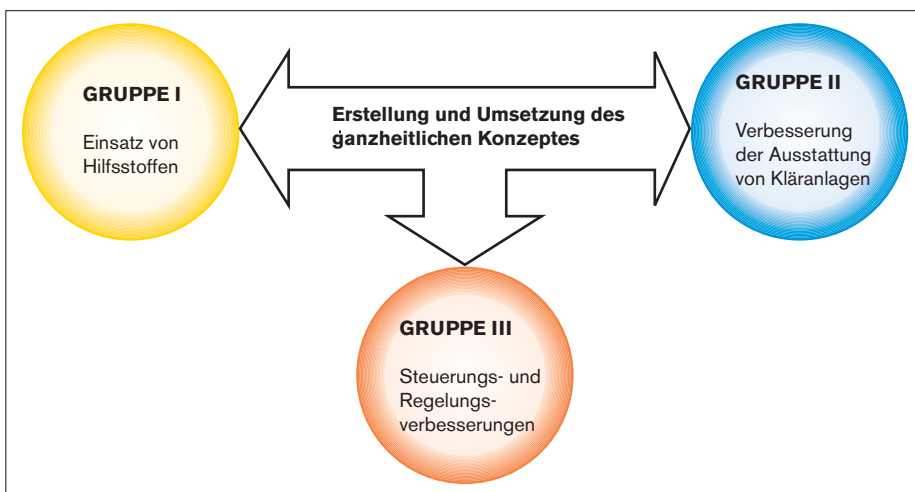
Dr.-Ing. Jörg STRUNKHEIDE

Bedeutung und Zielsetzung des Leitfadens  
„Hilfsstoffe“ für die betriebliche Praxis.

Eine Anleitung zur Entwicklung einer auf die jeweiligen Randbedingungen angepassten ganzheitlichen Strategie zur Ermittlung des Innovations- und Einsparpotenzials bei kommunalen Kläranlagen existiert bisher nicht.

### Ziele des Leitfadens „Hilfsstoffe“

Das Gemeinnützige Institut Wasser und Boden e. V. (IWB) hat diese Thematik im Rahmen von Forschungsvorhaben aufgegriffen, mit dem Ziel, einen Leitfaden des Vorgehens zur Ermittlung des Innovations- und Einsparpotenzials für den Kläranlagenbetreiber zu erarbeiten und diesen auf Basis theoretischer Grundlagen und Anwendungsfälle in der Praxis fortzuschreiben. Dieser Leitfaden soll die Bereiche „Hilfsstoffe“, „Technische Ausstattung“ und „Steuerungs- und Regelungsverbesserungen“ einzeln und in ihrer Wechselwirkung zueinander im Sinne einer Gesamtoptimierung abdecken (Bild 1). Insofern bildet der mittlerweile vorliegende Leitfaden „Hilfsstoffe“ eine wichtige Schnittstelle zu den Gruppen „Technische Ausstattung“ und „Steuerungs- und Regelungsverbesserungen“ – auch vor dem Hintergrund der Kopplung innovativer Technologien. Die erhöhten Anforderungen an die Quali-



KOMPONENTEN: eines ganzheitlichen Konzeptes

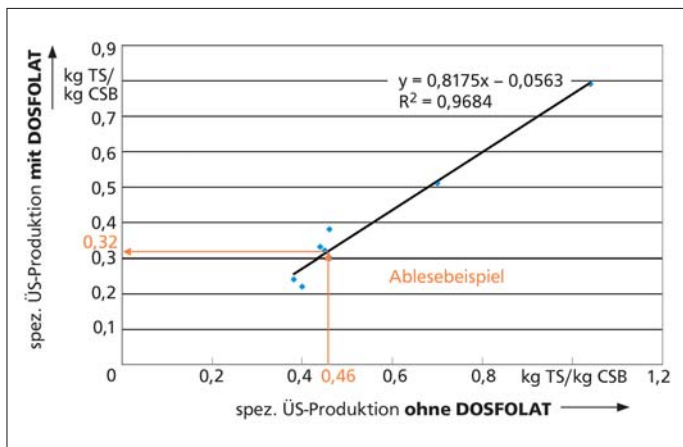
Bild 1

tät des zu reinigenden Abwassers, verbunden mit dem Ziel, möglichst kosteneffizient zu arbeiten (Energie, Überschussschlammbehandlung und -entsorgung usw.) führen dazu, dass zahlreiche Kläranlagenbetreiber vermehrt biologisch-chemische Hilfsstoffe (Vitamine, Tenside, Enzyme) auf ihren Kläranlagen einsetzen.

Eine Beurteilung dieser Stoffe hinsichtlich der direkten Wirksamkeit sowie insbesondere der Nebenwirkungen dieser Produkte auf andere Teile der Verfahrenskette Abwasser-/Schlammbehand-

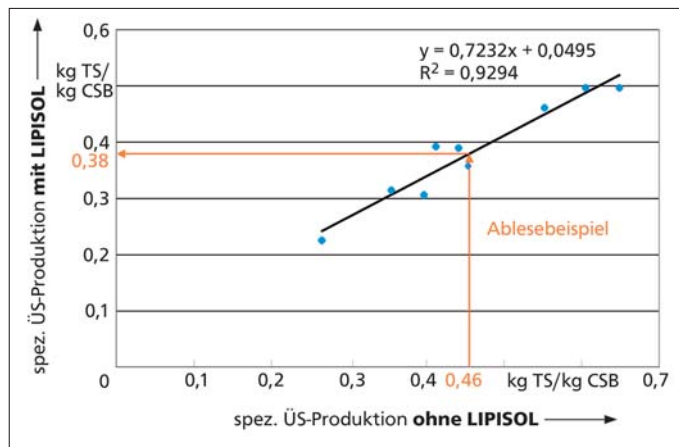
lung ist jedoch für die Betreiber sehr schwierig, wie in zahlreichen Gesprächen und Anfragen deutlich wird. Hier ist es erforderlich, Hilfestellung in Form einer strukturierten Anleitung – einem Leitfaden – zu leisten. Auch hat die positive Resonanz – insbesondere von Seiten der Betreiber – gezeigt, dass diese Thematik für die betriebliche Praxis bedeutsam ist.

Der Einsatz von Hilfsstoffen lässt sich hinsichtlich ihrer Natur oder auch ihrer Wirkungsweise grundsätzlich in vier Gruppen aufgliedern:



OHNE UND MIT DOSFOLAT: spezifische Überschussschlammproduktion inclusive Fällschlämme

Bild 2



OHNE UND MIT LIPISOL: spezifische Überschussschlammproduktion inclusive Fällschlämme

Bild 3

chemische Hilfsstoffe: z. B. Tenside, Kalk, Eisen oder Aluminium, Oxidantien  
 biologische Hilfsstoffe: z. B. Folsäure, Enzyme, adaptierte Bakterien  
 physikalische Hilfsstoffe: z. B. Aktivkohle, Kalk

Kombinationsprodukte: z.B. aktivierte Aluminiumverbindungen.

Die Entwicklung des „Leitfadens zur Ermittlung des Innovations- und Einsparpotenzials bei kommunalen Kläranlagen – Teil „Hilfsstoffe“ erfolgte im Rahmen eines vom Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz (Rheinland-Pfalz) finanzierten Forschungsprojekts, das vom Gemeinnützigen Institut Wasser und Boden e. V. (IWB) bearbeitet wurde. Dieses finanziell angeschobene Teilprojekt beschränkte sich auf die Hilfsstoffe

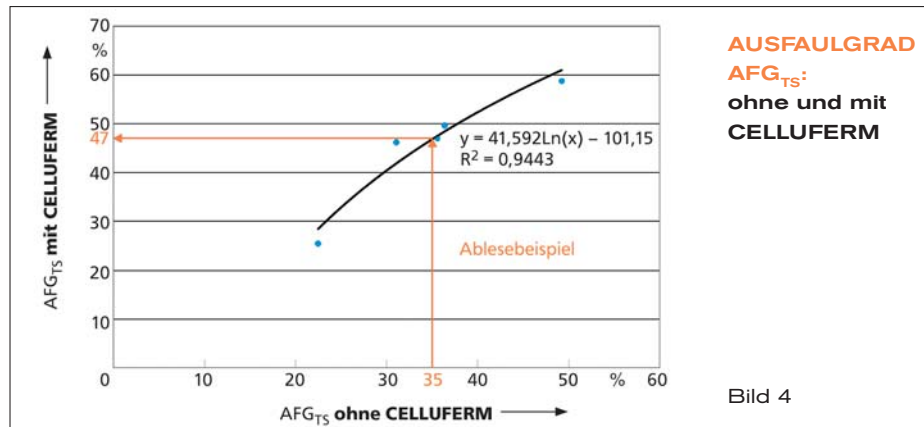
- Tenside
- Folsäure und
- Enzyme.

Dem Betreiber soll mit dem Leitfaden eine Entscheidungshilfe an die Hand gegeben werden, für welche Prozessziele (Erhöhung der Prozessstabilität, Reststoffminimierung, Reduzierung von Hilfsmitteln, Energieoptimierung) die biologisch-chemischen Hilfsstoffe Tenside, Folsäure und Enzyme eingesetzt werden können bzw. welche Wechselwirkungen oder auch welche „unerwünschten“ Auswirkungen zu erwarten sind. Die Auswertung zahlreicher Praxisversuche mit Einsatz biologisch-chemischer Hilfsstoffe auf Kläranlagen führte zu dem Ergebnis, dass die Leistungsfähigkeit der Kläranlagen gesteigert, die Reststoffe (Überschuss- und Faulschlamm, entsorgte Klärschlammmenge) und Hilfsmittel (Polymer, Eisen usw.) sowie die Kosten reduziert werden können.

Bei der Erstellung des Leitfadens wurden zahlreiche Kläranlagen in Deutschland, bei denen schon die Hilfsstoffe Tenside, Folsäure und Enzyme eingesetzt werden, in die Betrachtungen (insbesondere beim Ergebnismodell) mit einbezogen. Auf diese Weise war es möglich, auch unterschiedliche Verfahrenstechniken und Betriebsweisen der Kläranlagen entsprechend zu berücksichtigen.

### Prozessziele in der Praxis

Der Leitfaden „Hilfsstoffe“ wendet sich an Betreiber von Kläranlagen, Ingenieurbüros und Fachbehörden und soll Hilfestellung geben, wenn der Einsatz der hier betrachteten Hilfsstoffe Folsäure, Tenside oder Enzyme für den Praxiseinsatz in Erwägung gezogen wird. Vor dem Einsatz eines der Hilfsstoffe sollte der Anwender die Ziele deutlich definieren. Alle im Leitfaden behandelten Hilfsstoffe wurden anfänglich vor Jahren auf den



Markt gebracht, um primär Schlamm-mengen an unterschiedlichen Stellen der Kläranlagen zu reduzieren (Hauptziel):

■ Dosierung von Tensiden und Folsäure im Belebtschlammverfahren zur Reduzierung des biologischen Überschuss-schlamm

■ Dosierung von Enzymen in den Fau-lungsprozess zur Reduzierung des aus-

gefaulten Schlammes und zur Steigerung der Faulgasproduktion.

Es zeigte sich jedoch sehr schnell in den Praxisversuchen, dass sich neben der Schlammreduktion als ursprünglichem Primärziel der Anwendung in vielen Fällen weitere Vorteile (positive „Nebenefekte“) für den Kläranlagenbetrieb ergeben können, wie aus den Tabellen 1 und

# ANZEIGE

# ABWASSER Kommunale Anlagen

**Darstellung der Prozessziele** Tab. 1

PROZESSZIELE					
	Prozessstabilität	Reststoffe	Hilfsmittel	Energie	
<b>Hilfsstoffe</b>	<b>Folsäure</b> (Belebung)	Erhöhung des Schlammalters; Freischalten von Anlagenkapazitäten (Belebung, Schlammbehandlung); Reduzierung der Rückbelastung (Trübwasser); Reduzierung der Ablaufwerte (N, P, CSB)	biologische Überschussschlammreduktion; Fällschlammreduktion (P-Fällung)	Reduzierung Konditionierungsmittel (Polymer, Eisen, Kalk); Reduzierung Fällmittel	höhere Ausnutzung des Sauerstoffs in der Belebung
	<b>Tenside</b> (Belebung)	Erhöhung des Schlammalters; Freischalten von Anlagenkapazitäten (Belebung, Schlammbehandlung); Reduzierung fädiger Organismen; Reduzierung der Rückbelastung (Trübwasser); Reduzierung der Ablaufwerte (N, P, CSB)	biologische Überschussschlammreduktion; Fällschlammreduktion (P-Fällung)	Reduzierung Konditionierungsmittel (Polymer, Eisen)	höhere Ausnutzung des Sauerstoffs in der Belebung
	<b>Enzyme</b> (Faulung)	Freischalten von Anlagenkapazitäten; Reduzierung von Verzopfungen und Schwimmdecken im Faulbehälter	Faulschlammreduktion	Reduzierung Konditionierungsmittel (Polymer, Eisen); Reduzierung Fällmittel	Steigerung der Biogasproduktion

2 in der Übersicht hervorgeht und jeweils in den entsprechenden Kapiteln der einzelnen Hilfsstoffe im Leitfaden vertieft werden kann. In einigen Fällen werden es gerade die positiven „Nebeneffekte“ sein, die den Betreiber dazu bewegen, einen der Hilfsstoffe einzusetzen. Hierzu zählen:

■ Einsatz von Folsäure und Tensiden zum Freischalten von Anlagenkapazitäten (Behandlungsvolumina) bzw. zur Leistungssteigerung der Kläranlage (verbesserte Ablaufwerte)

■ Einsatz von Enzymen im Faulungsprozess aufgrund der Reduzierung von Betriebsproblemen im Zusammenhang mit Verzopfungen und Schwimmdecken

■ Einsatz von Enzymen zum Freischalten von Anlagenkapazitäten (z. B. Faulraumvolumen, Entwässerungskapazitäten, Schlamm Speicher usw.).

Im Leitfaden werden die untersuchten Hilfsstoffe

■ Folsäure, Produktname DOSFOLAT; Vertrieb durch ETI GmbH, Georgsmarienhütte

■ Tenside, Produktname LIPISOL; Vertrieb durch Bioserve GmbH, Mainz

■ Enzyme, Produktname CELLUFERM; der Vertrieb durch Firma Eurozymes Biotec GmbH, Leverkusen, detailliert beschrieben, so dass der Leser sämtliche

Informationen abgreifen kann, die er für die Beurteilung des Einsatzes in der Praxis braucht. Die Beschreibung der einzelnen Hilfsstoffe ist dabei jeweils in die folgenden Punkte untergliedert, so dass der Leser auch sehr leicht einen Quervergleich von Hilfsstoff zu Hilfsstoff durchführen kann – z. B. Abschätzung des zusätzlichen Arbeitsaufwands für den Betreiber, Aufwand für die Dosier-technik, Auswirkungen auf den Kläranlagenbetrieb, Wirtschaftlichkeit eines Produktes usw.:

■ Prozessziele

■ Wirkungsmechanismus

■ Dosierstelle, Dosiereinrichtung und Dosiermenge

■ Messprogramm während des Betriebs

■ Wirknachweis – Ermittlung der Schlammreduktion

■ Gesamtbewertung der Wirkung des Hilfsstoffs hinsichtlich der Prozessziele (Haupt- und Nebenziele)

■ Vorgehensweise zur Abschätzung der erzielbaren Schlammreduktion sowie der wirtschaftlichen Vorteile in Abhängigkeit von den spezifischen Randbedingungen einer Kläranlage.

Zur besseren Veranschaulichung wurden soweit wie möglich Praxisbeispiele mit entsprechenden Abbildungen in den Leitfaden eingearbeitet.

Die Entscheidung für oder gegen den Einsatz eines Hilfsstoffs wird aber meist von der Wirtschaftlichkeit des Produkteinsatzes geprägt sein.

Hierzu findet der Anwender des Leitfadens eine Hilfestellung zur Abschätzung der durch den Hilfsstoff erzielbaren Schlammreduktion sowie der wirtschaftlichen Vorteile. Die dort in die wirtschaftlichen Kalkulationen eingesetzten Produktpreise sind im Einzelfall mit dem entsprechenden Lieferanten abzustimmen. Denn in vielen Fällen gibt es eine gestaffelte Rabattierung des Produktpreises in Abhängigkeit von der Größe der Kläranlagen. Auch die Art der Vergütung des Produkteinsatzes kann unterschiedlich sein. Während die Lieferanten von DOSFOLAT (Folsäure) und LIPISOL (Tenside) in der Regel auch eine erfolgsorientierte Vergütung anbieten, erfolgt die Vergütung des Produkts CELLUFERM (Enzyme) ausschließlich auf Basis des gelieferten Produkts in Litern.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass der Leitfaden lediglich eine Hilfestellung für den Betreiber geben kann, die Auswirkungen des Produkteinsatzes der hier betrachteten Hilfsstoffe einzeln oder sogar in ihrer Kombination abzuschätzen. Es wird jedoch immer ein Praxisversuch

**Auswirkungen der Hilfsstoffe Folsäure, Tenside und Enzyme auf die relevanten Prozessziele (+ = positive Wirkung, o = keine Wirkung)** Tab. 2

		PROZESSZIELE													
		Prozessstabilität						Reststoffe			Hilfsmittel		Energie		
		Erhöhung des Schlammalters	Freischalten von Anlagenkapazitäten (Belebung, Schlammbehandlung)	Reduzierung der Rückbelastung (Trübwasser)	Reduzierung fädiger Organismen	Schlammindex (ISV)	Reduzierung der Ablaufwerte (N, P, CSB)	Reduzierung von Verzopfungen und Schwimmdecken	biologische Überschuss-schlammreduktion	Fällschlammreduktion (P-Fällung)	Faulschlammreduktion	Reduzierung Konditionierungsmittel (Polymer, Eisen, Kalk)	Reduzierung Fällmittel (P-Fällung)	höhere Ausnutzung des Sauerstoffs in der Belebung	Steigerung der Biogasproduktion
Hilfsstoffe	Folsäure (Belebung)	++	+	+	o	+	+	o	++	+	+	+	+	+	o
	Tenside (Belebung)	++	+	+	+	++	+	o	++	o	+	+	o	+	o
	Enzyme (Faulung)	o	++	+	o	o	o	++	o	o	++	+	o	o	+

erforderlich sein, um das Potenzial der Schlamm einsparung und das Potenzial der Leistungssteigerung abschließend beurteilen zu können.

- Nach bisherigem Erkenntnisstand sind die Praxisversuche mit Folsäure, Tensiden und Enzymen in 80 bis 90 % der Fälle positiv verlaufen. Die erzielten mittleren Schlammreduktionsraten liegen
- bei DOSFOLAT®XS im Bereich 30 ±15 % (Überschussschlamm)
  - bei LIPISOL im Bereich 30 ±15 % (Überschussschlamm)
  - bei CELLUFERM im Bereich 15 ±5 % (Faulschlamm).

**Erzielbare Schlammreduktion**

Durch die Anwendung des Leitfadens „Hilfsstoffe“ ist der Betreiber auch in der Lage, selbst abzuschätzen, welche Vorteile der Produkteinsatz für seine Kläranlage unter Einbeziehung der spezifischen Randbedingungen bedeuten kann. Wie nachfolgend erläutert wird, ist es möglich, die erzielbare Schlammproduktion durch den Hilfsstoffeinsatz sowie die wirtschaftlichen Vorteile des Produkteinsatzes näherungsweise zu ermitteln.

Die Auswertung repräsentativer Kläranlagen, die über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr mit dem jeweiligen Hilfsstoff betrieben wurden, führte zu einer hinreichend genauen Korrelation zwischen der Schlammproduktion mit und ohne Hilfsstoff, wie in den Bildern 2, 3 und 4 dargestellt ist. Dies gilt sowohl

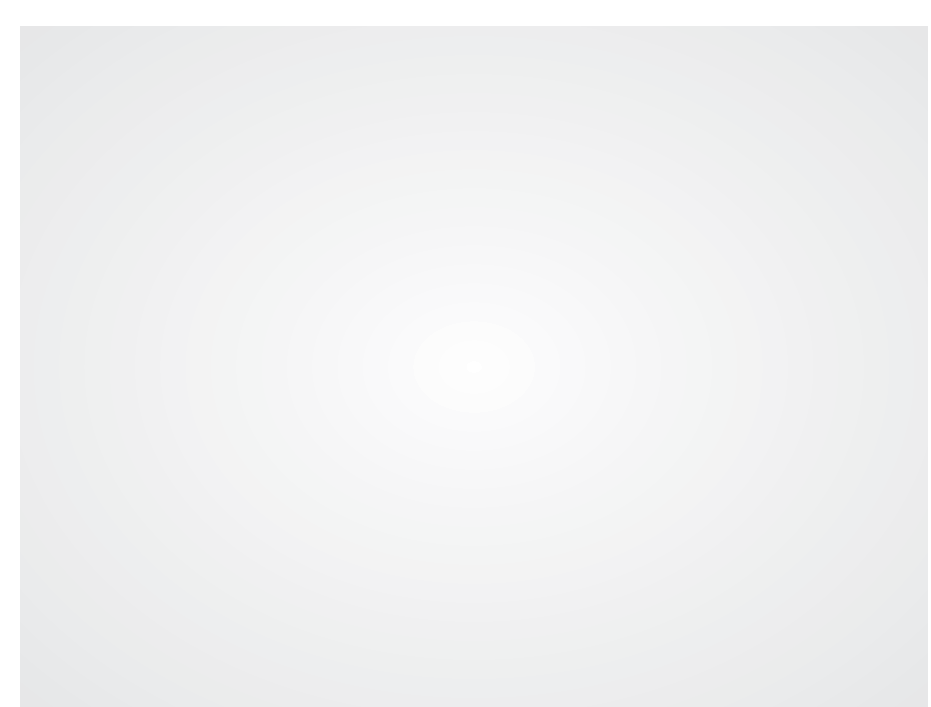
für die Überschussschlammproduktion, als auch für die Faulschlammproduktion.

Die Methodik zur Abschätzung der erzielbaren Schlammreduktion (Überschussschlamm bzw. Faulschlamm) und der damit verbundenen wirtschaftlichen Vorteile wird nachfolgend am Beispiel einer Kläranlage mit 100.000 EW erläutert:

- Überschussschlammreduktion mit DOSFOLAT bzw. LIPISOL

Der Betreiber einer Kläranlage hat zunächst durch Auswertung seiner Betriebsdaten die spezifische Überschussschlammproduktion (kg TS/kg CSB) als Mittelwert eines Jahres zu ermitteln. Mit diesem Wert kann er direkt in das Bild 2 (DOSFOLAT) bzw. Bild 3 (LIPISOL) hineingehen, und wie dort skizziert, die zu erwartende Überschussschlammproduktion ablesen.

- Faulschlammreduktion mit CELLUFERM



# ABWASSER Kommunale Anlagen

**Erzielbare Überschussschlammproduktion durch den Hilfsstoffeinsatz sowie die wirtschaftlichen Vorteile des Einsatzes von DOSFOLAT**

Tab. 3

Zeile	Berechnung	Einheit	Beispiel
<b>Einsparpotenzial Überschussschlammmenge</b>			
(1)	Ermittlung der spezifischen ÜS-Produktion (ohne DOSFOLAT) (Auswertung vorhandener Betriebsdaten)	kg TS/kg CSB	0,46
(2)	Abschätzung der spezifischen ÜS-Produktion (mit DOSFOLAT) (mit Hilfe von <b>Bild 2</b> )	kg TS/kg CSB	0,32
(3)	(1) - (2)	kg TS/kg CSB	0,14
(4)	mittlere jährliche CSB-Fracht (Belebungsstufe)	t CSB/a	2.920
(5)	(3) * (4)	t TS/a	408,8
(6)	(5) * 0,70	t TS/a	286,2
<b>Kosteneinsparpotenziale Schlammbehandlungsprozess</b>			
maschinelle ÜS-Voreindickung (vor der Faulung)			
(7)	spezifische Kosten	€/t TS	50
(8)	(5) * (7)	€/a	20.440
maschinelle Entwässerung (nach der Faulung)			
(9)	spezifische Kosten	€/t TS	70
(10)	(6) * (9)	€/a	20.031
Klärschlammmentsorgung			
(11)	spezifische Kosten	€/t TS	200
(12)	(6) * (11)	€/a	57.232
(13)	(8) + (10) + (12)	€/a	97.703
<b>Produktkosten DOSFOLAT</b>			
(14)	spezifische Einsatzmenge DOSFOLAT	l/t CSB	0,13
(15)	(4) * (14)	l/a	379,60
(16)	spezifische Produktkosten	€/l	223,7
(17)	(15) * (16)	€/a	84.917
(18)	(13) - (17)	€/a	12.787

Bei Kenntnis des vorhandenen Ausfallgrades kann der Betreiber aus Bild 4 den erwartenden Ausfallgrad mit CELLUFERM abschätzen.

Wie in Tabelle 3 exemplarisch gezeigt, kann der Betreiber ohne großen Aufwand

das Einsparpotenzial der Schlammmenge

die Kosteneinsparpotenziale im Schlammbehandlungsprozess

die Produktkosten des jeweils eingesetzten Hilfsstoffs und

den insgesamt zu erwartenden wirtschaftlichen Ertrag abschätzen und dann unter Einbeziehung der Tabelle 2 die Entscheidung für oder gegen den Einsatz des jeweiligen Hilfsstoffs treffen.

## Ausblick

Die im abgeschlossenen Teilprojekt untersuchten Hilfsstoffe Folsäure, Tenside und Enzyme decken nicht das ganze innovative Hilfsstoff-Spektrum ab (s. u.).

Des Weiteren sollten die Wirkungen innovativer Stoffe mit denen besser bekannter Substanzen verglichen werden, um dem Betreiber eine Entscheidungshilfe zu liefern, für welchen Einsatzfall welche Substanzen geeignet sind, welche

Wechselwirkungen oder auch welche „unerwünschten“ Auswirkungen zu erwarten sind.

Dabei sollten, soweit möglich, nicht bestimmte Produkte in den Vordergrund der Betrachtungen gestellt werden, sondern Wirksubstanzen. Sicherlich ist es nicht notwendig, die klassischen Fällmittel weiter zu untersuchen, da hier ein ausreichender Kenntnisstand vorhanden ist, zumal diese Stoffe auch nicht als innovativ einzustufen sind. Die Wechselwirkungen der „klassischen“ mit den „innovativen“ Hilfsstoffen allerdings müssen einer detaillierten Betrachtung unterzogen werden.

Es gibt jedoch neben den untersuchten Hilfsstoffen Tenside, Folsäure und Enzyme noch eine Reihe von Hilfsstoffen, die als Innovation in einem weiteren Schritt in die Untersuchungen und in den vorliegenden Leitfaden als Fortschreibung mit einzubeziehen sind. Hierzu zählen beispielsweise:

! Kombinationsprodukte: z. B. aktivierte Aluminiumverbindungen

! chemische Hilfsstoffe: z. B. Oxidate, Kalk

! biologische Hilfsstoffe: z. B. aktivierte Bakterien

! physikalische Hilfsstoffe: z. B. Naturzeolith, Bentonit, Aktivkohle.

## LITERATUR

- /1/ Burbaum, H.; Dickmann, T.; Kéry, K.; Pascik, I.; Radermacher, H.: Biokatalytische Verbesserung der Klärschlammfaulung durch Enzyme. In: KA Heft 8/2002, S. 1110 ff
- /2/ Heimann, M.: Leistungserhöhung der Kläranlage senkt Betriebskosten. In: wwt Heft 5/2002, S. 26 ff
- /3/ Strunkheide, J.: Überschussschlammreduzierung durch Tenside bei kommunalen und industriellen Kläranlagen. In: wwt, Heft 12/2003, S. 34-41
- /4/ Strunkheide, J.: Einsatz des SINCERUS-ECA-Verfahrens zur Desinfektion von gewaschenen Sanden. In: wwt, Heft 3/2004, S. 29-32
- /5/ Strunkheide, J.: Stabilisierte Folsäure reduziert Schlamm. In: wwt, Heft 6/2004, S. 10-17
- /6/ Strunkheide, J.: Leistungssteigerung bei Kosteneinsparung – Ganzheitlicher Ansatz. In: wwt, Heft 1-2/2005, S. 10-15
- /7/ Strunkheide, J.; Seibert, M.: Biokatalysierte Schlammfaulung. In: wwt, Heft 10/2005, S. 23-26

## KONTAKT

**IBW Institut Wasser und Boden e. V.**  
 Dr.-Ing. Jörg STRUNKHEIDE (Vorsitzender)  
 Ruhrallee 19 · 45525 Hattingen  
 Tel.: 02324/594465 · Fax: 02324/594646  
 E-Mail: [iwb-mail@t-online.de](mailto:iwb-mail@t-online.de)  
[www.iwb-bochum.de](http://www.iwb-bochum.de)