

ZUR UNTERSUCHUNG VOM WASSERCHEMISMUS BEI LIBELLENGEWÄSSERN

Gerold LAISTER

eingegangen am 29. Jänner 1995

Zusammenfassung

Aufgrund der Stoffumsätze bei der Assimilation unterliegen die entsprechenden chemischen Parameter vor allem in kleinen, flachen, pflanzenreichen Stillgewässern mehr oder weniger starken Schwankungen. Die wichtigsten Reaktionsabläufe und die Schwankungsmöglichkeiten der einzelnen Parameter werden beschrieben.

Einleitung

Bei der Suche nach einer geeigneten Einleitung für diesen Artikel hatte ich plötzlich das Bild einer vom Wind bewegten Wasseroberfläche vor Augen. Das Bild einer Wellenbewegung, die beim Wasser immer wieder (Määnder etc.) auftritt. Diese „Tendenz zur Welle“ geht so weit, daß auch in schnurgeraden Trapezprofilen die Strömung immer von einer Seite zur anderen pendelt, und sich, so man die Sukzession zuläßt, auch die Vegetation entsprechend ausbildet. Bei diesem Medium kommen auch die von uns gerne als exakt, weil meßbar, angesehenen chemischen Werte ins Schwanken, und zwar in ein ganz natürliches, das allerdings relativ große Ausmaße annehmen kann. Natürlich will ich keine Zusammenhänge konstruieren, aber es ist immerhin eine interessante Parallele.

Chemische Parameter mit ihren wichtigsten Reaktionsabläufen

pH-Wert und Härte: Der pH-Wert als Ausdruck der entweder sauren ($\text{pH} < 7$), neutralen ($\text{pH} = 7$) oder basischen ($\text{pH} > 7$) Reaktion eines Gewässers steht in engem Zusammenhang mit der Härte. Als Härte des Wassers bezeichnet man seinen Gehalt an Kalzium- und Magnesiumsalzen. Von diesen wird in den meisten Fällen der Hauptteil durch die Kalziumsalze der Kohlensäure gebildet. Mit zusätzlicher Kohlensäure entsteht ein sogenanntes Puffersystem, welches Schwankungen des pH-Wertes verringert. Ohne auf die genauen Reaktionen einzugehen, sollen dazu einige (auch für die weiteren Ausführungen) wichtige Faktoren genannt werden.

Durch die Pflanzen wird dem Wasser zur Assimilation CO_2 (und damit Kohlensäure) entzogen; dies führt zum Ausfallen von fast unlöslichem Kalziumcarbonat. Bei sehr pflanzenreichen Gewässern kann schließlich auch das Kalziumcarbonat aufgespalten werden. Dabei entsteht Kalziumhydroxyd. Es kommt also zu einem Übergewicht der basischen Bestandteile und damit, je nach Pufferkapazität, zu einem Ansteigen des pH-Wertes. In sehr kalkreichen Gewässern kann dadurch der pH-Wert bis 11 ansteigen. Alle diese Vorgänge sind jedoch reversibel wenn dem Wasser z.B. durch Abbauvorgänge etc. wieder CO_2 zugeführt wird.

Alles im weiteren Verlauf über Schwankungen der Wasserhärte Gesagte, gilt sinngemäß auch für die Elektrolytische Leitfähigkeit. Diese weist, da sie abhängig ist von den im Wasser gelösten Salzen bzw. dissoziierbaren Stoffen, mit der Härte eine starke Korrelation auf.

Sauerstoffgehalt: Im Wasser sind bei 20°C und 1,013 bar Luftdruck 8,84 mg/l Sauerstoff löslich. Dieser Wert steigt bei sinkender Wassertemperatur. Angegeben wird der Sauerstoffgehalt in Milligramm pro Liter (mg/l) oder in Prozent Sättigung, wobei 100 Prozent Sättigung genau jener Menge entsprechen, die bei der jeweiligen Wassertemperatur aus der Luft löslich ist.

Der Sauerstoffgehalt des Wasser unterliegt (starken) Schwankungen. Zum einen wird durch die Photosynthese ständig Sauerstoff freigesetzt, wodurch das Wasser bei starker Produktion auch wesentlich über 100 Prozent Sauerstoffsättigung aufweisen kann. Andererseits benötigen die Destruenten für den Abbau sämtlicher im Wasser befindlichen toten organischen Stoffe hohe Mengen an Sauerstoff. Man spricht von Sauerstoffzehrung, die bis zum völligen Sauerstoffschwund, mit nachfolgendem Fäulnisgeruch, führen kann.

Stickstoffverbindungen: Diese stellen für die Wasserpflanzen wichtige Nährstoffe dar, die neben dem Phosphor großen Einfluß auf die Bildung pflanzlicher Biomasse haben.

Stickstoff gelangt vor allem über organische Substanzen (z.B. Laubfall) und mit den Niederschlägen in die Gewässer. Eine eigene Analyse in Linz ergab bei starkem Regen 2,4 mg/l Ammonium- und Nitratstickstoff. Auch aus der autochthonen organischen Substanz, die zum Abbau gelangt, wird Stickstoff in das Wasser in Form von Ammonium freigesetzt, das im aeroben Milieu durch nitrifizierende Bakterien über Nitrit zu Nitrat oxydiert wird.

Nitrit stellt im Wasser ein mehr oder weniger unbeständiges Zwischenprodukt dar. Im anaeroben Milieu kann Nitrat durch denitrifizierende Bakterien in elementaren Stickstoff umgewandelt werden.

Phosphat und Eisen: Das Phosphat ist wie der Stickstoff nicht nur ein wichtiger Nährstoff, sondern kann, wie dieser, zum Minimum-Nährstoff werden. Das heißt, geht ein Nährstoff zur Neige, und sehr oft ist dies beim Phosphat der Fall, so reduziert sich auch das Pflanzenwachstum, selbst wenn alle anderen Nährstoffe in ausreichendem Maße oder sogar Überschuß vorhanden sind. Diese Eigenschaft des Phosphats tritt bei Seen sehr oft auf und führt bei großem anthropogenen Phosphateintrag, wodurch das Pflanzenwachstum begünstigt wird, zur Erscheinung der Eutrophierung.

Bei kleineren Gewässern kommt der Reaktion mit dem Eisen größere Bedeutung zu. Bei genügend vorhandenem Sauerstoff fällt Eisen-(III)phosphat aus, das sich am Gewässergrund ablagert, wodurch dem Wasser Phosphat entzogen wird.

Sinkt der Sauerstoffgehalt am Gewässergrund unter 3 mg/l, kommt es zur Freisetzung von Phosphat aus dem Sediment - besonders bei völligem Sauerstoffschwund. In eutrophen Gewässern wird Eisen, das nur bei niedrigem Sauerstoffgehalt und niedrigem pH-Wert nennenswert in Lösung bleibt, mit Phosphat aus dem Sediment gelöst. Nach SCHWOERBEL (1977) können in sehr flachen Gewässern auf diese Weise beträchtliche Eisen und Phosphatmengen in die trophogene Zone gelangen.

Die wichtigsten Veränderungen

Immer wieder liest man in einschlägigen Arbeiten, daß ein Gewässer, in dem oder an dem eine gewisse Libellenart nachgewiesen wurde, jenen (bestimmten) pH-Wert hat. Leider haben solche Aussagen, besonders wenn sie auf Einzelmessungen beruhen, wenig Aussagekraft.

Der Grund dafür ist bei der belebten Materie und ihren Stoffumsätzen zu suchen. Wie schon erwähnt entziehen Wasserpflanzen dem Wasser CO_2 zur Assimilation. Dabei erhöht sich der pH-Wert, der Sauerstoffgehalt steigt und der Anteil der Härtebildner sinkt. Wie schnell diese Reaktion vor sich geht läßt sich anhand eines einfachen Versuches zeigen. Es wurde dazu von LAPICQUE und KERGOMARD (zitiert nach BRESSLAU, 1926) frische Pflanzenmasse (1g *Elodea canadensis* auf 100 ml Wasser) in ein Gefäß mit Wasser gegeben und im Sonnenlicht stehengelassen. Der pH-Wert stieg dabei innerhalb weniger Stunden um 2 pH-Einheiten. Bei einem Ausgangswert von ca. 7 erreichte der pH-Wert während des Tages 9-10. In der Nacht war jedesmal ein Rückgang zu ca. pH 7 festzustellen.

Ein ähnlicher Kurvenverlauf läßt sich nun im Freiland beobachten (Abb. 1; NYGAARD, 1939). Auffällig ist an dieser Kurve der steile Anstieg (1,5 pH-Einheiten) in der Zeit von 7.30 bis 8.30 Uhr. NYGAARD macht seine Messungen an einem kleinen dreieckigen Teich (35-40 m breit, 1 m tief), bei

dem *Elodea canadensis* „in großen Mengen auf dem Boden“ vorhanden war. Diese Kurven sind von Gewässer zu Gewässer und auch von Tag zu Tag unterschiedlich. Naturgemäß ist eine starke Abhängigkeit vom Wetter gegeben. NYGAARD konnte am selben Gewässer an einem mäßig trüben Tag (21.8.1929) um 18.30 Uhr einen pH-Wert von 9,2 und an einem sehr trüben Tag (24.8.1929) um 17.30 Uhr einen pH-Wert von 7,8 messen.

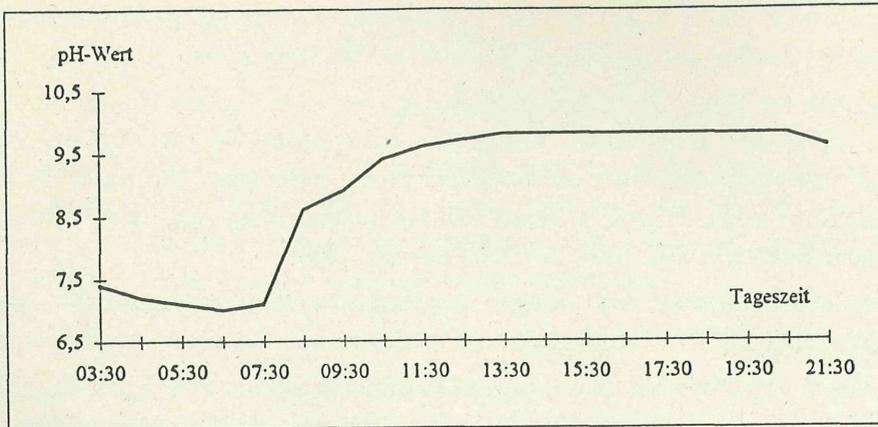


Abb. 1: Dieser aus NYGAARD (1939) entnommene Tagesgang des pH-Wertes wurde an einem 35-40 m breiten und 1 m tiefen dreieckigen Gewässer, bei dem sich *Elodea canadensis* in großen Mengen auf dem Boden fand, gemessen. Auffallend ist der steile Anstieg zwischen 7.30 und 8.30 Uhr, der die starken Veränderungen (die möglich sind) verdeutlicht.

Es zeigt sich also eine starke Abhängigkeit von der Produktion eines Gewässers wobei auch andere chemische Parameter den Reaktionsabläufen entsprechend, großen Schwankungen unterliegen (Abb. 2).

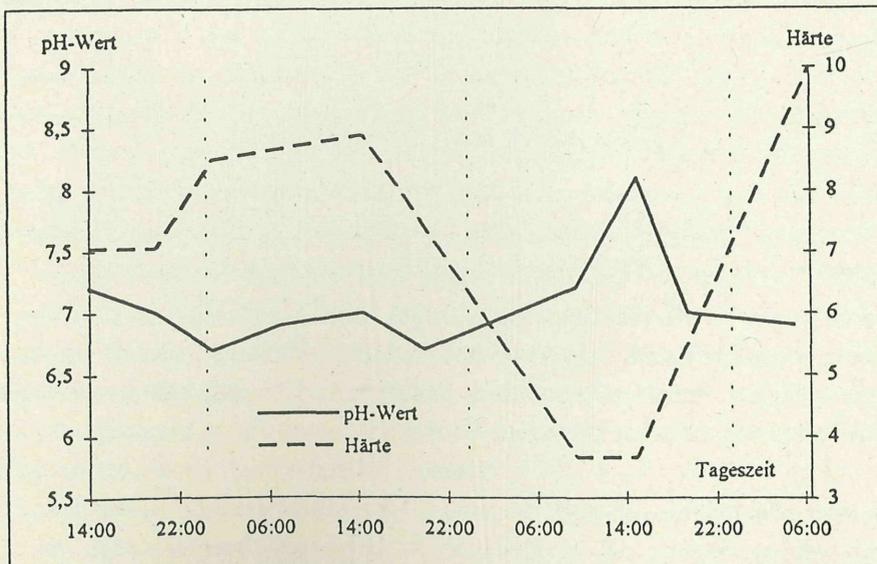


Abb. 2: Aufgrund der Stoffumsätze bei der Assimilation unterliegen die entsprechenden chemischen Parameter mehr oder weniger starken Schwankungen. Diese Abbildung zeigt die gegenläufigen Kurven von pH-Wert und Härte. Mit der Härte eng korreliert ist die elektrolytische Leitfähigkeit, da sie von den im Wasser gelösten Salzen (bzw. dissoziierbaren Stoffen) abhängig ist. Entnommen aus GESSNER (1931).

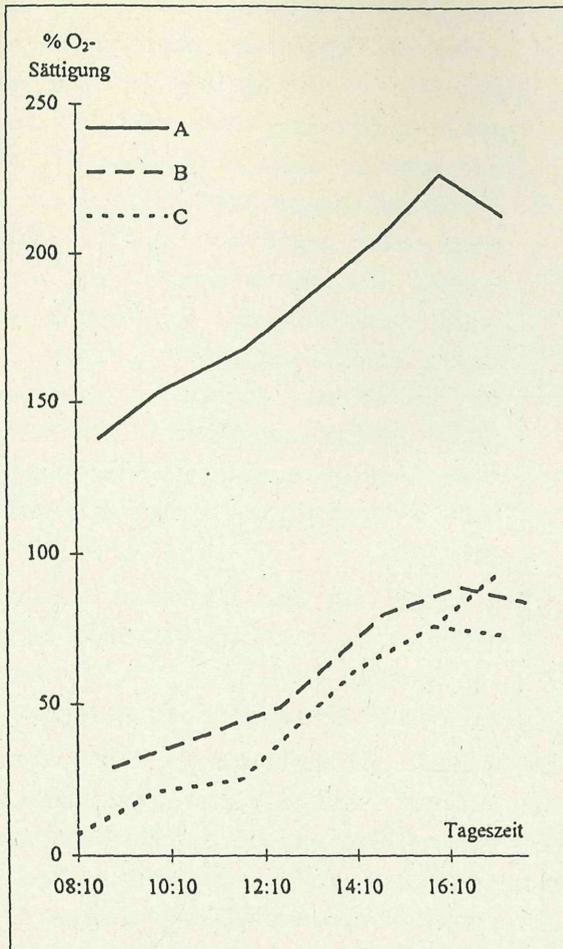


Abb. 3: Zeigt von drei Teichen einen Ausschnitt aus dem Sauerstofftagengang. A: (Wetter wechselhaft - bedeckt). Das Wasser ist stark mit Sauerstoff übersättigt (Eutrophierungsanzeiger). Die Kurven B und C (wolkenlos) zeigen wesentlich geringere Ausgangswerte.

Man könnte nun annehmen, in einem relativ gleichförmigen Wasserpflanzenteppich herrschen auch entsprechend gleiche Bedingungen. GESSNER (1931) wies jedoch „doch ganz erhebliche Schwankungen im Chemismus selbst in einer scheinbar gleichförmigen Pflanzenassoziation und an nahe nebeneinander liegenden Stellen“ nach (siehe auch Abb. 3). Entsprechendes gilt natürlich für Zonen mit ungleichem Bewuchs. Die folgende Tabelle zeigt als Beispiel entsprechende pH-Werte aus SCHÄPERCLAUS (1925):

„im dunklen Bootshaus	pH = 7,65
vor dem Bootshaus, pflanzenfreies Wasser	pH = 7,92
in der Mole über den ersten Pflanzen	pH = 8,1
in der Mole über reicher <i>Elodea</i> -Vegetation	pH = 8,5“

Auch in der Senkrechten existieren Schichtungen unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung. Im Gegensatz zum See, der vereinfacht dargestellt, aus einer sauerstoffproduzierenden und einer -zehrenden Schicht besteht, die sich, wenn überhaupt, nur ein- bis zweimal im Jahr vollständig durchmischen, treten in Kleingewässern und anderen flachen Gewässern nur kurzzeitige und im Tagesverlauf sehr veränderliche Schichtungen auf. Abb. 4 (BEHRENS, 1938) zeigt den unterschiedlichen Schichtungsverlauf zu verschiedenen Tageszeiten. Weiters kommt BEHRENS zu dem Schluß, daß der Sauerstoff in der Nacht absinkt. Es kann am Morgen deutliche Sauerstoffmaxima in den tieferen Zonen der (flachen) Gewässer geben. „Temperatur und Sauerstoffverteilung hängen in hohem Maße von der Witterung des vorhergehenden Tages ab“ (BEHRENS, 1938).

Neben den kurzzeitigen Schwankungen gibt es auch solche von sehr viel längerer Dauer. Im Jahresgang überwiegen im Winter sehr oft die Abbauvorgänge (Abb. 5). Dies kann bis zum völligen Sauerstoffschwund mit Fäulnis gehen. Nach eigenen Erfahrungen im Linzer Raum, wo es wirklich

Naheliegendes Beispiel ist der Sauerstoffgehalt (Abb. 3). Auch er kann im Laufe des Tages stark ansteigen (bis zu mehreren Hundert Prozent Sättigung - Anzeichen für Eutrophierung). Während der Nacht kommt es durch die Abbauvorgänge zur Sauerstoffzehrung und damit zu einem, der Menge an toter organischer Materie entsprechend hohem Sauerstoffverbrauch. Der niedrigste Sauerstoffgehalt ist demnach kurz vor Sonnenaufgang zu erwarten. Ein deutliches Beispiel zeigt die Kurve C der Abb. 3. Um 8.09 Uhr wurde eine Sauerstoffsättigung von 7 %, das entspricht 0,6 mg/l gemessen. Da der Beginn der Messungen nach 8 Uhr erst relativ spät erfolgte, kann mit niedrigeren Frühwerten gerechnet werden. Die Messung um 14.12 Uhr, also zu einer Zeit, die für eine libellenkundliche Exkursion durchaus interessant wäre, ergab 62 % (5,4 mg/l) Sauerstoffsättigung. Von den sehr niedrigen Frühwerten ist also nichts mehr zu merken. Trotzdem die Messungen immer am gleichen Ort vorgenommen wurden, ergaben sich um 17.21 Uhr in einem Bereich von ca. 0,25 m² Werte, die zwischen 73 % und 95 % Sättigung lagen.

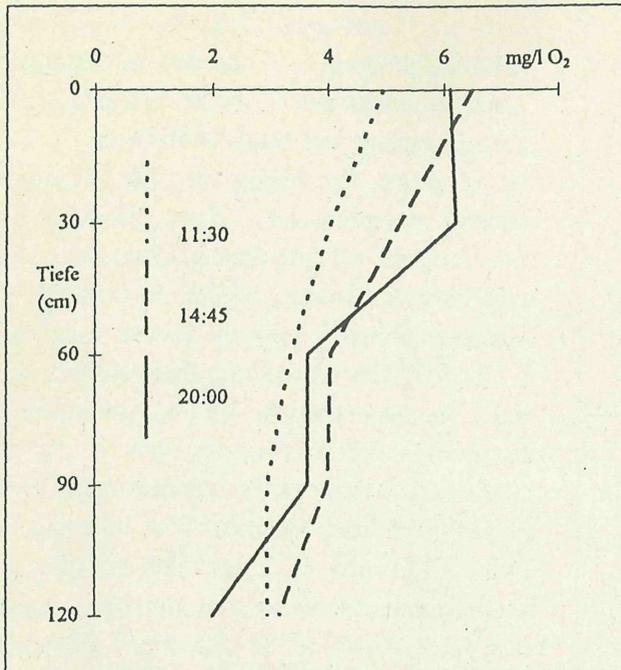


Abb. 4: Horizontale Schichtungen sind bei flachen Gewässern im Gegensatz zu Seen nur kurzzeitig ausgebildet, wie diese Graphik von BEHRENS (1938) zeigt. Er stellt auch ein Absinken des Sauerstoffes in die tieferen Zonen fest.

Bei den Nährstoffen gibt es neben Tagesgängen - KAUFMANN (1958) stellt im Oberflächenwasser der Abwasserfischeiche von München (Karpfenzucht) Tagesgänge mit Minimum am frühen Nachmittag fest (10 Uhr: 1,2 mg/l NH_3 und 0,5 mg/l P_2O_5 , 13 Uhr: 0,2 mg/l NH_3 und 0,1 mg/l P_2O_5) - und bei Jahresgängen auch Veränderungen die mit den assimilierenden Pflanzen nicht direkt zu tun haben. Als Beispiele seien die denitrifizierenden Bakterien und die Rücklösung von Phosphat aus dem Sediment bei anaeroben Bedingungen genannt.

BREHM et al. (1982) stellen fest, daß in erheblich verunreinigten Gewässern die Nitratkonzentration kräftig erhöht, aber auch bis zum Nullpunkt abgesunken sein kann.

Schlußfolgerungen

Die Möglichkeiten von Schwankungen des Gewässerchemismus sind also vielfältig: Tagesgang, Jahresgang, horizontal ungleiche Verteilung, vertikale Schichtung, Wetter und Beschattung.

Ein wichtiger Faktor dabei ist die Photosynthesetätigkeit der Wasserpflanzen und die dazugehörigen Stoffumsätze. Da sich viele Libellenlarven zumindest zeitweilig an Wasserpflanzen aufhalten und sich viele Arten in pflanzenreichen Gewässern fortpflanzen, „erleben“ sie auch die zum Teil extremen Schwankungen des Gewässerchemismus.

Um den Chemismus eines Gewässers einigermaßen zu erfassen, sind doch einigermaßen aufwendige Langzeituntersuchungen notwendig. Es kommt noch dazu, daß bei diesen, auch unter der Voraussetzung, daß die Messungen immer zur gleichen Tageszeit vorgenommen werden, Spitzen durch unterschiedliche Tagesgänge hervorgerufen sein können (siehe Abb. 5-7).

Trotz der dargestellten Schwierigkeiten erscheint mir die chemische Untersuchung bei Libellengewässern, auch, da auf Grund der arbeitsintensiven Methode und der „Toleranz“ der Larven wenig Werte existieren, als ein interessantes Teilgebiet.

nährstoffarme Weiher kaum gibt, zeigt sicher ein Großteil der flachen, stehenden Gewässer mehr oder weniger stark eine solche Entwicklung. Daß zumindest einige Libellenarten auch an wirklich anaerobe Winterbedingungen angepaßt sind, läßt ein Fund einer Larve von *Aeshna cyanea* (letztes Stadium) erkennen. Diese Larve wurde nach Schmelzen des Eises in einer dicken Faulschlammschicht gefunden und war fast schwarz gefärbt. Sie zeigte nach kurzer Akklimatisationszeit im Labor normales Verhalten und auch die Färbung war nach wenigen Tagen wieder etwas heller geworden.

Gemäß den oben genannten Reaktionen verändern sich auch pH-Wert und Härte im Jahresverlauf (Abb. 6 und 7). NYGAARD, (1939) zieht bei seinen Untersuchungen den

Schluß: „Es ergibt sich ..., daß es keinen einzigen Teich gibt, dessen pH-Werte das ganze Jahr unveränderlich sind.“ Und auch von Jahresgang zu Jahresgang sind oft erhebliche Unterschiede festzustellen.

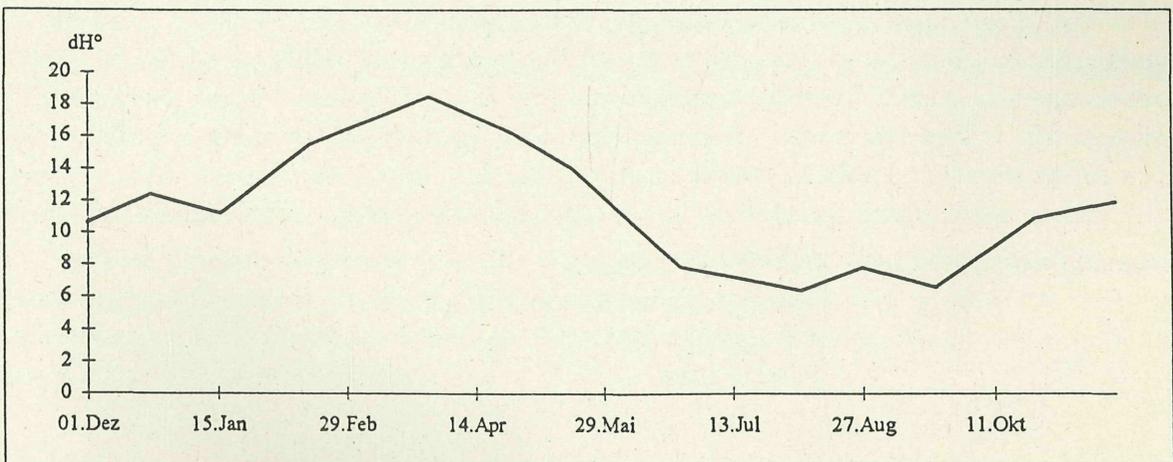
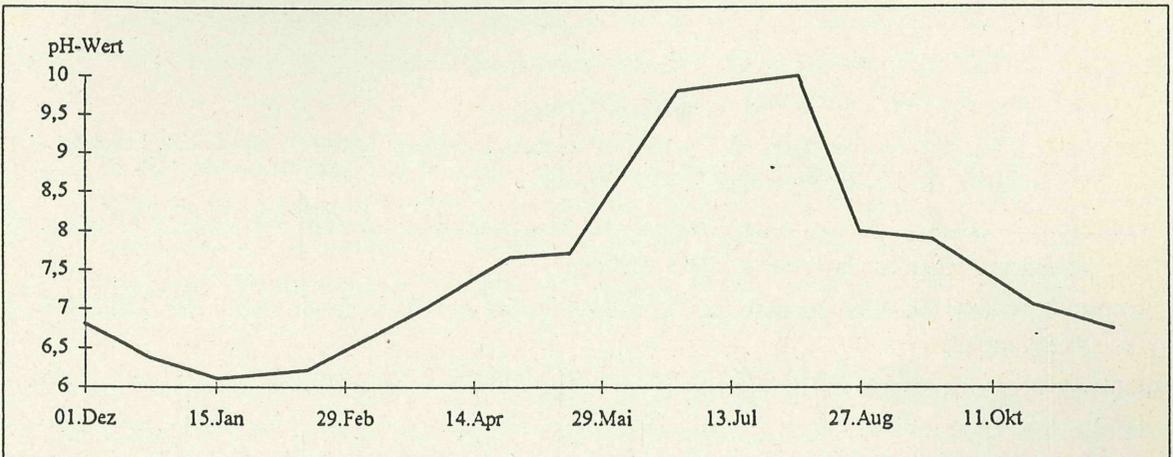
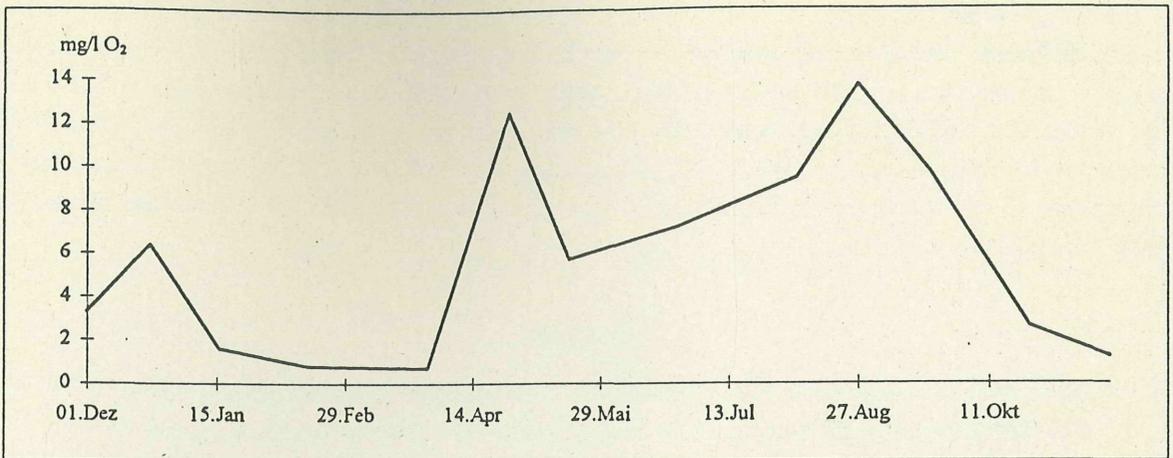


Abb. 5-7: Da im Winter bei vielen flachen Gewässern die Abbauprozesse überwiegen, kommt es zu einem Absinken des Sauerstoffgehaltes, manchmal bis zu anaeroben Bedingungen, pH-Wert und Härte zeigen, wie in den Abbildungen zu sehen, entsprechenden Verlauf (Laister, 1989). Die großen Schwankungsbreiten (die möglich sind) sind deutlich zu erkennen.

Um „sinnvolle“ Werte zu erhalten ist es meines Erachtens notwendig:

- die chemische Untersuchung eng an die Fragestellung zu koppeln;
- mehrere Untersuchungen durchzuführen;
- und wenn nur wenig Aufwand betrieben werden kann, zumindest durch eine zweite Untersuchung am frühen Morgen Schwankungsbreiten, z.B. die Sauerstoffzehrung festzustellen, da daraus mit einiger Erfahrung zumindest grobe Schlüsse gezogen werden können.

Bei Angabe von Einzelwerten, die für den „Fundus“ der Werte, bei denen eine Art angetroffen wurde, durchaus brauchbar sind, erachte ich jedoch zwei Dinge für wichtig: Zum einen „zeigt sich deutlich, daß man bei Angabe des Sauerstoffgehaltes, namentlich kleiner, pflanzenreicher Gewässer immer die Zeit und Witterungsverhältnisse angeben muß, da sonst leicht gänzlich falsche Vorstellungen entstehen können.“ (GESSNER, 1931). Dies läßt sich auf andere chemische Parameter übertragen. Zum anderen ist in den meisten Fällen eine Interpretation von Einzelwerten zumindest problematisch.

Literatur

- BEHRENS, H. (1938): Temperatur- und Sauerstoffuntersuchungen in Tümpeln und Brunnen. Archiv für Hydrobiologie, 31: 145-162.
- BREHM, J., MEIJERING H. & P. D. MEERTINOS, (1982): Fließgewässerkunde.- Quelle u. Meyer, Heidelberg. 311 S.
- BRESSLAU, E. (1926): Die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration für die Hydrobiologie.- Verhandl. d. Intern. Vereinig. f. Limnologie, Bd. III: 57-108.
- GESSNER, F. (1931): Schwankungen im Chemismus kleiner Gewässer und ihre Beziehung zur Pflanzenassimilation.- Archiv für Hydrobiologie 24: 590-602.
- KAUFMANN, J. (1958): Chemische und biologische Untersuchungen an den Abwasserfischeichen von München.- Angewandte Zoologie 1958: 433-481
- LAISTER, G. (1989): Die Kleingewässer der Schwaigau (Linz) aus chemisch-physikalischer Sicht.- ÖKO-L 11 (2): 13-21.
- NYGAARD, G. (1939): Hydrobiologische Studien über dänische Teiche und Seen.- Archiv für Hydrobiologie 32: 523-692.
- SCHÄPERCLAUS, W. (1925): Die örtlichen Schwankungen der Alkalinität und des pH's - ihre Ursachen, ihre Beziehungen zueinander und ihre Bedeutung.- Fischerei 24: 71-95.
- SCHWOEBERL, J. (1977): Einführung in die Limnologie.- Fischer, Stuttgart, New York, 191 S.

Anschrift des Verfassers: Ing. Gerold LAISTER
Naturkundliche Station Linz
Roseggerstr. 22
A-4020 Linz

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Anax](#)

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: [1_2](#)

Autor(en)/Author(s): Laister Gerold

Artikel/Article: [Zur Untersuchung vom Wasserchemismus bei Libellengewässern. 60-66](#)