

Vergleichende Untersuchungen des SAK zum CSB auf der Versuchsanlage Hannover-Gümmerwald

C.F. Seyfried, B. Wiebusch

1. EINFÜHRUNG

Eine wirtschaftliche und zugleich effektive Abwasserreinigung ist bei größeren Anlagen heutzutage ohne Steuer- und Regelungstechnik undenkbar. Grundlegender Baustein dieser Technik sind Online-Analysatoren, die an verschiedenen Meßstellen auf Kläranlagen abwasserrelevante Parameter, wie z.B. CSB, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ oder $\text{PO}_4\text{-P}$, kontinuierlich erfassen und damit die Daten für eine Steuerung der Anlage liefern. Die Anforderungen an solche Online-Analysatoren sind hoch. Die Probenvorbereitung soll einen geringen Aufwand erfordern und der Chemikalienverbrauch soll gering sein. Der Wartungs- und Reinigungsaufwand wie der apparative Aufwand sollen möglichst einfach sein.

Eine apparativ äußerst einfache Sonde zur Bestimmung der organischen Belastung im Zu- und Ablauf von Kläranlagen hat die Firma Dr. Lange entwickelt. Die Funktionsweise der Sonde beruht auf der Tatsache, daß ein Großteil der im Abwasser gelösten organischen Stoffe eine spezifische Absorption von UV-Strahlen mit einer Wellenlänge von 254 Nanometer (nm) aufweist. Bei der Messung der UV-Absorption wird nach DIN 38404 der spektrale Absorptionskoeffizient (SAK) bestimmt.

Im Rahmen der Zusammenarbeit zwischen ISAH und Dr. Lange wurde diese Sonde an zwei Meßstellen auf der Versuchskläranlage Gümmerwald eingesetzt und vergleichende CSB-Messungen mit dem DIN-Verfahren und mit Dr.-Lange CSB-Küvetten vorgenommen. Die Erfahrungen mit diesem Gerät werden hiermit vorgestellt.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1 Beschreibung der Versuchsanlage Gümmerwald

Die mit $2 \times 64 \text{ m}^3$ Belebungsbeckenvolumen relativ große Versuchskläranlage Gümmerwald wird vom ISAH zusammen mit dem Ingenieurbüro aqua consult im Auftrag der Stadt Hannover betrieben. Ziel des Betriebes sind fundiertere Erkenntnisse

zur weitergehenden Abwasserreinigung (Nährstoffelimination) und zur Schlammstruktur für die Erweiterung der Großanlage.

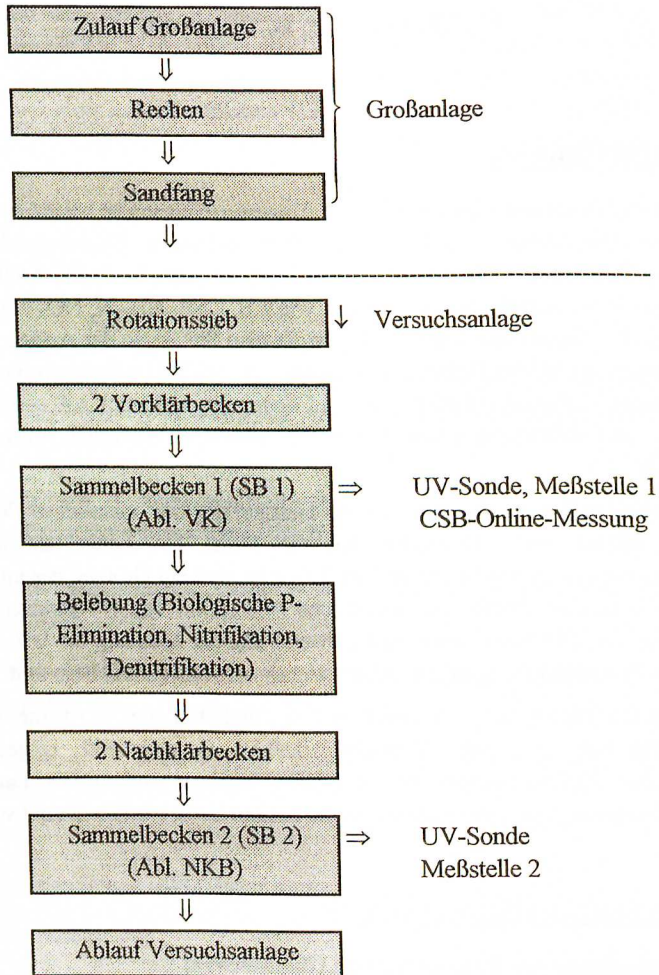


Bild 1: Ablaufschema der Versuchskläranlage Gümmerwald mit Kennzeichnung der Meßstellen für den Einsatz der Prozeß-UV-Sonde

Die einzelnen Verfahrensschritte sind in Bild 1 dargestellt. Es wird das Belebungsverfahren mit Nitrifikation, Denitrifikation und Biologischer P-Elimination angewandt. Der erste Einsatzort der Sonde war das Sammelbecken 1 der Versuchsanlage, das mit dem Ablauf der vertikal durchströmten Vorklärbecken beschickt wird und als Vorlage für die zwei Versuchsstraßen dient. Das Sammelbecken 1 wird von einem Paddelrührer durchmischt. Eine kontinuierliche Umströmung der UV-Sonde war deshalb gewährleistet. Da es insbesondere im Bereich der Vorklärung verstärkt zu Ablagerungen an der Sonde kommen kann, ist eine gute Umströmung zu gewährleisten.

Bild 2 zeigt die Anlagenkonfiguration der Versuchsstraße 1 während des Untersuchungszeitraumes. Das Gesamtvolumen der anaeroben, anoxischen und aeroben Zone beträgt pro Versuchsstraße 64 m^3 .

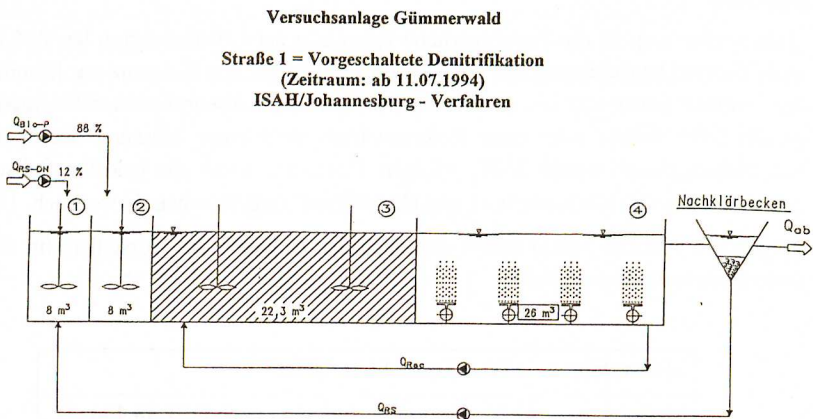


Bild 2: Anlagenkonfiguration der Straße 1 der Versuchsanlage Gümmerwald während des Untersuchungszeitraumes (12.06. - 01.08.1994)

2.2 Beschreibung der eingesetzten UV-Prozesssonde

„Die UV-Prozesssonde ist eine zum Patent angemeldete Neuentwicklung der Dr. Lange GmbH zur kontinuierlichen Messung der UV-Absorption gelöster organischer Wasserinhaltsstoffe nach DIN 38 404. Diese Extinktionsmessung sei eine Alternative zur DOC/TOC-, BSB- oder CSB-Messung. Die UV-Prozesssonde mißt direkt in der zu

untersuchenden Flüssigkeit (hier Abwasser). Probenahme und -aufbereitung entfallen daher. Das rein physikalische Meßprinzip kommt ohne Chemikalien, Standard- oder Reinigungslösungen aus. Ein Wischer sorgt für die Säuberung der optischen Fenster. Die erhaltenen Daten können auf einem Display abgelesen, durch einen Schreiber aufgezeichnet oder über eine Schnittstelle der online-Datenerfassung zugeführt werden.

Im stationären Betrieb wird der Sondenkopf an einer stabilen Halterung komplett in das zu untersuchende Medium eingetaucht. Zwei, je nach Meßbereich unterschiedlich weit entfernte Fenster, übernehmen die Funktion der Küvetten in einem herkömmlichen Spektrometer. Die Blitztechnik und die automatische Reinigung der Fenster soll einen störungsfreien Dauereinsatz ermöglichen. Die zwei Meßbereiche lassen sich durch Einsatz zweier Küvetten bzw. Adapter einstellen“ (aus Nowack, Ueberbach, 1994). Bei den hier vorgestellten Untersuchungen wurde für die Messungen im Ablauf der Vorklärung ein 3 mm-Adapter und im Ablauf der Nachklärung ein 2 cm-Adapter eingesetzt.

„Das Meßprinzip ist die kontinuierliche Erfassung der UV-Extinktion bei 254 nm. Je nach Verwendungszweck kann die Messung wahlweise mit Referenz zur Eliminierung der Trübung (entspricht einer Messung des spektralen Absorptionskoeffizienten **SAK** gemäß DIN 38404) oder ohne Referenz (entspricht einer Messung des spektralen Schwächungskoeffizienten **SSK**) erfolgen. Der SAK erfaßt die gelösten Substanzen, die im Bereich des ultravioletten Licht absorbieren“ (aus Nowack, Ueberbach, 1994).

Folgende technische Daten lassen sich nach den Angaben des Herstellers für die UV-Prozeßsonde zusammenstellen:

Meßverfahren	UV-4-Strahl-Photometer
Meßprinzip	UV-Absorptionsmessung nach DIN 38 404 C2
Meßbereiche	0,1 - 200 mg/l CSB _{UV} für Kläranlagenabläufe entspricht ca. 0,01 - 50 m ⁻¹ 0,1 - 800 mg/l CSB _{UV} für Ablauf Vorklärung entspricht ca. 0,01 - 200 m ⁻¹
Ansprechzeit	< 60 sec.
Kalibrierung	nicht erforderlich
Meßausgang:	0/4 ... 20 mA

2.3 Beschreibung des CSB-Online-Analysators „Phönix“ der Firma STIP

Die kontinuierliche Kurzzeit-CSB-Messung nutzt ein Verfahren, bei dem in einem Regelkreis aus Rechner, Reaktionsbehälter sowie Abwasser-, Verdünnungswasser- und Präzisionspumpen ein konstantes, sehr geringes CSB/Ozon-Verhältnis eingeregelt wird. Dazu wird Abwasser kontinuierlich in das Meßgerät gefördert, grob filtriert und dann in einem Regelkreis so weit verdünnt, daß eine konstante Ozonmenge verbraucht wird. Das eingeregelte Mischungsverhältnis von Abwasser und Verdünnungswasser dient dabei der CSB-Anzeige. Das Verfahrensschema ist in Bild 3 dargestellt. Das Verfahren funktioniert im einzelnen wie folgt:

- Im Anreicherungsbehälter wird Verdünnungswasser mit Ozon angereichert.
- Es folgt die Messung der Anreicherung durch die erste Ozonsonde.
- Das Abwasser und das ozonangereicherte Verdünnungswasser kommen im Reaktionsbehälter zur Oxidation.
- Es folgt die Messung der Ozonrest-Konzentration durch die zweite Ozonsonde.
- Der Rechner regelt das Mischungsverhältnis von Abwasser- und Verdünnungswasser so, daß der Ozonverbrauch im Reaktionsbehälter gering und konstant ist und der Ozonrest konstant und groß ist.

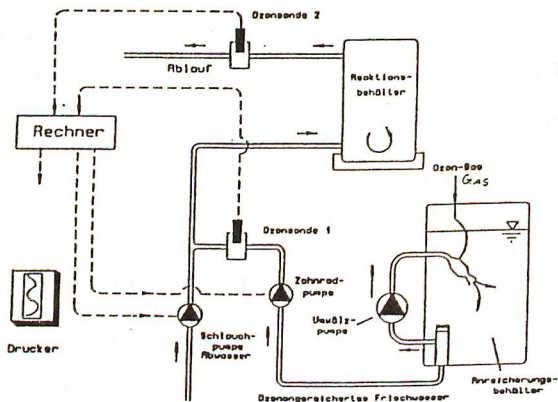


Bild 3: Verfahrensschema des CSB-Online-Analysators „Phönix“ der Firma STIP (Kalte, 1990)

Bild 4 (Kalte, 1990) zeigt qualitativ den Zusammenhang von CSB und Ozonverbrauch bzw. Ozonüberschuß. Der Probenstrom (CSB) wird im kontinuierlichen Betrieb immer in den Arbeitspunkt bei $CSB = C_R$ verdünnt, so daß der Ozonverbrauch 25 % und der Ozonrest 75 % des Ausgangswertes beträgt. Das zur Einstellung von C_R notwendige

Verdünnungsverhältnis geht in die CSB-Berechnung nach DIN 38409, H41 ein. Die Gleichung lautet:

$$CSB = (1 + n) C_R$$

mit: l = Abwasseranteil
 n = der auf 1 normierte Verdünnungswasseranteil
 C_R = CSB-Konzentration im Reaktionsbehälter

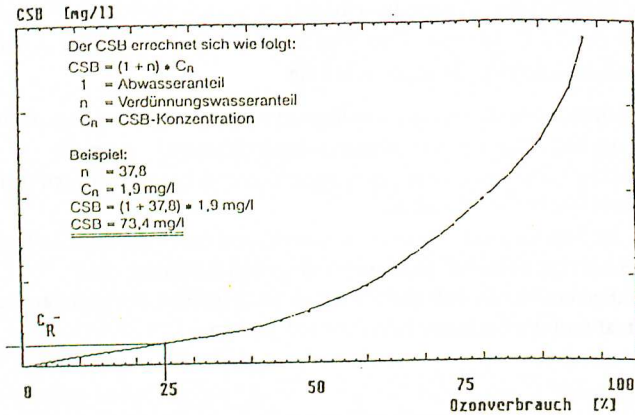


Bild 4: Abhängigkeit des CSB-Meßwertes vom Ozon-Verbrauch (Kalte, 1990)

3. DURCHFÜHRTE MEßPROGRAMME

Auf der Versuchskläranlage Gümmerwald wurden im Zeitraum vom 12.06.1994 bis zum 01.08.94 die in Tab. 1 dargestellten 5 Meßprogramme zur Überprüfung der UV-Sonde durchgeführt. Beim Meßprogramm I wurden im Sammelbecken 1 30 Stichproben zur Bestimmung des Korrelationsfaktors zwischen Extinktion der UV-Sonde und der CSB-Messung nach DIN 38409, H 41, gezogen. Hier konnte die Berechnungsformel für den CSB nach der UV-Sonde ermittelt werden.

Meßprogramm II stellt einen Zusammenhang zwischen den Messungen mit UV-Sonde, nach DIN und nach der Küvetten-Methode im Sammelbecken 1 her.

Beim Meßprogramm III wurde eine Überprüfung der kontinuierlichen Erfassung des Tagesganges mit der UV-Sonde durchgeführt (vgl. Kap 4). Parallel zur UV-Absorption wurde kontinuierlich der CSB mit einem Online-Analysator der Firma STIP, das den CSB über den Ozon-Verbrauch mißt, und mit 2-Stunden-Mischproben, die mit CSB-Küvetten von Dr. Lange untersucht wurden, erfaßt.

Meßstelle	Meßprogramm Nr.:	Probenanzahl	Parameter	Untersuchungsziel
SB 1	I	30 SP, alle 5 Min.	UV, CSB _{DIN}	Bestimmung eines Korrelationskoeffizienten zwischen der Extinktion und dem CSB-Wert
	II	20 SP, alle 5 Min.	UV, CSB _{DIN} , CSB _{KÜV}	Abgleich der CSB-Bestimmung zwischen DIN-Verfahren und Dr. Lange Küvetten
	III	84 2-h-MP	UV, CSB _{KÜV} , CSB _{STIP}	Kontinuierliche Erfassung der UV-Absorption im Vergleich mit 2-Std.-Mischproben und einer CSB-Online-Messung
SB 2	IV	20 SP, alle 5 Min.	UV, CSB _{DIN}	Bestimmung eines Korrelationskoeffizienten zwischen der Extinktion und dem CSB-Wert
	V	16 SP, alle 5 Min.	UV, CSB _{DIN} , CSB _{KÜV}	Abgleich der CSB-Bestimmung zwischen DIN-Verfahren und Dr. Lange Küvetten

SP = Stichprobe; 2-h-MP = 2-Stunden-Mischprobe; SB 1/2 = Sammelbecken 1 bzw. 2
 CSB_{STIP} = CSB-Bestimmung mit dem Online-Analysator der Firma STIP
 CSB_{DIN} = CSB-Bestimmung nach DIN 38409, H 41;
 CSB_{KÜV} = CSB-Bestimmung mit Dr. Lange-Küvetten

Tab. 1: Übersicht über die durchgeführten Meßprogramme

Im Ablauf der Nachklärbecken (Sammelbecken 2) wurden ebenfalls vergleichende Messungen mittels Stichproben durchgeführt. Meßprogramm IV sollte der Ermittlung der Korrelationsgleichung zwischen Extinktion der UV-Sonde und dem CSB nach DIN dienen. Meßprogramm V war, vergleichbar mit Meßprogramm II, dem Zusammenhang zwischen den Größen CSB nach DIN, nach Küvette und nach UV-Sonde gewidmet. Eine Erfassung der Tagesgänge wurde nicht durchgeführt, da einerseits die Schwankungsbreite im vollbiologisch gereinigten Abwasser sehr gering (vgl. Kap. 5), andererseits die prozentuale Meßgenauigkeit sehr groß ist.

Die im folgenden dargestellten statistischen Auswertungen sind mit den Statistik-Funktionen von MS-Excel 5.0 durchgeführt worden.

4. MESSUNGEN IM ZULAUF BELEBUNG

Zunächst wurde im Zulauf der Belebung (= Ablauf Vorklä rung) eine Korrelation zwischen der über die UV-Sonde gemessenen Extinktion und der CSB-Bestimmung nach DIN ermittelt (Meßprogramm I). Diese ist in Bild 5 dargestellt:

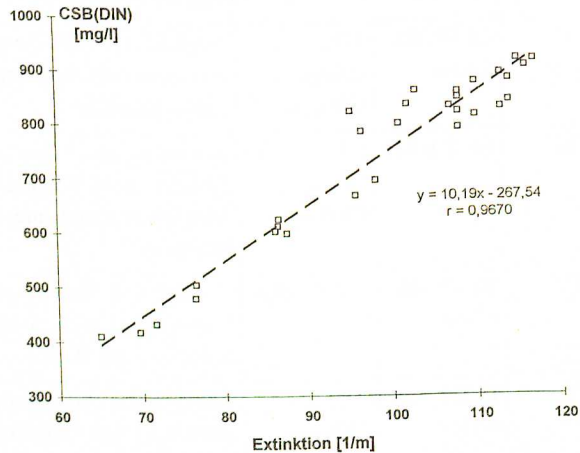


Bild 5: Korrelation zwischen der Extinktion mittels UV-Sonde und dem nach DIN gemessenen CSB im Zulauf Belebung (SB1)

Es wurden 30 Stichproben mit folgenden Kennwerten dargestellt:

Tab. 2: Meßprogramm I (aus 30 Stichproben)	UV-Extinktion [1/m]	CSB _{DIN} [mg/l]
Mittelwert	98,6	737,6
Min.-Wert	65,0	410,1
Max.-Wert	117,0	914,9
Standardabw. (bezogen auf den Mittelwert)	15,0	158,3
Standardabw. in [%] (bezogen auf den Mittelwert)	15,2	21,5
Korrelation:	$R^2 = 0,9531 \Rightarrow$	$r = 0,967$

Es kann also festgestellt werden, daß im Zulauf Belebung der Versuchsanlage Gümmerwald für den Meßbereich zwischen ca. 400 und 900 mg CSB/l ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der von der UV-Sonde gemessenen Extinktion und dem nach DIN bestimmten CSB besteht.

Für die Berechnung des vergleichbaren CSB-Wertes aus der Extinktionsmessung (CSB_{UV}) im Sammelbecken 1 kann nun folgende Gleichung benutzt werden:

$$\text{im Sammelbecken 1 gilt: } CSB_{UV} = 10,19 \cdot \text{Extinktion} [m^{-1}] - 267,54 \quad [mg / l] \quad (Gl. 1)$$

Hauptpunkt der Untersuchungen im Zulauf Belebung war eine 7-tägige vergleichende Meßphase zwischen den Ergebnissen der UV-Sonde, einem CSB-Online-Analysator und den CSB-Wert aus 2-Stunden-Mischproben aus dem Sammelbecken 1 (=Meßprogramm III). Diese 2-h-Mischproben wurden mit Küvettentests der Fa. Dr.-Lange untersucht, da eine Messung sämtlicher Werte nach DIN zu aufwendig gewesen wäre. Stattdessen wurde zum Abgleich zwischen den Küvettentests und der DIN-Methode noch einmal Stichproben aus dem Sammelbecken 1 gezogen (=Meßprogramm II), wobei hier ebenfalls das Signal der UV-Sonde mit aufgenommen wurde. Bild 6 stellt den Zusammenhang zwischen den Meßgrößen dar.

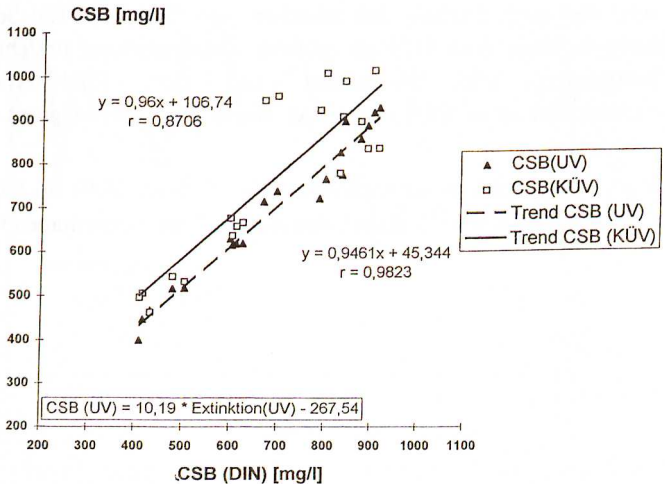


Bild 6: Korrelation des CSB_{UV} und des CSB_{KUV} mit dem CSB_{DIN} im Zulauf Belebung (SB1)

Für die 20 Stichproben wurden folgende Kennwerte bestimmt:

Tab. 3: Meßprogramm II (20 Stichproben)	CSB (UV)	CSB (DIN)	CSB (KÜV)
Mittelwert [mg/l]	693,8	685,4	764,7
Min.-Wert [mg/l]	398,2	410,1	462
Max.-Wert [mg/l]	930,9	913,4	1016
Standardabw. [mg/l] (bezogen auf den Mittelwert)	163,4	169,7	187,2
Standardabw. in [%] (bezogen auf den Mittelwert)	23,6	24,8	24,5
Korrelation (UV-DIN)	$R^2 = 0,9649 \Rightarrow r = 0,982$		
Korrelation (DIN-KÜV)			$R^2 = 0,7534 \Rightarrow r = 0,868$

In Bild 6 und aus Tabelle 3 bestätigt sich zunächst der deutliche Zusammenhang zwischen dem Signal der UV-Sonde und den CSB-Messungen.

Ferner wird aber auch deutlich, daß zwischen dem Signal der UV-Sonde und dem Bestimmungsverfahren nach DIN ein größerer Zusammenhang besteht als zwischen der Bestimmung mit Küvettentest und dem DIN-Verfahren (siehe Korrelationskoeffizienten). Dies ist bei der Beurteilung der 7-tägigen Meßphase zu berücksichtigen.

Die grafische Darstellung dieser Meßphase vom 25.07.-01.08.94 im Sammelbecken 1 der Versuchsanlage Gümmerwald kann den Bildern 7 bis 9 entnommen werden.

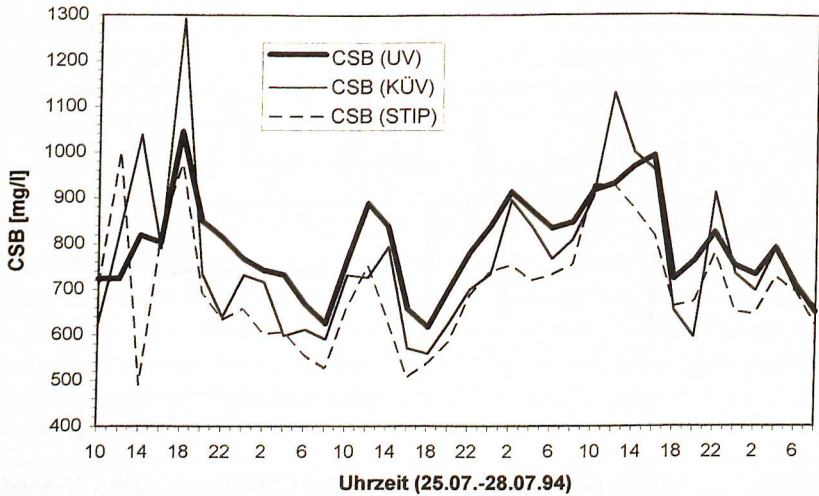


Bild 7: CSB-Ganglinien der drei Meßverfahren UV-Sonde, CSB-Online-Analysator und Küvetten im Zulauf der Versuchsanlage Gümmerwald (SB1) im Zeitraum 25.07.-28.07.94 (2-Stunden-Mischproben bzw.-werte)

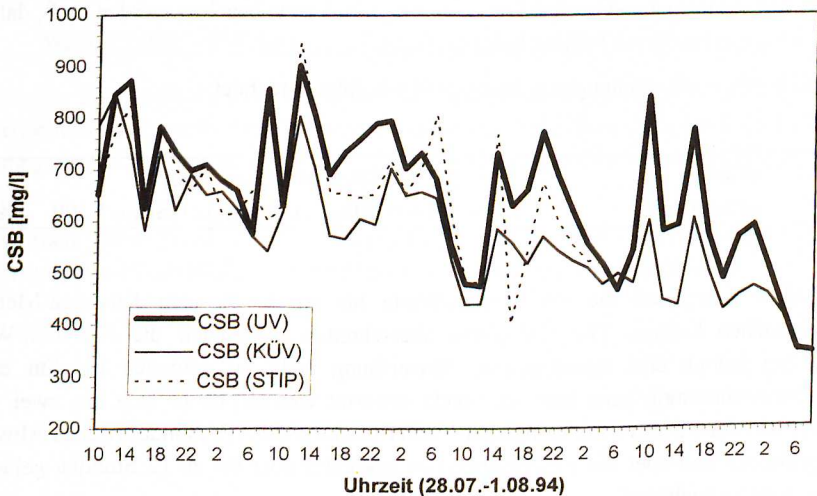


Bild 8: CSB-Ganglinien der drei Meßverfahren UV-Sonde, CSB-Online-Analysator und Küvetten im Zulauf der Versuchsanlage Gümmerwald (SB1) im Zeitraum 28.07.-01.08.94 (2-Stunden-Mischproben bzw.-werte)

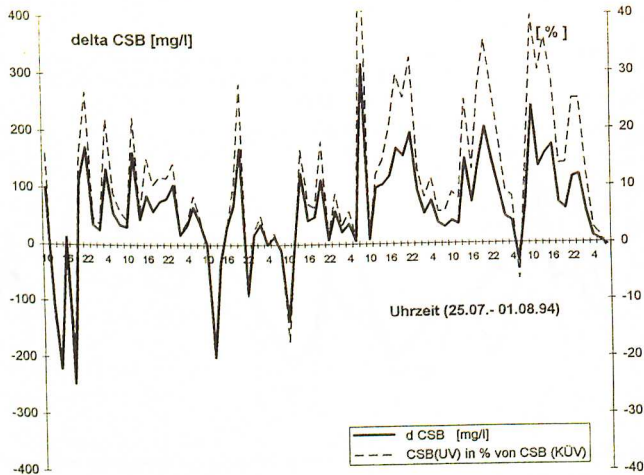


Bild 9: Meßwertabweichungen zwischen den CSB-Werten nach UV-Sonde und nach Küvette absolut in [mg/l] und prozentual in [%]

Die Bilder 7 und 8 zeigen, daß der CSB-Verlauf, gemessen durch die 2-h-Mischproben und das CSB-Online-Gerät, von der UV-Sonde qualitativ gut nachgefahren wird. Peaks werden weitestgehend nachgefahren, wobei jedoch stets beachtet werden muß, daß der Küvettestest auch mit Fehlern behaftet ist (s.o.).

Die Meßwertabweichungen in Bild 9 sind wie folgt berechnet:

absolut:	$\Delta\text{CSB} = \text{CSB}_{\text{UV}} - \text{CSB}_{\text{KUV}} \text{ [mg/l]}$
prozentual:	$\Delta\text{CSB} = (\text{CSB}_{\text{UV}} - \text{CSB}_{\text{KUV}}) / \text{CSB}_{\text{UV}} * 100 \text{ [%]}$

Bild 9 zeigt, daß die UV-Sonden-Werte bis zu 40 % vom Küvetten-Meßwert abweichen können. Die UV-Werte überschreiten tendenziell die Küvetten-Werte, wobei jedoch eine systematische Abweichung nicht zu erkennen ist. Eine exakte Übereinstimmung kann hier auch nicht erwartet werden, da es sich um zwei völlig verschiedene Meßverfahren handelt. Ferner wird mit der UV-Sonde frisches Abwasser gemessen und über die 2-h-Mischproben gekühltes aber bis zu 12 Stunden gelagertes Abwasser analysiert.

Abschließend kann festgehalten werden, daß sich die UV-Sonde im Ablauf Vorklärung (= Zulauf Belebung) gut eignet, qualitativ die CSB-Konzentration in kommunalem Abwasser zu beschreiben. Über 6 Tage konnte im Meßbereich 300 bis 1300 mg CSB/l eine Ganglinie nachgefahren werden.

Die verfahrenstechnischen Vorteile, daß die Sonde ohne Verzögerung, ohne Probenvorbereitung und ohne Chemikalienverbrauch kontinuierlich Auskunft über die organische Belastung im Zulauf der Kläranlage liefern kann, wird hier selbstverständlich bestätigt. Nach Erfahrungen am ISAH ist jedoch die kontinuierliche Erfassung der Abwasserbeschaffenheit im Zulauf der Belebung stets äußerst schwierig, da die filigranen Meßtechniken durch Fett, Schlamm, Biofilm, Kalkausfällungen etc. häufig blockiert werden. Bei einem Einsatz der UV-Sonde im Zulauf sollte deshalb wöchentlich einmal ein Abgleich zwischen dem CSB nach DIN und dem Signal der UV-Sonde durchgeführt werden. Da die UV-Sonde einzelne kurzkettenige organische Stoffe wie Glucose, Methanol etc. nicht erfassen kann, muß davon ausgegangen werden, daß nicht jede Veränderung der Abwasserzusammensetzung mit der UV-Sonde erfaßt wird. Ferner sollte an der Sonde im Zulauf auch mindestens einmal wöchentlich eine Sichtkontrolle und ggf. eine Reinigung durchgeführt werden.

5. MESSUNGEN IM ABLAUF NACHKLÄRUNG

Der zweite Einsatzort der UV-Sonde war das Sammelbecken 2 (SB2) im Ablauf der Nachklärbecken. Zunächst wurde versucht, einen Zusammenhang zwischen der CSB-Messung nach DIN und dem UV-Sonden-Signal (gemessen als Extinktion [1/m]) zu ermitteln.

Es wurden zwei Reihen von Stichproben aufgenommen. Im Rahmen des Meßprogramms IV 20 Stichproben und beim Meßprogramm V 16 Stichproben.

5.1 Meßprogramm IV

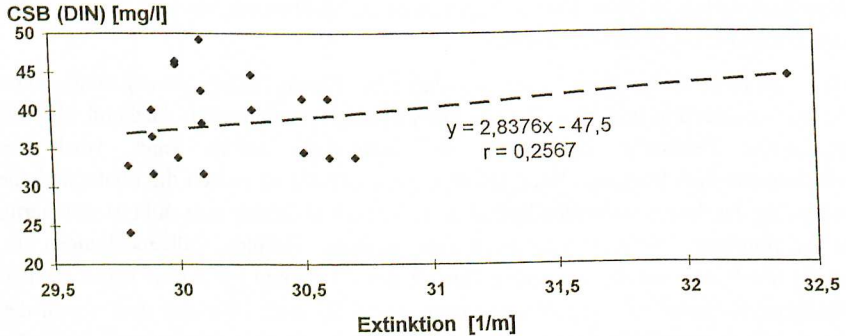


Bild 10: Korrelation zwischen der Extinktion mittels UV-Sonde und dem nach DIN gemessenen CSB im Ablauf Nachklärung (SB2) - Meßprogramm IV (20 Stichproben)

Die zunächst verwandten Stichproben wiesen folgende Kennwerte auf:

Tab. 4: Meßprogramm IV (aus 20 Stichproben)	UV-Extinktion [1/m]	CSB _{DIN} [mg/l]
Mittelwert	30,3	38,4
Min.-Wert	29,8	24,1
Max.-Wert	32,4	49,2
Standardabw. (bezogen auf Mittelwert)	0,6	6,2
Standardabw. in % (bezogen auf Mittelwert)	1,8	16,1
Korrelation:	$R^2 = 0,066 \Rightarrow$	$r = 0,257$

Bei diesen 20 Stichproben läßt sich praktisch kein Zusammenhang zwischen den Meßparametern im Ablauf Nachklärung erkennen. Die Ablaufwerte liegen bei ca. 40 mg/l und entsprechen dem „50%igen Leistungswert“ nach Malz, 1991.

5.2 Meßprogramm V

Weitere im Rahmen des Meßprogramms V zum Abgleich zwischen DIN- und Küvetten-Methode gezogenen Stichproben wiesen folgende Kennwerte auf:

Tab.5: Meßprogramm V (aus 16 Stichproben)	Extinktion [1/m]	CSB (UV) [mg/l]	CSB (DIN) [mg/l]	CSB (KÜV) [mg/l]
Mittelwert	34,8	39,8	39,8	45,5
Min.-Wert	32,1	36,0	32,8	33,5
Max.-Wert	37,7	43,9	45,7	65,3
Standardabw. (bezogen auf Mittelwert)	2,0	2,8	4,1	7,5
Standardabw. in % (bezogen auf Mittelwert)	5,7	7,1	10,3	16,4
Korrelation (EXT-DIN)	$R^2 = 0,476 \Rightarrow$		$r = 0,690$	
Korrelation (UV-DIN)			$R^2 = 0,476 \Rightarrow \quad r = 0,690$	
Korrelation (DIN-KÜV)			$R^2 = 0,198 \Rightarrow \quad r = 0,445$	

Aus Bild 11 kann ein schwacher Zusammenhang zwischen der Extinktion und dem CSB nach DIN abgeleitet werden. Danach ergibt sich folgende Berechnungsgleichung:

<i>im Sammelbecken 2 gilt:</i> $CSB_{UV} = 1,4164 \cdot Extinktion [m^{-1}] - 9,4544 \quad [mg/l] \quad (Gl. 2)$
--

In Bild 12 werden die aus Gleichung 2 berechneten CSB_{UV} -Werte und die $CSB_{KÜV}$ -Werte des Meßprogrammes V in Zusammenhang mit den CSB-Werten nach DIN gestellt. Ergänzend dazu stellt Tabelle 5 die statistischen Parameter dar.

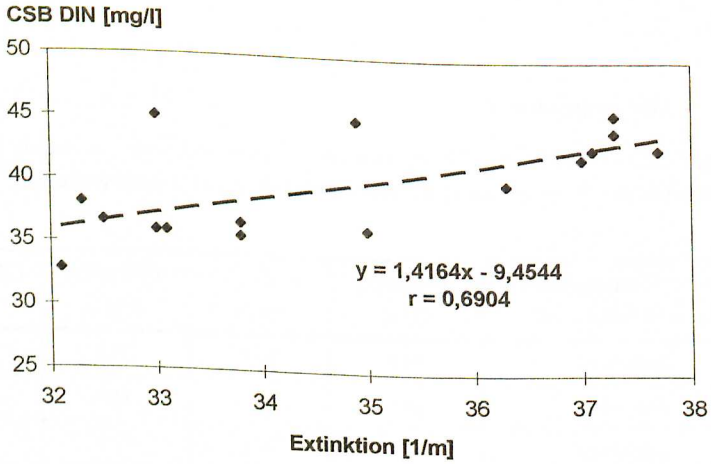


Bild 11: Korrelation zwischen der Extinktion mittels UV-Sonde und dem nach DIN gemessenen CSB im Ablauf Nachklärung (SB2) - Meßprogramm V (16 Stichproben)

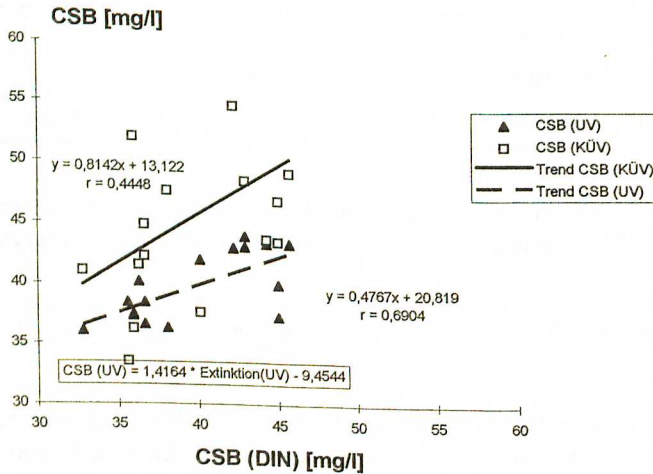


Bild 12: Korrelation des CSB_{UV} und des $CSB_{KÜV}$ mit dem CSB_{DIN} im Ablauf Nachklärung (SB 2)

Es wird deutlich, daß nur ein schwacher Zusammenhang zwischen der von der UV-Sonde gemessenen Extinktion und der CSB-Messung nach DIN besteht, wobei die Werte der UV-Sonde jedoch eine geringere Streuung (Standardabweichung in % vom

Mittelwert) aufweisen. Grundsätzlich ist zu bezweifeln, ob im Ablauf der Nachklärung einer prozeßstabil arbeitenden Belebungsanlage bei Messungen im 5minütigen Abstand Schwankungen mit einer 10 %igen Streubreite auftreten (bzw. 16 %). Die Ursache dieser größeren Streuung könnte in der Vorbehandlung der Proben, wie z.B. Pipettierfehler (nicht immer einheitliche Dosierung der eingesetzten Reagenzien), evtl. nicht immer gleichbleibende Randbedingungen (z.B. Reaktionstemperatur $148\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$) etc., liegen. Malz, 1991, geht bei der CSB-Bestimmung im Ablauf von Kläranlagen von einer „Unschärfe“ von 15 mg/l, was 38 % vom hier vorliegenden Mittelwert von 40 mg/l entspricht. Die UV-Sonde hat den Vorteil, daß sie direkt im Medium mißt und somit Fehler der Probenaufbereitung ausgeschlossen werden.

Eine definitive Aussage zur Meßgenauigkeit beider Verfahren kann aufgrund der o.g. Vergleichsmessungen (insgesamt 36 Wertepaare) natürlich nicht erfolgen.

Beim Meßprogramm V im Sammelbecken 2 wird ferner deutlich, daß die in der abwassertechnischen Praxis auf Kläranlagen übliche photometrische Methode mittels Küvetten hier eine wesentlich größere Streubreite aufweist. Auch hier wird die Ursache in der Probenvorbereitung zu suchen sein.

In der abwassertechnischer Praxis ist eine „Genauigkeitsdiskussion“ zum CSB im Meßbereich unterhalb von 50 mg/l in der Regel jedoch nur von bedingtem Interesse.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die Vergleichsmessungen zwischen der Dr.-Lange-UV-Prozeßsonde (Extinktion bei 254 nm) und dem CSB nach DIN zeigten auf der Versuchsanlage Gümmerwald im Meßbereich 300 - 1300 mg CSB/l einen deutlichen Zusammenhang. Eine exakte Übereinstimmung der Werte ist wegen der stark unterschiedlichen Analyseverfahren auch nicht zu erwarten. Es war möglich, eine CSB-Tagesganglinie im Zulauf zur Belebung prozeßstabil nachzufahren. Die Sonde ist somit geeignet, die organische Belastung gut zu erfassen.

Vorausgesetzt es findet mindestens wöchentlich ein Abgleich zwischen der CSB-Messung nach DIN und der gemessenen Extinktion statt, kann die Dr. Lange UV-Prozeßsonde somit zur Online-Erfassung der organischen Belastung im Bereich der Vorklärung eingesetzt werden.

Im Ablauf der Nachklärung zeigte sich auf der VA Gümmerwald zwischen der UV-Sonde und dem CSB nach DIN nur ein schwacher Zusammenhang. Die Meßwerte der

UV-Sonde wiesen die geringste Streuung und die mit der photometrischen Methode (Küvetten) ermittelten Werte wiesen die größte Streuung auf. Ursache könnte hier eine Zunahme der Ungenauigkeit durch die Probenvorbehandlung sein. Während bei der UV-Sonde keine Probenvorbereitung erfolgen muß, da direkt im Medium gemessen wird, können z.B. schon kleinste Pipettierfehler bei der Küvettenmethode zu großen Meßungenauigkeiten führen.

Eine Aussage zur Genauigkeit beider Verfahren kann hier jedoch nicht gemacht werden. Malz, 1991, geht für den CSB nach DIN von einer Unschärfe von 15 mg/l aus. Eine Genauigkeitsdiskussion für die CSB-Analyse nach DIN im Meßbereich von ≤ 50 mg/l ist für die abwassertechnische Praxis jedoch nur von bedingtem Interesse, da die vorgegebenen Grenzwerte für die CSB-Ablaufkonzentration in der Regel bei 75 mg/l und höher liegen.

7. LITERATUR

- | | |
|----------------------------|---|
| Baumann, P.
Schmitz, S. | Erfassung der organischen Verschmutzung im Abwasser durch Bestimmung der UV-Absorption - Möglichkeiten und Grenzen Entsorgungspraxis, 1-2, 1994, S. 60-65 |
| DIN 38 404 | Teil 1: Untersuchung und Bestimmung der Färbung
Teil 2: Bestimmung der Trübung
Teil 3: Bestimmung der Absorption im Bereich der UV-Strahlung |
| DIN 38 409 | H41: Bestimmung des CSB im Bereich > 15 mg/l |
| Fleischer, J. | Vergleichende Untersuchungen zur Bestimmung vom Gesamtkohlenstoffgehalt in Kultivierungsmedien und Abwässern; Diplomarbeit am Institut für Techn. Chemie der Universität Hannover (Prof. Dr. Dr.h.c. K. Schügerl); Sept. 1994 |
| Kalte, P. | Abwässer im Ozontest,
Sonderdruck aus Chemie-Anlagen + Verfahren, 5/1990 |
| Krauth, K.
Baumann, P. | Vergleichende Untersuchung zur Bestimmung der organischen Belastung im Abwasser (CSB und Extinktion bei 254 nm)
Gutachten im Auftrag der Dr. Bruno Lange GmbH, Mai 1994 |

- Malz, F. Grenzwerte für Abwässer - Ein Diskussionsbeitrag aus
analytischer Sicht,
abwassertechnik, 2/1991
- Ueberbach, O. Wasser - Qualität - Sicherheit durch Prozeß-Photometer
Nowack, G. Firmenschrift der Dr.-Lange GmbH, 1994
- Schriftenreihe der Firma Dr. Bruno Lange GmbH Berlin, 1993
 „Angewandte Prozess-Meßtechnik“ Hefte Nr. 4 und 7

Prof. Dr.-Ing. C.F. Seyfried, Em. Ord.,
Dipl.-Ing. B. Wiebusch

Universität Hannover
Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, (ISAH)
Welfengarten 1

D - 30167 Hannover

Tel: 0511 / 762-2276 bzw. -5175