

Abschätzung der Gewässergüte mit Hilfe Chemischer Indices

Dr. Claus Kuhnhardt, Agenda 21 Oranienburg e.V.

Aufgabenstellung

Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie fordert, dass Gewässer den „guten ökologischen Zustand“ erreichen.

Die häufigsten Ursachen für das Nichterreichen dieses Ziels sind:

Belastung durch Nährstoffe, meist aus der Landwirtschaft, Schwermetalle, Giftstoffe,

Degradation der Gewässer durch Verbauung und Begradigung, Wehre, hohe Wassertemperatur, Wasserstandsabsenkung.

Die Einschätzung der Gewässergüte nach dem „Saprobien-system“ beruht auf der Ermittlung des Vorkommens und der Häufigkeit sogenannter saprobionter Organismenarten, deren Existenz mehr oder weniger, je nach Art, vom Sauerstoffgehalt des Wassers abhängt.

Da die Belastung eines Gewässers mit leicht abbaubaren organischen Stoffen, die unter Sauerstoffzehrung abgebaut werden, den Sauerstoffgehalt einer Wasserprobe beeinflusst, erlaubt die Ermittlung von Vorkommen und Häufigkeit der saprobionten Organismen Rückschlüsse auf die Gewässerbelastung mit den erwähnten organischen Stoffen.

Einfacher wäre es, den Sauerstoffgehalt direkt zu bestimmen und daraus auf die Belastung des Gewässers zu schließen.

Manche der aufgezählten Gewässerbelastungen werden mit dem Saprobien-system nicht erfasst. Für einige dieser Belastungen wurden Indikationssysteme aufgestellt, die zusätzlich zum Saprobien-system für das Gewässermonitoring verwendet werden können und im Hinblick auf die Erreichung des „guten ökologischen Zustands“ zu beachten sind.

Für die Beurteilung der Wasserqualität im Rahmen des Projekts FOWAKS wird das Saprobien-system nicht angewendet, da die Voraussetzungen für die Bestimmung des Vorkommens und der Häufigkeit saprobionter Organismen nicht gegeben sind.

Stattdessen wird ein Index benutzt, zu dessen Berechnung chemische und physikalische Daten der Wasserprobe herangezogen werden.

Vom Institut Dr. Flad wurde unter dem Titel „Chemischer Index und Gewässergüte“ eine Studie veröffentlicht, in der erläutert wird, wie aus den Werten der zu bestimmenden Parameter:

Nitrat

Phosphat

Ammonium

Sauerstoffsättigung

pH-Wert

elektrische Leitfähigkeit

Temperatur

Biochemischer Sauerstoffbedarf

ein chemischer Index (CI) berechnet werden kann, der die Zuordnung des untersuchten Gewässers zu einer Gewässergüteklasse zulässt.

Zusätzlich zu den Parametern der FLAD-Studie erfassen die FOWAKS-Untersuchungen noch die Nitrit-Werte und die Wasserhärte (°dH).

Die Bestimmung des Biologischen Sauerstoffbedarfs (BSB5) ist zurzeit bei den FOWAKS-Untersuchungen nicht im Programm.

Eine ähnliche Studie mit dem Titel „Gewässergüte – Bewertung: Chemisch-physikalische Parameter“ wurde von BACH veröffentlicht.

Die im Rahmen des Projektes FOWAKS von der Agenda 21 Oranienburg e.V. durchgeführten Untersuchungen an Oberflächengewässern im Einzugsgebiet der Havel erfassen die Parameter

Wasserhärte	in °dH
Nitrat	in mg/l
Nitrit	in mg/l
Phosphat	in mg/l
Ammonium	in mg/l
Sauerstoff	in mg/l, Sättigung in %
pH-Wert	negat. Log. der H ⁺ -Konz.
Leitwert	in µS
Temperatur	in °C
Sichttiefe	in m

Bestimmungsverfahren

Für die Bestimmung der chemischen Parameter Wasserhärte, Nitrat, Nitrit, Phosphat, Ammonium und pH wurden die von der Firma Machery-Nagel bereitgestellten colorimetrischen bzw. titrimetrischen Verfahren eingesetzt.

Die Bestimmung der Parameter Sauerstoff, Leitwert und Temperatur erfolgte mit Geräten der Firma Hach. Dabei werden die gemessenen Parameter Sauerstoffsättigung und Leitwert geräteintern auf die Temperatur 25°C umgerechnet.

Für die Bestimmung des Parameters Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB5) werden verschiedene Verfahren vorgeschlagen.

Bedeutung der aufgeführten Parameter

Bevor auf die im Rahmen der FLAD-Studie vorgeschlagenen Regeln zur Berechnung des CI eingegangen wird, soll erläutert werden, in welcher Weise die genannten Parameter die Wassergüte beeinflussen.

Die folgenden Erläuterungen sind teilweise Zitate aus der BACH-Studie.

Die **Wasserhärte (WH)** ist ein Maß für die Menge der in der Wasserprobe gelösten Calcium- und Magnesiumhydrogencarbonate. Diese Salze puffern den pH-Wert des Wassers und verhindern so bis

zu einem gewissen Grad, dass gelöste Ammoniumsalze in das Fischgift Ammoniak umgewandelt werden, wenn der pH-Wert >8 wird.

Außerdem stellen gelöste Hydrogencarbonate einen CO_2 -Vorrat dar, der bei intensiver Sonneneinstrahlung das durch die Photosynthese eventuell schon aufgebrauchte im Wasser gelöste CO_2 nachliefert und so dafür sorgt, dass die Photosynthese weitergeht und weiter Sauerstoff an das Wasser abgegeben werden kann.

Andererseits ist eine zu hohe Wasserhärte für Lebensvorgänge ein hemmender Faktor.

Dagegen fördern hohe **Nitratgehalte (NO_3)** das Wachstum sowohl der Algen als auch das der höheren Wasserpflanzen.

Tritt nach längerer Sonnenscheindauer ein Wetterwechsel zu trübem Wetter ein, so stirbt die vorher durch Photosynthese gebildete Pflanzenmasse ab und zersetzt sich aerob unter Sauerstoffzehrung.

Die abgestorbene Grünmasse sinkt zum Boden des Gewässers, wird dort anaerob weiter abgebaut und trägt so zur Faulschlamm-Bildung bei. Im Herbst laufen diese Vorgänge weiter ab, bis nahezu die gesamte Pflanzenmasse verschwunden ist.

So wichtig also der Nitratgehalt primär für das Pflanzenwachstum ist, fördert er letztlich bei trübem Wetter die Sauerstoffzehrung und durch Faulschlamm-Bildung die Verlandung des Gewässers.

Nitrit (NO_2) ist ein Fischgift, es bildet sich bei der Zersetzung abgestorbener Biomasse, wenn die Weiteroxydation zu Nitrat wegen Sauerstoffmangel unterbleibt.

Phosphat (PO_4) wird im Stoffkreislauf innerhalb des Gewässers durch den Abbau organischer Substanz frei (tote Organismen, Pflanzenreste vor allem im Herbst). Im sauberen Wasser unter natürlichen bzw. naturnahen Bedingungen ist der Gehalt am Nährstoff Phosphat sehr gering und stellt daher den begrenzenden Faktor für das Pflanzenwachstum dar. Damit nimmt dieser Parameter eine Schlüsselstellung in vielen Gewässern ein. Da die anderen nötigen Nährstoffe in der Regel ausreichend vorhanden sind, führt jede Erhöhung des Phosphatgehaltes sofort zu einer starken Förderung des Pflanzenwachstums. Verunreinigungen mit Phosphat (meistens aus der Landwirtschaft, industriellen- und Siedlungsabwässern) führen daher besonders schnell zur sogenannten Eutrophierung der Gewässer.

Ammonium (NH_4) bildet sich während der ersten Stufe der Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Verbindungen in sauerstoffarmer Umgebung, also bevorzugt in Bodennähe. Bei der Nitrifizierung des Ammoniums über Nitrit zu Nitrat wird Sauerstoff verbraucht.

Unter ungünstigen Milieubedingungen, z.B. bei hohem pH-Wert, entsteht aus Ammonium das Fischgift Ammoniak. Bei Ammonium handelt es sich um einen ungiftigen Pflanzennährstoff. Ammoniak hingegen ist ein farbloses, stechend riechendes giftiges Gas. Beide Formen kommen im Wasser nebeneinander vor. Wichtig dabei ist an dieser Stelle der Bezug zum pH-Wert. Um den Neutralpunkt 7.0 liegt ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Ammonium und Ammoniak vor. Verschiebt sich der pH-Wert ins alkalische (basische) Milieu, so wird aus den Ammonium-Ionen Ammoniak freigesetzt. In stark basischen Lösungen liegt freies Am-

moniak vor, welches in höheren Konzentrationen für jegliches Leben im Gewässer tödlich ist. (Zitat BACH).

Sauerstoff (O₂) spielt eine zentrale Rolle bei allen Lebensvorgängen.

Erst bei ausreichendem Sauerstoffgehalt ist die Existenz von Lebewesen im Wasser möglich.

Mangelnder Sauerstoffgehalt verlangsamt die aeroben Abbauvorgänge.

Unterschreitet der Sättigungsgrad die 30%-Schwelle, laufen vorwiegend anaerobe Prozesse mit Faulschlammabildung ab.

Bei starker Sonneneinstrahlung erzeugen grüne Wasserpflanzen infolge ihrer Assimilationsfähigkeit größere Mengen Sauerstoff, die zu einer Übersättigung des umgebenden Wassers mit Sauerstoff führen.

Steigt der Sättigungsgrad über 120 %, so wird dieses Übermaß an Sauerstoff zum belastenden Faktor, da die Mikroorganismen im Wasser abgetötet werden.

Der **pH-Wert** gibt Auskunft über das Säure/Base-Verhältnis in der Wasserprobe.

Wie schon erwähnt, wird dieses Verhältnis maßgeblich von der Lage im Gleichgewichtssystem



bestimmt.

In unbelasteten Wasserproben liegt der pH-Wert zwischen 6,5 und 8,0, im Idealfall bei 7,0.

Abweichungen vom Idealwert in beiden Richtungen beeinträchtigen biologische Abläufe im Wasser.

Niedrige pH-Werte können beispielsweise dazu führen, dass sich die kalkhaltigen Schalen von Muscheln, Schnecken und Krebstieren auflösen. Eine große Rolle spielt er zum Beispiel für das Verhältnis zwischen Ammonium und Ammoniak.

Der **Leitwert (LW)** ist ein Summenparameter, der den Elektrolytgehalt des Wassers charakterisiert. Zwischen Leitwert und Wasserhärte besteht eine annähernd lineare Abhängigkeit, aber auch andere Inhaltsstoffe erhöhen den Leitwert.

Die **Sichttiefe (ST)** wird von den im Wasser schwebenden Teilchen, vorwiegend Algen, beeinträchtigt.

Sie kann nur in ausreichend tiefen Gewässern ermittelt werden. Geringe Sichttiefe deutet auf Belastung des Wassers hin.

Eine Alternative zur Messung der Sichttiefe stellt die Trübungsmessung dar, die mit fotometrischen Methoden unter Verwendung entsprechender Geräte erfolgen kann.

Die **Temperatur** beeinflusst verschiedene physikalische, aber auch die chemischen und biochemischen Vorgänge im Gewässer erheblich. Vor allem hat sie Einfluss auf die Geschwin-

digkeit der Umsetzungen. So nehmen Abbauvorgänge im Gewässer mit steigender Temperatur exponentiell zu.

Da der Großteil der Fauna in Gewässern wechselwarmer Natur ist, ist er in hohem Maße von der Temperatur abhängig.

Da die Stoffwechselvorgänge der Organismen bei höherer Temperatur sehr aktiv werden, verbrauchen die Lebewesen dementsprechend viel Sauerstoff, was zu ausgeprägter Sauerstoffzehrung führen kann (siehe Parameter Sauerstoff). Für eine Temperaturerhöhung können Faktoren wie Stoffeinträge, starke Sonneneinstrahlung und eine verringerte Fließgeschwindigkeit durch Staumaßnahmen die Ursache sein. (Zitat BACH).

Der **Biochemische Sauerstoffbedarf (BSB5)** ist eine Kennzahl, die Auskunft darüber gibt, wieviel Sauerstoff Mikroorganismen für den aeroben Abbau der in der Probe gelösten organischen Stoffe benötigen. Der Sauerstoffbedarf wird im Zeitraum von 5 Tagen bei 20°C bestimmt.

Im Rahmen des Projekts FOWAKS konnte der Parameter BSB5 nicht bestimmt werden. Stattdessen wurde als Ersatz für alle Messstellen der Wert 7,5 mg Sauerstoff/l angenommen und in die Berechnungen einbezogen.

Berechnung des Chemischen Index CI nach Dr.Flad

Berechnungsdetails werden auf Anforderung zur Verfügung gestellt.

Zuordnung der Gewässergüte über den ermittelten Chemischen Index (CI)

In der Aufstellung unten sind den ermittelte Chemische Indices Kennzahlen der Gewässergüte und der Beurteilung der zugehörigen Wasserqualität zugeordnet.

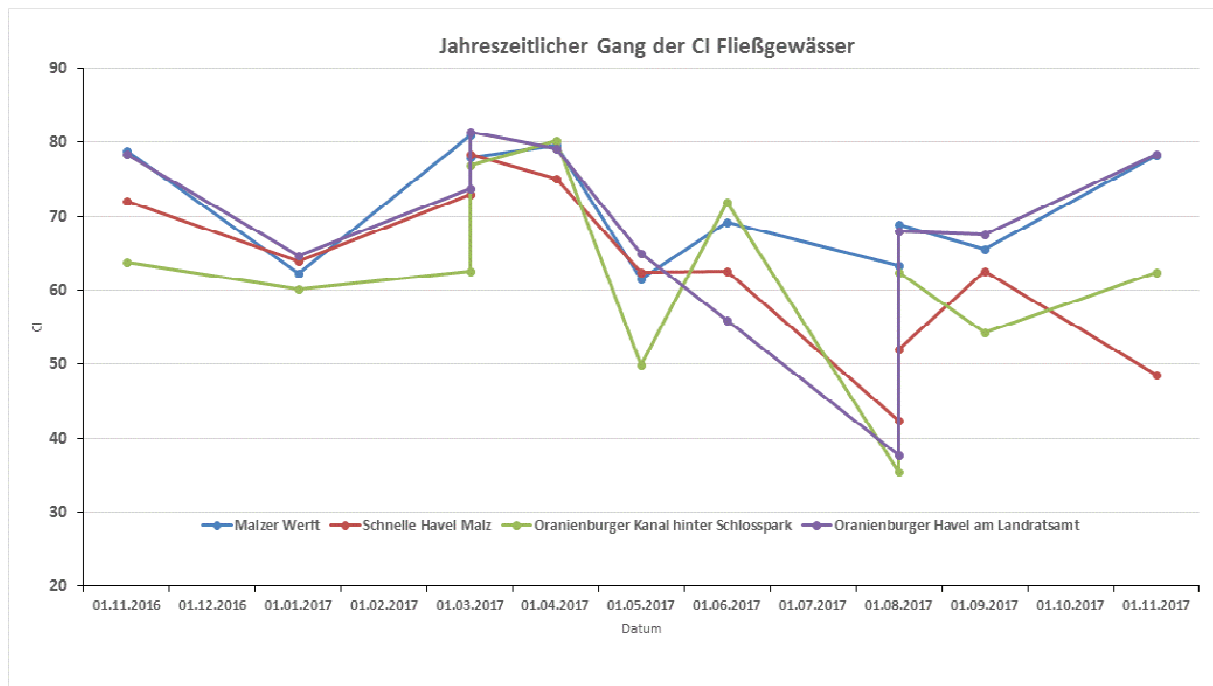
Indezahl	Gewässergüte	Beurteilung
100 – 83	I	unbelastet
82 - 74	I - II	gering belastet
73 – 56	II	mäßig belastet
55 - 45	II - III	kritisch belastet
44 - 27	III	stark verschmutzt
26 - 18	III - IV	sehr stark verschmutzt
17 - 0	IV	verödet

Diese Aufstellung ist der Flad-Studie entnommen.

Diskussion der Messergebnisse

In Tabelle 1 im Ordner **Diskussion** wurden die berechneten Chemischen Indices, geordnet nach Messstelle und Messdatum, aufgelistet.

Der jahreszeitliche Gang der CI der Fließgewässer ist in der nachfolgenden Graphik Fließgewässer dargestellt.



Die Graphik zeigt, ausgehend von Höchstwerten der CI an den Messdaten 31.3.2017 und 28.4.2017 einen stetigen Abfall der CI-Werte während der langen Trockenzeit bis zum Starkregen am 29.7.2017.

Bei den darauf folgenden Messungen ab 2.8.2017 ist ein rasanter Anstieg der CI-Werte zu verzeichnen.

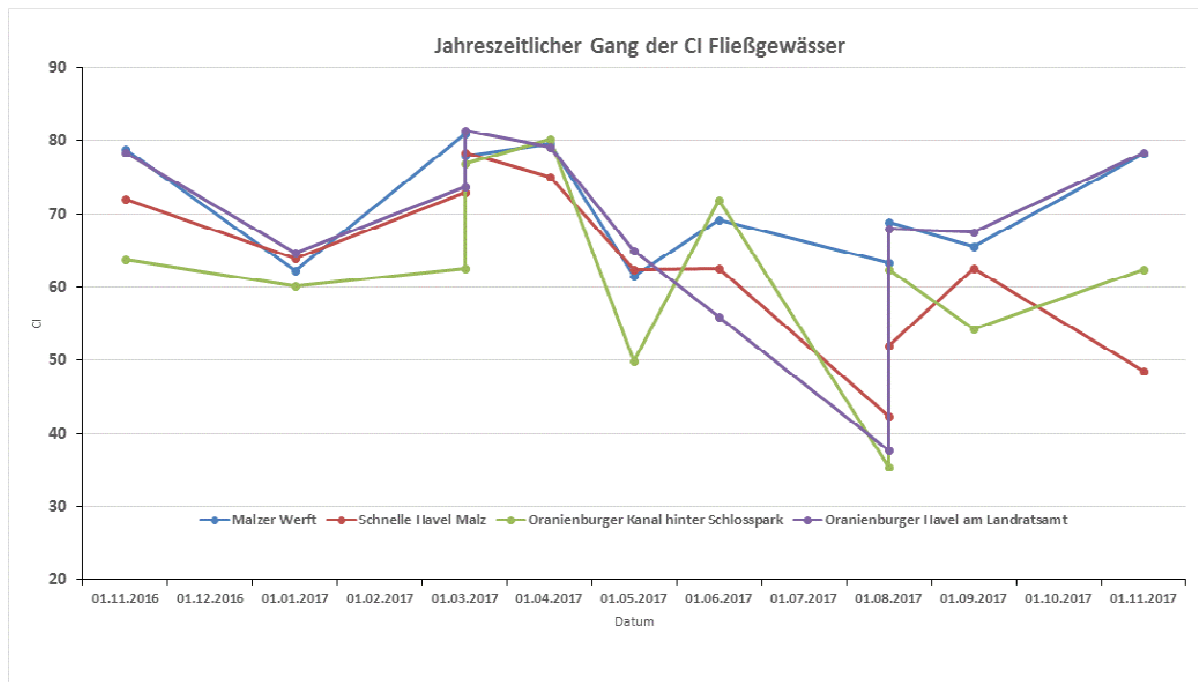
Das betrifft insbesondere die CI der Messstellen Malzer Werft (blau), Oranienb. Havel (violett) und Oranienb. Kanal (grün).

Für die Messstelle Schnelle Havel (rot) gilt diese Aussage nur beschränkt.

Dieser Befund bestätigt die Annahme, dass während Trockenperioden die Wassergüte der Fließgewässer abnimmt.

Die unter der Tabelle (1) angeordneten kleinen Graphiken zeigen den Gang der CI der einzelnen Fließgewässer zur besseren Übersichtlichkeit. Für Bäche und Stintgraben standen infolge der Trockenperiode nur begrenzt Messdaten zur Verfügung.

Die Graphik Stehende Gewässer zeigt den jahreszeitlichen Gang der CI im Lehnitzsee und Grabowsee.



Der CI im Lehnitzsee zeigt einen ähnlichen jahreszeitlichen Verlauf wie die Fließgewässer, was wegen des Durchflusses des Oder-Havel Kanals auch zu erwarten war.

Das CI-Minimum im Lehnitzsee am 26.1.2017 könnte auf den Einfluss des Winterwetters zurückzuführen sein.

Ein weniger ausgeprägtes Minimum am 26.1.2017 zeigen auch die CI der Fließgewässer.

Im Grabowsee wurden erst ab 28.4.2017 Messungen durchgeführt, die CI steigen aber auch in diesem See ab 2.8.2017 rasant an.

In der nachfolgenden Tabelle sind die ermittelten Wassergütwerte, geordnet nach Messstelle und Messdatum aufgelistet.

Messstelle	Datum	25.11.2016	26.01.2017	01.03.2017	31.03.2017	28.04.2017	29.05.2017	28.06.2017	02.08.2017	30.08.2017	27.09.2017	02.11.2017
Lehnitzsee Anlegesteg		I - II	II	I - II	I - II	I	I - II	I - II	II	II	II	II
Stintgraben Brücke				II	II	I - II			II - III	II	I - II	II
Malzer Werft		I - II	II	I - II	I - II	I - II	II	II	II	II	II	I - II
Schnelle Havel Malz		II	II	II	I - II	I - II	II	II	III	II - III	II	II - III
Oranienburger Kanal hinter Schlosspark		II	II	II	I - II	I - II	III	II	III	II	II - III	II
Oranienburger Havel am Landratsamt		I - II	II	II	I - II	I - II	II	II - III	III	II	II	I - II
Grabowsee Badestelle						I - II	II	II	II	II	I - II	I - II
Bäke Brücke Russenstrasse						I - II	II	II	II - III	II	II	II