

ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN VON UV-MESSUNGEN ZUR ERFASSUNG VON ABWASSERINHALTSSTOFFEN

A. Christiadi-Mangkuseputro, N. Matsché, K. Stumwöhler

1. EINLEITUNG

Zum Nachweis der Belastung der österreichischen Fließgewässer durch die Abwässer der Zellstoffindustrie wurde in den späten 70er Jahren versucht, Ligninsulfonsäuren im Donauwasser mittels UV-Spektren zu identifizieren. Zu dieser Zeit waren die Vermeidungsmaßnahmen in den Zellstoffbetrieben noch so gering, daß Ligninsulfonsäuren in der Donau bei Wien eindeutig nachweisbar waren. Davon ausgehend wurde versucht, charakteristische Inhaltsstoffe auch im Ablauf von kommunalen Kläranlagen zu erfassen und es wurden Abläufe diverser Kläranlagen mittels UV-Spektroskopie untersucht. Dabei stellte sich heraus, daß in Abhängigkeit von der Belastung im Ablauf im Bereich von 220 bis 230 nm bei Anwesenheit von Nitrat ein ausgeprägtes Maximum zu finden war. Unabhängig von der Nitrifikation zeigten die meisten Spektren jedoch im Bereich von 260 nm eine erkennbare Absorption, die für die jeweilige Kläranlage einen charakteristischen Wert aufwies. In einem umfangreichen Untersuchungsprogramm wurden daraufhin UV-Messungen an Kläranlagenabläufen durchgeführt und die Ergebnisse mit dem CSB korreliert, wobei sich statistisch gut abgesicherte Zusammenhänge ergaben.

Die Anwendung von UV-Absorptionsmessung für die Erfassung von organischen Belastungen im Wasser hat eine lange Tradition in der Untersuchung von Trink-, Brauch- und Oberflächenwasser und wird als "Spektraler Absorptions-Koeffizient bei 254 nm (SAK 254)" bezeichnet. Der gezielte Einsatz für die Erfassung von Abwasser war jedoch zum damaligen Zeitpunkt neu und wurde in einer Institutsveröffentlichung dokumentiert (MATSCHÉ 1982). Im Rahmen von Institutsuntersuchungen wurde die Messung von UV-Absorptionsmessungen bei

260 nm seit dieser Zeit regelmäßig durchgeführt und in Ergänzung bzw. zur Überprüfung der Verschmutzungswerte von Abwasserproben eingesetzt.

Die Verwendung von kontinuierlichen UV-Sonden zur Nitratmessung wurde durch zunehmende Bedeutung von Nitrifikation und Denitrifikation zu einer weit verbreiteten Meßmethode, die inzwischen als serienreif und bewährt bezeichnet werden kann. Im Zuge der Entwicklung der UV-Meßtechnik für diesen Zweck wurden auch andere Einsatzgebiete für UV-Sonden in der Abwassertechnik gesucht und dabei stieß man auf die sporadischen früheren Hinweise zur Kennzeichnung von organischen Inhaltsstoffen mittels UV-Absorption im Wasser und Abwasser. Dies führte zu einer gezielten Entwicklung einer UV-Sonde für organische Verbindungen im Wasser und Abwasser, die nunmehr als ausgereifte und alternative Meßmethode für organische Verbindungen vorliegt.

2. MESSUNG DER UV-ABSORPTION IN OBERFLÄCHEN- WÄSSERN UND ABWASSER

In Oberflächenwässern und in gereinigten Abwässern sind eine Vielzahl von organischen Verunreinigungen enthalten, welche mit Hilfe der Summenparameter (MOSER 1995) erfaßt werden können. Viele dieser biologisch schwer abbaubaren Verbindungen können chemische Strukturen enthalten, welche charakteristische UV-Absorptionsspektren aufweisen. Dies trifft z.B. für typische Inhaltsstoffe wie Huminstoffe, Ligninsulfonsäuren, Abbauprodukte von Tensiden sowie Autolyseprodukte von Bakterien zu. Da solche Verbindungen auch in Rohwasser für die Trinkwasseraufbereitung auftreten, wird die UV-Absorption zur Beurteilung solcher Wässer bereits seit langem eingesetzt (SONTHEIMER, MRVKA). In diesen Untersuchungen wurde auf die direkte Korrelation zwischen der UV-Absorption und der Konzentration von Humin- und Ligninstoffen hingewiesen. Basierend auf diesen Messungen wurden solche Untersuchungen an zahlreichen Vorflutern und Oberflächengewässern durchgeführt. Dabei zeigte sich, daß die UV-Absorption den üblicherweise zur Kennzeichnung der organischen Belastung von Abwässern verwendeten Parametern CSB bzw. TOC proportionale Ergebnisse liefert. Die Anwendung dieser Meßtechnik zur Beurteilung der Ablaufqualität von

Kläranlagen im großen Maßstab wurde erstmalig bei den Messungen an der TU Wien (MATSCHE 1982) vorgenommen.

Entscheidend für die Messung der organischen Verschmutzung mit Hilfe der UV-Absorption ist die Wahl der Wellenlänge. Am häufigsten wurde bei 254 nm gemessen, wo eine typische Emissionslinie des Quecksilbers liegt. Bei den Untersuchungen verschiedener Kläranlagenabläufe ergab sich eine optimale Wellenlänge bei 260 nm. In Abbildung 1 sind die Absorptionsspektren verschiedener Kläranlagenabläufe dargestellt. Man erkennt bei den verschiedenen Anlagen eine unterschiedliche Intensität, jedoch zeigt sich im Verlauf der Kurven jeweils bei 260 nm ein deutlich vom späteren Nitratanstieg abgesetztes Nebenmaximum bzw. eine deutlich erkennbare Schulter und damit ein Hinweis für die Verwendbarkeit dieser Wellenlänge als Maß für die organischen Inhaltsstoffe.

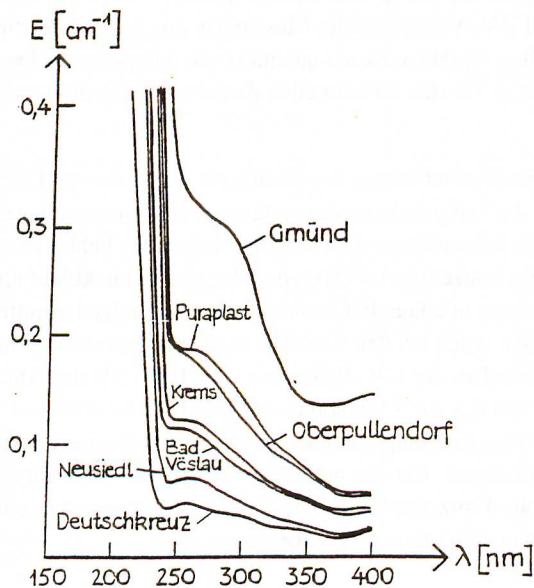


Abb 1.: UV-Spektren von Abläufen verschiedener Kläranlagen

Die Trübstoffe im Abwasser stellen ebenfalls eine organische Verschmutzung dar und bedeuten damit eine Erhöhung sowohl der organischen Summenparameter TOC bzw. CSB aber auch für die UV-Absorption. Da die Absorption von Strahlung für dispergierte Teilchen jedoch von deren Korngröße abhängt, ist eine quantitative Aussage nicht unmittelbar zulässig. Um einen gesicherten Zusammenhang zwischen den CSB-Werten von Kläranlagenabläufen und der UV-Absorption zu erhalten, wurden hinsichtlich ihrer Belastung und hinsichtlich ihrer Zulaufcharakteristik unterschiedliche Kläranlagen für diese Untersuchungen herangezogen. Die Palette der ausgewählten Kläranlagen reichte von kleinen kommunalen Anlagen mit Anschlußwerten unter 5.000 EGW bis zur Hauptkläranlage Wien mit 2,500.000 EGW.

Unter den betrachteten Anlagen waren solche mit ausschließlich häuslichem Abwasser und andere mit überwiegendem Industrieabwasseranteil. In Tabelle 1 bzw. Abbildung 2 sind die charakteristischen Meßwerte bzw. die Korrelation zwischen CSB und UV-Absorption der Messungen aus dem Jahre 1982 dargestellt. Aus den dargestellten Graphiken kann qualitativ ein unterschiedlicher Proportionalitätsfaktor für den funktionellen Zusammenhang der beiden Parameter ersehen werden.

Von besonderem Interesse ist wegen des geringeren Analysen- und damit Kostenaufwandes die Untersuchung der Abläufe von Kleinkläranlagen. Das in Kleinkläranlagen zu behandelnde Abwasser ist wegen des Fehlens von Fremdwasser häufig konzentrierter. Trotzdem liegen die im Ablauf ermittelten UV-Absorptionen durchaus in einem bei kommunalen Kläranlagen ermittelten Verhältnis zum CSB. Auch bei den Kleinkläranlagen ergab sich ein nahezu linearer Zusammenhang zwischen der UV-Absorption und dem CSB des Ablaufes. Bis zu einem SAK-Wert von $0,5 \text{ cm}^{-1}$ (entsprechend einem SAK-Wert von 50 /m) zeigen die Werte eine geringe Streuung und mit CSB-Konzentrationen unter 100 mg/l auch eine gute Anlagenfunktion. Bei den außerhalb dieses Bereiches liegenden Werten treten zum Teil hohe Konzentrationen mit einer beträchtlichen Streuung auf, die eine schlechte Anlagenfunktionen dokumentieren.

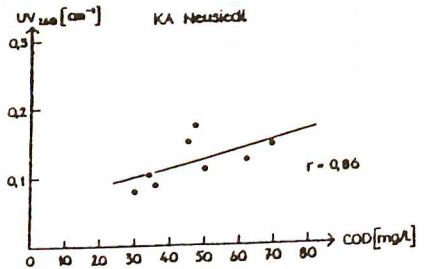
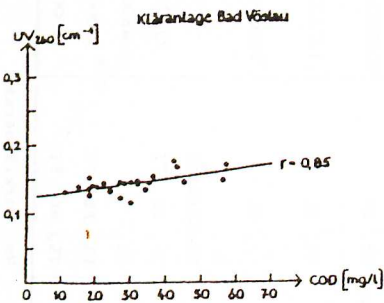
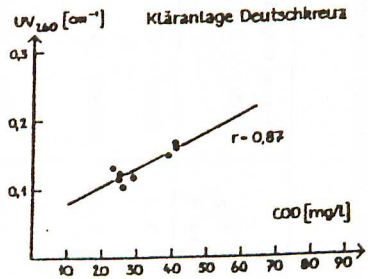
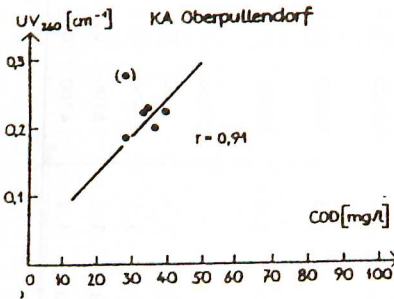
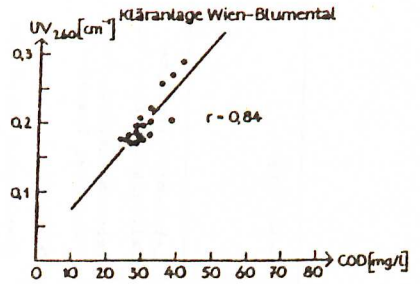
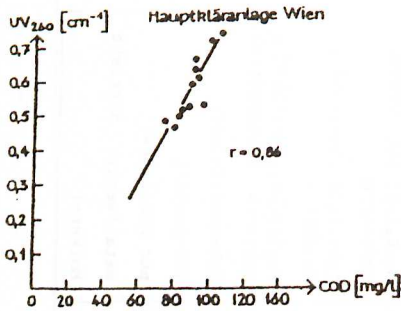


Abb. 2: Zusammenhang zwischen CSB und UV-Absorption bei einigen ausgewählten Kläranlagen

Tab. 1: Ausbaugröße, Bemessung und Belastung der untersuchten Kläranlagen
(Stand 1982)

	Anlagentyp	Bemessung EGW $B_{R,3}$ kg/m ³ .d	TS _{R,3} kg/m ³	derzeitige Belastung EGW $B_{R,3}$ kg/m ³ .d	TS _{R,3} kg/m ³	Bemerkungen
Bad Vöslau	VB, BB, FT	40000	3,3	22400	2,7	Lebensmittelind., metallverarbeitende Ind.
Blumental	BB	300000	5,0	250000	5,0	Lebensmittelind., Chem. Industrie, Brauerei
Deutschkreutz	BB, gleichz. Stab.	15000	3,5	7000	10,3	Molkerei
Ebreichsdorf	BB, gleichz. Stab.	8000	5,0	370	7,4	Überwiegend häusl. Abw.
Gmünd	Belebungsgraben	12000	4,5	8600	3,4	Textilbetrieb
Hauptkläranlage	VB, BB	2500000	3,0	3500000	2,9	Großstadt mit versch. Industrie
Krems	VB, BB, FT	120000	3,3	51000	2,8	Textilind., Chem. Ind., Weinbau
Meiningen	VB, BB	200000	3,0	80000	3,8	Papierind., Textilind., Galvanik, Lebensmittel.
Neusiedl	BB-Kaskade	-	-	22000	13,9	Lebensmittelind.
Oberpullendorf	VB, BB, FT	25000	3,3	7000	5,5	TKV-Anstalt
Serfaus	BB	4800	3,3	3900	3,5	nur häusl. Abw.
Stockerau	VB, BB, FT	30000	3,3	8100	3,3	metallverarb. Betriebe
Zams	VB, BB, FT	15000	3,3	4700	2,2	Molkerei

VB Vorklärbecken
BB Belebungsbecken
FT Faulturm

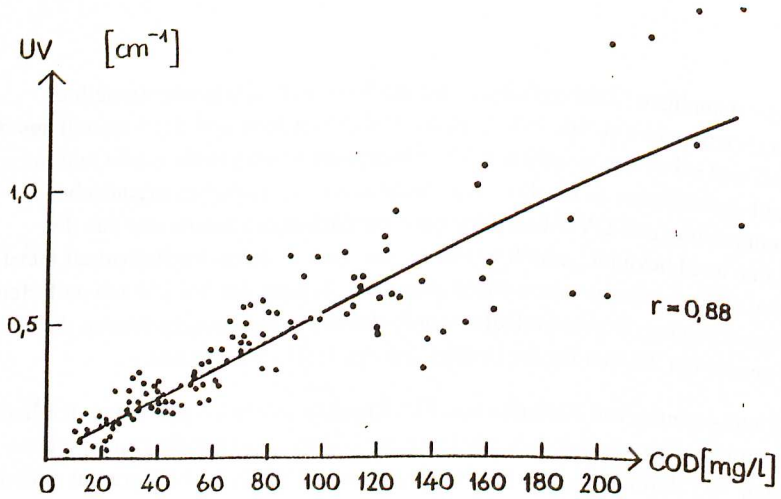


Abb. 4: Zusammenhang zwischen CSB und UV-Absorptionen bei 135 Kleinkläranlagen

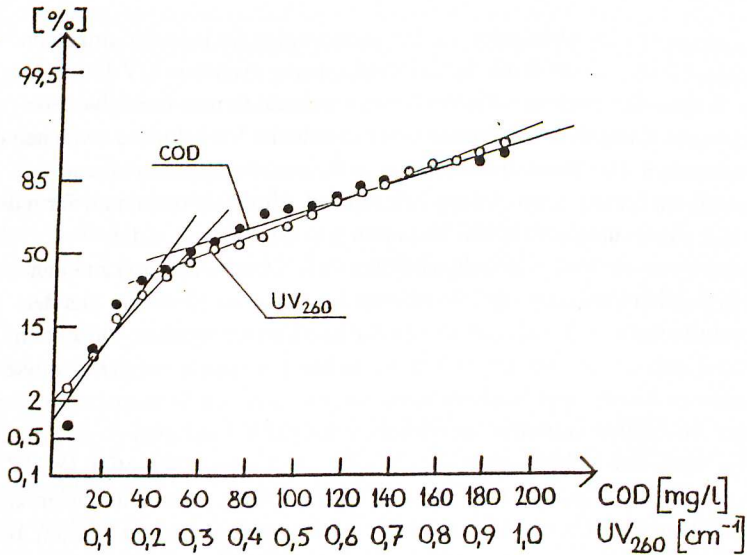


Abb. 5: Häufigkeitsverteilung von CSB und UV-Absorption bei der Ablaufuntersuchung von 135 Kleinkläranlagen

Ziel der damaligen Untersuchungen war ein Vergleich von konventionellen Summenparametern (CSB, TOC) mit der UV-Absorption und der Versuch aus der einfach und schnell zu ermittelten UV-Absorption Aussagen über die Qualität von Kläranlagenabläufen zu machen. Der Zusammenhang zwischen organischer Verschmutzung und UV-Absorption bei Oberflächengewässern war aus der Literatur wohl bekannt, jedoch wurde wegen der leichteren Verfügbarkeit meist mit 254 nm (Quecksilberemissionslinie) gearbeitet. Wegen des bei 260 nm auftretenden charakteristischen Kurvenverlaufes wurde damals jedoch vorgeschlagen die Messungen bei 260 nm für die Beurteilung des CSB zu verwenden.

Die Untersuchung von Abläufen von 135 Kleinkläranlagen ergab einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem CSB und der UV-Absorption über einen weiten Bereich. Bei Betrachtung der Meßgrößen in einem Häufigkeitsdiagramm erkennt man, daß der Kurvenverlauf für den CSB und die UV-Absorption nahezu identisch sind. Aus dieser Tatsache wurde gefolgert, daß die Beurteilung der Reinigungsleistung solcher Anlagen durch den UV-Absorptionswert durchaus aussagekräftig ist.

Serienmessungen an verschiedenen Großanlagen zeigten für jede der einzelnen untersuchten Anlagen einen deutlichen Zusammenhang zwischen UV-Extinktion und CSB. Wegen der unterschiedlichen Abwassercharakteristik (verschiedene Industrieabwässer) ergaben sich jedoch unterschiedliche Verhältnisse zwischen den beiden Parametern. Der Anstieg der erhaltenen Regressionsgeraden ist ein Charakteristikum für die in der Anlage behandelten Abwässer und damit für jede einzelne Kläranlage unterschiedlich. So führen z.B. Abwässer aus der Tierkörperverwertung bzw. von Schlachthöfen (z.B. Oberpullendorf) zu einer überproportionalen Erhöhung der UV-Absorption, während Abwässer aus der Gemüseverarbeitung (z.B. Neusiedl) einen flachen Verlauf ergeben. Dies kann dahingehend interpretiert werden, daß im tierischen Eiweiß ein vergleichsweise hoher Anteil an Amino- und Nukleinsäuren mit aromatischen Strukturen und damit verstärkter Absorption auftreten. Im Abwasser aus der Konservenindustrie treten jedoch vorzugsweise Kohlehydrate mit geringer oder keiner Absorption im UV auf, was einen flachen Verlauf der Regressionsgeraden bedingt. Am deutlichsten kann dieser Effekt am Beispiel von Zuckerfabriksabwässern demonstriert werden, bei denen keine Korrelation zwischen UV und CSB nachweisbar ist.

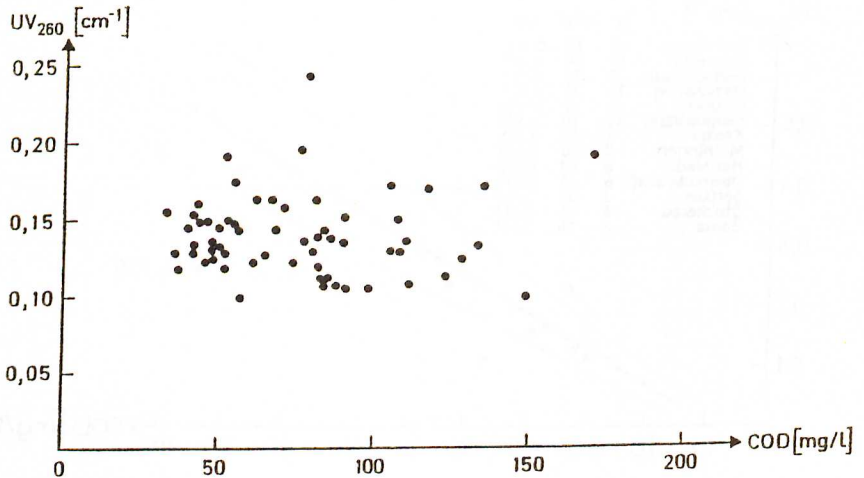


Abb. 6: Zusammenhang zwischen CSB und UV-Absorption bei 260 nm im Ablauf der Versuchsanlage Zuckerfabrik Leopoldsdorf (Kampagne 1980/81)

Nach den damals erhaltenen Ergebnissen wären also Aussagen über die Verschmutzung durch die Messung der UV-Extinktion nur dann möglich wenn für jede Anlage eine entsprechende Eichkurve aufgestellt würde. Bei Auftragung der Mittelwerte der Analysenergebnisse der einzelnen Anlagen ergab sich jedoch wieder ein deutlicher Zusammenhang zwischen UV und CSB. Außerhalb des Streubereiches lagen nur die Kläranlage Oberpullendorf mit dem Abwasser der TKV und relativ hohen UV-Extinktionswerten und die Kläranlage Neusiedl/See mit Konservenfabriksabwasser und Simultanfällung und damit besonders niedrigen UV-Extinktionsraten.

Als Schlußfolgerung der damaligen Untersuchung konnte die Aussage gemacht werden, daß mit Hilfe der UV-Messung quantitative Aussagen hinsichtlich der Ablaufqualität von Kläranlagen gemacht werden können und der damals geltende Emissionsrichtwert von 75 mg/l CSB für Mischproben und 90 mg/l CSB für Stichproben mit einem UV-Extinktionswert von 0,4 /cm (entsprechend einem SAK-Wert von < 40 /m) eingehalten werden kann.

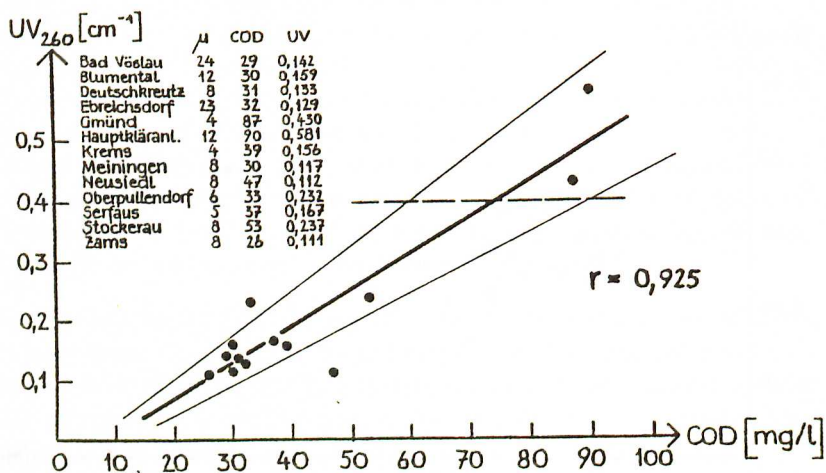


Abb 7.: Zusammenhang zwischen CSB und UV-Absorption bei 260 nm
Mittelwerte verschiedener Kommunalanlagen

3. MESSUNG DER UV-ABSORPTION AN AUSGEWÄHLTEN TESTLÖSUNGEN

Um die Leistungsfähigkeit der UV-Messung zu demonstrieren wurden Messungen an Verdünnungsreihen von Phenol- und Benzoesäuren vorgenommen. Beispielhaft sind die Ergebnisse für Benzoesäure in Abbildung 8 dargestellt. Die statische Auswertung ergab einen Korrelationskoeffizienten von 0,999.

In Tabelle 2 sind die Meßwerte von Phenol- und Benzoesäure gegenübergestellt. Man erkennt, daß bis zu einer CSB-Konzentration von ca. 20 mg/l der lineare Zusammenhang mit der Konzentration gegeben ist, bei geringeren Werten des CSB jedoch deutliche Abweichungen auftreten. Bei der UV-Messung ist die strenge Linearität zwischen Meßwert und Konzentration jedoch auch bei 2 mg/l noch gegeben.

Tab.2: SAK und CSB Werte für Lösungen von Phenol- und Benzoesäure

Konz.	E<254>	CSB
[mg/l]	[1/m]	[mg/l]
25	14,5	64
20	11,4	51
10	5,7	26
8	4,6	20
4	2,3	11
2	1,1	8

Phenol

Konz.	E<254>	CSB
[mg/l]	[1/m]	[mg/l]
25	17	53
20	13,5	45
10	6,7	22
8	5,3	21
4	2,7	14
2	1,3	10

Benzoesäure

Der Ablauf der Kläranlage Mödling wurde in einer weiteren Versuchsreihe mit verdünntem Abwasser vermischt, um einerseits die Empfindlichkeit beider Methoden zu testen und andererseits die Korrelation zwischen beiden Parametern zu überprüfen.

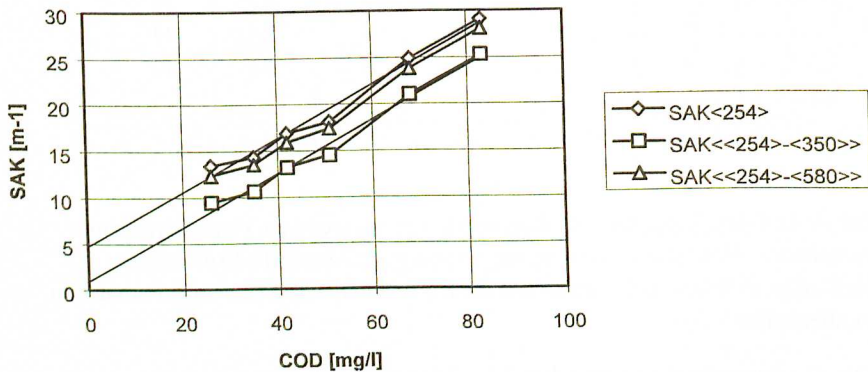
Tab. 3: Zusammenhang zwischen SAK(254) und CSB in verschiedenen Abwassermischungen

% Ablauf Mödling	SAK (254)[m ⁻¹]	CSB [mg/l]
99	11,9	22
98	12,9	23
95	16	25
90	21	30
80	30,2	39
50	54,2	66

Um den Einfluß von Schwebstoffen bzw. von im sichtbaren Bereich bzw. im nahen UV absorbierenden Substanzen auszuschalten kann man vom Extinktionswert bei 254 nm den Extinktionswert bei 350 nm bzw. bei 580 nm subtrahieren. Diese

Vorgangsweise kann allfällige Fehlmessungen bei der UV-Absorption durch unterschiedliche Konzentrationen von Begleitstoffen ausgleichen. Am Beispiel einer Ablaufprobe aus der Kläranlage Mödling die mit unterschiedlichen Konzentrationen von Benzoesäure aufgestockt wurde, können die Ergebnisse demonstriert werden. In der nachfolgenden Abbildung 8 sind der SAK<254> und die Differenzwerte $\Delta E<1>$ und $\Delta E<2>$ entsprechend der Differenz $E<254> - E<350>$ bzw. $E<254> - E<580>$ aufgetragen.

Abb. 8: Ablauf Mödling aufgestockt mit Benzoesäure



Für Benzoesäure :

- ♦ $CSB = 3,29 * E<254> - 12,73 \pm 2,53$; $r^2 = 0,988$
- ♦ $CSB = 3,31 * \Delta E<1> - 0,45 \pm 2,09$; $r^2 = 0,992$
- ♦ $CSB = 3,32 * \Delta E<2> - 10,16 \pm 1,97$; $r^2 = 0,993$

(Anmerkung : $\Delta E<1> = E<254> - E<350>$; $\Delta E<2> = E<254> - E<580>$)

Aus den Gleichungen für die Ausgleichsgeraden erkennt man, daß in allen Fällen die Linearität gut erfüllt ist und daß bei der Verwendung von $\Delta E<1>$ die Gerade durch den Ursprung geht was auch nach der Theorie zu erwarten wäre.

Der Nachweis solcher dem Abwasser zugesetzter UV-absorbierender Einzelsubstanzen eröffnet auch die Möglichkeit solche Substanzen gezielt im Abwasser nachzuweisen und allenfalls deren Abbauverhalten in biologischen Kläranlagen on-line zu untersuchen.

Eine weitere Möglichkeit der Anwendung von UV-Messungen in der Praxis ergibt sich durch die Verwendung von Derivativ-Spektren. Bei dieser Methode wird die erste bzw. zweite Ableitung des Spektrums in einem bestimmten Bereich errechnet. Durch diese in modernen Spektralphotometern vorhandene Meßtechnik ergibt sich eine wesentliche Erweiterung der Meßmöglichkeiten. Aus einem Grundspektrum entstehen beim Differenzieren aus den Wendepunkten Extrema. Dadurch sind schwache Peaks und flache Schultern in einem Spektrum besser bestimmbar. Ein anderer Vorteil liegt in der Tatsache, daß eine lineare Untergrundfunktion wie sie z.B. durch die Absorptionswirkung feiner Trübstoffe entsteht, eliminiert werden kann.

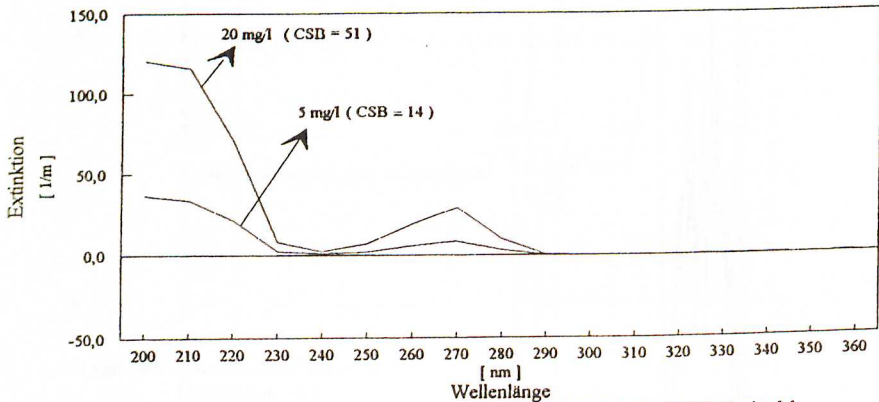


Abb. 9: UV-Spektrum von Phenol

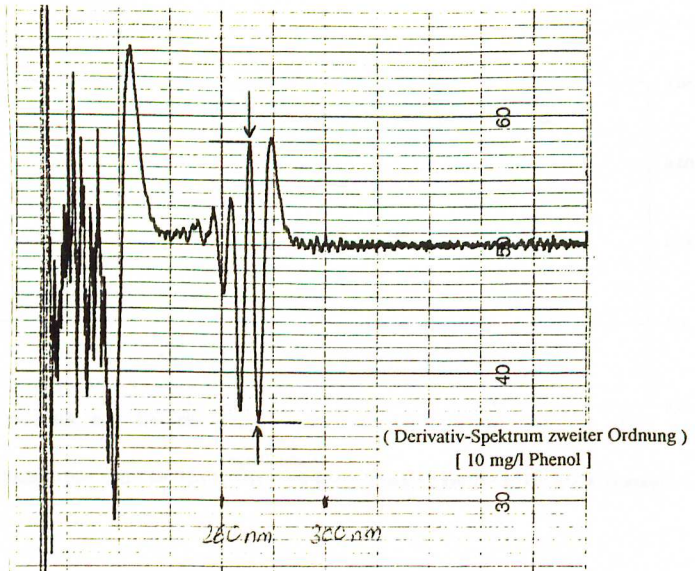
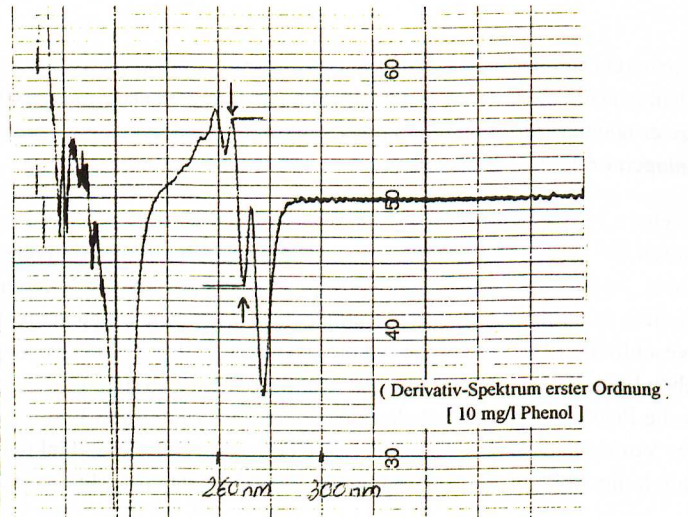


Abb. 10: Derivativspektren von Phenol

Die gute Auswertbarkeit solche Derivativspektren wird in den beiden nachfolgenden Abbildungen demonstriert.

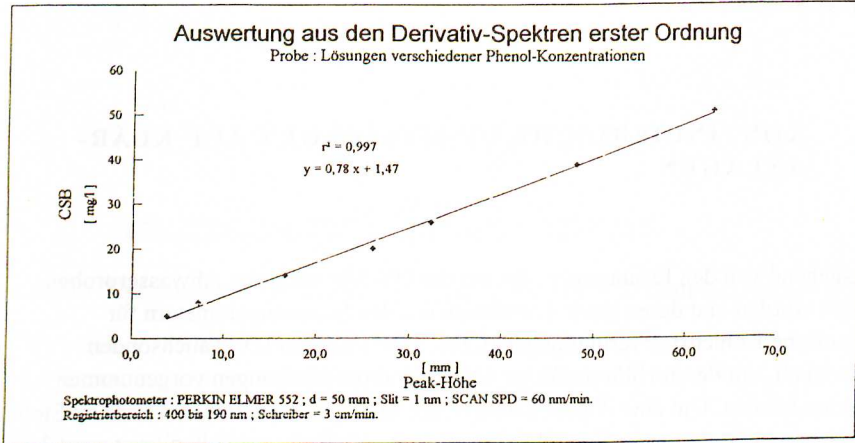


Abb11: Auswertung aus den Derivativspektren erster Ordnung

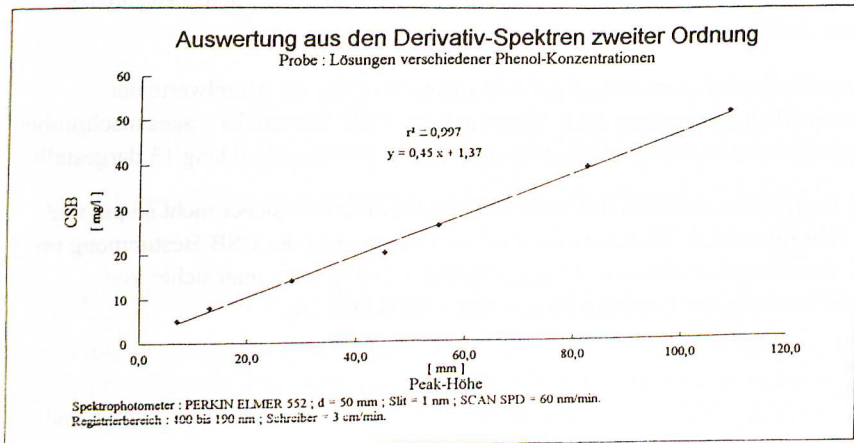


Abb 12: Auswertung aus den Derivativspektren zweiter Ordnung

In gleicher Weise lassen sich mit Hilfe der Derivativspektroskopie solche Einzelsubstanzen auch in Abwasserproben nachweisen, wie am Beispiel von Phenol- oder Benzoesäureaufstockung im Ablauf der Kläranlage Mödling gezeigt werden konnte.

4. KONTINUIERLICHE UV-MESSUNGEN AUF KLÄRANLAGEN

Ausgehend von den Erfahrungen, die mit der UV-Messung von Abwasserproben erzielt wurden und deren guter Korrelation mit den Summenparametern für organische Kohlenstoffverbindungen (CSB, TOC) wurden UV-Tauchsonden entwickelt, mit deren Hilfe direkt im Abwasserstrom Messungen vorgenommen werden können. Um eine Algenbildung in der Meßzelle zu vermeiden wird an Stelle von Dauerlicht mit einem Xenonblitz gearbeitet. Als Referenzwellenlänge wird 350 nm als Meßwellenlänge 254 nm verwendet. Die Verwendung von 254 nm anstelle der hinsichtlich der Extinktion etwas günstigeren 260 nm wird mit der besseren Vergleichbarkeit mit der im Oberflächen- und Trinkwasserbereich verwendeten Meßtechnik begründet.

Beispielhaft wurden im Ablauf der Kläranlage Mödling die Mittelwerte der kontinuierlich gemessenen SAK-Werte mit den CSB-Werten der Tagesmischproben verglichen und im Monatsverlauf für den August 1993 in Abbildung 13 dargestellt.

Die Korrelation zwischen den CSB und Sondenwerten ist sicher nicht so gut wie bei Reinsubstanzen. Bedenkt man aber die Unsicherheit der CSB-Bestimmung im Konzentrationsbereich unter 20 mg/l (MOSER 1995), kann man sicher von zufriedenstellenden Ergebnissen sprechen (Abbildung 14).

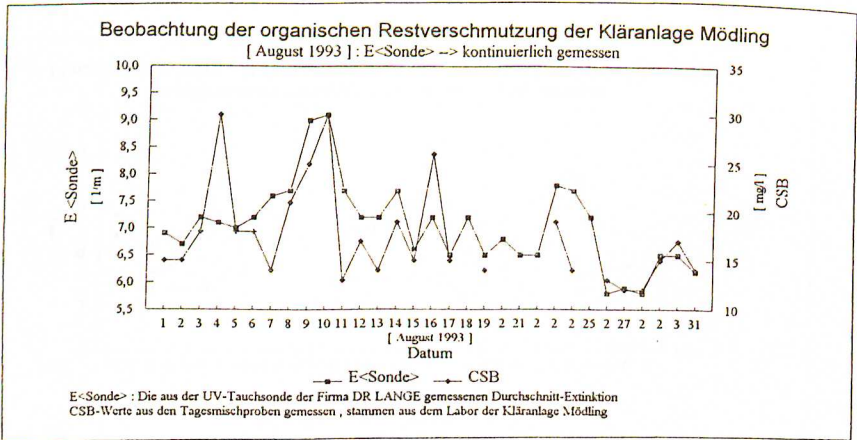


Abb 13: Organische Restverschmutzung im Ablauf der KA Mödling (August 1993)

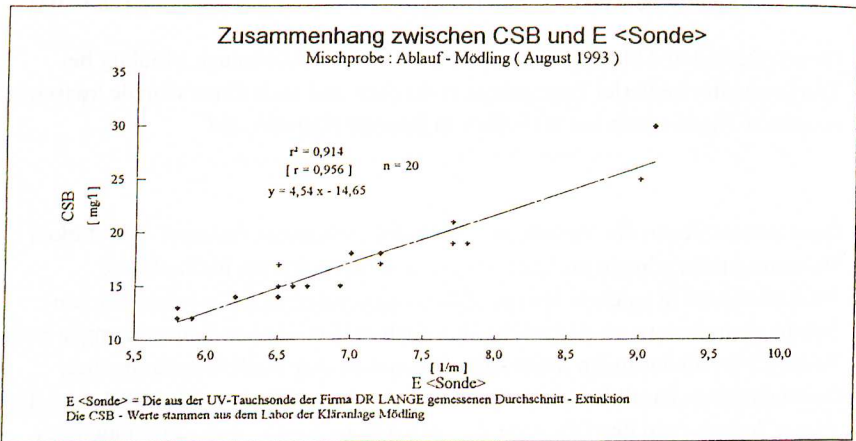


Abb 14: Zusammenhang zwischen CSB und SAK (Sonde)

Ein häufig für die Kennzeichnung von Ablaufproben verwendeter Parameter ist der TOC, der im Fall der Kläranlage Mödling nicht vor Ort sondern nach Einfrieren der Proben zeitlich versetzt im Labor der TU-Wien ermittelt wurde. Diese Probenstabilisierung bringt eine signifikante Verschiebung der Ergebnisse gegenüber den CSB und SAK<254> Werten, wie aus den Messungen im November 1993 aus Ablaufuntersuchungen der Kläranlage Mödling ersichtlich ist (Abbildung 15).

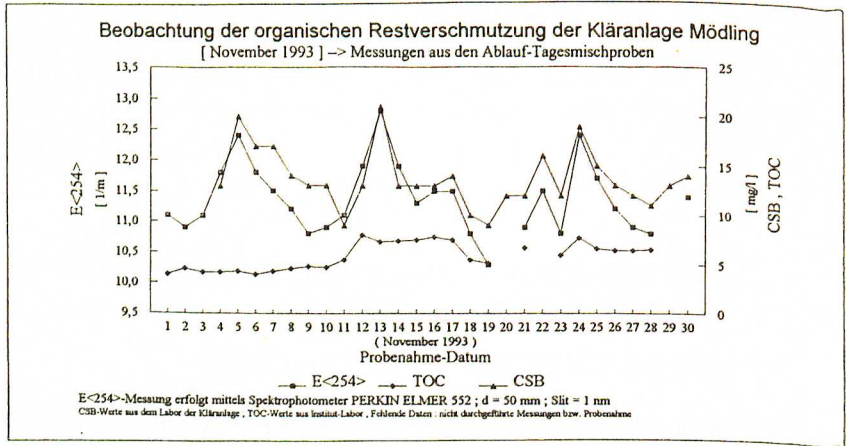


Abb. 15: Organische Restverschmutzung im Ablauf der KA Mödling (Nov. 93)

Wegen der guten Ablaufqualität sind im Ablauf der Kläranlage Mödling bei Trockenwetter keinerlei Tagesgänge ersichtlich und auch Unterschiede zwischen einzelnen Tagen treten nur im Falle von Regenereignissen auf.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei höher belasteten Anlagen. Die starken Belastungsunterschiede im Tagesverlauf und die verkürzte hydraulische Aufenthaltszeit in solchen Anlagen führen zu deutlichen Schwankungen von Summenparametern im Ablauf die sich auch in ebensolchen Schwankungen beim SAK<254> wiederfinden. Dies kann deutlich an den Meßergebnissen einer hochbelasteten Großkläranlage demonstriert werden (BR ca. 3 kg BSB₅/m³.d). Auf dieser Anlage wird der TOC von Zu- und Ablauf der Belebung kontinuierlich gemessen und stellt somit eine ideale Basis für Vergleiche mit anderen Verschmutzungsparametern dar.

In Abbildung 16 sind für einen typischen Wochentag die Meßwerte für den TOC und den SAK aus einer Sondenmessung aufgetragen. Zur Verdeutlichung der Übereinstimmung sind in der händisch eingezeichneten Kurve die Stundendurchschnittswerte in einem der UV-Messung angepaßten Maßstab dargestellt. Der proportionale Tagesverlauf der beiden Kurven im Ablauf ist deutlich erkennbar und zeigt die gute Korrelation der beiden Meßwerte.

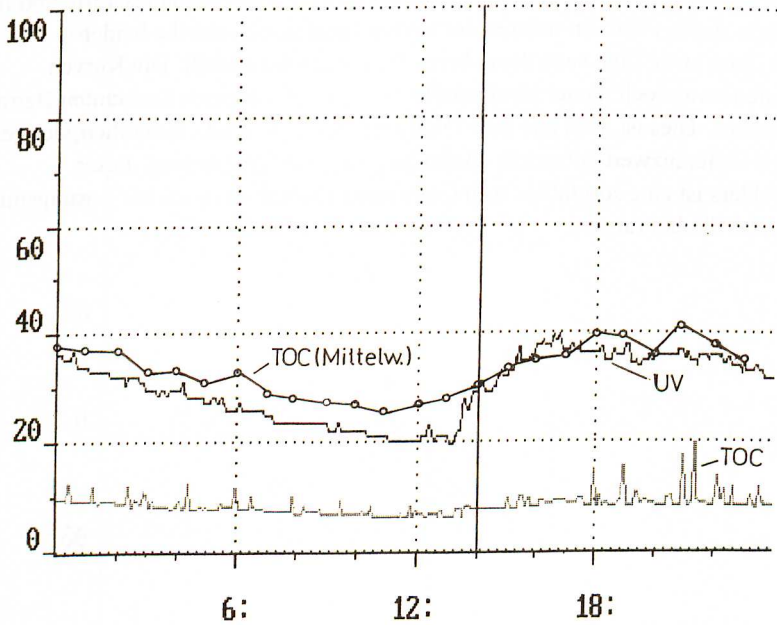


Abb. 16: SAK 254 (Sonde) und TOC im Tagesverlauf (**Wochentag**) -
TOC Stundenmittelwerte dem Maßstab des SAK angepaßt

Bei der gleichen Anlage wird im Falle einer geringeren Belastung wie sie z.B. an Sonntagen auftritt, die Dynamik der Ablaufrestverschmutzung stark vermindert und es werden nur geringe Veränderungen der Meßwerte über den Tagesverlauf registriert. Kurzzeitige Spitzenwerte treten in beiden Meßwerten kongruent auf und geben einen Hinweis, daß es sich nicht um Artefakte handelt (Abbildung 17).

Angeregt durch die auf der Kläranlage Mödling mit Aufstockung des Ablaufes erhaltenen Meßwerte und der guten Übereinstimmung der SAK-Werte mit anderen Summenparametern auch bei höheren Werten wurde der Einsatz der Sonde im mechanisch gereinigten Abwasser erprobt. In Abbildung 18 sind die Schreiberaufzeichnungen von 2 Meßtagen dargestellt. Der nahezu identische Kurvenverlauf am ersteren der beiden Tage ist eine überzeugende Demonstration der Proportionalität der beiden Meßparameter SAK<254> und TOC. Im Gegensatz

zum biologisch gereinigten Ablauf neigt die Meßsonde jedoch beim Einsatz im Zulauf zu einer stärkeren Verunreinigung durch die Abwasserinhaltsstoffe und hier vor allem durch Fette. Im unteren der beiden Diagramme sind die beiden Meßkurven zwei Tage nach dem oberen Diagramm dargestellt. Die Kurven verlaufen zwar noch immer ideal parallel sind jedoch um einen konstanten Betrag verschoben. Dies ist auch aus dem "Nullwert" der UV-Sonde ersichtlich, der genau diesem Differenzwert entspricht (Abbildung 18). Zur Vermeidung dieses Meßfehlers ist eine sorgfältige Reinigung unter Umständen auch mit Lösungsmitteln wie z.B. Alkohol ratsam.

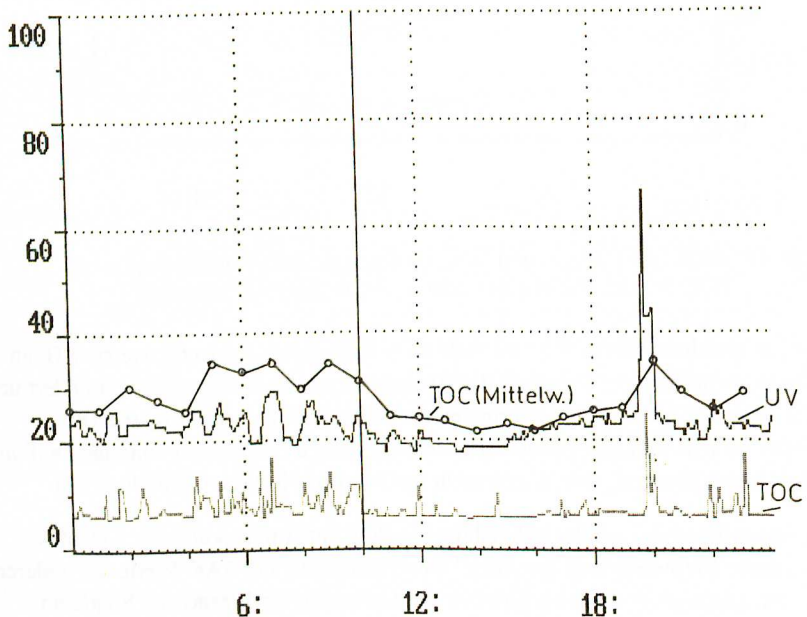


Abb. 17: SAK 254 (Sonde) und TOC im Tagesverlauf (**Sonntag**) - TOC Stundenmittelwerte dem Maßstab des SAK angepaßt

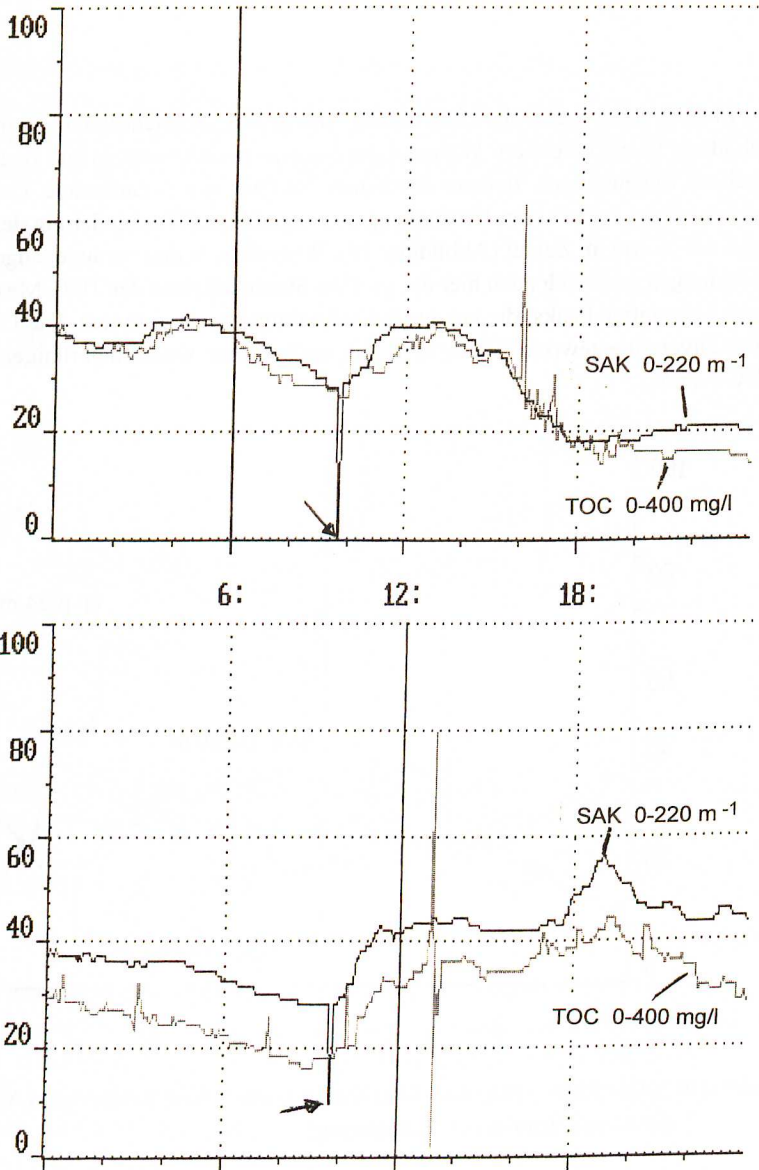


Abb. 18: SAK <254> und TOC im Ablauf Vorklärung im Tagesverlauf (Pfeile markieren Nullpunkt der SAK-Messung)

Der Einfluß von Regenereignissen auf die Abwasserzusammensetzung ist in Abbildung 19 dokumentiert. Während der Nachtstunden kommt es hier bedingt durch ein Regenereignis zu einer deutlichen Zunahme der Zulaufmenge. Dies bedingt wegen der höheren Verdünnung eine signifikante Verminderung der TOC und SAK-Werte im Zulauf (Abbildung 19). Wie schon in den vorangegangenen Abbildungen zeigt sich auch hier die größere Störanfälligkeit der TOC-Messung durch kurzzeitige Peaks, die bei den UV-Messungen nicht auftreten. Die UV-Kurve weist zuvor eine gewisse "Welligkeit" auf, verläuft aber wesentlich ruhiger als die TOC-Kurve.

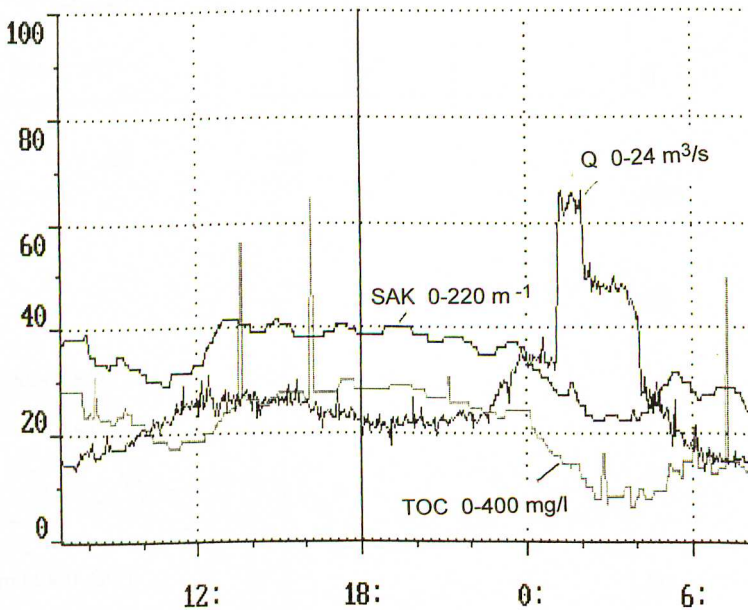


Abb. 19: SAK<254> , TOC und Zulaufmengen im Ablauf Vorklärung (Abnahme der Konzentration bei Verdünnung)

Eine deutliche Verstärkung dieser Welligkeit ist in der Abbildung 20 ersichtlich. Die Schwankungen haben eine deutliche Periodizität von ca. 2 Stunden, was mit der Räumfrequenz des Vorklärbeckens übereinstimmt. Die Inbetriebnahme des

Räumers bewirkt demnach eine erhöhte Turbulenz und eine Erhöhung der Belastung. Bei dem in Abbildung 20 dargestellten Meßtag war von den beiden Vorklärbecken der Anlage nur eines in Betrieb, wodurch der Schwankungsbereich der Messung zufolge der erhöhten hydraulischen Belastung verstärkt auftrat.

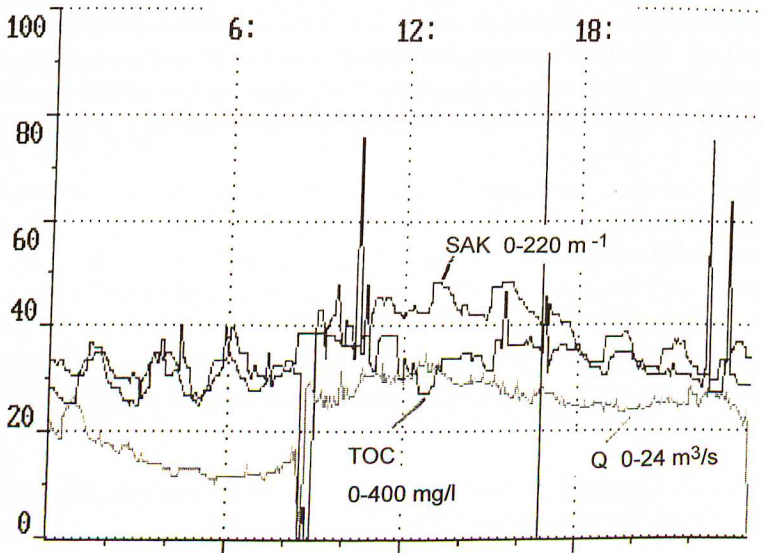


Abb. 20: SAK<254>, TOC und Zulaufmenge im Ablauf Vorklärung (Schwankung der Konzentration im Zulauf im Takt des Räumerrintervalls)

5. ZUSAMMENFASSUNG

Durch die Messung der UV Absorption bei 260 bzw. 254 nm (SAK<254>) wird zwar nur derjenige Anteil der Abwasserinhaltsstoffe erfaßt, der in diesem Bereich absorbiert, wegen des gleichmäßigen Vorkommens solcher Verbindungen im kommunalen Abwasser werden aber gut abgesicherte Zusammenhänge mit anderen Summenparametern für die organische Verschmutzung (CSB, TOC) erhalten.

Eine Erweiterung der UV-Anwendung bietet sich in der Verwendung von Ableitungsspektren (Derivativspektren) an, mit deren Hilfe der störende Einfluß von Begleitstoffen (z.B. Trübung) ausgeschaltet und die Erfassung von

Einzelkomponenten (z.B. Phenol) ermöglicht wird. Die Messung an definierten Lösungen zeigt die größere Empfindlichkeit bei niedrigeren Konzentrationen. Die Messung des SAK<254> eröffnet die Möglichkeit der kontinuierlichen Messung eines organischen Summenparameters ohne den Einsatz von Chemikalien mit einer vergleichsweise einfachen und wirtschaftlichen Meßanordnung. Der Einsatz eines inzwischen ausgereiften Meßsystems im praktischen Kläranlagenbetrieb wird an Hand der Ablaufüberwachung demonstriert. Die Anwendung im Zulaufbereich, die im Vergleich mit einer kontinuierlichen TOC-Messung sehr eindrucksvolle Ergebnisse liefert, eröffnet neue Möglichkeiten der Steuerung von Kläranlagen.

6. LITERATUR

Matsché, N., Ruider, E.: UV-Absorption, ein aussagekräftiger Parameter zur Erfassung der Restverschmutzung von biologisch gereinigtem Abwasser, Wiener Mitteilungen Band, 49, 241-260 (1982).

Moser, D., Kreuzinger, N.: Summenparameter in der Abwassertechnik - eine kritische Betrachtung. Wiener Mitteilungen Band 127, B 1-39 (1995)

Mrkva, M.: Investigation of organic pollution of surface waters by UV-spectrophotometrie. JWPCF 41, 1923-1931 (1969).

Sontheimer, H., Fuchs, W., Kühn, W.: Beurteilung der organischen Belastung von Fließgewässern. Vom Wasser 51, 1-10 (1978).

Überbach, O, Nowack, G.: Wasser-Qualität - Sicherheit durch Prozeß-Photometer. Dr. Bruno Lange GmbH Berlin Düsseldorf. Eigenverlag (1994)

Dipl.-Ing. Agustinus Christiadi-Mangkuseputro
Doz. Dipl.-Ing. Dr. Norbert Matsché
Dipl.-Ing. Karl Stumwöhrer

Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft
Technische Universität Wien
A-1040 WIEN, Karlsplatz 13,
☎ 0222/58 801 - 3140, 3145