

## Applikationsbericht

# Bestimmung des biochemischen Sauerstoffbedarfs (BSB) mittels AQUALYTIC® OxiDirect

- manometrische Methode<sup>2</sup> -

### Einleitung

Der **biochemische Sauerstoffbedarf** während **n** Tagen (**BSB<sub>n</sub>**) ist genau definiert und an experimentelle Standards geknüpft. Er stellt die Menge an Sauerstoff dar, die bei aeroben Abbauprozessen an organischen Stoffen von Mikroorganismen veratmet wird.

Der BSB ist somit eine fundamentale Größe zur Ermittlung des Einflusses eines eingeleiteten Abwassers auf den Sauerstoffhaushalt im Gewässer bzw. auf den Sauerstoffbedarf einer Kläranlage. Er wird in mg/l Sauerstoff angegeben und i.d.R. innerhalb von 5 Tagen bestimmt (**BSB<sub>5</sub>**).

### Messprinzip

Mikroorganismen<sup>1</sup> ernähren sich von den in einer Wasserprobe enthaltenen organischen Verbindungen, die sie bei Gegenwart von Sauerstoff (O<sub>2</sub>) veratmen, d.h. biochemisch oxidieren und somit teilweise oder vollständig zersetzen. Unter dem vollständigen Abbau organischer Stoffe (C<sub>org.</sub>) versteht man deren Oxidation zu Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und anorganischen Salzen (Mineralisierung) nach Ausdruck 1:



Die manometrische Methode<sup>2</sup> beruht darauf, dass der zu Kohlendioxid veratmete Sauerstoff mittels des CO<sub>2</sub>-Absorbens Kaliumhydroxid (KOH) aus dem Gasraum über der Probe entfernt wird (HÜTTER, 1994). Dadurch entsteht im geschlossenen System BSB-Flasche/BSB-Sensor proportional zur verbrauchten Sauerstoffmenge eine Druckabnahme.

### AQUALYTIC® OxiDirect

Mit dem OxiDirect wird die im Zuge der Sauerstoffzehrung resultierende Druckänderung in den Flaschen mit Hilfe elektronischer Drucksensoren gemessen und direkt in mg/l BSB umgerechnet.

Diese Methode ist für die Routineanalyse hervorragend geeignet und bietet gegenüber der BSB-Verdünnungsmethode<sup>3</sup> eine Reihe von Vorteilen:

- Die Probe kann i.d.R. unverdünnt verwendet werden,
- die einzelnen Messbereiche sind erheblich größer,
- alle Messwerte werden automatisch gespeichert,
- die BSB-Kurve (siehe Abb. 1) ist leicht darstellbar und
- der Arbeitsaufwand ist beträchtlich geringer

### Messbereichswahl

Der BSB-Wert einer Probe hängt von ihrer Fracht an bioverfügbarer, organischer Substanz ab. Der Messbereich sollte in der Weise ausgewählt werden, dass die zu erwartenden Ergebnisse in der oberen Messbereichshälfte liegen. Bei einem zu erwartenden BSB-Wert von 250 mg/l wäre daher der Messbereich 0-400 mg/l ideal (siehe Tabelle 1). Bei unbekanntem Proben kann man den BSB-Wert schätzen, indem man 80 % vom CSB-Wert<sup>4</sup> als *maximalen* BSB-Wert annimmt.

**Wichtig!** Sollte der Messbereich während der Messung überschritten werden, kann kein BSB-(End-)Wert angegeben werden! Notfalls kann aus einzelnen Tagesmesswerten eine Schätzung für den BSB-Endwert vorgenommen werden (siehe Abb. 1).

**Tabelle 1:** Die Messbereiche und das abgestimmte Probevolumen sowie die jeweils benötigte Menge an Nitrifikationshemmstoff (ATH) von AQUALYTIC®.

Messbereich mg/l BSB	Probevolumen ml	ATH Tropfen
0 - 40	428	10
0 - 80	360	10
0 - 200	244	5
0 - 400	157	5
0 - 800	94	3
0 - 2000	56	3
0 - 4000	21,7	1

Proben mit einem BSB-Wert größer als 4000 mg/l<sup>5</sup> können durch Vorbehandlung mit sog. Verdünnungswasser bestimmt werden (siehe AQUALYTIC® Applikationsberichte).

<sup>1</sup> Bakterien, Pilze, Archaeen und Protozoen

<sup>2</sup> nach DIN 38 409 - H 52

<sup>3</sup> nach DIN 38 409 - H 51

<sup>4</sup> Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)

<sup>5</sup> Messbereichsreserve bis 5000 mg/l BSB

## Probenvorbereitung

- **pH-Wert** der Wasserprobe: Für die biochemische Oxidation liegt der günstigste pH-Wert zwischen pH 6,5 und pH 7,5. Weicht der pH-Wert einer Probe von dieser Spanne ab, sollte er auf den vorgenannten Bereich eingestellt werden, da jede Abweichung davon einen Unterbefund des BSB-Werts erbringt. Ein zu hoher pH-Wert kann mit 1-N-Schwefelsäure, ein zu niedriger pH-Wert mit 1-N-Natriumhydroxid-Lösung reguliert werden.
- **Homogenisierung:** Die Probe sollte homogenisiert oder nach speziellen Vorgaben behandelt werden, um den gesamten BSB einer Probe, also auch den enthaltenen Partikel, zu erfassen. BSB-Messergebnisse sind nur dann untereinander vergleichbar, wenn jeweils dieselbe Probenvorbereitung erfolgte.
- **Volumen** der homogenisierten Probe: Die Probemenge kann laut Tabelle 1 nach dem erforderlichen Messbereich ermittelt, mit dem entsprechenden Überlaufmeßkolben exakt abgemessen und in die Probeflasche eingefüllt werden. Es ist zu empfehlen, von jeder Probe eine Dreifach-, mindestens jedoch eine Doppelbestimmung durchzuführen.
- **Hemmung der Nitrifikation:** Um diese erhebliche Störung zu unterdrücken, sollte unbedingt immer Nitrifikationshemmstoff (N-Allylthioharnstoff, ATH) von AQUALYTIC® entsprechend Tabelle 1 der eingefüllten Probe zugegeben werden. In seltenen Fällen kann auch eine höhere Menge ATH erforderlich sein. Nitrifikation wird von zwei Gruppen nitrifizierender Bakterien verursacht: Die erste Gruppe oxidiert Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) zu Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), welches das Substrat für die zweite, Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )-bildende Gruppe darstellt; siehe Ausdruck 2:



Diese Umsetzung erfordert 4,57 mg/l  $\text{O}_2$  pro mg  $\text{NH}_4^+$  und beeinträchtigt erheblich den BSB, der nur den Sauerstoffverbrauch im Zuge der Kohlenstoffoxidation erfassen soll (C-BSB).

- **Verschließen des Probegefäßes:** Zum korrekten Gasaustausch durch Rühren bei der anschließenden Inkubation muss der Probe ein Magnetrührstab<sup>6</sup> von AQUALYTIC® zugegeben werden. Ein trockener, nicht gefetteter Köcher wird mit 2 Tropfen 45%iger Kaliumhydroxydlösung gefüllt und anschließend in den Flaschenhals eingesetzt. Das Gefäß wird durch Aufschrauben des Drucksensordeckels verschlossen.

- **Temperieren der Probe:** Die Auto-Start-Funktion<sup>7</sup> erlaubt die Verwendung einer Probe ohne Vortemperieren, solange die gewählte Inkubationstemperatur (i.d.R. 20 °C) von der Probentemperatur um nicht mehr als 5 °C unterschritten wird. **Wichtig!** Proben mit einer Temperatur höher als die Inkubationstemperatur müssen vorher abgekühlt werden, um Überbefunde zu vermeiden! D.h. bei einer gewählten Inkubationstemperatur von 20 °C sollten Proben wärmer als 20 °C abgekühlt bzw. Proben kälter als 15 °C auf zwischen 15 und 20 °C erwärmt werden. Dies kann z.B. durch das Einstellen der gerührten Proben in einen AQUALYTIC® Thermostatschrank oder in ein temperiertes Wasserbad erfolgen.

## Start & Auswertung der Messung

Der Start erfolgt entsprechend der Bedienungsanleitung des Messgeräts. Die **Inkubation** der Probe erfolgt anschließend im Thermostatschrank entsprechend der gewählten Inkubationszeit (beim BSB<sub>5</sub>: 5 Tage) und -temperatur (i.d.R. 20 °C). Der Ansatz wird ständig gerührt, um der Wasserprobe den verbrauchten Sauerstoff aus der Gasphase des Messsystems nachzuliefern. **Wichtig!** Die Inkubationstemperatur ( $T_{\text{ink.}}$ ) muss innerhalb der Spannbreite von  $T_{\text{ink.}} \pm 1$  °C liegen, da sonst temperaturbedingte Abweichungen von bis zu 10 % BSB pro 1,0 °C auftreten können. Der BSB-Wert lässt sich in mg/l am Messgerät ablesen. Bei geringfügigen Abweichungen der Parallelproben (i.d.R. < 10 %) wird üblicher Weise der BSB-Mittelwert angegeben.

## Reinigung

Zur Reinigung aller mit einer Probe in Berührung kommender Teile empfehlen wir mehrfaches Spülen mit heißem Wasser, um Verunreinigungen mit Stoffen, welche die BSB-Messung beeinflussen (z.B. Tenside<sup>8</sup>) zu vermeiden. Bei starker Verunreinigung sollte auf ein Reinigungsmittel zurückgegriffen und anschließend ein gründlicher Spülvorgang mit Aqua dest. vorgenommen werden.

<sup>7</sup> siehe Bedienungsanleitung des Gerätes

<sup>8</sup> Reinigungsmittel

<sup>6</sup> mit abgestimmten Volumen

## Hinweise zur Ergebnisauswertung

- Die BSB-Werte nehmen nicht linear zu: Sie müssen am Folgetag immer größer sein als am Vortag, wobei die tägliche Zunahme an mg/l BSB immer kleiner wird (siehe Abb. 1).
- Steigen die BSB-Messwerte linear an, verlässt die Probe den Messbereich (overflow). Zur Erfassung der BSB-Werte muss daher ein größerer Messbereich gewählt werden.
- Nehmen die BSB-Messwerte während der Messperiode plötzlich stark zu, kann Nitrifizierung eingesetzt haben (s.o.).
- Nehmen die BSB-Messwerte während der Messung ab, kann das System undicht geworden sein oder das Probenmaterial ist problematisch (z.B. Anaerobiose).

## Interpretation

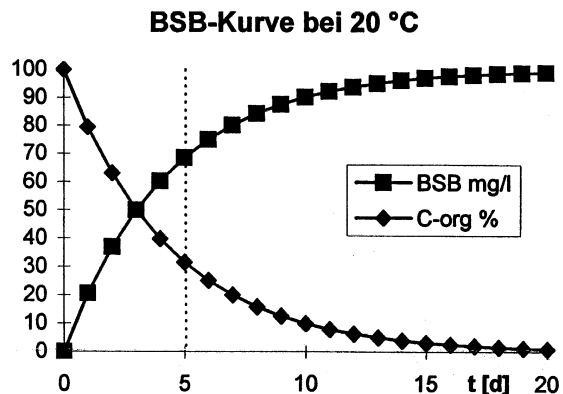
Anhand des BSB<sub>n</sub>-Werts können sowohl Aussagen über die Eigenschaften eines Wassers als auch über die biologische Aktivität der inkubierten Mikroflora getroffen werden. Beispielsweise kann infolge einer Einleitung stark sauerstoffzehrender Abwässer (mit hohem BSB) der Sauerstoffhaushalt eines Wasserlaufs so stark belastet werden, dass Sauerstoffmangel eintritt und das Gewässer "umkippt" (Fischsterben). In einem anderen Fall kann die Leistungsfähigkeit einer Kläranlage getestet werden, indem die BSB-Werte vor und nach der Abwasserbehandlung verglichen werden.

Allgemein lassen sich folgende Aussagen treffen:

- Ein hoher BSB zeigt einen hohen Gehalt abbaubarer, organischer Probeninhaltsstoffe an, d.h. ohne weitere Vorbehandlung verursacht dieses Abwasser eine starke Einbuße des Sauerstoffhaushalts im Vorfluter.
- Ein niedriger BSB verweist entweder auf eine geringe Menge organischer Stoffe (d.h. eine geringe O<sub>2</sub>-Belastung im Gewässer), auf enthaltene schwer abbaubare Substanzen **oder** auf verschiedene Störungen (Probe enthält Gifte, Hemmstoffe, extremen pH, usw.). Dies kann im Zusammenhang mit anderen Analyseergebnissen ins Detail gehend beurteilt werden (s.u.).
- Der Verlauf der BSB-Kurve (siehe Abb.1) gibt weitergehende Informationen über die Aussagekraft der Messung (Messbereichskonformität, Störungen, Abbauverhalten).

Der BSB-Wert wird i.d.R. zusammen mit anderen Parametern (z.B. CSB, DOC, POC, TOC) bestimmt und ausgewertet, wobei er an Aussagekraft gewinnt. Ein Beispiel stellt der Vergleich des ermittelten BSB-Werts mit dem CSB-Wert dar:

- Eine kleine Differenz deutet auf gute Abbaubarkeit eines Großteils der enthaltenen organischen Stoffe hin.
- Eine große Differenz lässt entweder auf eine schlechte Abbaubarkeit der organischen Belastung oder auf eine Störung rückschließen.



**Abb. 1:** Idealierte BSB-Kurve bei 20 °C (nach HABECK-TROPFKE, 1992) im Vergleich zur proportionalen Abnahme abbaubarer organischer Verbindungen (C<sub>org</sub>). Nach 5 Tagen Inkubation werden ca. 70 % des C<sub>org</sub> abgebaut: Dies entspricht dem BSB<sub>5</sub>-Wert.

## Hinweis

Die bisherigen Angaben und Erläuterungen beziehen sich auf "reguläre" Proben und konventionelles Verhalten der Mikroorganismen im Verlauf einer BSB-Messung und decken den weitaus überwiegenden Anteil aller Proben ab. So wird diese Methode erfolgreich und problemlos auf nahezu allen kommunalen Kläranlagen angewandt. Sonderfälle sind jedoch möglich und ergeben sich aus spezifischen, lokalen Gegebenheiten. So kann z.B. ein BSB-Unterbefund auf eine starke Hemmung, spezielle, störende Probeninhaltsstoffe oder sogar auf spezielle Abwasserbehandlungsverfahren vor der Probennahmestelle zurückzuführen sein. Bei Industrieabwässern liegen häufig besondere Umstände vor. Sie enthalten oft extrem hohe oder niedrige BSB-Frachten sowie oxidierende oder toxische Stoffe. Sofern solche Voraussetzungen vorliegen, müssen diese besonders beachtet und aufkommende Probleme ggf. im Einzelfall gelöst werden (siehe dazu auch AQUALYTIC<sup>®</sup> Applikationsbericht zur Bestimmung des BSB in stark belasteten Abwässern).

## Literaturverzeichnis

- DIN:** Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth-Verlag GmbH, Berlin.
- HABECK-TROPFKE, 1992:** Abwasserbiologie, 2. Auflage, Werner-Verlag.
- HÜTTER, 1994:** Wasser und Wasseruntersuchung, 6. Auflage, Otto Salle Verlag Frankfurt am Main.