



Herausforderung

Einfache und schnelle Bestimmung der Wasserqualität von Oberflächenwasser durch Summenparameter wie Trübung, Färbung und SAK_{254} nach gesetzlichen Vorgaben für wasseranalytische Labore.

Lösung

Hochpräzise und dennoch einfache Analyse von Trinkwasser bis hin zu stark verschmutzten Abwasserproben mit dem Zweistrahl-Spektralphotometer SPECORD 200 PLUS.

Bestimmung von Trübung, Färbung und SAK_{254} mittels UV/Vis-Spektroskopie nach DIN EN ISO 7027-1, DIN EN ISO 7887 und DIN 38404-3 in Oberflächenwasser

Einleitung

Die Deutschen Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung (DEV) beinhalten unter anderem die Ermittlung physikalischer und physikalisch-chemischer Kenngrößen (Gruppe C) für verschiedene Wasserproben.^[1]

Die UV/Vis-Spektralphotometrie ist eine einfache und schnelle Analysemethode für viele Parameter in den meisten Wasserproben. Neben den gängigen Einzelparametern wie Phosphat, Ammonium, Nitrat und Nitrit werden zur Überwachung der Qualität von Trink-, Oberflächen-, Grund- und Abwasser auch die Summenparameter Trübung (DIN EN ISO 7027-1)^[2], Färbung (DIN EN ISO 7887)^[3] und der spektrale Absorptionskoeffizient bei 254 nm (SAK_{254} , DIN 38404-3)^[4] erfasst.

Trübung definiert sich als die Verringerung der Durchsichtigkeit einer Flüssigkeit, die durch ungelöste Substanzen verursacht wird. Bei Färbung wird zwischen scheinbarer Färbung des Wassers, die von gelösten Substanzen und Schwebstoffen in der Originalwasserprobe und wahrer Färbung des Wassers, welche durch gelöste Substanzen verursacht wird, unterschieden. Der spektrale

Absorptionskoeffizient SAK_{254} ist ein Maß für die summarische Bestimmung von gelösten organischen Wasserinhaltsstoffen in Wasserproben.

Da die Qualität unseres Wassers auch die Qualität unseres Lebens bestimmt, verdient die Wasserqualitätskontrolle auf höchstem Niveau unsere besondere Aufmerksamkeit. Für alle oben genannten Messungen ist das Zweistrahl-Spektralphotometer SPECORD 200 PLUS mit der Basissoftware ASpect UV das Gerät der Wahl. Durch die hohe Energieausbeute ist das Spektralphotometer SPECORD PLUS perfekt für stark verunreinigte Proben geeignet. Darüber hinaus können auch geringste Konzentrationen durch die hochpräzise Optik nachgewiesen werden. Je nach Anforderung und Probenaufkommen können hier neben Einzelproben in Rechteck- oder Rundküvetten auch eine große Anzahl von bis zu 116 Proben automatisiert mit dem Autosampler untersucht werden.

Material und Methoden

Geräte- und Softwareeinstellungen

Alle Messungen wurden mit einem SPECORD 200 PLUS Spektralphotometer mit einem Standardküvettenhalter durchgeführt. Für die Messungen nach DIN EN ISO 7027-1^[2] und DIN EN ISO 7887^[3] wurden 10 mm Glasküvetten und für die Messungen nach DIN 38404-3^[4] wurden 10 mm

Quarzküvetten verwendet. Unter Verwendung der Software ASpect UV 1.5 (andere Versionen der ASpect UV liefern identische Ergebnisse) wurde die Absorption für jeden Parameter gemessen. Die Softwareeinstellungen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Softwareeinstellungen zur Messung nach DIN EN ISO 7027-1, 7887 und DIN 38404-3

	DIN EN ISO 7027-1	DIN EN ISO 7887	DIN 38404-3
Messmodul	Spektrum	Spektrum	Photometrie
Messmodus	Absorption	Absorption	Absorption
Wellenlänge [nm]	830 – 890	350 – 780	254 und 550
Messpunktabstand [nm]	1	1	-
Geschwindigkeit [nm/s]	10	10	-
Integrationszeit [s]	0,1	0,1	0,1

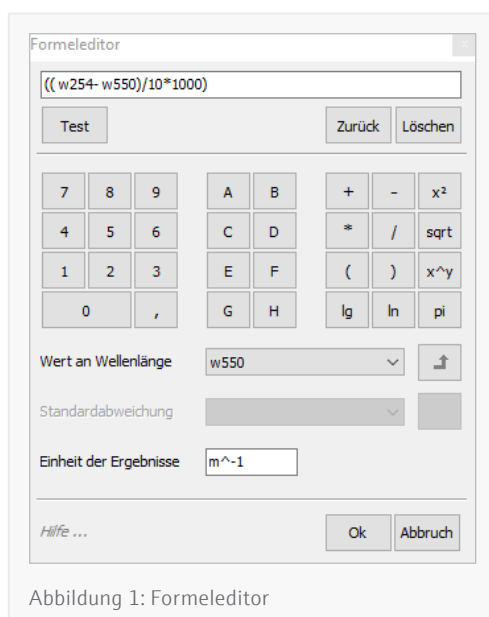
Die Evaluation des spektralen Absorptionskoeffizienten $SAK(\lambda)$, bzw. $\alpha(\lambda)$ (1) und der Trübungskorrektur $\mu(\lambda)_{\text{kor}}$ (2) erfolgte laut DIN 38404-3 entsprechend der folgenden Formeln:

$$SAK(\lambda) = \alpha(\lambda) = \frac{A(\lambda)}{d} * f \quad (1)$$

$$SAK_{254-550} = SAK_{254} - SAK_{550} = \mu(\lambda)_{\text{kor}} = \frac{(A_{254} - A_{550})}{d} * f \quad (2)$$

$SAK(\lambda) = \alpha(\lambda)$ = Spektraler Absorptionskoeffizient [m^{-1}]
 $A(\lambda)$ = Extinktion der Wasserprobe bei der Wellenlänge λ [nm]
 d = optische Weglänge der Küvette [mm]

f = Faktor, um den spektralen Absorptionskoeffizienten in m^{-1} zu erhalten, hier $f = 1000$
 $\mu(\lambda)$ = spektraler dekadischer Schwächungskoeffizient [m^{-1}]



Die Gleichungen wurden in der Methodeneinstellung direkt im Formeleditor (Abb. 1) eingetragen, so dass das berechnete Ergebnis im Anschluss an die Probenmessung sofort angezeigt wurde.

Abbildung 1: Formeleditor

Proben und Reagenzien

Die Probenentnahme und -vorbereitung erfolgten wie in den Normen beschrieben^[2-4]. Alle Proben wurden vor der Messung auf Raumtemperatur gebracht.

Für DIN EN ISO 7887 und DIN 38404-3 wurde der pH-Wert der Proben mit einer pH-Elektrode nach 3-Punkt-Kalibration bei pH 4, 7 und 9 bestimmt. Eine Filtration des verwendeten destillierten Wassers war nicht nötig, da ein Abgleich zwischen dem verwendeten frisch deionisiertem Wasser und dem frisch filtrierten Wasser (0,2 µm Porengröße) keine messbaren Extinktionsunterschiede aufwies.

DIN EN ISO 7027-1^[2]

Die gut durchmischten Proben wurden direkt gegen die Kalibrierkurve gemessen. Eine weitere Probenvorbereitung war nicht notwendig.

Herstellung der Standards

Für die Herstellung der Kalibrierstandards wurde eine 500 FNU Formazin Referenzlösung und destilliertes Wasser verwendet. Zunächst wurde eine 400 FNU Stammlösung aus 40 mL Formazin Referenzlösung und 10 mL destilliertem Wasser angesetzt. Aus der Stammlösung wurden die Kalibrierstandards verschiedener Konzentrationen hergestellt (siehe Tabelle 2). Dazu wurden definierte Volumina der Stammlösung in einem 50 mL Messkolben vorgelegt und mit destilliertem Wasser aufgefüllt. Es ist zu beachten, dass die verdünnten Standards nur für einen Tag verwendet werden können.

Messungen

In Vorbereitung für alle Messungen wurden Quarz- und Glasküvetten mit gleichen Spezifikationen durch Messung des Absorptionsspektrums verglichen. Alle verwendeten Küvetten wurden vorab mit destilliertem Wasser und Ethanol gespült. Für die Probenmessung wurden nur die Küvetten verwendet, welche die geringsten Abweichungen (ΔA) voneinander zeigten.

DIN EN ISO 7027-1^[2]

Für die Referenz-, Standard- und Probenmessung wurden zwei 10 mm Glasküvetten verwendet. Für die Referenzmessung wurden die Küvetten zunächst mit destilliertem Wasser gefüllt, wobei eine in den Messstrahl und die andere in den Referenzstrahl des SPECORD 200 PLUS positioniert wurde. Für die Probenmessung wurde die Küvette aus dem Messstrahl entnommen, geleert und dreimal mit der unfiltrierten Probe gespült. Nach dem Spülen wurde die Küvette mit der Probe befüllt und gegen die im Referenzstrahl verbliebene Küvette gemessen. Für die Messung der Standards wurde die Küvette mit dem entsprechenden Kalibrierstandard dreimal gespült.

Tabelle 2: Kalibrierstandards

Kalibrierstandard [FNU]	Volumen der Stammlösung [mL]
0	-
10	1,25
20	2,50
30	3,75
40	5,00

DIN EN ISO 7887^[3]

Die Proben wurden geschüttelt, um alle löslichen Stoffe in Lösung zu bringen und anschließend über einen 0,45 µm Membranfilter filtriert.

DIN 38404-3^[4]

Die Proben wurden in der Probenflasche aufgeschüttelt, so dass sich die Trübstoffe gleichmäßig verteilen. Um den spektralen Absorptionskoeffizienten zu bestimmen, wurde eine partikelhaltige Probe direkt nach dem Aufschütteln gemessen. Zur Trübungskorrektur ist es notwendig eine filtrierte Probe zu messen, dafür wurden die Proben über einen Membranfilter mit einer Porenweite von 0,45 µm filtriert.

Nach dem Spülen wurde diese mit dem Kalibrierstandard gefüllt und gemessen. Für die Probenmessung wurden die Küvetten ebenfalls dreimal mit der unfiltrierten Probe gespült und mit der vierten Befüllung gemessen.

DIN EN ISO 7887^[3]

Für die Referenzmessung und Messung der filtrierten Probe wurden 10 mm Glasküvetten verwendet. Die Referenz- und Probenmessung wurde adäquat dem Punkt Messungen DIN EN ISO 7027-1 durchgeführt. Die Küvette wurde dreimal mit der filtrierten Probe gespült. Nach dem Spülen wurde diese befüllt und gemessen.

DIN 38404-3^[4]

Für die Referenz- und Probenmessung wurden zwei passende 10 mm Quarzküvetten verwendet. Die Referenz-, Standard- und Probenmessung erfolgte wie im Punkt Messung DIN EN ISO 7027-1 beschrieben. Dieselbe Prozedur wurde für die Messung der filtrierten Probe angewandt.

Ergebnisse und Diskussion

Für die Bestimmung von Trübung, Färbung und SAK_{254} lagen Wasserproben verschiedener Herkunft vor. Neben Oberflächenwasser aus fließenden und stehenden Gewässern aus Gera, Weimar, Jena (Thüringen) und Umgebung wurden auch Deponie-Eluate aus Leipzig (Sachsen) analysiert. Tabelle 3 zeigt eine Übersicht über die verwendeten Normen, Parameter und Messverfahren.

Tabelle 3: Vergleich von Parametern der Normen DIN EN ISO 7027-1, DIN EN ISO 7887 und DIN 38404-3^[2-4]

	DIN EN ISO 7027-1	DIN EN ISO 7887	DIN 38404-3
Parameter	Trübung	Färbung	Spektraler Absorptionskoeffizient SAK_{254}
Messung	Ungelöste Substanzen und kolloidal gelöste Stoffe	Gelöste Substanzen (und Schwebstoffe für scheinbare Färbung)	Gelöste organische Verbindungen
Wellenlänge	Oberhalb von 800 nm (hier bei 860 nm)	436 nm, bei Industrieabwässern auch bei 525 nm und 620 nm	254 nm (bei trüben Proben zusätzlich bei 550 nm)
Effekt	Verringerung der Durchsichtigkeit	Änderung der spektralen Zusammensetzung des durchgehenden sichtbaren Lichts	Abschwächung des Lichts bei 254 nm
Beispiel für Verunreinigungen	Plankton, Metalloxydhydrate, Sedimentteilchen	Organische und anorganische (mineralische) Partikel, Eisen, Huminstoffe	Huminstoffe, aromatische Verbindungen, Lignine, Tannine
Störungen	Gelöste, lichtabsorbierende und gefärbte Stoffe	Ungelöste Stoffe, Schwebstoffe	Nitrat, partikuläre Stoffe, ausgasende Stoffe
Wasserart	Für Wasserproben aller Art	Natürliche Wässer, Roh- und Trinkwasser, schwach gefärbtes Industrierwasser	Für Wasserproben aller Art
Verwendetes Verfahren	Verfahren A für Wasser mit geringer Trübung	Verfahren B für schwach gefärbtes Industrierwasser	Ein Verfahren für alle Wasserarten verfügbar
Grenzwerte für Trinkwasser^[5]	1,0 NTU (im Wasserwerksausgang)	0,5 m ⁻¹	Kein Grenzwert verfügbar

DIN EN ISO 7027-1 – Trübung^[2]

Bei einer Trübung handelt es sich um die Verringerung der Durchsichtigkeit einer Wasserprobe, die durch die Streuung an ungelösten Substanzen verursacht wird, weshalb die unfiltrierten Originalproben untersucht werden. Die Gesamtheit der kleinen, ungelösten Partikel ist ein grundlegender Indikator für die Wasserqualität. Die Trübung kann in zwei unterschiedlichen Verfahren bestimmt werden: Die Nephelometrie wird im 90°-Verfahren gemessen und ist für Wasser mit geringer Trübung ab 0,05 NTU (Nephelometrische Trübungseinheit, engl. Nephelometric Turbidity Unit) geeignet. Turbidimetrie wird im Durchlichtverfahren ausgeführt und ist für stärker getrübbtes Wasser ab einem Wert von 40 FAU (Formazin Schwächungseinheit, engl. Formazine Attenuation Unit) geeignet. Bei verdünnten Formazin-Standards ist eine 1:1-Umrechnung zwischen NTU und FNU möglich. Bei natürlichen Gewässern hat die Trübung einen wichtigen Einfluss auf die Lichtverhältnisse und somit die Photosynthese und das Wachstum von Wasserpflanzen und Plankton, da dieses direkt von der verfügbaren Sonneneinstrahlung abhängt.

Allgemein wird der spektrale dekadische Schwächungskoeffizient $\mu(\lambda)$ als Summe des spektralen Streukoeffizienten $s(\lambda)$ und dem spektralen Absorptionskoeffizienten $\alpha(\lambda)$ berechnet, siehe Formel 3 und Abbildung 2. Der Einfluss von gelösten Stoffen wird im spektralen Absorptionskoeffizienten $\alpha(\lambda)$, ungelöste Stoffe im spektralen Streukoeffizienten $s(\lambda)$, berücksichtigt. Obwohl für die Trübung streng genommen nur die ungelösten Teilchen, also der spektrale Streukoeffizient $s(\lambda)$ relevant ist, wird bei der Messung der Anteil des spektralen Absorptionskoeffizienten $\alpha(\lambda)$, also der gelösten Teilchen mitbestimmt.

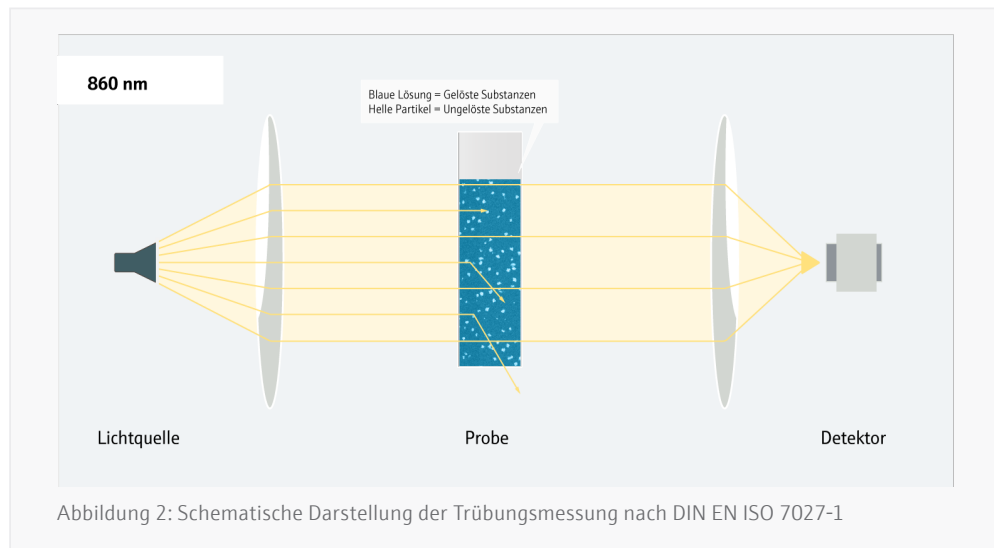
Um den Einfluss des spektralen Absorptionskoeffizienten $a(\lambda)$ zu reduzieren, erfolgt die Messung bei Wellenlängen oberhalb von 800 nm, da eine Filtration erheblich größeren Einfluss auf die Messergebnisse hätte. Meist erfolgen die Messungen bei einer Wellenlänge von 860 nm.

$$\mu(\lambda) = s(\lambda) + a(\lambda) \quad (3)$$

$\mu(\lambda)$ = spektraler dekadischer Schwächungskoeffizient [m^{-1}]

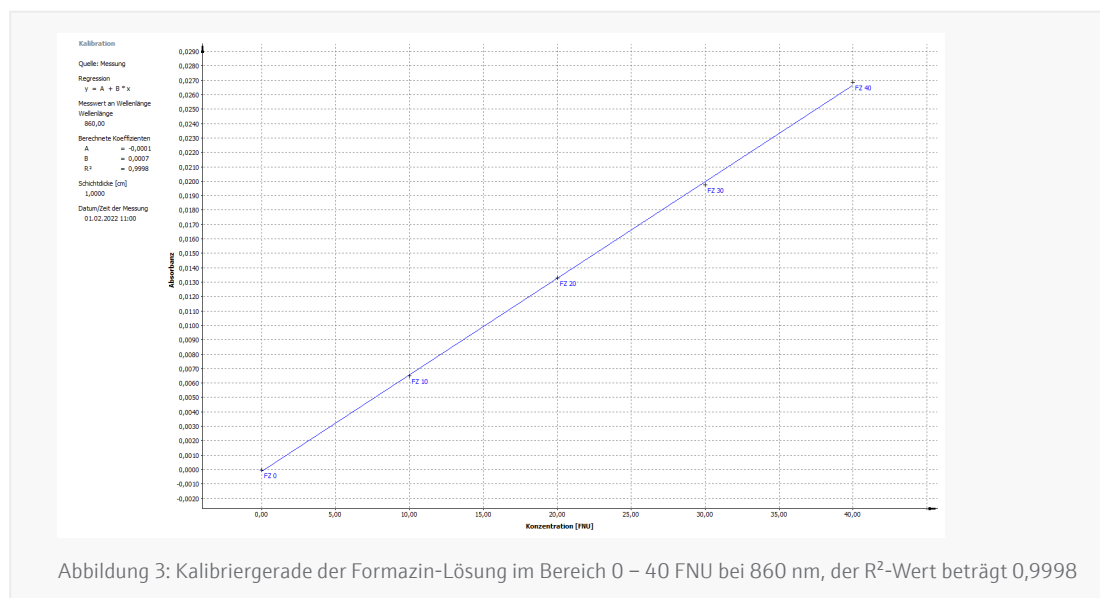
$s(\lambda)$ = spektraler Streukoeffizient [m^{-1}]

$a(\lambda)$ = spektraler Absorptionskoeffizient [m^{-1}]



Im vorliegenden Fall wurde die Turbidimetrie-Methode mit verdünnten Formazin-Stammlösungen zwischen 0 FNU und 40 FNU durchgeführt, da das SPECORD 200 PLUS Spektralphotometer eine lineare Anordnung von Strahlenquelle und Detektor besitzt. Alle Proben wurden im Bereich von 830 nm bis 890 nm untersucht und die Maxima bestimmt. Da alle Proben ein Maximum um 860 nm hatten, wurde dieser Wert für die weiteren Analysen herangezogen.

Zur Erstellung der Kalibriergeraden wurden 5 Formazin-Stammlösungen mit verschiedenen, aber bekannten Konzentrationen zwischen 0 FNU und 40 FNU hergestellt. Diese wurden bei 860 nm untersucht und die erhaltene Absorbanz auf der y-Achse gegen die Konzentration auf der x-Achse aufgetragen. Die so erhaltene Kalibriergerade ist in Abbildung 3 dargestellt. Der R^2 -Wert beträgt 0,9998. Eine gute Linearität der Kalibriergerade ist besonders bei gering konzentrierten Proben von großer Bedeutung, um Fehler in den Messdaten zu vermeiden.



Durch den Abgleich der gemessenen Absorbanz von Proben mit unbekannter Konzentration kann die Konzentration der Probe ermittelt werden. Die gemessenen Absorptionen der Proben 1-7 bei 860 nm werden in der Software ASpect UV automatisch mit der in Abbildung 3 dargestellten Kalibriergeraden abgeglichen und die Ergebnisse in FNU-Einheiten angezeigt (Abbildung 4). Eine tabellarische Auflistung der Ergebnisse ist in Tabelle 4 zu sehen. Laut DIN EN ISO 7027-1 werden die Ergebnisse bei Werten unter 1 mit zwei Nachkommastellen, bei Werten unter 10 mit einer Nachkommastelle und bei Werten über 20 ohne Nachkommastelle angegeben. Die stärkste Trübung weist Probe 4 auf. Probe 1 und Probe 3 liegen unter 1,0 FNU, dies sind Werte, die für Trinkwasser am Wasserwerksausgang zulässig sind.^[5] Plötzliche oder starke Anstiege für den Parameter Trübung im Trinkwasser-Verteilungsnetz müssen überwacht und gemeldet werden.

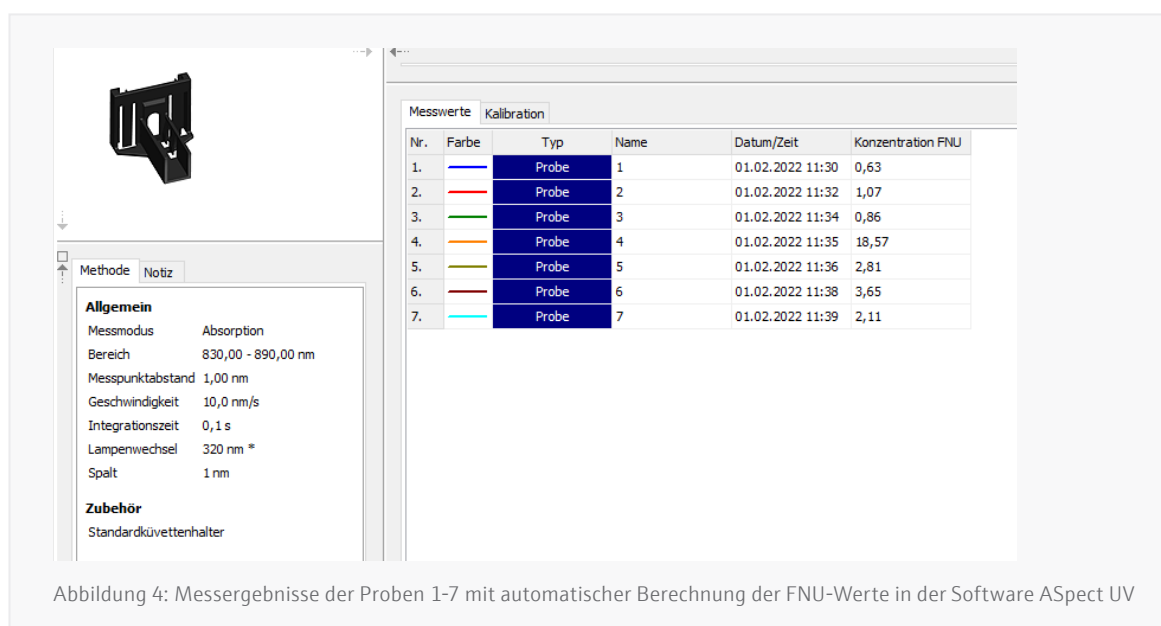


Tabelle 4: Messergebnisse für DIN EN ISO 7027-1

	FNU
Probe 1	0,63
Probe 2	1,1
Probe 3	0,86
Probe 4	19
Probe 5	2,8
Probe 6	3,7
Probe 7	2,1

DIN EN ISO 7887 – Färbung^[3]

Färbung kann sowohl durch gelöste Substanzen als auch durch Schwebstoffe verursacht werden. Neben der Absorption der organischen wird auch die Absorption der anorganischen (mineralischen) Partikel bei 436 nm erfasst. Diese Methode ist für alle Gewässer geeignet.

Die Unterscheidung zwischen wahrer Färbung und scheinbarer Färbung ist hier relevant – bei der wahren Färbung werden nur physikalisch gelöste Substanzen erfasst, wohingegen bei der scheinbaren Färbung auch suspendierte Schwebstoffe berücksichtigt werden (siehe Abbildung 5 und Tabelle 5). Darum ist zur Bestimmung der wahren Färbung eine Filtration zur Entfernung der Schwebstoffe nötig. Die Bestimmung des pH-Werts bei der Probennahme ist nötig, da dieser Parameter einen Einfluss auf die Färbung haben kann.

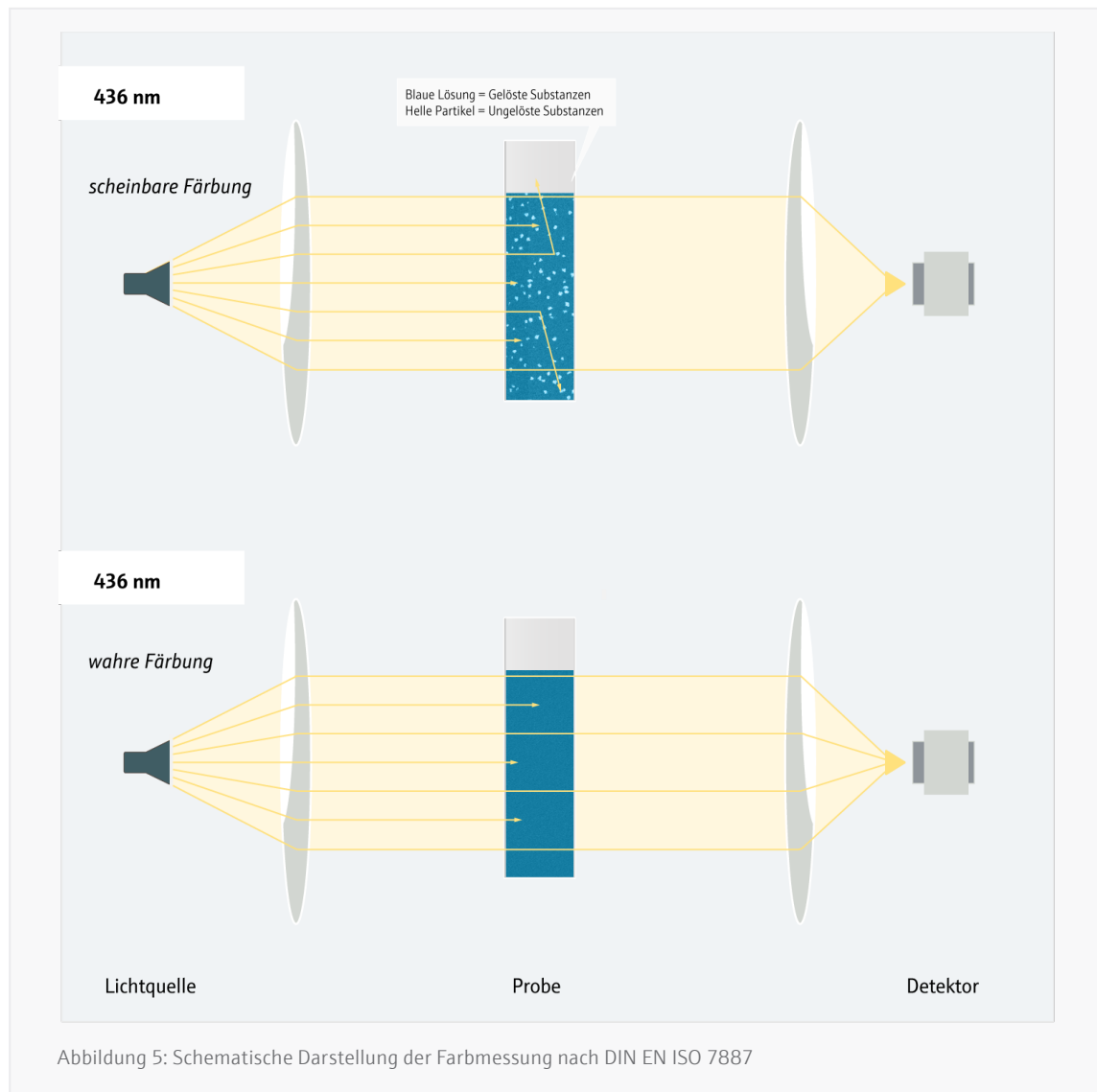


Tabelle 5: Vergleich von Parametern der Norm DIN EN ISO 7887

	Scheinbare Färbung	Wahre Färbung
Physikalische Parameter	Gelöste Substanzen und Schwebstoffe	Gelöste Substanzen
Probenbehandlung	Original-Wasserprobe ohne Filtration	Filtration durch Membranfilter 0,45 µm

Bei der Färbung nach DIN EN ISO 7887 werden vier verschiedene Verfahren beschrieben (Tabelle 6). Verfahren A dient der Untersuchung der scheinbaren Färbung durch visuelle Betrachtung einer Wasserprobe. Dieses Verfahren ist nur für eine vorläufige Analyse und grobe Einteilung geeignet. Im hier vorliegenden Fall wurde Verfahren B verwendet, da es sich um eine spektralphotometrische Bestimmung der wahren Färbung von schwach gefärbten Industrierwässern, sowie Roh- und Trinkwasser handelt. Die Bestimmung erfolgt, je nach Wasserprobe, an bis zu drei verschiedenen Wellenlängen (436 nm, 525 nm und 620 nm). Bei Verfahren C handelt es sich ebenfalls um eine photometrische Bestimmung, hier wird die Färbung einer Probe mit Abgleich einer definierten Kalibrierlösung von Kaliumhexachloroplatinat und Kobaltchlorid bei 410 nm bestimmt. Bei Verfahren D wird die Intensität der Färbung durch einen visuellen Abgleich mit Platinstammlösungen untersucht.

Verfahren B ist hier eindeutig das bevorzugte Verfahren, da eine photometrische Bestimmung im Gegensatz zu den visuellen Methoden in Verfahren A und D eine höhere Genauigkeit und vor allem Unabhängigkeit vom Anwender aufweist. Verfahren C ist nur für optisch klare Proben geeignet, wohingegen Verfahren B auch für schwach gefärbte Proben geeignet und somit universeller einsetzbar ist. Somit stellt Verfahren B eine genaue, einfache und universelle Methode zur Bestimmung der wahren Färbung einer Wasserprobe dar.

Tabelle 6: Vergleich der vier verschiedenen Verfahren der Norm DIN EN ISO 7887

	Verfahren A	Verfahren B	Verfahren C	Verfahren D
Parameter	Scheinbare Färbung	Wahre Färbung	Wahre Färbung	Färbung
Methode	Visueller Abgleich	Photometer	Photometer, Abgleich mit Hexachloroplatinat-Konzentration	Visueller Abgleich mit Hexachloroplatinat-Standardlösungen
Eignung	Abweichender Farbton der Probe von der Vergleichslösung	Roh- und Trinkwasser, schwach gefärbtes Industrierwasser; Abweichender Farbton der Probe von der Vergleichslösung	Optisch klare Proben	Roh- und Trinkwasser
Wellenlänge	-	Natürliche Wässer bei 436 nm; Bei Bedarf zusätzliche Messungen bei 525 nm und 620 nm	410 nm	-

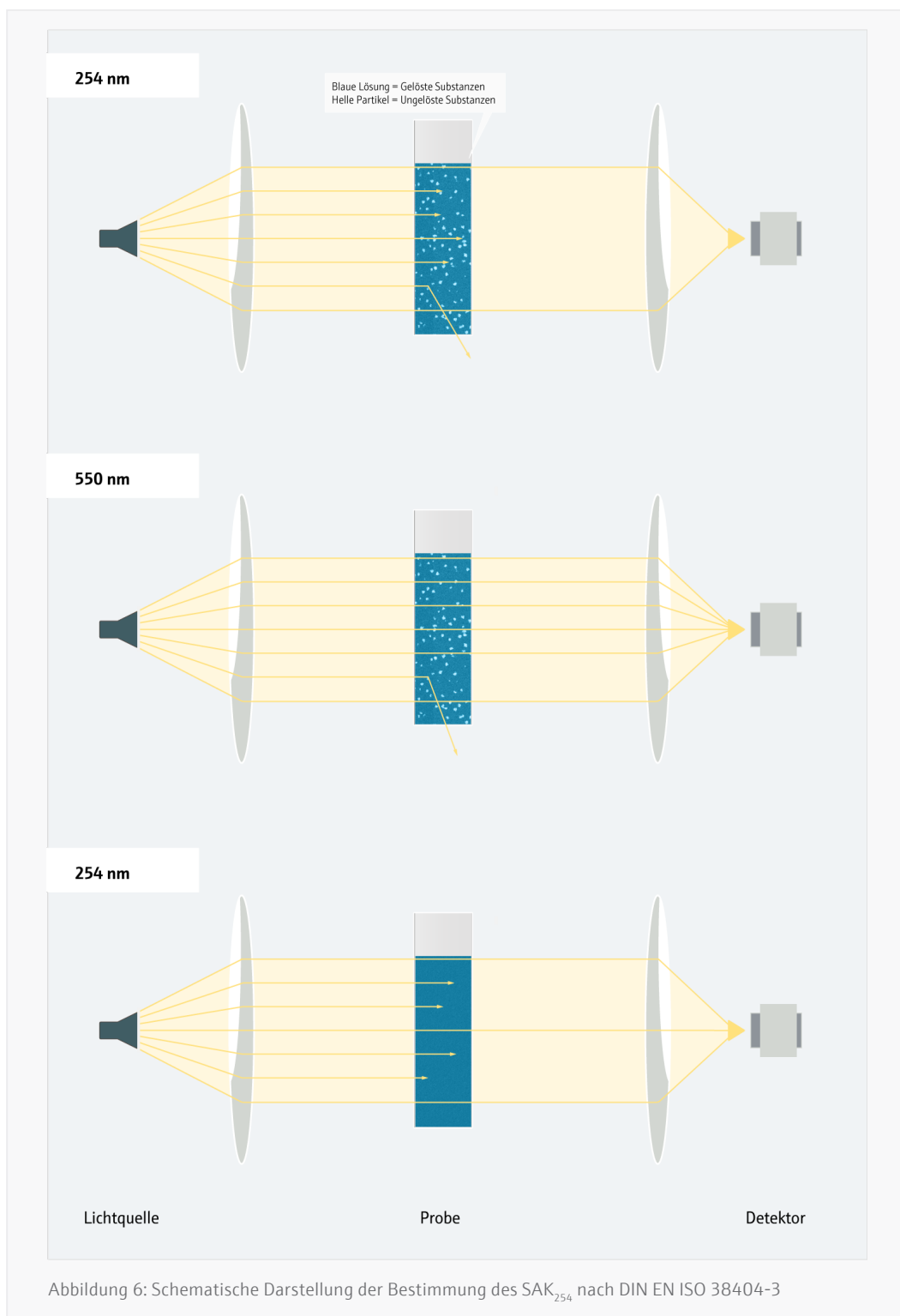
Zu Beginn wurde von allen Proben ein Absorptionsspektrum im Bereich zwischen 370 nm und 780 nm aufgenommen. Da keine signifikanten Peaks beobachtet wurden, wurden zur weiteren Analyse nur, wie in der Norm vorgegeben, die Messwerte bei 436 nm, 525 nm und 620 nm ausgewertet. Die Messung der Gelbfärbung bei 436 nm ist in der Norm obligatorisch vorgeschrieben, die beiden anderen Wellenlängen sind als optionale Messungen angegeben und hauptsächlich für Industrieabwässer empfohlen. In Tabelle 7 sind die generierten Messdaten und der pH-Wert der Proben aufgelistet. Der pH-Wert von Trinkwasser muss gemäß Trinkwasserverordnung zwischen 6,5 und 9,5 liegen. Nur Probe 2 und Probe 4 lagen nicht in diesem Bereich.^[5] Beim Parameter Färbung weicht Probe 2 mit einem Wert von $5,3 \text{ m}^{-1}$ signifikant von den anderen Proben ab. Nur Probe 3 erfüllt die Bedingungen für eine Einteilung als Trinkwasser bei 436 nm, eine Färbung bis $0,5 \text{ m}^{-1}$ ist hier zulässig.^[5] Die Grenzwerte für Abwasser an der Einleitstelle liegen bei 7 m^{-1} für die Gelbfärbung bei 436 nm, 5 m^{-1} für die Rotfärbung bei 525 nm und 3 m^{-1} für die Blaufärbung bei 620 nm.^[6]

Tabelle 7: Messergebnisse und berechnete Werte für DIN EN ISO 7887

	pH-Wert	$\alpha(436 \text{ nm}) [\text{m}^{-1}]$	$\alpha(525 \text{ nm}) [\text{m}^{-1}]$	$\alpha(620 \text{ nm}) [\text{m}^{-1}]$
Probe 1	7,74	1,1	0,5	0,2
Probe 2	9,95	5,3	0,7	0,1
Probe 3	7,96	0,2	0,7	0,1
Probe 4	12,03	1,5	1,1	0,9
Probe 5	7,82	0,9	0,5	0,3
Probe 6	8,01	1,7	0,8	0,5
Probe 7	7,81	0,7	0,3	0,1

DIN 38404-3 – SAK_{254} ^[4]

Der SAK_{254} ist ein wichtiger Parameter für die Wasseranalytik, da es sich um einen Summenparameter für die Gewässerbelastung durch gelöste organische Substanzen wie z.B. aromatische Verbindungen handelt, aber auch ein Hinweis auf eine bakterielle Belastung sein kann. Bis auf wenige Ausnahmen (Zucker, Alkohole, kurzkettige Aliphaten), werden die meisten organischen Verbindungen bei 254 nm erfasst. Die Bestimmung des SAK_{254} nach DIN 38404-3 ist für alle Wasserproben möglich, auch stark gefärbte und trübe Proben können untersucht werden. Wenn partikuläre Stoffe vorhanden sind, ist eine Korrektur nötig. Dazu muss die Probe entweder filtriert oder zusätzlich zum SAK_{254} der SAK_{500} zur Kompensation der Trübstoffe gemessen und abgezogen werden ($\text{SAK}_{254-500}$), siehe Abbildung 6.



In Tabelle 8 sind sowohl die Messdaten als auch die berechneten SAK_{254} -Werte für die verschiedenen Proben nach DIN 38404-3 zu sehen. Bis auf Probe 2 (SAK_{254} bei 511 m^{-1}), liegen die Werte unter 100 m^{-1} . Vier von sieben Proben (Probe 3 und 5-7) des Oberflächenwassers liegen im Bereich unter 25 m^{-1} . Da der SAK_{254} nicht zwischen den verschiedenen organischen Materialien (z.B. Bakterien, Keime, Abbauprodukte, Huminstoffe) unterscheidet, ist eine Bewertung und ein Vergleich der Messdaten aus verschiedenen Wasserquellen nicht empfehlenswert.

Tabelle 8: Messergebnisse und berechnete Werte für DIN 38404-3

	A (254 nm)	A (254 nm), filtriert	A (550 nm)	SAK_{254}	SAK_{254} filtriert	$SAK_{254-550}$
Probe 1	0,2936	0,2846	0,0038	29,4	28,5	29,0
Probe 2	5,1102	4,0430	0,0077	511,0	404,3	510,3
Probe 3	0,0950	0,0907	0,0007	9,5	9,1	9,4
Probe 4	0,6606	0,6336	0,0382	66,1	63,4	62,2
Probe 5	0,0698	0,0470	0,0026	7,0	4,7	6,7
Probe 6	0,2195	0,1705	0,0099	22,0	17,1	21,0
Probe 7	0,0994	0,0518	0,0032	9,9	5,2	9,6

An den geringen Absorptionswerten in 10 mm Küvetten ist deutlich zu erkennen, dass es sich im vorliegenden Fall um jeweils nur leicht organisch belastete Proben von Oberflächenwasser handelt. Daher empfiehlt sich hier, wie auch für die Analyse von Trinkwasser, die Verwendung einer Küvette mit 50 mm Schichtdicke. Aufgrund der geringen SAK_{254} -Werte ist eine zusätzliche Filtration, bzw. Messung bei 550 nm nicht nötig, da sich der SAK_{254} und der korrigierte $SAK_{254-550}$ nur geringfügig unterscheiden. Als Ausnahme kann hier Probe 4 mit einem relevanten Anteil an Schwebstoffen erwähnt werden. Bei allen anderen Proben ist der korrigierte $SAK_{254-550}$ im Bereich des unkorrigierten SAK_{254} .

Durch die Filtration können, wie in der Norm bereits als mögliche Fehlerquelle angegeben, Absorptions- oder Oxidationsprozesse an der Filteroberfläche stattfinden. Dies kann zu einer Verfälschung der Messwerte führen. Die deutlich niedrigeren Werte nach dem Filtrationsprozess (SAK_{254} filtriert) weisen auf den besonders bei geringen Konzentrationen erheblichen Einfluss der Filteroberfläche hin. Da die Filtration der Messproben außerdem zeit- und kostenintensiv ist, stellt eine zusätzliche Messung bei 550 nm prinzipiell eine einfachere, schnellere und genauere Alternative dar. Die Berechnung der Messdaten kann direkt in der Software ASpect UV abgebildet werden (siehe Abbildung 1 bei Material und Methoden).

Zusammenfassung

Die deutschen Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung wurden bereits 1981 zum ersten Mal aufgelegt. Seitdem wurden nicht nur die Normen, sondern auch die Analyseinstrumente immer weiter angepasst.

Speziell hierfür bieten das Zweistrahl-Spektralphotometer SPECORD 200 PLUS und die zugehörige Software ASpect UV vielfältige Möglichkeiten zur Analyse von Einzel- und Summenparametern in der Wasseranalyse. Die Hardware des SPECORD PLUS (Abbildung 7) bietet optimale Messergebnisse sowohl für Trinkwasser als auch für trübe Proben. Eine ausgefeilte Zubehörpalette ermöglicht die Verwendung von Küvetten mit verschiedenen Formen und Schichtdicken, sowie eine Automatisierung für bis zu 116 Proben. Die Software ASpect UV kann automatisch Berechnungen durchführen und Konzentrationen bestimmen.



Abbildung 7: SPECORD 200 PLUS

Referenzen

- [1] Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung, Oktober 2021.
- [2] DIN 38404-3:2005-07 (C 3)
- [3] DIN EN ISO 7027-1:2016-11
- [4] DIN EN ISO 7887:2012-04
- [5] [Deutsche Trinkwasserverordnung](#)
- [6] [Deutsche Abwasserverordnung](#)

Dieses Dokument ist zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wahr und korrekt; die darin enthaltenen Informationen können sich ändern. Dieses Dokument kann durch andere Dokumente ersetzt werden, einschließlich technischer Änderungen und Korrekturen.

Headquarters

Analytik Jena GmbH+Co. KG
Konrad-Zuse-Strasse 1
07745 Jena · Germany

Phone +49 3641 77 70
Fax +49 3641 77 9279

info@analytik-jena.com
www.analytik-jena.com

Version 1.1 · Author: JuTy/SaWu
de · 06/2024

© Analytik Jena GmbH+Co. KG | Bild S. 1: Public Domain Pictures/
Unsplash