

TRÜBUNGSKORREKTUR BEI UV-ABSORPTIONSMESSUNG

EINSATZ DER MESSGRÖSSEN SAK_{254} , SSK_{254} UND $SSK_{254\text{ korr}}$

In der Wasseraufbereitung hat sich die UV-Absorption als robuster Parameter etabliert, um die organische Fracht zu überwachen. Meist werden der Einfachheit halber ungefilterte Wässer vermessen, wodurch auch Trübung zum Messergebnis beiträgt. Dieser Einfluss, aber auch die Wirkung einer möglichen Trübungskompensation, werden häufig falsch eingeschätzt. Der Informationsgehalt der einzelnen Messwerte, SAK_{254} , SSK_{254} und $SSK_{254\text{ korr}}$, deren Beziehung zueinander und der Nutzen einer Trübungskompensation werden hier anhand von Praxisbeispielen erläutert.

Julia Gath*; Alexander Rodenberg, SWAN Analytische Instrumente AG

RÉSUMÉ

CORRECTION DE TURBIDITÉ DANS LES MESURES D'ABSORPTION UV

Dans le domaine du traitement de l'eau, l'absorption de la lumière ultraviolette à 254 nm, qualifiée de coefficient spectral d'absorption SAK_{254} , s'est établie comme un paramètre solide pour surveiller en continu la charge organique dissoute de l'eau brute jusqu'à l'eau potable. Les matières en suspension qui troublent l'échantillon peuvent être éliminées par filtrage avant la mesure d'absorption. À des fins de simplification, les échantillons utilisés pour les mesures de processus sont généralement non filtrés. Leur turbidité influence donc le résultat des mesures. Les mesures auxiliaires comme celles de la transmission de la lumière à 550 nm selon la norme DIN 38404-3 ou la mesure de la turbidité néphélogométrique permettent, dans ce cas, une compensation approximative. Les deux méthodes équivalentes de compensation de la turbidité et les hypothèses formulées dans ce cadre sont présentées en détail. L'influence de la turbidité sur la mesure d'absorption UV est cependant souvent surestimée. Pour l'utilisateur, il est aussi difficile d'évaluer ce que peut apporter une compensation de turbidité de la valeur de mesure et quand elle est appropriée. Suivant le questionnement, il peut s'avérer judicieux de faire la somme de la turbidité et de l'absorption, p. ex. lorsqu'il s'agit de commander une installation de désinfection aux UV, ou de séparer ces deux éléments, p. ex. lorsque la qualité de l'eau est surveillée après

EINLEITUNG

In natürlichen Wässern, aber auch in Trink- und gereinigtem Abwasser, dominieren biologisch langsam abbaubare Verbindungen, z. B. Lignine, Tannine oder Huminstoffe, die organische Fracht des Wassers [1]. Alle diese Verbindungen absorbieren UV-Licht, das heisst: Sie schwächen einen Lichtstrahl ab, der die Wasserprobe passiert (Fig. 1a). Das Mass für die UV-Absorption bei 254 nm, das üblicherweise als der spektrale Absorptionskoeffizient bei 254 nm (SAK_{254}) bezeichnet wird, ist somit ein verlässliches und heute weit verbreitetes Mass für die organische Fracht in der Wasseraufbereitung.

In trüben Proben, also solchen mit Schwebstoffen, trägt jedoch auch die Streuung an den Partikeln zur Abschwächung des Messlichts bei (Fig. 1b). Die zusätzliche Abschwächung lässt die organische Fracht somit höher erscheinen. Mit einer Durchlichtmessung entsprechend Figur 1 bei einer einzigen Wellenlänge lassen sich die Beiträge von Streuung (Schwebstoffe) und Absorption (gelöste Organik) nicht trennen. Eine Filtration der Probe oder eine näherungsweise Trübungskompensation über eine zusätzliche Messung wird benötigt.

Die Filtration der Probe erlaubt die Trennung zwischen Streuung und Absorption. Für Labormessungen wurde dazu die Ver-

* Kontakt: julia.gath@swan.ch

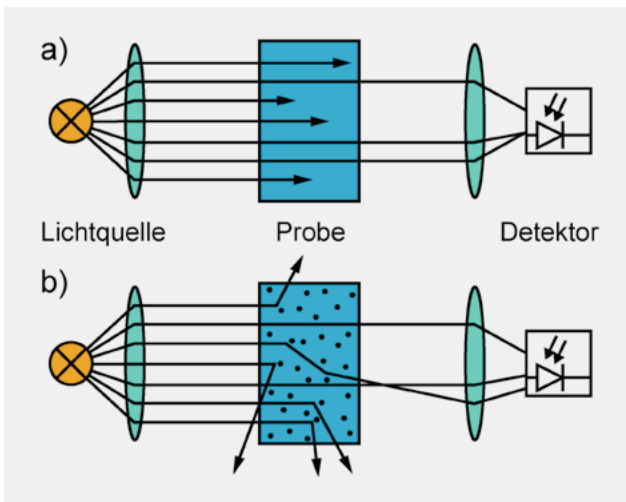


Fig. 1 Abschwächung eines Lichtstrahls durch a) Absorption und b) Streuung.

wendung eines Membranfilters mit 0,45µm Porenweite für die Trennung von Schwebstoffen von gelösten Substanzen definiert [2, 5]. Bei einer kontinuierlichen Messung der UV-Absorption ist dieses Verfahren allerdings wenig praktikabel, da ein so feiner Membranfilter zu schnell verstopft. Auch Tiefenfilter mit hohen nominellen Feinheiten stoßen bei stark partikelhaltigen Wässern schnell an ihre Grenzen.

In der Praxis lässt sich der Beitrag der Schwebstoffe jedoch auch über eine Hilfsmessung bei einer zweiten Wellenlänge näherungsweise bestimmen und herausrechnen. Für eine solche Trübungskompensation haben sich zwei Verfahren bewährt:

- Durchlichtmessung bei 550 nm nach DIN 38404-3 [2]
- Nephelometrie bei 860 nm (Trübungsmessung über Streulicht im Winkel von 90°)

Beide Methoden erlauben eine gute bis sehr gute Näherung an das «echte» Absorptionssignal, ohne jedoch den Aufwand einer dauerhaften Filtration. Der folgende Text soll einen Überblick über beide Möglichkeiten der Trübungskorrektur geben und kurz die Voraussetzungen, die Wirksamkeit und den praktischen Nutzen beschreiben.

TRÜBUNGSKOMPENSATION

TRÜBUNGSKOMPENSATION ÜBER DURCHLICHTMESSUNG BEI 550 NM NACH DIN 38404-3

Bei dieser Methode der Trübungskompensation wird der Trübungsanteil an der Abschwächung des UV-Lichts durch eine Durchlicht-Trübungsmessung bei 550 nm bestimmt. Das bedeutet, dass zusätzlich zu der Messung der Abschwächung bei 254 nm (spektraler Schwächungskoeffizient, SSK_{254}) auch die Abschwächung von grünem Licht bei 550 nm (SSK_{550}) gemessen wird [2]. Die Lichtverluste bei 550 nm werden vollständig der Streuung durch Schwebstoffe zugeschrieben. Die Differenz der beiden Messwerte wird folglich als Mass für die Absorption der Probe bei 254 nm definiert. Diese Form der Trübungskompensation ist in den meisten Messgeräten implementiert:

$$SSK_{254\text{ korrr}} = SSK_{254} - SSK_{550}$$

Um die Absorption, die nach der Trübungskompensation erhalten wird, sprachlich von der Absorptionsmessung einer gefilterten Probe zu differenzieren, wird zwischen dem SAK_{254} (gefilterte Probe) und dem $SSK_{254\text{ korrr}}$ (korrigierter, spektraler Schwächungskoeffizient) unterschieden. *Tabelle 1* gibt einen Überblick über die verschiedenen Messgrößen und ihre Bedeutung.

Bezeichnung nach DIN	Andere gebräuchliche Bezeichnungen	Messung	Bedeutung
$\alpha(254\text{ nm}); SAK_{254}$		Durchlichtmessung bei 254 nm von gefiltertem Wasser (0,45 µm): Absorption	Misst nur die gelöste organische Fracht.
$\mu(254\text{ nm}); SSK_{254}$	SAK(*)	Durchlichtmessung bei 254 nm von ungefiltertem Wasser: Streuung und Absorption	Misst die Summe der Schwebstoffe und der gelösten organischen Fracht.
$\mu(254\text{ nm})_{\text{korrr}}; SSK_{254\text{ korrr}}$	SAK trübungs-kompensiert	Differenz der Messungen bei 254 nm und 550 nm von ungefiltertem Wasser: $\mu(254\text{ nm})_{\text{korrr}} = \mu(254\text{ nm}) - \mu(550\text{ nm})$	Nähert die gelöste organische Fracht an.

(*) Bei Wässern ohne nennenswerte Trübung sind alle drei Messwerte äquivalent, daher auch die verbreitete begriffliche Verwirrung. In der Regel wird immer vom SAK gesprochen, auch wenn keine Filtration der Probe stattfindet und auch keine Trübungskorrektur durchgeführt wird. Streng nach DIN 38404-3 wäre hier die Bezeichnung SSK_{254} zu nutzen. Messtechnisch unterscheiden sich der SAK_{254} und der SSK_{254} nur durch die Probenvorbereitung.

Tab. 1 Messgrößen nach DIN 38404-3

Im Folgenden werden die Bezeichnungen SAK_{254} , SSK_{254} und $SSK_{254\text{ korrr}}$ verwendet.

TRÜBUNGSKOMPENSATION ÜBER NEPHELOMETRIE BEI 860 NM

Statt einer Durchlicht-Trübungsmessung kann auch die nephelometrische Trübung genutzt werden, um den Trübungsanteil des SSK_{254} zu korrigieren. Nach ISO 7027 [3] wird die Trübung einer Wasserprobe über die Streuung von Licht bei der Wellenlänge 860 nm gemessen. Neben einer Durchlicht-Trübungsmessung ist in der Norm auch die Messung des gestreuten Lichts in einem Winkel von 90° zum einfallenden Lichtstrahl vorgesehen, was als nephelometrische Trübung bezeichnet wird. Letztere Methode ist weitaus gebräuchlicher, da sie auch zur Messung von den im Trinkwasserbereich üblichen sehr kleinen Trübungen geeignet ist.

Da es sich bei der 90°-Trübungsmessung (*Formazine Nephelometric Units*, FNU) physikalisch um eine andere Messgröße handelt als bei der Messung des SSK_{550} (Einheit /m), muss der Messwert in FNU für die Trübungskorrektur mit einem empirischen Faktor umgerechnet werden. Streng genommen hängt dieser Faktor von Größe und Geometrie der streuenden Partikel ab, jedoch liefert in der Praxis ein Wert von $0,2/(FNU \cdot m)$ bei natürlichen Wässern zufriedenstellende Ergebnisse:

$$SSK_{254\text{ korrr}} = SSK_{254} - \text{Trübung} * 0,2/(FNU \cdot m)$$

Da in aller Regel an Messstellen mit einer UV-Absorptionsmessung auch die Trübung des Wassers über Nephelometrie erfasst wird, bietet sich diese Form der Trübungskompensation an. Obwohl dieses Verfahren in der Praxis gut funktioniert, ist es in keiner Norm beschrieben.

PRAKTISCHE ASPEKTE DER TRÜBUNGSKOMPENSATION

Generell scheint es, dass die Querempfindlichkeit der UV-Absorptionsmessung auf die Trübung der Probe überschätzt wird. Dies gilt vor allem im Trinkwasserbereich, wo das aufbereitete Wasser, aber oft auch das Rohwasser, eine geringe Trübung aufweisen. Tatsächlich führt 1 FNU Trübung nur zu einer Abschwächung des Messlichts von etwa 0,2/m bei 550 nm. Dies bedeutet, dass die Durchlichtmessung zur Trübungskompensation bei einem Detektionslimit von 0,1/m erst ab 0,5 FNU überhaupt verlässlich anspricht. *Figur 2* zeigt den Anteil der Trübung und der Absorption am SSK_{254} für typische Trübungs- und Absorptionsbereiche im Roh- und Trinkwasser. Unterhalb von 0,5 FNU lohnt sich eine Trübungskompensation der UV-Absorptionsmessung in der Regel nicht, da der Einfluss mit $<0,1/m$ auf den Messwert bei 254 nm für die Interpretation unerheblich ist.

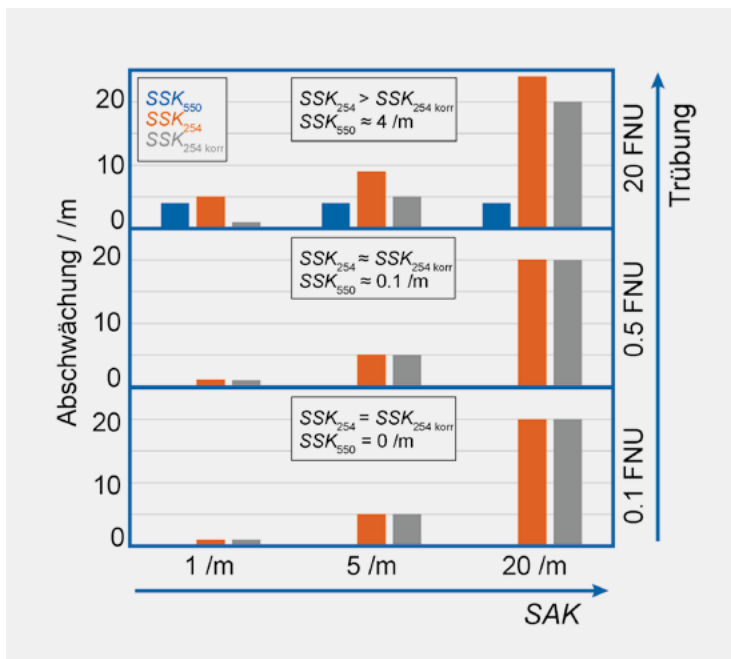


Fig. 2 Beitrag der Trübung zum SSK_{254} für typische Trübungs- und Absorptionsbereiche im Roh- und Trinkwasser. Unterhalb von 0,5 FNU ist der Einfluss der Trübung auf die SSK-Messung vernachlässigbar. Erst bei hohen Trübungen führt eine Korrektur des SSK_{254} zu einer merklichen Änderung des Messwertes.

Grundsätzlich reagiert eine Durchlicht-Trübungsmessung deutlich später als eine nephelometrische Messung, bei der das Streulicht im Winkel von 90° gemessen wird. Eine Messung der Trübung im Durchlicht bei 550 nm eignet sich daher nicht, um eine Veränderung der Trübung einer Probe ausreichend früh zu erkennen. Nephelometrische Prozessmessgeräte erreichen typischerweise ein Detektionslimit von 0,02 FNU, während eine Durchlicht-Trübungsmessung erst ab etwa 0,5 FNU anspricht. Nach ISO 7027 wird eine Durchlicht-Trübungsmessung sogar erst ab 40 FNU bzw. FAU empfohlen [3]. Die Trübungsmessung über das Streulicht ist also etwa 25 Mal sensitiver als eine Durchlichtmessung.

Abgesehen vom Sensitivitätsunterschied enthalten beide Hilfsmessungen die gleiche Information über eine Wasserprobe, da beide unspezifisch auf die Art der Trübung, organisch oder mineralisch, reagieren. Ebenso werden bei der Nutzung von beiden Methoden zur Trübungskompensation des SSK_{254} die gleichen Näherungen gemacht:

I. Die Absorption bei 550 nm bzw. bei 860 nm ist vernachlässigbar. Diese Bedingung ist bei natürlichen Wässern quasi immer erfüllt, da deren gelblich-braune Farbe von Huminstoffen und anderen biologischen Abbauprodukten verursacht wird. Diese absorbieren fast ausschliesslich UV- und blaues Licht.

II. Der Einfluss der Trübung ist nicht von der Wellenlänge abhängig. Grundsätzlich gilt, dass kurzwelliges Licht an kleinen Partikeln stärker gestreut wird als langwelliges Licht. Form und Größenverteilung der Partikel bestimmen, wie stark die Wellenlängenabhängigkeit im Einzelfall ist. Beide Hilfsmessungen unterschätzen daher den Einfluss der Streuung auf den SAK bei 254 nm. Ein illustratives Beispiel für die unterschiedliche Streuung bei verschiedenen Wellenlängen ist in *Figur 3* gezeigt. Das blaue (kurzwellige) Licht wird an den Milchtröpfchen stärker gestreut als das rote (langwellige) Licht. Das Becherglas erscheint bläulich, da die Farbe vom gestreuten Licht bestimmt wird. Das Durchlicht erscheint rötlich, da hier die gestreuten Anteile fehlen.

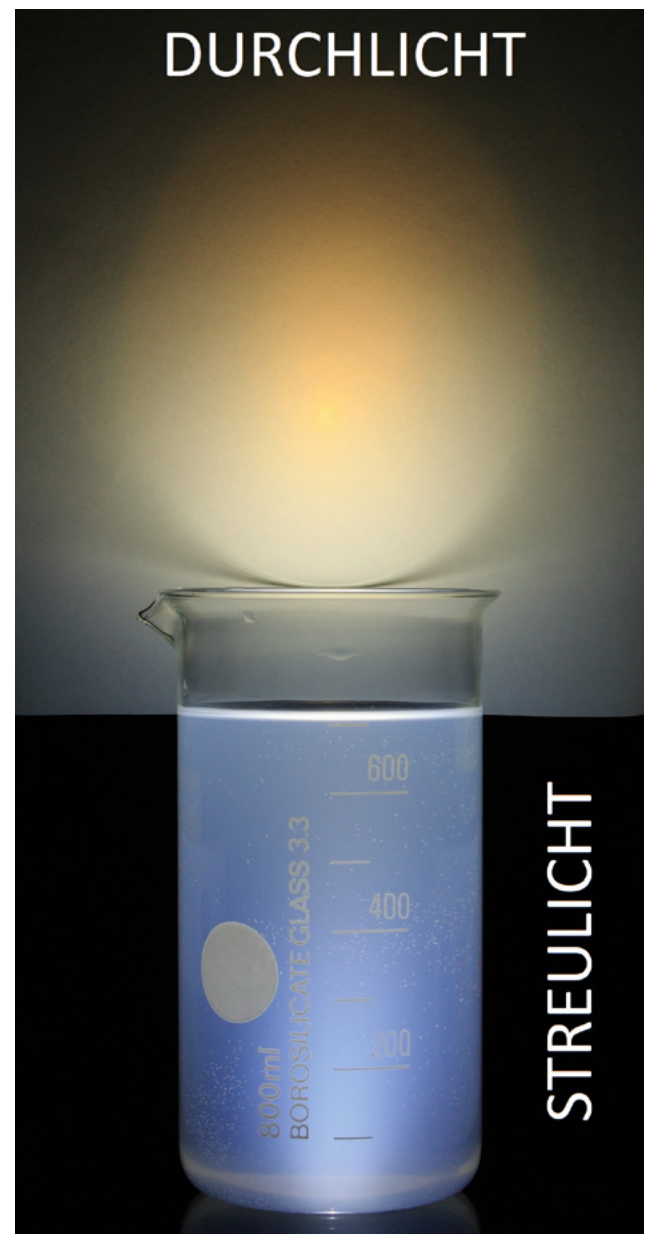


Fig. 3 Verdünnte Milch in Becherglas

III. Die Schwebstoffe absorbieren

kein UV-Licht

Bei mineralischer Trübung kann davon ausgegangen werden, dass die Lichtverluste bei 254 nm hauptsächlich auf Streuung zurückzuführen sind. Anders sieht dies aus, wenn biologische Partikel für die Trübung verantwortlich sind. Hier ist der Unterschied zwischen dem nach Filtration gemessenen SAK₂₅₄ und dem ungefilterten SSK₂₅₄ deutlich grösser, da die Partikel auch sehr viel UV-Licht absorbieren. Der Beitrag durch Absorption lässt sich ohne zusätzliche Informationen zur Probe weder ausgehend von einer Messung bei 550 nm noch bei 860 nm abschätzen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass beide Hilfsmessungen den Einfluss der Streuung eher unterschätzen, weshalb es Sinn machen kann, die Trübungskompensation zusätzlich noch mit einem probenspezifischen Faktor zu skalieren, z. B. $SSK_{254\text{ korrt}} = SSK_{254} - \text{Faktor} * SSK_{550}$. Die optimale Skalierung kann durch eine Vergleichsmessung der gefilterten und ungefilterten Probe bestimmt werden. Für mineralische Trübung findet sich in der Praxis ein Faktor um 1,5, der die Wellenlängenabhängigkeit der Streuung berücksichtigt. Bei organischer Trübung liegt dieser Korrekturfaktor oft deutlich höher, da zusätzlich noch der Anteil der UV-Absorption der Partikel berücksichtigt wird. Ändert sich die Natur der Trübung z. B. von organisch auf mineralisch, ändert sich daher auch der empirische Skalierungsfaktor.

ANWENDUNGEN

TRÜBUNGSKOMPENSATION BEI NATÜRLICHEN OBERFLÄCHENWÄSSERN

Nach heftigen Regenfällen wurden Wasserproben aus zwei Bächen mit unterschiedlichen Einzugsgebieten im Labor

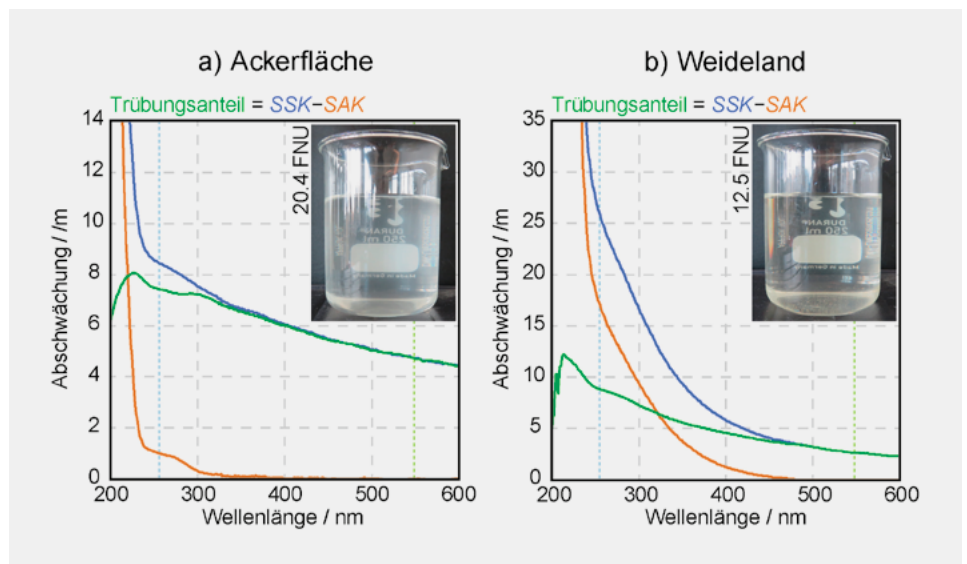


Fig. 4 Absorptionsspektren zweier Bachwasserproben nach Starkregen, SSK (blau), SAK (orange) und der Trübungsanteil (grün). a) Lehmhaltige Auswaschungen aus Ackerflächen, b) Auswaschungen aus Weideland mit hoher organischer Belastung.

untersucht. Die erste Probe wurde aus einem Bachlauf, der seinen Ursprung inmitten von Feldern hat, gewonnen, während die zweite Probe aus einem auf Weideland entspringenden Bach entnommen wurde. Hinter den Feldern wird die Trübung des Wassers hauptsächlich von mineralischen Partikeln verursacht, während die organische Fracht, und damit der SAK₂₅₄, eher gering sind. Anders sieht es bei dem Wasser, das durch Weideland geflossen ist, aus. Hier wird sowohl gelöstes wie auch partikuläres organisches Material ausgewaschen.

Beide Wasserproben wurden im Labor auf ihre optischen Eigenschaften untersucht. Dazu wurde jeweils die Trübung über eine 90°-Streulichtmessung bei 860 nm als auch das UV/VIS-Spektrum vermessen (Fig. 4). Das Spektrum wurde von der ungefilterten Probe (SSK, blau), wie auch der gefilterten Probe (SAK, orange), vermessen. Dies erlaubt es durch Subtraktion, den SSK in einen Absorptionsanteil (SAK) und einen Trübungsanteil (grün)

zu zerlegen. Die entsprechenden Messwerte und Kennzahlen sind in Tabelle 2 aufgelistet.

An den SAK-Spektren der beiden gefilterten Proben zeigt sich, dass bei 550 nm tatsächlich keine Absorption der Probe gemessen wird. Die Abschwächung bei 550 nm in den SSK-Spektren geht also in beiden Fällen vollständig auf die Trübung zurück. Die erste der drei Annahmen ist für beide Proben gültig.

Anders sieht es bei der Wellenlängenabhängigkeit der Streuung und der UV-Absorption durch die Schwebstoffe aus. Der Beitrag der Trübung zum SSK steigt in beiden Fällen zu kurzen Wellenlängen. Bei der lehmhaltigen Probe beträgt das Verhältnis der Trübungsanteile bei 254 nm und 550 nm 1,6. Dieser Unterschied wird von der stärkeren Streuung des UV-Lichtes an den mineralischen Partikeln verursacht. Die Annahme, dass im UV keine relevante Absorption durch die Partikel stattfindet, ist hingegen gültig. Im Fall der Probe mit den organischen

Trübungskompensation nach DIN 38404-3 - Durchlicht							
	SSK ₂₅₄ //m	SSK ₅₅₀ //m	SAK ₂₅₄ //m	SSK _{254 korrt, DIN} //m	Faktor	SSK _{254 korrt, skaliert} //m	
Weideland	26,1	2,6	17,3	23,5	3,4	17,3	
Ackerfläche	8,5	4,7	1,0	3,8	1,6	1,0	
Trübungskompensation über Nephelometrie (90°-Streulicht) bei 860 nm							
	SSK ₂₅₄ //m	Trübung _{ISO} / FNU	SAK ₂₅₄ //m	SSK _{254 korrt, 0,2} //m	Faktor	SSK _{254 korrt, skaliert} //m	SSK ₅₅₀ /Trübung _{ISO} //(m*FNU)
Weideland	26,1	12,5	17,3	23,6	3,5	17,4	0,21
Ackerfläche	8,5	20,4	1,0	4,4	1,8	1,1	0,23

Tab. 2 Laborergebnisse der beiden Bachwasserproben

Verunreinigungen beträgt das Verhältnis der Trübungsanteile bei 254 nm und 550 nm sogar 3,4 – es ist also deutlich grösser als das Verhältnis von 1, das in der DIN 38404-3 pauschal angenommen wird [2]. Diese starke Abweichung kommt durch den hohen Organikanteil in den Schwebstoffen zu Stande, die bei der Filtration entfernt werden. Die Lichtverluste im UV, die durch die Schwebstoffe verursacht werden, setzen sich also aus einem Anteil Streuung und einem Anteil Absorption zusammen. Die Grösse des Absorptionsanteils kann nicht ohne weitere Informationen zur Zusammensetzung der Verunreinigungen abgeschätzt werden. Für die Trübungskompensation muss der Skalierungsfaktor daher probenspezifisch ermittelt werden.

Wird die nephelometrische Trübung der Probe in FNU zur Kompensation herangezogen, bleiben die probenspezifischen Faktoren annähernd gleich. Der Korrekturfaktor für die Trübungskompensation hängt also nicht von der Art der Kompensation ab, sondern wird von der Zusammensetzung der Probe bestimmt. Zusätzlich muss natürlich, wie bereits oben beschrieben, der Trübungswert mit $0,2/(FNU \cdot m)$ auf die Absorptionsskala umgerechnet werden. Der Umrechnungsfaktor von $0,2/(FNU \cdot m)$ funktioniert selbst bei sehr unterschiedlichen Wasserproben sehr gut, was die gemessenen Verhältnisse $SSK_{550} : Trübung_{150}$ eindrücklich bestätigen.

UV-ABSORPTIONSMESSUNG IN DER TRINKWASSERAUFBEREITUNG

Der folgende Abschnitt gibt eine kurze Übersicht über einige typische Anwendungen der UV-Absorptionsmessung im Trinkwasserbereich und welche Messgrößen – SAK_{254} , SSK_{254} oder $SSK_{254 \text{ kor}}$ – jeweils relevant sind. Die Methode der Trübungskompensation ist dabei für die Interpretation der Messwerte unerheblich.

UV-Desinfektion

Hier ist immer der SSK_{254} relevant, da der Verlust an UV-Licht durch Trübung und Absorption für den Betrieb der UV-Desinfektionsanlage entscheidend ist [6, 7]. Die Leistung einer UV-Desinfektionsanlage kann entsprechend dem SSK_{254} geregelt werden, sofern die Anlage für diese Betriebsart validiert ist. Falls bei einer zu schlechten Wasserqualität eine mit fixer Leistung betriebene UV-Anlage nicht aus-

reicht, eine hinreichende Desinfektion zu gewährleisten, wird das Wasser verworfen.

Qualitätsüberwachung von aufbereitetem Trinkwasser

SSK_{254} und $SSK_{254 \text{ kor}}$ sind hier in der Regel äquivalent, da in Trinkwasser keine nennenswerte Trübung vorhanden sein sollte. Beide Messwerte werden von der gelösten organischen Fracht bestimmt und eignen sich daher gut, Verunreinigungen zu detektieren, die von den übrigen Summenparametern – Leitfähigkeit, pH, Trübung, ORP – nicht oder nur schlecht erfasst werden. Hier ergibt die Messung des $SSK_{254 \text{ kor}}$ gegenüber dem SSK_{254} hauptsächlich dann Sinn, wenn prozessbedingte Trübungsanstiege (z. B. Filtrerrückspülungen) nicht auf den Messwerten sichtbar sein sollen.

Infiltration von Oberflächenwasser in eine Wasserfassung

Hier wird in der Regel der SSK_{254} überwacht, da sowohl eine erhöhte Trübung als auch eine erhöhte Absorption auf eine Infiltration hindeuten. Eine Kombination mit der Messung der Trübung über 90° -Streulicht erlaubt allerdings die bestmögliche Detektion von Partikeln und Organik. Gegenüber einer alleinigen Trübungsmessung hat eine zusätzliche Messung des SSK_{254} den Vorteil, dass gelöste Stoffe in der Regel schneller migrieren als partikuläre Verunreinigungen. Der SSK_{254} spricht bei einer Infiltration früher an als die Trübung [4]. Eine Trübungskompensation des SSK_{254} und die damit mögliche parallele Interpretation

von SSK_{254} und $SSK_{254 \text{ kor}}$ ist machbar, bringt in der Praxis aber keine Vorteile.

Infiltration von Industriechemikalien in eine Wasserfassung

Chemikalien, die bei 254 nm absorbieren, lassen sich mit einer UV-Absorptionsmessung im Roh- und Trinkwasser detektieren. In jedem Fall sollte aber eine Abschätzung gemacht werden, welche Nachweisgrenzen für die zu erwartenden Chemikalien an einer Probenahmestelle erreicht werden, das heisst, welche Konzentrationen nötig sind, um vor dem Hintergrund der normalen Schwankungen der Wasserqualität wahrgenommen zu werden. Sowohl der SSK_{254} wie auch der $SSK_{254 \text{ kor}}$ sprechen zuverlässig auf die Verunreinigungen an. Wenn jedoch das Rohwasser selbst eine erhöhte Trübung aufweist und vor allem, wenn diese stark schwankt, kann mit dem $SSK_{254 \text{ kor}}$ der Einfluss der Trübung auf das Messergebnis minimiert werden und damit das Detektionslimit für gelöste, absorbierende Substanzen gesenkt werden.

ÜBERWACHUNG EINES SANDFILTERS MITTELS TRÜBUNG UND UV-ABSORPTION

Von den Hardwasserwerken in Pratteln bei Basel wird Rheinwasser zu Trinkwasser aufbereitet. Dazu fliesst das Rheinwasser zunächst durch Schnellsandfilter, die z. B. bei übermässiger Trübung aufgrund von Hochwasser abgeschaltet werden. Das gefilterte Wasser wird im Hardwald versickert, dabei gereinigt und dann über Brunnen als «künstliches» Grundwasser wieder entnommen. Das Grundwasser wird über Aktivkohle fil-

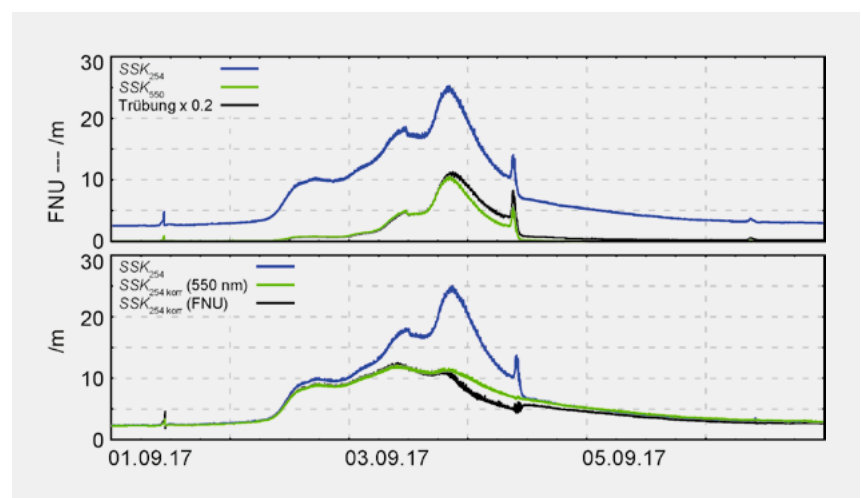


Fig. 5 Durchbruch eines Schnellsandfilters nach Starkregen. In der oberen Grafik sind die tatsächlichen Messwerte (SSK_{254} , SSK_{550} und nephelometrische Trübung) gezeigt, in der unteren Grafik die kompensierten Messwerte $SSK_{254 \text{ kor}}$ im Vergleich zum SSK_{254} .

triert, um organische Spurenverunreinigungen zu reduzieren, und schliesslich mittels UV-Licht desinfiziert, bevor es als Trinkwasser in ein Reservoir eingespeist wird.

Die Wasserqualität nach der Sandfiltration wird über eine Trübungsmessung überwacht, zudem wurde für einen Test im Herbst 2017 eine UV-Absorptionsmessung installiert. Solange der Filter nicht überladen war, betrug die Trübung etwa 0,3 FNU und der SSK_{254} etwa 3/m. Am 2. September 2017 zeigte sich eine beginnende Sättigung des Schnellsandfilters wegen Sedimenten, die nach Starkregen in der Ostschweiz mitgeführt wurden. Der Verlauf der Trübung und des SSK_{254} während der Filtersättigung bis nach der Rückspülung ist in *Figur 5* gezeigt.

Zu Beginn des Starkregenereignisses stieg erst der SSK_{254} an, da die gelösten Substanzen kaum im Filter zurückgehalten wurden. Für die ersten 24 Stunden reagierten weder Trübung noch der SSK_{550} auf die Veränderung des Probenwassers. Der Filter hielt die Schwebstoffe noch weitgehend zurück. Am 3. September brachen dann Schwebstoffe durch den Filter und sowohl die Trübungsmessung als auch der SSK_{550} stiegen an. Wird die Trübung mit dem Faktor 0,2 skaliert, zeigt sich eindrücklich, dass beide Signale parallel verlaufen. Beim Abfall passt der Faktor etwas weniger gut, was auf eine

Änderung in der Natur der Schwebstoffe hindeutet. Über die Trübungskompensation lassen sich während des Filterdurchbruchs die Beiträge von Trübung und Absorption zum SSK_{254} trennen. Wird der SSK_{550} zur Kompensation herangezogen und zusätzlich noch im einem Faktor 1,3 skaliert (wie in *Fig. 5, unten*), ergibt sich eine relativ flache Kurve, in der auch die kurzzeitig erhöhte Trübung nach der Filterrückspülung am 4. September perfekt korrigiert ist. Der $SSK_{254\text{korrr}}$ änderte sich über den Durchbruch erstaunlich wenig. Wird das Trübungssignal zur Korrektur herangezogen, ergeben sich analoge Ergebnisse, was nicht weiter erstaunlich ist, da beide Signale die gleiche Information enthalten und bis auf einen Umrechnungsfaktor parallel verlaufen.

Nach der Filterrückspülung sanken die Trübung und der SSK_{550} schnell wieder auf die Ausgangswerte. Der SSK_{254} normalisierte sich im Laufe der nächsten Tage, bis das Rheinwasser wieder die gewohnte Qualität aufwies.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] *American Public Health Association (2017): Method 5910: UV-absorbing organic constituents in Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd edition, Washington, D.C.*
- [2] *DIN 38404-3 (2005): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Physikalische und physikalisch-chemische*

Kenngrössen (Gruppe C) – Teil 3: Bestimmung der Absorption im Bereich der UV-Strahlung, Spektraler Absorptionskoeffizient (G 3)

- [3] *ISO 7027 (2016): Water quality – Determination of turbidity*
- [4] *Stadler, H. et al. (2010): The spectral absorption coefficient at 254nm as a real-time early warning proxy for detecting faecal pollution events at alpine karst water resources, Water Sci. Technol. 62: 1898–1906*
- [5] *Potter, B. B.; Wimsatt, J. (2009): Method 415.3, Rev. 1.2: Determination of Total Organic Carbon and Specific UV Absorbance at 254 nm in Source Water and Drinking Water, Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency*
- [6] *DVGW (2006): W 294-1, -2 und -3: UV-Geräte zur Desinfektion in der Wasserversorgung*
- [7] *U.S. Environmental Protection Agency (2006): EPA 815-R-06-007: Ultraviolet Disinfection Guidance Manual for the Final Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule, Washington, D.C.*

> SUITE DU RÉSUMÉ

une filtration rapide sur sable. Les atouts d'une compensation de la turbidité sont mis en lumière à l'aide de cet exemple d'application et de deux eaux de surface différentes.

iviflo
SPRINT

iviflo
MESSING

MF
Melcher + Frenzen
Armaturen



Die neue **Kompetenz** - "alles" aus einer Hand!

Import Schweiz: www.hessmetalle.ch