

Welche Vorteile bringt ein ganzheitlicher Optimierungsansatz?

Dr.-Ing. Jörg Strunkheide

Institut Wasser und Boden e.V.,
Hattingen

1. Handlungsziele

Im letzten Jahrzehnt wurde in Deutschland mit fortschreitender Anlagentechnik ein hoher Entwicklungsstand der Kläranlagentechnologie erreicht [z.B. ATV-DVWK, 2003]. Aufgrund gesetzlicher Vorgaben und Betriebserfahrungen mit vorhandenen Kläranlagenkapazitäten sowie der sich intensivierenden Kostendiskussion [Coburg et al., 2003], [Helbig/Foltys-Schmidt, 2003] haben sich im Hinblick auf die Abwasserreinigung folgende Ziele als dominant herausgestellt:

- Stetige Verbesserung der Gewässerqualität
- Sichere Einhaltung der Kläranlagen-Ablaufgrenzwerte
- Verfahrenstechnische Optimierung der Kläranlagen
- Energie- und Kosteneinsparung.

Wegen der stetigen, jedoch regional zeitlich unterschiedlichen Ausbautätigkeit hat sich ein regional unterschiedlicher Innovationsstand eingestellt. Darüber hinaus führte die Inbetriebnahme neuer Anlagen zu bisher nicht bekannten Betriebserfahrungen. Beispielsweise traten durch die Umstellung des Belebtschlammprozesses auf die Prozessziele Stickstoff- und Phosphorelimination seit Anfang der 90er Jahre Stabilitätsprobleme durch Bildung fadenförmiger Bakterien (u.a. Microthrix) und damit auch Probleme bei der Einhaltung der Ablaufwerte der Kläranlage auf.

2. Ganzheitlicher Ansatz, Handlungsstrategien und Interdependenzen

In der nachfolgenden Abbildung sind die Komponenten (Gruppen) aufgeführt, die in ein ganzheitliches Konzept zu integrieren sind.

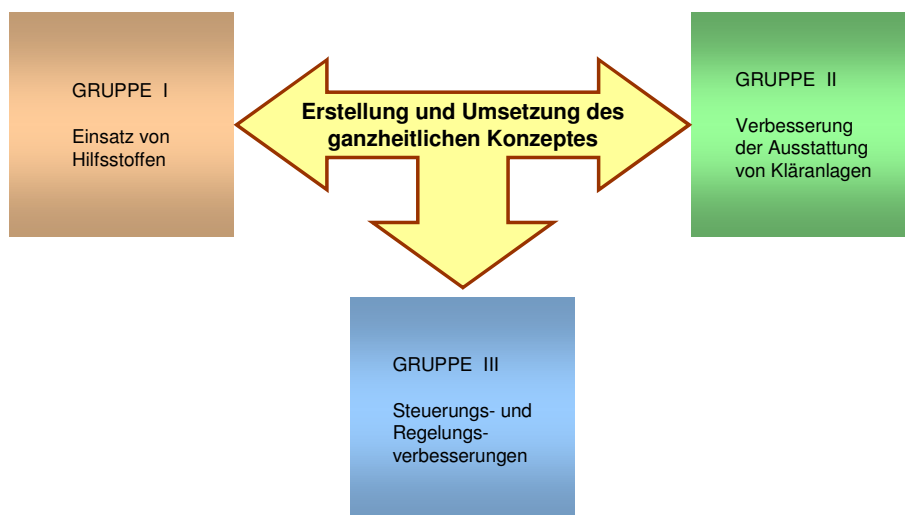


Bild 1: Komponenten eines ganzheitlichen Konzeptes

Gruppe I (Hilfsstoffe):

Auf der Suche nach Handlungsstrategien steht als eine Möglichkeit der Einsatz von Hilfsstoffen (Tenside, Folsäure, Enzyme, Kalk etc.) zur Unterstützung der Prozesstechnologie zur Verfügung. In unterschiedlichem Umfang kann die für die Abbauprozesse erforderliche aktive Biomasse erhöht werden. Die Senkung der Überschussschlammproduktion sowie des Schlammindex durch Hilfsstoffe ermöglicht die Anhebung des im Belebungsbecken eingestellten Schlammalters. Dies ermöglicht eine Prozessoptimierung. Durch eine gezielte Hilfsstoffzugabe ist man also in der Lage, Beckenvolumina bzw. Reaktionszeiten für andere biologische Prozesse (z.B. Denitrifikation oder biologische P-Elimination) zu gewinnen [Heimann, 2002], [Strunkheide, 2002, 2003, 2004, 2005], [IWB, 2006].

Für die Optimierung der Reststoffentstehung insgesamt und die zukünftige Entsorgungssicherheit der Reststoffe sind tragfähige Strategien zu entwickeln. Auch hier gilt es, zunächst den Markt der chemischen und biologischen Hilfsstoffe hinsichtlich einer Reduzierung der Reststoffe, im Besonderen des Klärschlammes, zu sondieren und damit verbundene Synergien zu beobachten und nützliche wie auch möglicherweise schädliche Nebenwirkungen herauszustellen.

Gruppe II (Ausstattung):

Die Ausstattung der Kläranlagen umfasst die baulichen und die maschinentechnischen Komponenten einschließlich der elektrotechnischen Ausrüstung. Wie bei den „Hilfsstoffen“ existieren auch hier eine Reihe von Ansatzpunkten für eine zweckmäßige Umsetzung der Innovationen:

Maßnahmen der Einführung neuer Technologien bei notwendigem Ersatzbedarf (z.B. Prüfung der Membrantechnologie, Maßnahmen auf der Kläranlage zur Annahme eines erhöhten Drosselabflusses im Sinne einer Gesamtbetrachtung, Einbauten in Nachklärbecken).

Maßnahmen der Einführung neuer Technologien bei Einsparmöglichkeiten, (z.B. Rückgewinnung von Energie im Belebungsprozess, Klärschlammdeintegration, Elektrokinetische Klärschlammbehandlung, alternative Verfahren zur Stickstoffelimination wie bspw. Deammonifikation).

Maßnahmen der Einführung neuer Technologien bei der Änderung von Vorschriften (z.B. der Entseuchung von Klärschlamm und Abwasser, Sandwäsche zur Reststoffverwertung, Elimination von Hormonen und Arzneimitteln, weitergehende Anforderungen an die Feststoff- sowie Nährstoffelimination).

Alle o.g. Maßnahmen werden sowohl unter den Aspekten der Leistungsverbesserung als auch unter denjenigen des Kosteneinsparpotenzials zu prüfen sein. In jedem Fall sind Sekundärauswirkungen (z.B. bauliche Ergänzungen, Interdependenzen zwischen Abwasser- und Schlammbehandlung u.a.m.) zu beachten.

Die Kläranlagen in Deutschland haben im Rahmen der Erfüllung der Wasserrahmenrichtlinie einen entsprechenden Ausrüstungsstand erreicht bzw. werden diesen in Kürze erreichen. Eine Änderung der Ausstattung kann sich also im Wesentlichen nur im Zuge einer Prozessoptimierung und damit verbundenen Einsparmöglichkeiten oder durch Erneuerungsbedarf ergeben. Der Erneuerungsbedarf ist, für die Bundesrepublik gesehen, zudem ein stetiger Prozess, da entsprechend dem Fertigstellungsdatum und der Lebensdauer von Anlagen bzw. Anlagenteilen Ersatzmaßnahmen anfallen werden. Möglicherweise werden solche An-

stöße aber auch durch Verschärfungen von Vorschriften in Gang gesetzt, was allerdings z.Zt. eher für die Schlammbehandlungstechnologie als für die Abwasserreinigung denkbar ist. Die Effektivität der biologischen Behandlung kann ggf. durch Membranstufen verbessert, teilweise erst ermöglicht werden. Die maschinelle Ausrüstung von Kläranlagen sollte ins Blickfeld gründlicher Analysen vor Ort gestellt werden. Sie steht im Zusammenhang mit der baulichen Konzeption, die bei Änderungen der Ausrüstung nicht immer angepasst wurde. Vielfach wurde bei (notwendiger) standardisierter Berücksichtigung der hydraulischen Verhältnisse - gemäß den geltenden Regeln der Technik - nicht das mögliche technische Optimum gefunden. An leidvolle Erfahrungen mit den aus Sparsamkeitsgründen zu flach konzipierten Absetzbecken nach dem alten ATV-Arbeitsblatt A 131 sei erinnert. Die Situation hat sich inzwischen deutlich verbessert. Es steckt hier jedoch in Abhängigkeit von örtlichen Verhältnissen noch ein Einsparpotenzial, welches bei dem Wirkungsgrad der Feststoffabtrennung und -führung Verbesserungen bringen kann.

Die Durchführung von Strömungssimulationen (räumliche Darstellung von Geschwindigkeitsvektoren) kann Defizite bei der Ausnutzung von Beckenvolumina aufzeigen, so dass dann entsprechende Lösungsansätze erarbeitet werden können (z.B. Veränderung von Ein- und Auslaufbereichen, Installation von Leitblechen etc.). Dies kann durchaus monetäre Konsequenzen haben, wenn es z.B. hierdurch gelingt, mit einfachen Maßnahmen, möglicherweise mit ohnehin erforderlichen Ersatzbeschaffungen für eine Reduzierung der Abwasserabgabe zu sorgen und damit eine kostenneutrale Leistungsverbesserung in Bezug auf das Gewässer herbeizuführen.

Im Sinne einer Gesamtbetrachtung von Kanalisation und Kläranlage (Verbundsteuerung) sind Maßnahmen zur Erhöhung des Drosselabflusses zur Kläranlage von großem Interesse. Diese können dazu dienen, die Gesamtemissionen aus dem Einzugsgebiet zu reduzieren; im Einzelfall sind auch Einsparpotenziale bei den Investitionskosten für Regenwasserbehandlungsmaßnahmen möglich. Die Erhöhung des Zuflusses bedingt in der Regel begleitende Maßnahmen auf der Kläranlage wie bspw. Einbauten in der Nachklärung zur Verbesserung der Strömungsbedingungen, angepasste MSR-Konzepte und ggf. der Einsatz von speziellen Hilfsstoffen zur Verbesserung der Absetzeigenschaften des Schlammes. Durch den Einsatz von Membranen können diese Maßnahmen ggf. entfallen.

Gruppe III (Steuerungs- und Regelungsverbesserungen):

Auch durch Modifikation der MSR-Technik sollte es möglich sein, Kläranlagenablaufwerte deutlich zu verbessern, Energie und somit Kosten im Betrieb der Belebungsanlage einzusparen. Zum Thema Energieeinsparung in Kläranlagen kann das vom MUNLV in NRW bereits erstellte Handbuch „Energie in Kläranlagen“ (1999) hilfreich sein. Dieses Handbuch vermittelt eine praktische Anleitung zu einer systematischen und effizienten Vorgehensweise zur Energieoptimierung auf den Kläranlagen und ist ein praktisches Nachschlagewerk zur Verfahrenstechnik, Elektrotechnik, Maschinentechnik und Energiebereitstellung. Großes Gewicht wird dabei auf wirtschaftliche Fragen gelegt, welche bezogen auf den Zeitpunkt der Handbucharstellung heute schon fortgeschrieben werden können.

Es wird deutlich, dass im komplexen System der Kläranlage die ablaufenden Prozesse ineinander greifen und nicht unabhängig voneinander ablaufen. Eine Hilfsstoffdosierung beispielsweise ist trotz der erzielbaren positiven Effekte häufig nur wirtschaftlich, wenn die gewonnenen Ressourcen konsequent genutzt werden, auch wenn dafür weitere Optimierungsschritte notwendig werden. Die Kombination von Hilfsstoffen oder Ausstattungsverbesserungen verdienen hierbei ein besonderes Augenmerk. Dies gilt in gleicher Weise für die anderen aufgezeigten Innovations- und Einsparpotenziale. Eine Anleitung zur Entwicklung einer ortsbezogenen ganzheitlichen Strategie zur Ermittlung des Innovations- und Einsparpotenzials bei kommunalen Kläranlagen zur Abstimmung der denkbaren technischen Maßnahmen zur

Erfüllung der Anforderungen existiert bisher nicht. Auch eine weiterführende dynamische Optimierung des Gesamtsystems im Sinne von Variantenuntersuchungen unter Kombination von Einzelmaßnahmen und unter Berücksichtigung zeitlicher Entwicklungen ist nicht vorhanden und muss gesucht werden.

In den letzten Jahren sind auf der Kläranlage Moosburg bereits einige Komponenten des **ganzheitlichen Optimierungsansatzes** realisiert worden:



Bild 1: Realisierte innovative Technologien bei der Kläranlage Moosburg

3. Verdeutlichung der Strategischen Umsetzung der Ganzheitlichen Optimierungsansätze am Beispiel des Schlammbehandlungsprozesses der Kläranlage Moosburg a. d. Isar

Methodisch sollte stets in zwei Schritten vorgegangen werden:

1. Schritt: Freischalten von Kapazitäten
2. Schritt: Nutzung der freigewordenen Kapazitäten

Fallbeispiel: Freischalten von Kapazitäten im Schlammbehandlungsprozess der Kläranlage Moosburg a.d. Isar durch Einsatz eines Enzym-Hilfsstoffes (Gruppe I) (1. Schritt)

Mit einer Ausbaugröße von 40.000 EW ist diese Kläranlage mit einem Faulbehälter mit einem Volumen von 2.400 m³ ausgestattet. Die Dimensionierung dieser Anaerobstufe erscheint zur Vergärung des anfallenden Klärschlamm-s mehr als ausreichend, wie die nachfolgend aufgeführten spezifischen Kenn-daten der Schlammfaulung der KA Moosburg (Ausgangswerte) zeigen:

Volumen Faulbehälter:	1 x 2.400 m ³
Durchschnittliche Rohschlamm-menge zur Faulung:	65 m ³ /d
Durchschnittliche Aufenthaltszeit:	ca. 37 Tage
Durchschnittliche Raumbelastung (BR,OTR):	0,6 - 0,7 kg / (m ³ ·d)
TS- Abbaugrad	31 %
oTS- Abbaugrad	50,5 %

Auf den ersten Blick erscheinen diese Kenndaten großzügig und veranlassen nicht zwingend zu Handlungen, die Abbauleistung unter Anwendung enzymatischer Biokatalyse diese weiter verbessern zu wollen. Insbesondere auch deshalb nicht, da wenige Monate zuvor bereits - mit einem anderen Anbieter von Enzympräparaten - erfolglos Versuche zur Verbesserung der Faulung und Erhöhung der Gasausbeute unternommen wurden. Letztlich ausschlaggebend für die Zusammenarbeit mit EUROZYMES BIOTEC GmbH aus Leverkusen war einerseits die Referenzsituation, die eingehend geprüft wurde, aber auch das Bestreben der Kläranlage Moosburg GmbH, durch die Annahme von Fremdschlämmen und gering überwachungsbedürftigen Abfällen die Gasproduktion deutlich erhöhen zu wollen. Hierfür wurde ein umfassendes Gesamtkonzept erstellt, wobei das Enzymstufenpräparat Celluform zusätzliche Kapazitäten der Anaerobstufe freisetzen sollte. Am 19. Januar 2005 begann die Dosierung des Enzymstufenpräparates, welches mittels einer Schleuse in die Rohschlammbeschickungsleitung eingebracht wurde (Bild 2). Die Dosiermenge erfolgt nach Herstellerangabe.



Bild 2: Celluform-Dosierstelle (Rohschlammbeschickungsleitung)

Wie Bild 3 zeigt, ist die Abbauleistung, ausgehend von 31 % TS- Abbau gleichförmig angestiegen und konsolidiert zuletzt bei 55 % Trockensubstanzabbau. Der plötzliche Einbruch im August/ September 2005 ist eine Folge des seinerzeitigen Hochwassers.

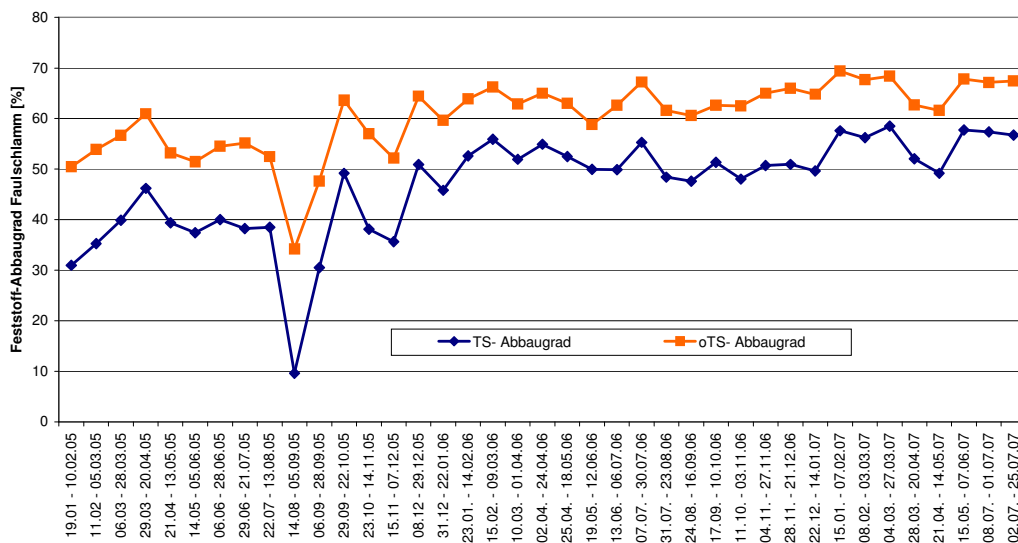


Bild 3: Entwicklung des Abbaugrades bei der KA Moosburg infolge Celluform

Annahme von Co-Substraten (2. Schritt)

Zwischenzeitlich wurden in der Kläranlage Moosburg technische Einrichtungen zur Lagerung und Einspeisung der CO-Substrate geschaffen und ein Genehmigungsverfahren zur Annahme und Vergärung von nicht besonders überwachungsbedürftigen Abfällen beim Landratsamt Landshut erfolgreich durchgeführt (Tabelle 1). Ab November 2005 erfolgte die regelmäßige Annahme von Bioabfällen und Co-Substraten (Bild 4).

Die Belastung des Faulbehälters wurde unter sorgfältiger Beobachtung der Betriebsparameter wie organische Säuren, Ammoniumkonzentration und TS-Abbaugrad langsam gesteigert. Dabei zeigte sich, dass durch den Einsatz von Celluform die Abbauleistung und die Prozessstabilität erhalten blieb, obwohl die Raumbelastung zeitweise vervierfacht und die durchschnittliche Schlammmenge zur Faulung auf 95 m³/Faulzeit angehoben wurde, wodurch die durchschnittliche Faulzeit von 37 auf 25 Tage verringert wurde.



Bild 4: Annahmestation für die Co-Substrate

Tabelle 1: Liste der genehmigten Co- Substrate

Verwertungsnummer	Bezeichnung
02 02 04	Schlämme aus betriebseigener Kläranlage
02 05 99	Abfälle aus der Milchindustrie
02 07 02	Abfälle aus der Alkoholdestillation
07 06 99	Abfälle aus der Kosmetikherstellung
19 06 06	Klärschlamm aus der anaeroben Behandlung von pflanzlichen und tierischen Abfällen
20 01 08	Biologisch abbaubare Küchen- und Kantenabfälle

Bild 5 zeigt die Entwicklung der täglichen Biogasproduktion infolge Celluferm mit der Annahme von Co-Substraten. Die auf diese Weise im BHKW zusätzlich bereitgestellte Energie kann zur Trocknung des entwässerten Schlammes genutzt werden und verbessert die Wirtschaftlichkeit des Trocknungsprozesses. Ebenso sind günstige Voraussetzungen geschaffen worden, um eine zusätzliche Karbonat-Brennstoffzelle zur Verwertung des erhöhten Biogasanfalls in den Kläranlagenprozess zu integrieren.

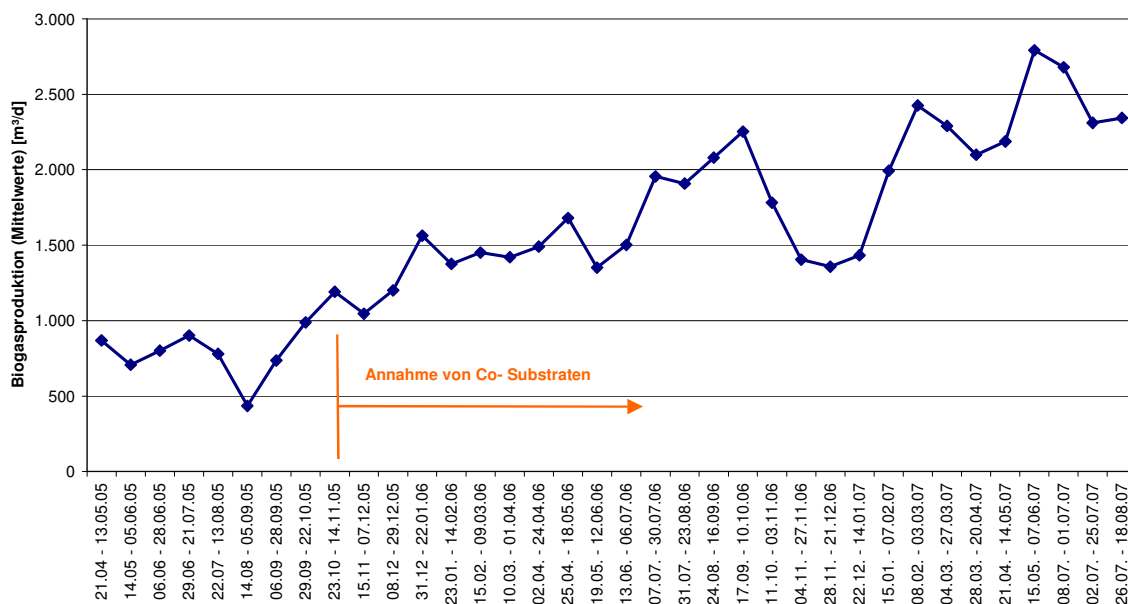


Bild 5: Entwicklung der täglichen Biogasproduktion infolge Cellufarm mit Annahme von Co-Substraten

Durch die Kläranlage Moosburg wurde das Gemeinnützige Institut Wasser und Boden e.V. (IWB) in Hattingen beauftragt, in einem Gutachten die Wirtschaftlichkeit aller in Moosburg eingesetzten Hilfsstoffe und technische Neuerungen zu bewerten [IWB, 2007]. Die Gesamtwirtschaftlichkeit stellte sich demnach wie folgt dar:

Tabelle 2: Erwirtschafteter Gesamtbetrag durch die Einführung der innovativen Technologien in den Gruppen I bis III

Innovative Technologien	Erträge [€/a] brutto
Hilfsstoffe (Gruppe I)	
LIPISOL (Fa. Bioserve GmbH)	2.373
CELLUFERM (Fa. Eurozymes Biotec GmbH)	157.547
Bioabfälle	93.421
Ext. Klärschlämme	94.225
Ausstattung (Gruppe II)	
Elektrophosphat-Fällung (Fa. Europhat)	3.315
INNOFILT (Fa. Innovum)	4.300
Trocknung (Fa. Binder)	75.206
Steuerungs- und Regelungsverbesserungen (Gruppe III)	
Aqualogic-System (Fa. Passavant Intech)	20.000
Wirtschaftlicher Ertrag insgesamt	450.387

4. Literatur:

- ATV-DVWK (2003) ATV-DVWK: Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen 2002, KA Heft 10/2003, S. 1268 ff
- Burbaum et al. (2002) Burbaum, H.; Dickmann, T.; Kéry, K.; Pascik, I.; Radermacher, H.: Biokatalytische Verbesserung der Klärschlammfäulung durch Enzyme, KA Heft 8/2002, S. 1110 ff
- Coburg et al. (2003) Coburg, R.C.; Stadtfeld, R.; Oehmichen, U.; Lohaus, J.; Willms, M.: Marktdaten Abwasser 2002 – Ergebnisse der gemeinsamen Umfrage zur Abwasserentsorgung der ATV-DVWK und des BGW, KA Heft 4/2003, S. 491 ff
- Heimann (2002) Heimann, M.: Leistungserhöhung der Kläranlage senkt Betriebskosten, wwt/awt Heft 5/2002, S. 26 ff
- IWB (1998) IWB: Einsatz von Hilfsstoffen zur Abwasserreinigung auf kommunalen Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen, ATV-Schriftenreihe Nr. 13, Dezember 1998
- IWB (2006) IWB: Leitfaden „Einsatz von biologischen/chemischen Hilfsstoffen zur Leistungssteigerung und Kostenreduktion bei Kläranlagen“, im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz (Rheinland-Pfalz), November 2006
- IWB (2007) IWB: Gutachten über einen ganzheitlichen Optimierungsansatz zur Leistungssteigerung der Abwasserbehandlung bei gleichzeitiger Kosteneinsparung am Beispiel der Kläranlage Moosburg a. d. Isar, Januar 2007
- Strunkheide (2002) Strunkheide, J.: Einsatz von Tensiden zur Überschussschlammreduzierung und Energieeinsparung bei Belebungsanlagen, Vortrag im Rahmen des Wasserbaukolloquiums an der Universität Siegen, Siegen 12.07.2002
- Strunkheide (2003) Strunkheide, J.: Überschussschlammreduzierung durch Tenside bei kommunalen und industriellen Kläranlagen, wwt mit awt, Heft 12/ 2003, S. 34-41
- Strunkheide (2004a) Strunkheide, J.: Einsatz des SINCERUS-ECA-Verfahrens zur Desinfektion von gewaschenen Sanden, wwt mit awt, Heft 3, 2004, S. 29-32
- Strunkheide (2004b) Strunkheide, J.: Stabilisierte Folsäure reduziert Schlamm, wwt/awt Heft 6/2004, S. 10-17
- Strunkheide (2005) Strunkheide, J.: Leistungssteigerung bei Kosteneinsparung – Ganzheitlicher Ansatz, wwt mit awt, Heft 1-2, 2005, S. 10-15
- Strunkheide, Seibert (2005) Strunkheide, J.; Seibert, M.: Biokatalysierte Schlammfäulung, wwt, Heft 10, 2005, S. 23-26
- Strunkheide (2007) Strunkheide, J.: Einsatz biologisch-chemischer Hilfsstoffe, wwt, Heft 9/2007, S. 54-58

