

**Zeitschrift:** Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme

**Herausgeber:** Schweizerische Vereinigung für Landesplanung

**Band:** 21 (1964)

**Heft:** 4

  

**Artikel:** Möglichkeiten und Grenzen der Anwendbarkeit der Bestimmung des biochemischen Sauerstoffbedarfs für die Beurteilung von Abwasser und zur Gewässerüberwachung

**Autor:** Bucksteeg, Wilhelm

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-783791>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.01.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Möglichkeiten und Grenzen der Anwendbarkeit der Bestimmung des biochemischen Sauerstoffbedarfs für die Beurteilung von Abwasser und zur Gewässerüberwachung

Von Dr. Wilhelm Bucksteeg, Ruhrverband, Essen

## I.

Wird einem Gewässer häusliches Abwasser oder ein Abwasser ähnlicher Beschaffenheit zugeführt, so kommt es je nach der eingeleiteten Abwassermenge und der Konzentration an organischer Substanz zu einer mehr oder weniger starken Verschiebung des Gleichgewichtes innerhalb der vorliegenden Organismenpopulation. Da Abwasser verschiedene Nährstoffe für Bakterien enthält, reagieren diese mit einer dem Nährstoffangebot entsprechenden Entwicklung, der erst nach einer gewissen Zeit eine stärkere Entwicklung der sich von Bakterien ernährenden Organismen folgt.

Die Nährstoffe des Abwassers werden von den Mikroorganismen einmal zum Aufbau der Zellsubstanz (Baustoffwechsel) herangezogen, zum anderen unter Energiegewinn oxydativ abgebaut (Betriebsstoffwechsel). Die Schmutzstoffe werden hierbei dem Abwasser zum Teil vollständig entzogen, zum anderen Teil in Bakterienmasse überführt, die schliesslich als fäulnisfähiger Schlamm anfällt. Dieser einleitende Prozess der biochemischen Selbstreinigung eines Gewässers steht und fällt mit einer ausreichenden Deckung seines Sauerstoffbedarfs.

Die enge Verknüpfung der Schadwirkung eines Abwassers mit der durch das Abwasser bedingten Inanspruchnahme des Sauerstoffhaushaltes lässt die Bewertung von Abwässern nach ihrem Sauerstoffbedarf ohne weiteres als zweckmässig erscheinen. Von der Annahme ausgehend, ein Abwasser werde im Vorfluter ebensoviel Sauerstoff verbrauchen wie unter geeigneter Anordnung im Laboratoriumsversuch, wurde das allseits bekannte Verfahren zur Bestimmung des biochemischen Sauerstoffbedarfs entwickelt.

Es hat sich in der Praxis als zweckmässig erwiesen, allgemein den BSB<sub>5</sub> zu bestimmen, obgleich nach 5 Tagen erst etwa  $\frac{2}{3}$  des gesamten für die Oxydation der im Abwasser vorhandenen biologisch abbaubaren organischen Substanzen erforderlichen Sauerstoffs verbraucht sind, das restliche Drittel erst nach etwa weiteren 15 Tagen. Der Gesamt-BSB beträgt also rund das 1,5fache des 5-Tage-Wertes.

Die Methodik der BSB-Bestimmung nach dem konventionellen Verdünnungsverfahren bietet zunächst den besonderen Vorteil, dass sie den im Vorfluter herrschenden Verhältnissen weitgehend angepasst ist oder werden kann. Z. B. kann die Verwendung des jeweiligen Vorflutwassers als Verdünnungswasser zweckmässig sein. (Ueber Verdünnungswasser

siehe Methodik.) Die Bestimmung des BSB kann aber nicht nur zur Bewertung von Abwässern, sondern auch zur Untersuchung des Sauerstoffhaushaltes eines Gewässers herangezogen werden.

## II.

Neben dem konventionellen Verfahren der BSB-Bestimmung sind im Laufe der Zeit weitere entwickelt worden, die manche Vorteile bieten.

Eine besondere methodische Schwäche der BSB-Bestimmung nach dem Verdünnungsverfahren liegt in dem geringen Sauerstoffvorrat in der Flasche, der durch die Löslichkeit des Sauerstoffs bei der jeweiligen Versuchstemperatur nach oben hin begrenzt wird. Das hat zur Folge, dass mit dem vorhandenen Sauerstoff, der ja nicht ergänzt wird, nur eine sehr geringe Menge an Schmutzstoffen oxydiert werden kann. Diese Verhältnisse werden dadurch noch ungünstiger, dass — wie seinerzeit Viehl festgestellt hat — die Sauerstoffzehrung bei etwa 15 mg O<sub>2</sub>/l am schnellsten verläuft, bei geringeren und höheren Sauerstoffgehalten jedoch wesentlich langsamer. Annähernd optimale Zehrungsbedingungen liegen in der Flasche also nur zu Beginn des Versuches vor; die biochemischen Oxydationsprozesse verlangsamen sich zunehmend mit fortschreitender Sauerstoffverarmung des Ansatzes. Es ist also anzustreben, das zu untersuchende Abwasser so weit zu verdünnen, dass die Abnahme des Sauerstoffgehaltes in der Versuchszeit möglichst gering gehalten wird. Bei extrem starker Verdünnung aber müssen sich geringfügige Bestimmungsfehler als Folge des besonders hohen Multiplikationsfaktors viel stärker auswirken. Zu starke und zu schwache Verdünnung mindern also die Zuverlässigkeit und Genauigkeit des Verfahrens in gleicher Weise. Wenn in der Praxis so stark verdünnt wird, dass der anfängliche Sauerstoffgehalt in der Flasche im Verlaufe der Zehrung von 8 bis 10 mg/l auf nicht weniger als 2 mg/l, besser noch 3 bis 4 mg/l sinkt, so muss man sich darüber im klaren sein, dass man einmal einen gewissen Fehler durch zunehmende Verzögerung der Zehrung in Kauf nimmt und eine beträchtliche Multiplikation kleinerer Bestimmungsfehler nicht ausschliesst.

Als weiterer Nachteil des Verfahrens wäre die lange Untersuchungsdauer anzuführen. Dieser Nachteil ist jedoch keinesfalls auf das Verdünnungsverfahren beschränkt. Da die Zehrungskurve für verschieden zusammengesetzte Abwässer durchaus nicht gleichsinnig verläuft, ist es allenfalls für ein und dasselbe Abwasser möglich, den BSB<sub>5</sub> aus der 1-, 2-, 3-

oder 4-tägigen Sauerstoffzehrung zu berechnen, nicht jedoch für unterschiedliche Abwässer nach der gleichen Berechnungsformel. Das gilt besonders für Abwässer, die mehrere Komponenten enthalten, deren Zehrung zu ganz verschiedenen Zeitpunkten einsetzt. Jägers und Niemitz mussten bei ihren Versuchen, den  $BSB_5$  (Verdünnungsmethode) durch den « $BSB_1$  manometrisch» zu ersetzen, erkennen, dass sich eine für alle Fälle gültige Beziehung zwischen  $BSB_1$  und  $BSB_5$  nicht aufstellen lässt. Die Bestimmung des  $BSB_5$  wird daher — gleichgültig, nach welcher Methodik gearbeitet wird — immer eine 5-tägige Versuchsdauer erfordern.

Das konventionelle Verfahren zur Bestimmung des BSB bietet den Vorteil relativ geringer Kosten und ist allen anderen Verfahren überlegen, wenn es gilt, grössere Reihen von Proben zu untersuchen. Es kann dagegen von Nachteil sein, dass erst nach Abschluss der Untersuchung erkennbar wird, ob die angewandte Verdünnung richtig gewählt wurde. Eine Orientierung nach dem schnell bestimmbaren  $KMnO_4$ -Verbrauch des zu untersuchenden Wassers ist nicht grundsätzlich möglich, da  $KMnO_4$ -Verbrauch und  $BSB_5$  verschiedener Abwässer sich zueinander sehr unterschiedlich verhalten. Nachteilig ist beim Verdünnungsverfahren ferner die Tatsache, dass eine weitere Untersuchung der Probe nach der BSB-Bestimmung nicht mehr möglich ist.

Diesen Vorteil bietet eine Reihe anderer Verfahren, wie z. B. die volumetrische  $BSB_5$ -Bestimmung nach Sierp-Fränsemeier, die manometrische Bestimmung nach dem Warburg-Verfahren und schliesslich die BSB-Bestimmung nach dem Verfahren, wie es von Clark und später auch von Pöpel vorgeschlagen wurde (Sauerstoffergänzung durch Elektrolyse).

Allen diesen Verfahren ist gemeinsam, dass sie für sehr grosse Probenserien weniger geeignet, zumindest aber apparativ sehr aufwendig sind. Sie bieten den Vorteil, dass die Sauerstoffkonzentration im Versuchsansatz relativ konstant bleibt, da von einer grossen Oberfläche her ständig Sauerstoff aus der Gasphase aufgenommen und der verbrauchte Sauerstoff der Gasphase ergänzt werden kann. Daher ist es nicht nötig, extrem stark zu verdünnen. Das zu untersuchende Wasser kann unverdünnt oder aber verdünnt untersucht werden, und unterschiedliche Verdünnung hat keinen so starken Einfluss auf den gemessenen BSB wie bei dem Verdünnungsverfahren. Das bei geringer Verdünnung erforderliche häufige Ablesen beim Warburg-Verfahren und beim Clarkschen Verfahren kann durch automatische Registrierung vermieden werden.

Wohl der markanteste Unterschied zwischen Verdünnungsverfahren einerseits und den volumetrischen und manometrischen Verfahren andererseits ist die Tatsache, dass das Geschehen zwischen Ansatz und Titration beim Verdünnungsverfahren völlig im Dunkel bleibt, während die anderen Verfahren die Aufnahme des gesamten Zehrungsverlaufs gestatten. Der Aussagewert dieser Verfahren ist also weitaus höher.

Insbesondere für die Untersuchung toxischer Einflüsse auf die biochemischen Prozesse erwies sich das als besonders günstig. Bei der Untersuchung von Substanzen unbekannter Giftigkeit etwa kann der Toxizitätsschwellenwert nach dem Warburg-Verfahren in längstens 24 Stunden ermittelt werden. Arbeitet man in einem falschen Konzentrationsbereich, so wird das schon nach 1 bis 3 Stunden erkennbar, und es kann ein neuer Ansatz mit anderen Giftkonzentrationen vorbereitet werden, während das Verdünnungsverfahren etwaige Fehler erst nach dem Austitrieren erkennen lässt. Ein weiterer nennenswerter Vorteil des Verfahrens zur direkten Bestimmung des BSB ist die Weiterverwendbarkeit der Probe nach der Zehrungsmessung; das gilt vor allem für das Verfahren nach Clark und das Verfahren nach Sierp und Fränsemeier. Das Verfahren nach Clark bzw. Pöpel zeichnet sich durch weitestgehende Konstanz von Druck- und Sauerstofftension aus.

### III.

Nach Abwägung aller Vor- und Nachteile der verschiedenen BSB-Bestimmungsverfahren kann man keineswegs zu dem Schluss kommen, dass ein bestimmtes Verfahren etwa besser sei als ein anderes.

Verdünnungsverfahren sowie direkte Verfahren haben heute ihre volle Berechtigung. Letztere eignen sich vor allem für die Bestimmung der biochemischen Abbaubarkeit (in geeigneter Modifikation auch der Toxizität) von Abwässern und Abwasserinhaltsstoffen, für die Ermittlung der für die schadhlose Einleitung in den Vorfluter erforderlichen Verdünnung, für Untersuchungen an biologischen Schlämmen, für die Bestimmung des zeitlichen Verlaufs der Sauerstoffzehrung und ganz allgemein zur Klärung vieler für Forschung und Praxis wichtigen Einzelfragen.

### IV.

Wenn bisher Vor- und Nachteile der verschiedenen Verfahren zur Bestimmung des  $BSB_5$  diskutiert wurden, so wurde die generelle Anwendbarkeit der BSB-Bestimmung für Bewertungszwecke hierbei überhaupt nicht berührt. Hierzu aber ist folgendes zu sagen:

Der BSB ist ohne Zweifel eines der wichtigsten Kriterien für die Beschaffenheit eines Abwassers und kann durch ein anderes Untersuchungsverfahren nicht ersetzt werden, sofern es nur um die Ermittlung des Sauerstoffbedarfs eines Abwassers geht; er ist darüber hinaus ein nahezu idealer Masstab für die Bewertung rein häuslicher Abwässer sowie für andere rein organische Abwässer. Sollen auch weitere, über die Beeinträchtigung des Sauerstoffhaushaltes hinausgehende Schadfaktoren erfasst werden, z. B. zur Beurteilung von rein anorganischen, toxischen oder Mischabwässern, so ist die BSB-Bestimmung hierfür vollständig unbrauchbar. Hier klaffte bisher eine bedauerliche Lücke, die sich besonders bemerkbar machte, wenn es um die Bewertung verschiedenartiger Abwassereinleitungen ging.

Im Laboratorium der Vereinigten Ruhrverbände wurden daher seit einer Reihe von Jahren umfassende Versuche zur Schaffung eines Verfahrens durchgeführt, das eine exaktere Bewertung der Schädlichkeit eines Abwassers gestatten sollte. Diese Bemühungen führten zu einem Verfahren, das indirekt zum BSB in Beziehung steht.

Trotzdem sollte es bei der Erörterung des BSB nicht unerwähnt bleiben, da es zumindest für die Schädlichkeitsbewertung von Abwässern, und zwar beliebiger Abwässer, besser geeignet ist als das konventionelle Verfahren der Berechnung des Einwohnergleichwertes aus dem BSB<sub>5</sub> des filtrierten Abwassers und dem organischen Anteil der ungelösten Feststoffe. Dabei erscheint es zweckmässig, nicht etwa den feststehenden Begriff «Einwohnergleichwert» anders zu definieren, sondern die ermittelte Schadwirkung etwa in «BSB<sub>5</sub>-Äquivalenten» anzugeben, wobei 1 BSB<sub>5</sub>-Äquivalent der Schadwirkung von 54 g BSB<sub>5</sub>, also einem Einwohnergleichwert, entsprechen würde. Vielleicht aber wird die Zukunft ergeben, dass die Ausdehnung des Begriffs Einwohnergleichwert über seine heutige Bedeutung hinaus auf beliebige Schadfaktoren gerechtfertigt ist. Das Verfahren wurde im Rahmen eines Ausschusses zur Schaffung biologischer Einheitsverfahren eingehend diskutiert und einstimmig für die Aufnahme in die Deutschen Einheitsverfahren vorgeschlagen. Es geht davon aus, dass sowohl organische wie auch anorganische bzw. toxische Abwässer die in einem Vorfluter sich abspielenden Selbstreinigungsvorgänge verzögern, wenn auch über verschiedene Mechanismen.

Es vereinfacht weiterhin insofern, als bei einem gleichen Effekt gleiche Schädlichkeit verschiedener Abwässer angenommen wird. Da dieser gleiche Effekt aber auf völlig unterschiedliche Art und Weise ausgelöst werden kann, nämlich einmal durch zusätzliche Belastung des Sauerstoffhaushaltes, zum anderen aber durch Verzögerung der normal sich im Vorfluter abspielenden Prozesse, erlaubt das Verfahren nicht etwa irgendwelche Rückschlüsse auf die Beeinflussung des

Sauerstoffhaushalts oder auf die Giftigkeit allein, sondern gibt summarisch ein Bild von der Gesamtschädlichkeit eines Abwassers.

Die Auswirkungen verschiedener Abwässer auf die biochemischen Prozesse im Vorfluter selbst sind experimentell mit der erforderlichen Exaktheit nicht zu fassen. Es war daher erforderlich, die im Vorfluter sich abspielenden Reaktionen und ihre Beeinträchtigung durch Abwässer in einem einfachen Modellversuch nachzuahmen und zu messen. Wir wählten hierfür eine Nährlösung, die mit wenig Belebtschlamm beimpft, und der das zu prüfende Abwasser in steigenden Konzentrationen zugesetzt wird. Als Bezugssubstanz dient rein häusliches Abwasser, das in gleicher Weise behandelt wird und dessen BSB<sub>5</sub> bestimmt wird. Ein Vergleich der durch das häusliche und das zu prüfende Abwasser bedingten Verzögerung der Abbauleistung (gemessen am KMnO<sub>4</sub>-Verbrauch) ermöglicht die Berechnung des Einwohnergleichwertes des zu prüfenden Abwassers oder besser seiner einem Einwohnergleichwert entsprechenden Schädlichkeit (s. Verfahrensbeschreibung). In einer langjährigen Praxis hat sich dieses Verfahren in unserem Laboratorium voll und ganz bewährt. Wir haben eine Vielzahl von Abwasserarten und Abwasserinhaltsstoffen auf diese Weise bewertet und die so erhaltenen Werte bereits in der Praxis nutzbringend anwenden können. Es sei betont, dass es möglich ist, nach diesem Verfahren den BSB<sub>5</sub> eines unbekanntes, rein häuslichen Abwassers zu bestimmen, indem man seinen «Einwohnergleichwert»/m<sup>3</sup> ermittelt und diesen Wert mit dem Schmutzindex z. B. 54 multipliziert. Der erhaltene Wert ist gleich dem BSB<sub>5</sub> in g/m<sup>3</sup> bzw. mg/l. Selbstverständlich ist das nur für Abwässer möglich, die nur über ihren Sauerstoffbedarf schädlich wirken, wie rein häusliche und andere organisch verschmutzte Abwässer.

Da alle diskutierten Verfahren bedeutungsvoll sind, erscheint eine Zusammenstellung der verschiedenen Verfahren mit allen methodischen Einzelheiten zweckmässig.