



Optisch oder Akustisch Prozessmesstechnik für Flüssigkeiten

- **Trübung**
- **Farbe**
- **Öl in Wasser**
- **Wasser in Öl**
- **Öl auf Wasser**

12°/90° Streulichttrübungsmessung

Was ist Trübung

Trübung ist ein optischer Eindruck, der die Eigenschaft durchsichtiger Medien das Licht zu zerstreuen beschreibt. In trüben Medien wird ein gebündelter Lichtstrahl durch Absorption und Streuung geschwächt, so dass solche Medien in dickeren Schichten praktisch undurchsichtig werden können.

Was verursacht Trübung

Trübung wird verursacht durch die Partikel, die sich in einem durchsichtigen Medium befinden. Als Partikel wird in diesem Fall jedes Teilchen mit einem anderen Brechungsindex als dem des Trägermediums bezeichnet. So fallen unter diesen Begriff nicht nur Feststoffe wie Mineralien, Hefezellen oder Metalle, sondern auch Stoffe wie Kolloide, Proteine, ungelöstes Öl in Wasser, Milch in Wasser, entbundene Gasblasen oder Aerosole.

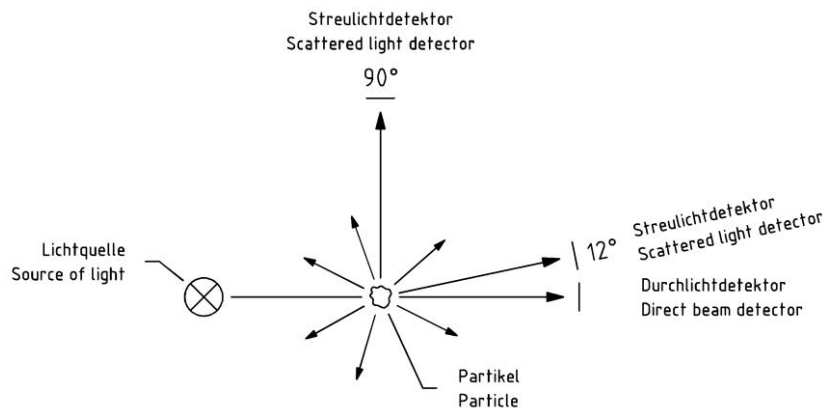
Messung der Trübung

Trübung ist keine eindeutig definierte Größe wie beispielsweise Temperatur, Gewichtskraft oder Druck. Trübung ist ein subjektiver Eindruck und daher werden Trübungsmessgeräte typischerweise mit einem Vergleichsstandard wie z.B. Formazin kalibriert.

Messverfahren

Die typischen Messverfahren sind:

- Seitwärtsstreuung (90°) Der Detektor ist im rechten Winkel (90°) zum Lichtstrahl angeordnet
- Vorwärtsstreuung (12°) Der Detektor ist 12° versetzt zum Lichtstrahl angeordnet



Streulichtmessung:

Von der Messlampe wird mittels einer Optik ein gebündelter Lichtstrahl durch den Flüssigkeitsstrom gesendet. Dieser Lichtstrahl wird durch die im Flüssigkeitsstrom vorhandenen Partikel zerfasert. Die Streulichtdetektoren erfassen das so entstehende Streulicht. Bei modernen Trübungsmessgeräten, erfasst ein der Lichtquelle gegenüberliegendem Detektor zusätzlich das Durchlicht.

Die Signale von Streu- und Durchlichtdetektoren werden von der Elektronik miteinander verknüpft. Der Quotient der beiden Signale bildet den Trübungswert und wird als Messergebnis angezeigt.

$$\frac{\text{Streulicht}}{\text{Durchlicht}} = \text{Trübungswert}$$

Die Partikel im Flüssigkeitsstrom schwächen die Intensität des durchgehenden Lichts ab, erhöhen jedoch den Anteil des gestreuten Lichts. Das Ergebnis des Quotienten (Streulicht / Durchlicht = Messwert) steigt an.

In der Flüssigkeit gelöste Farbstoffe schwächen sowohl das durchgehende, als auch das Streulicht ab. Das Ergebnis des Quotienten (Streulicht / Durchlicht = Messwert) bleibt konstant.

Auf diese Weise werden nur Partikel in den Messergebnissen berücksichtigt. Unerwünschte Einflüsse wie starke Einfärbung, Fensterverschmutzungen oder Alterung der Messlampe werden kompensiert

Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Messverfahren

Die aufgeführten Messverfahren (12° Vorwärtsstreuung / 90° Seitwärtsstreuung) sind nicht direkt miteinander vergleichbar. Bei einer identischen Kalibrierung von Vorwärtsstreuung und Seitwärtsstreuung zeigen gemessene Produkte voneinander abweichende Messergebnisse an. Dieses abweichende Verhalten resultiert aus der unterschiedlichen Partikelgrößenverteilung innerhalb des jeweiligen Produkts.

Bitte beachten Sie:

Es ist unumgänglich, das bei der Angabe von Trübungsmesswerten das Messverfahren genannt wird, da ansonsten keinerlei Vergleichbarkeit der Messergebnisse gewährleistet ist.

Zusammenhang von Partikelgröße, Messverfahren und Messergebnis

Der in Brauereien am weitest verbreitete Kalibrierstandart basiert auf Formazin. Gemessen wird in der Maßeinheit EBC. Bei einer identischen Kalibrierung beider Messsysteme mit Formazinlösungen müssen somit unterschiedliche Formazinsuspensionen bei beiden Messverfahren gleiche Messergebnisse zeigen. Beim Betrachten einer realen Probe, wie beispielsweise filtriertem Bier zeigt sich jedoch ein anderes Bild. Die Messwerte der 90° Streulichtmessung liegen hier typischer Weise um den Faktor 3 bis 10 über den Messwerten einer 12° Streulichtmessung.

Im filtrierten Bier befinden sich im Normalfall nur noch relativ kleine Partikel. Diese kolloidalen Trübungen werden beim 90° Messverfahren höher bewertet. Das 12° Messverfahren reagiert im Vergleich dazu verstärkt auf größere Partikel und ist perfekt für das Erfassen von Spelzen, Kieselgur oder Aktivkohle im Filtrat geeignet.

Beim 90° Verfahren erzeugen kleine Partikel und große Partikel eine ähnlich hohe Streulichtintensität.

Beim 12° Verfahren erzeugen kleine Partikel eine niedrige und große Partikel eine hohe Streulichtintensität.

Bei einer Partikelgrößenverteilung von ca. 0,3 µm (Formazin) erzeugen die Partikel bei beiden Verfahren in etwa die gleiche Streulichtintensität.

Die Kombination beider Messverfahren liefert so eine Tendenz der Partikelgrößenverteilung im Produkt.

Ist der Messwert der 90° Messung größer als der Messwert vom 12° Messung, liegt die durchschnittliche Partikelgröße unterhalb von 0,3 µm.

Ist der Messwert der 90° Messung kleiner als der Messwert der 12° Messung, liegt die durchschnittliche Partikelgröße oberhalb von 0,3 µm.

Partikelgröße	Messergebnis 90° Streulicht	Messergebnis 12° Streulicht
größer 0,3 µm	Niedriger	höher
kleiner 0,3 µm	Höher	niedriger

Beispiel Filterüberwachung:

Die 90° Seitwärtsstreuung:

Kleine Partikel (z. B. Proteine) innerhalb des filtrierten Produktes werden mit sehr guter Auflösung angezeigt. Ein Filterdurchbruch wird allerdings verspätet erkannt, da es sich hier normalerweise um einen langsamen Prozess handelt, bei dem zuerst wenige große Partikel in das Filtrat gelangen. Die Gesamtzahl der Partikel wird anfangs nur unwesentlich erhöht und somit steigt auch der Messwert nur unwesentlich.

12° Vorwärtsstreuung:

Kleine Partikel (z. B. Proteine) innerhalb des filtrierten Produktes werden mit guter Auflösung angezeigt.

Ein Filterdurchbruch wird aufgrund großer Partikel frühzeitig erkannt (Filterhilfsmittel, Hefezellen, etc.).

Die vereinzelt großen Partikel zu Beginn eines Filterdurchbruchs werden sofort erkannt und der Messwert steigt stark an. Diese auf Masse bezogene Messmethode erlaubt mit Einschränkungen eine Kalibrierung in mg/l.

Typische Maßeinheiten

ppm:	Parts per million	FNU ¹ :	Formazin nephelometric unit
FTU:	Formazine Turbidity Unit	mg/l:	Milligramm pro Liter
TEF:	Trübungseinheiten Formazin	gr/l:	Gramm pro Liter
EBC:	European brewery convention	% TS:	Prozent Trockensubstanz
NTU ¹ :	Nephelometric turbidity unit		

Abhängigkeiten der Maßeinheiten

$$1\text{FTU} = 1\text{TEF} = 1\text{NTU}^1 = 1\text{FNU}^1 = 0,25\text{EBC}$$

¹ Nephelometrie beschreibt das Verfahren der Seitwärtsstreuung, diese Maßeinheiten werden nur bei 90° Streulichtmessungen verwendet.

Basierend auf Vergleichsmessungen mit einem 12° Messsystem ergeben sich weiterhin die folgenden Abhängigkeiten.

$$1\text{FTU} = 1\text{TEF} = 0,25\text{EBC} = 2,05\text{ppm} = 2,05 \text{ mg/l} = 0,00205 \text{ g/l} = 0,0000205 \% \text{TS}$$

* Bei einem spezifischen Gewicht von 1, entspricht 1 mg/l in 1 kg Wasser 1ppm.

Typische Messbereiche

Streulichttrübungsmessgeräte sind zum Erfassen von niedrigen Trübungen konzipiert. Die Auflösung dieser Systeme beginnt in Bereichen von 0,01 EBC. Der obere Messbereich liegt im optimalen Fall unterhalb von 25 EBC, wobei abhängig vom verwendeten System auch Messbereiche von über 1000 EBC zu realisieren sind.

Wann, welches Messverfahren

Das 12° Streulichtmessverfahren:

Die Vorwärtsstreuung wird typischer Weise bei niedrigen Trübungen eingesetzt und misst nahezu Masse bezogen. Haupteinsatz ist die Qualitätskontrolle von Produkten, sowie die Überwachung von Filteranlagen.

Das 90° Streulichtmessverfahren:

Die Seitwärtsstreuung wird typischerweise bei niedrigen Trübungen eingesetzt und zeigt erhöhte Empfindlichkeit bezogen auf die Anzahl der Partikel innerhalb des Produkts.

Haupteinsatz ist die Beobachtung von kleinen fein verteilten Partikeln nach der Filtration, sowie die Messung von Trink- oder Abwasser nach ISO 7027.

Es ist bei diesem Messverfahren jedoch Vorsicht geboten. Trübung, verursacht durch viele kleine Partikel, kann den gleichen oder zumindest einen ähnlichen Messwert zeigen, wie eine Trübung verursacht durch gleich viele große Partikel.

Kombiniertes 12° / 90° Streulichtmessverfahren:

Diese Systeme sind perfekt zur Filterüberwachung geeignet.

Sie überwachen zum einen den Anteil an kleinen Partikeln mit dem 90° Messwert und zum anderen die Filterhardware mit dem 12° Messwert. Zusätzlich kann eine grobe Aussage über die Partikelgrößenverteilung innerhalb des Produkts getroffen werden.

Ist der 12° Messwert höher, liegt die durchschnittliche Partikelgröße oberhalb von ca. 0,3 µm.

Ist der 90° Messwert höher, liegt die durchschnittliche Partikelgröße unterhalb von ca. 0,3 µm.

Diese Messung kann und soll allerdings keine Partikelgrößenanalyse ersetzen.