KONTINUIERLICHE ERMITTLUNG DER ABBAULEISTUNG ZUR STEUERUNG DER KA WESTERLAND MITTELS FUZZY-LOGIK

BODO BALZER

ZUSAMMENFASSUNG

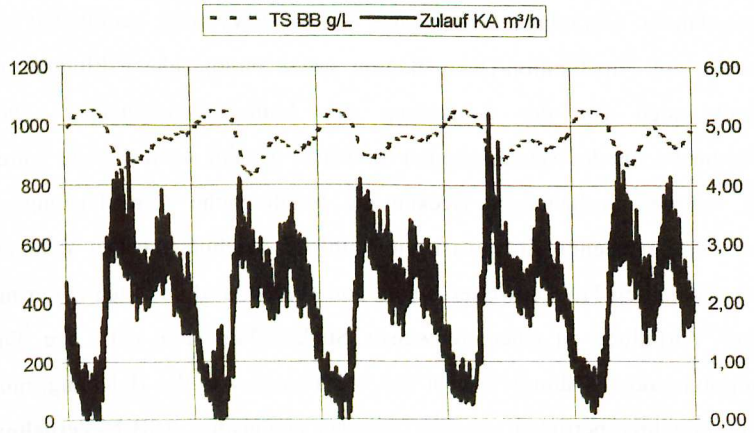
Mit einer UV-Tauchsonde wird die CSB- bzw. BSB-Konzentration im Ablauf der Vorklärung näherungsweise bestimmt. Über die Fracht und die Belebtschlamm-Gesamtmenge kann die momentane CSB- bezw. BSB-Schlammbelastung ermittelt werden. Eine Begrenzung der Zulauffracht zur Belebung erfolgt durch PC-gesteuerte Vorfällung und ermöglicht einen teilweisen Stickstoffabbau auch in einer zeitweise hochbelasteten oder im Umbau befindlichen Kläranlage. Die erzielte Stickstoffabbauleistung wird kontinuierlich erfaßt und beeinflußt die Vorfällung über eine „Lernfähigkeit" des Steuerungsprogramms.

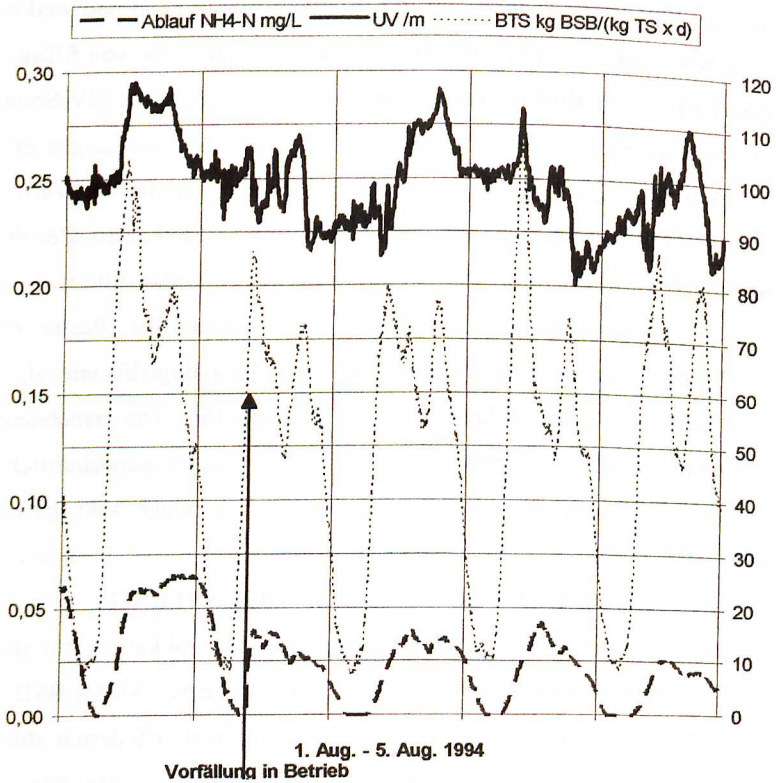
AUSGANGSSITUATION AUF DER KA WESTERLAND/SYLT

Die Westerländer Kläranlage (im Sommer 80.000 EW) steht unmittelbar vor dem Ausbau auf Nitrifikation/Denitrifkation sowie biologische P-Elimination. Da jedoch auch vor der Anpassung des Einleitungsbescheides schon Abwasserabgabe für die Schadeinheiten Stickstoff gezahlt werden muß, wurde versucht, mit den vorhandenen Becken die bestmögliche Abbauleistung zu erreichen. Die bestehende Anlage ist mit 3.500 m³ Belebungsbecken-Volumen bei einem maximalen Trockenwetter-Zulauf von 10.000 m³/d im Sommer nur mit Hilfe einer Vorfällung zu einem teilweisen Stickstoffabbau in der Lage. Die Vorfällung mit sauren Fällmitteln hebt das Schlammalter in der Belebung, muß aber sehr vorsichtig betrieben werden, um das ungünstige BSB/N-Verhältnis

und den durch geringe Pufferkapazität des Abwassers niedrigen pH-Wert in der Belebung nicht zu weit absinken zu lassen. Zur besseren Überwachung der Vorfällung wird die Dr. Lange UV-Sonde eingesetzt. Die Belebung I mit 2400 m^3 beinhaltet eine durch eine Bretterwand nachträglich abgetrennte Denitrifikationszone von 800 m^3. Die nachgeschaltet betriebene Belebung II ist ein mit Mammutrotoren belüfteter Umlaufgraben und erhält einen zulaufabhängigen Anteil der Abwassermenge aus der Vorklärung. Die ebenfalls provisorische Rezirkulation des Nitrats über die Rücklaufschlammschnecke bzw. Rücklaufschlammleitung reicht nur in den hydraulisch geringer belasteten Tageszeiten aus. Daher wird in der Belebung II die Belüftung über eine Kombination aus Redoxpotential, Nitrat und Ammonium so gesteuert, daß bei bestmöglichem Ammoniumabbau eine für die Nachklärung kritische Nitratkonzentration nicht überschritten wird. Bei geringerem Ammoniumgehalt wird das Gleichgewicht in Richtung Denitrifikation verschoben.

Die nachfolgenden Diagramme zeigen die Zeit vom 1.8. - 5.8.94:





Die Vorfällung war in der Zeit vor dem 2. August 1994 aus betrieblichen Gründen außer Betrieb, daher wird die Wirkung in oben gezeigtem Diagramm besonders deutlich.

ZUSAMMENHANG DER UV-ABSORPTION MIT CSB UND BSB

Die Dr. Lange UV-Sonde wurde im Ablaufgerinne der Vorklärung installiert, um die Belastung der biologischen Stufe erfassen zu können. Die Korrelation mit CSB-Messungen (Küvettentest Dr. Lange) war mit $r > 0,9$ gut. Der Vergleich mit manometrischen BSB-Messungen war unbefriedigend, weil diese

Messung an sich sehr starke Schwankungen bei Parallelproben zeigt und weil im Gegensatz zu Kurzzeitmessungen von wenigen Minuten in der Zeit von 5 Tagen auch größere Partikel verarbeitet werden, die aber wiederum von der UV-Sonde „herausgerechnet" werden. Die Dr. Lange ARAS BSB-Messung zeigte eine gute Korrelation ($r > 0{,}9$) mit den von der UV-Sonde gelieferten Werten, außerdem ermöglicht sie eine schnelle Erfassung mehrerer Meßwerte. Bei den Vergleichen von UV-Absorption zu CSB und besonders zu BSB sollte bedacht werden, daß diese nur zur Gegenüberstellung der errechneten Werte mit bekannten Werten dienen und um keine neuen unsinnigen Begriffe wie „UV-Abs.-Fracht" oder „UV-Abs.-Schlammbelastung" zu schaffen. Die errechneten Werte entsprechen sicher nicht den Anforderungen wissenschaftlicher Untersuchungen, sind aber für die Praxis auf einer Kläranlage sehr gut zu gebrauchen.

FRACHTBERECHNUNG UND BSB-SCHLAMMBELASTUNG

Der von der UV-Sonde gelieferte Wert wird durch Multiplikation mit dem Faktor CSB/UV zum momentanen CSB-Wert in mg/L bezw. ARAS-BSB in mg/L umgerechnet. Die dazugehörigen Frachten erhält man wiederum durch Multiplikation mit dem vom Zulauf-IDM geliefertem Wert. Da für die Beurteilung der Belastung der Belebung aber nicht nur die Zulauffracht, sondern auch die momentan zur Verfügung stehende Gesamtmenge an Belebtschlamm (TS-Sonden-Messung x Beckenvolumen) wichtig ist, wird die Fracht durch diese geteilt. Hierdurch wird eine on line Darstellung der BSB-Schlammbelastung ermöglicht. Um mit Literaturwerten vergleichen zu können wird der aus dem Zulauf in m^3/h errechnete Wert mit 24h/d multipliziert.

$$\text{BSB-Schlammbelastung } B_{TS} = \frac{\text{UV-Abs. x (ARAS-BSB/UV-Abs.) x Zulauf x 24h}}{TS_{BB} \text{ x } \text{Volumen}_{BB} \text{ x d}}$$

Mit dieser Information kann entweder durch Veränderung der Belebungs-Zulauffracht (Speicherung bzw. Vorfällung) oder durch Veränderung der Belebtschlamm-Konzentration (Stabilisierungsanlagen) die Abbauleistung der Kläranlage beeinflußt werden.

ABSCHÄTZUNG DER ÜBERSCHUSSSCHLAMMPRODUKTION

Wie die von der Belebung zu verarbeitende BSB-Fracht die Überschußschlammproduktion und damit das für den Stickstoffabbau wichtige Schlammalter verändert, ist aus den folgenden Daten zu ersehen:

Berechnung der Überschußschlamm-Produktion in m³/d:

$Q_{ÜS}$ = Tageszulauf x UV-Absorpt. x (ARAS-BSB/UV) x (ÜS/BSB) / $TS_{ÜS}$

Zulauf m³/d	9500	8100	7000	6500
UV-Abs. /m	104	99	88	74
BSB / UV	2,1	2,1	2,1	2,1
BSB kg/d	2075	1684	1294	1010
kg ÜS / kg BSB	0,8	0,8	0,8	0,8
$TS_{ÜS}$ g/L	7	7	6	6
$Q_{ÜS}$ gerechnet m³/d	237	192	172	135
$Q_{ÜS}$ gemessen m³/d	226	199	180	140
Abweichung %	5%	-3%	-4%	-4%
Schlammalter d	11	13	17	22

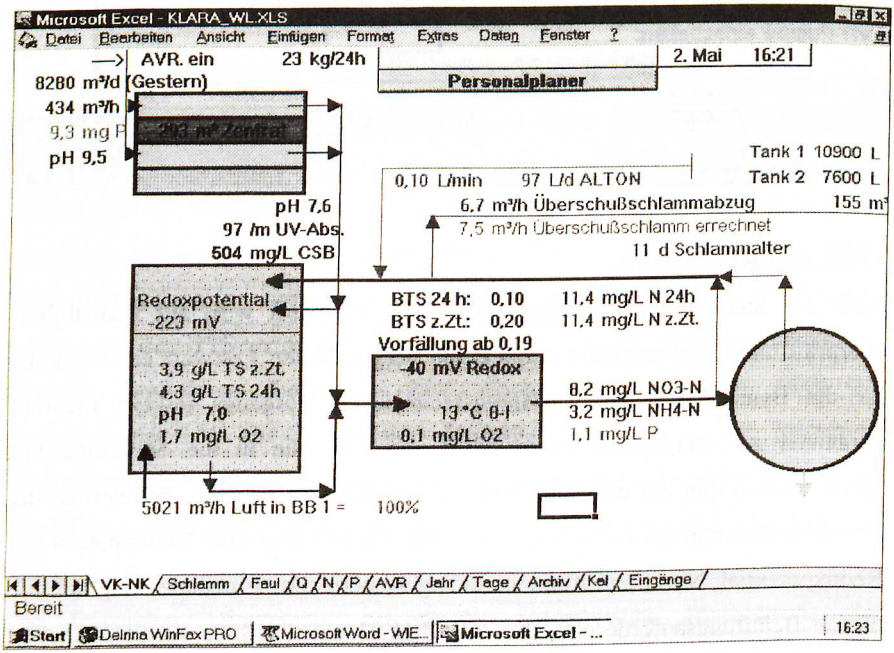
Die Überschußschlammproduktion wurde bei den o.g. Beispielen über die ARAS-BSB-Fracht im Ablauf einer gut funktionierenden Vorklärung errechnet. Bei stark schwankenden Feststoffanteil oder nicht vorhandener Vorklärung muß die in die Belebung eingetragene Trockensubstanz mit berücksichtigt werden

(z.B. durch zusätzliche TS-Messung). Der berechnete Wert wird in dem Fließbild der Kläranlage mit dargestellt und ist neben dem 24h Mittelwert der absoluten TS-Konzentration in der Belebung eine Information zur Einstellung des Überschußschlammabzugs.

MESSWERTERFASSUNG UND STEUERUNG MIT DEM PC

Die 0-20 bezw. 4-20 mA Ausgangssignale der Meßgeräte standen direkt über die von PÜSCHNER Systemtechnik gelieferte Hardware und das dazugehörige WINDOWS-Programm ADMAN als WINDOWS-DDE-Verbindungen zur Verarbeitung in geeigneten WINDOWS-Anwendungen zur Verfügung. Viele Firmen bieten mittlerweile auch DDE-Treiber-Programme zur direkten Kommunikation mit einer SPS an. Auf dem Klärwerk Westerland werden die Werte in MS EXCEL weiterverarbeitet, da dieses bekannte Tabellenkalkulationsprogramm alle benötigten Werkzeuge wie Funktionen, Zeicheninstrumente, Diagrammerstellung, usw. schon beinhaltet und nur noch auf die Anforderungen des Anwenders angepaßt werden muß. Ein selbstentwickeltes EXCEL-Makroprogramm stellt die Meßwerte in Fließbildern dar, zeichnet Ganglinien der letzten 24 h, gibt automatisch Kommentare und Warnmeldungen zu vorher definierten Werten und deren Wechselwirkungen. Dadurch werden Entscheidungshilfen z.B. für die Wochenendbereitschaft bereitgestellt. Außerdem werden die Meßwerte in übersichtlicher Tabellenform zur Berechnung von Steuersignalen verwendet, wobei in EXCEL durch den Aufbau als Tabellenkalkulation sehr viele Möglichkeiten bestehen, wie z.B. das Einbeziehen des Mittelwertes der letzten 24 h als automatische Erfolgskontrolle („Lernfähigkeit") oder die Einbeziehung von durch den Prozeß indirekt beeinflußter Parameter. Bei der Berechnung können logische Verknüpfungen (wenn-dann, und/oder) sowie Verweistabellen sehr gut realisiert werden. Der

Aufbau erfolgt in einzelnen Arbeitsblättern, die in einer Arbeitsmappe zusammengefaßt werden, so daß leicht über Mausbedienung zwischen den einzelnen Informationseinheiten gewechselt werden kann. Zur Zeit nicht benötigte Blätter wie z.B. Steuerungsmasken oder Archivierungseinheiten und Programmblätter werden im Normalbetrieb ausgeblendet. Thematisch zusammengehörende Parameter werden in der gleichen Farbe dargestellt, Warnmeldungen erscheinen rot, um einen schnellen Überblick zu erhalten.



Microsoft Excel - KLARA_WL.XLS

Datei Bearbeiten Ansicht Einfügen Format Extras Daten Fenster ?

Steuerung AVR-Vorfällung

Vorfällung ab BSB-Schlammbelastung von **0,19**

	Meßwert	Prüfung	Festwert	Steuerung	µ
Zulauf m³/h 15min-Mittel	508	508		508	
UV-Absorption /m	97,00	97,00		97	
BSB-Schlammbelastung	0,20	0,20		0,20	1,00
NH4-N jetzt	3,21	3,21		3,21	
NO3-N jetzt	8,18	8,18		8,18	
Ges. N jetzt		11,39		11,39	0,38
24h Mittel Ges.N	11,42	11,42		11,42	0,46

Automatische Ein-/Ausschaltung

"Hand"-Betrieb: Pumpe wird nicht automatisch ein-/ausgeschaltet

AVR-Pumpe einschalten: [ ] **ein=1** 0,00

Signal für Ansteuerung der AVR-Schnecke im Silo: 908,333333 1,00

VK-NK / Schlamm / Faul / Q / N / P / AVR / Jahr / Tage / Archiv / Kal / Eingänge

Bereit NUM

Start | Deinna WinFax PRO | Microsoft Word - WIE... | Microsoft Excel - ... | 16:14

FEHLERERKENNUNG

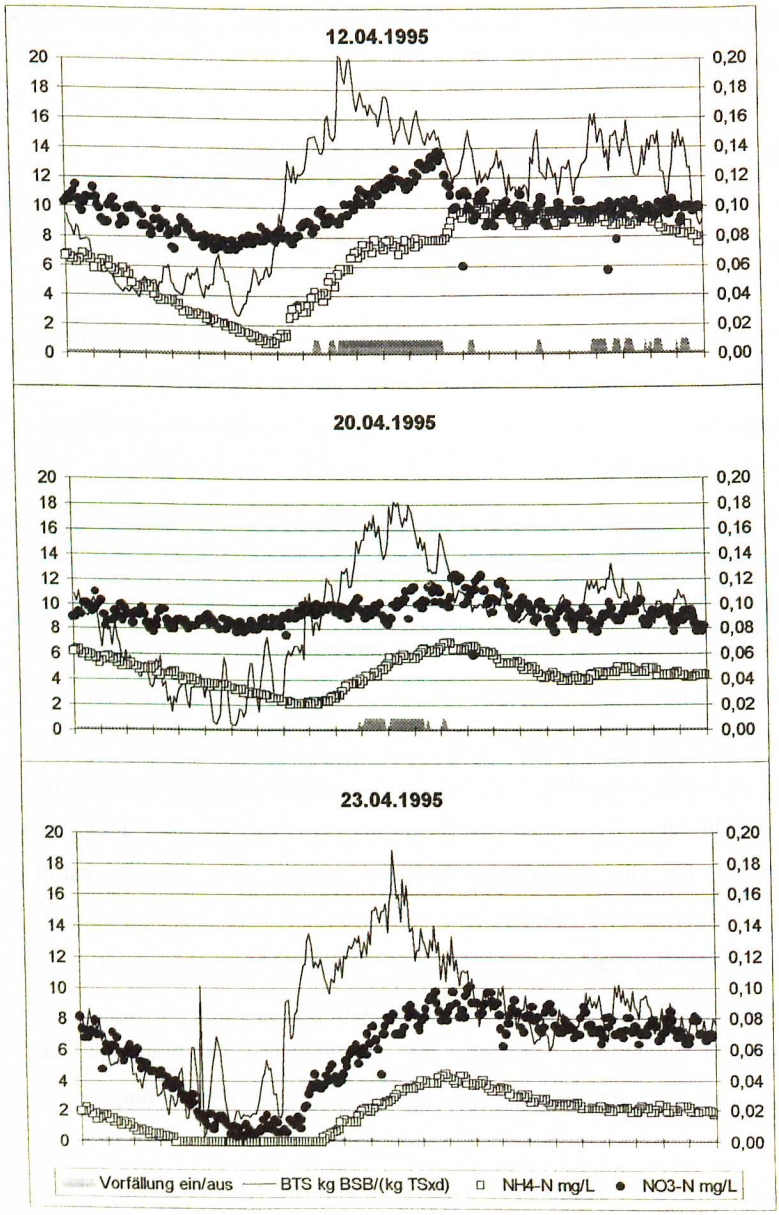
Jeder zur Steuerung der Anlage verwendete Meßwert wird auf Plausibilität überprüft und gegebenenfalls durch einen vorgegebenen Festwert ersetzt. Falls für die Beurteilung eines verfahrenstechnischen Vorgangs jeweils mehrere Parameter zur Verfügung stehen, wird versucht, alle in die Steuerung mit einzubeziehen, um ein möglichst gutes Gesamtbild zu erzielen. So werden die Mammutrotoren in der nachgeschalteten Belebung II über eine Kombination aus Redoxpotential, Nitrat und Ammonium angesteuert. Jede Einzelmessung hat ihre eigene Belüftungsanforderung, die zu einem Gesamtergebnis zusammengefügt werden. Der Vorteil besteht darin, daß bei einem „Weglaufen“ einer Messung

die anderen das Ergebnis so beeinflussen, daß vorübergehend immer noch zufriedenstellend gesteuert werden kann.

STEUERUNGSKONZEPTE AUF DER KA Westerland

Die Vorfällung wurde anfangs über die Zulaufmenge so gesteuert, daß ab einer bestimmten Wassermenge mengenproportional Fällmittel zugegeben wurde. Der Nachteil besteht darin, daß die Ausdünnung durch Regenwasser oder Fremdwasser nicht automatisch erkannt wird und eine unnötige Fällmittelzugabe den pH-Wert in der Belebung absenkt sowie den ohnehin zu geringen BSB weiter reduziert. Durch den Einsatz der UV-Sonde im Ablauf der Vorklärung wurde die Ablaufkonzentration on line kontrollierbar. Der sehr stark schwankende Tageszulauf und die bisher fehlende Zulaufspeicher-Pufferung bewirken, daß in der Zeit der größten BSB-Belastung die geringste Menge an Bakterien zur Verfügung steht (Ausdünnung Belebtschlamm-TS). Um auch diesen Einfluß mit zu erfasssen, wird die momentane BSB-Schlammbelastung errechnet, deren Ganglinie wiederum sehr deutlich den Verlauf der Ammonium-Ablaufkonzentration „vorhersagt". Der für den Stickstoffabbau kritische Grenzwert der BTS verändert sich mit der Temperatur in der Belebung und anderen Einflüssen. Deswegen wird dieser Grenzwert, der auch den Einschaltpunkt für die Vorfällung darstellt, ständig über die Stickstoff-Ablaufwerte (anorganisch gesamt) neu errechnet. So wird erreicht, daß die Vorfällung rechtzeitig genug einsetzt und andererseits nicht unnötig bei steigender Bakterienaktivität Fällmittel zugegeben wird.

Die folgenden Diagramme zeigen die automatische Reduzierung der Vorfällungsdauer über die Kontrolle der Gesamtstickstoff-Abbauleistung:


12.04.1995
20.04.1995
23.04.1995
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
0,20
0,18
0,16
0,14
0,12
0,10
0,08
0,06
0,04
0,02
0,00
Vorfällung ein/aus
BTS kg BSB/(kg TSxd)
NH4-N mg/L
NO3-N mg/L

LERNFÄHIGKEIT DES SYSTEMS

Die ständige Kontrolle der erreichten Abbauleistung und deren Rückwirkung auf die Steuerungsvorgänge ist für ein optimales Reinigungsergebnis sehr wichtig. Ähnlich der oben beschriebenen Vorfällung wird auch die Phosphat-Simultanfällung auf der KA Westerland betrieben: die Ansteuerung der Fällmittelpumpen erfolgt über die Phosphatfracht im Zulauf multipliziert mit der momentanen und dem 24 h Mittelwert der Phosphatkonzentration im Zulauf zur Nachklärung. So wird z. B. der zum Sommer hin ansteigende Anteil der biologischen Phosphatentfernung automatisch vom System erkannt.

ÜBERTRAGBARKEIT AUF ANDERE ANWENDUNGEN

Die kontinuierliche Bestimmung der Schlammbelastung als eine der wichtigsten Kenngrößen macht nicht nur bei hochbelasteten Kläranlagen im Zusammenhang mit einer Vorfällung Sinn. Die Bewirtschaftung eines Zulaufspeichers bzw. Zentratspeichers kann z.B. mit nach ähnlichem Konzept erfolgen. Nicht nur die Vermeidung einer momentan zu hohen Schlammbelastung wie oben beschrieben, sondern auch das Überwachen einer niedrigen B_{TS}, wie sie in Stabilisierunganlagen zu finden ist. In diesen Anlagen kann über das Verändern der Belebtschlammkonzentration die richtige Schlammbelastung eingestellt werden und negative Folgen durch eine Unterbelastung vermieden werden. Da die benötigten Geräte wie Zulaufmengenmessung, UV-Sonde und TS-Sonde alle direkt ohne Probenvorbereitung messen, ist die Bestimmung zudem sehr wartungsarm und damit wenig personalaufwendig.

ANSCHRIFT DES VERFASSERS:

Bodo Balzer

ENERGIEVERSORGUNG SYLT
Stadtwerke Westerland GmbH
Abteilung Abwasser
Postfach 1880

D 25962 Westerland/Sylt

Der Verfasser ist als Abwassermeister auf der KA Westerland tätig.