

Lauterbornia 38: 85-97, D-86424 Dinkelscherben, 2000-06-15

Trophieindikation in Fließgewässern – Anwendung des Trophie-Index Makrophyten (TIM) im Ascherbach

Indicating the trophic state of running waters – exemplary implementation of the trophic index of macrophytes (TIM) in the river Ascherbach

Susanne Schneider, Thomas Krumpholz und Arnulf Melzer

Mit 5 Abbildungen und 1 Tabelle

Schlagwörter: Makrophyten, submers, Isar, Donau, Bayern, Deutschland, Trophie, Fließgewässer, Phosphor, Nährstoffe, Trophieindex, Gewässeranalyse

Keywords: submerged macrophytes, Isar, Danube, Bavaria, Germany, trophic state, running waters, phosphorus, nutrients, trophic index, monitoring

Im Ascherbach wurde die submerse Makrophytenvegetation kartiert sowie Messungen der Nährstoffkonzentrationen im freien Wasserkörper und im Sediment durchgeführt. Die Abschnitte der Makrophytenkartierung lassen sich mit Hilfe einer Clusteranalyse zu 3 Zonen zusammenfassen, die sich in den SRP-, Ammonium- und Nitratkonzentrationen des freien Wasserkörpers unterscheiden. In jedem Kartierabschnitt wurde der Makrophytenindex TIM berechnet. Die Differenzen in den Stickstoffkonzentrationen beeinflussen den Wert des TIM nicht. Nachdem der Median der SRP-Konzentration der Zone C zwar statistisch signifikant, aber nur um weniger als 2 µg P/l von dem der Zonen A und B abweicht, und sich darüber hinaus im Sediment keine Unterschiede zwischen den Zonen nachweisen lassen, muss eine damit einhergehende Änderung der Trophie des Gewässers als ausgesprochen unwahrscheinlich gelten. Der Makrophytenindex TIM weist dementsprechend in allen drei Zonen des Ascherbachs einen mittleren Wert im meso-eutrophen Bereich auf.

The macrophyte vegetation of the river Ascherbach (Bavaria, Germany) was mapped and the nutrient concentration of both the water body and the sediment was measured. By cluster analysis the mapping sections were grouped into three zones which differed in SRP-, ammonia and nitrate concentration. In every mapping section the Trophic Index of Macrophytes TIM was calculated. In the river Ascherbach the TIM is not influenced by differing nitrogen concentrations among the zones. Even though the differences in SRP-concentrations can be proven to be statistically significant, the average SRP value of zone C is only 2 µg/l lower than that of zones A and B. For there are no significant differences between the phosphorus concentrations in the sediment of the different zones, the minor differences in the SRP concentrations of the water body – as expected – do not cause a change in the trophic state. Therefore the TIM values of all three zones reflect meso-eutrophic conditions.

1 Einleitung

Im Unterschied zur Saprobie, die als Intensität des biologischen Abbaus definiert ist, wird der umgekehrte Vorgang, d.h. die Intensität der Primärproduktion eines Gewässers, als Trophie bezeichnet. Noch vor wenigen Jahrzehnten stellte die Einleitung organischer Abwässer und die dadurch erhöhte Saprobie

die wesentliche Belastungsquelle für Fließgewässer dar. Das Saprobiensystem und alle davon abgeleiteten Methoden eignen sich dazu, derartige Verunreinigungen durch fäulnisfähige organische Substanzen zu indizieren, nicht jedoch die Belastung durch anorganische Nährstoffe. Letztere erlangte im Laufe der vergangenen Jahre aufgrund des zunehmenden Baus und Ausbaus von Kläranlagen und Kanälen jedoch eine zunehmende Bedeutung. Der Abbau der organischen Substanzen findet heute in den Kläranlagen statt. Trotz weitgehend gut entwickelter chemischer Reinigungsstufen gelangen jedoch nach wie vor gewisse Mengen an gelösten Stickstoff- und Phosphorverbindungen in die Fließgewässer. Darüber hinaus spielt die diffuse Belastung der Oberflächengewässer als Folge der Düngung landwirtschaftlicher Flächen eine große Rolle. Die Nährstoffbelastung entwickelt sich daher zunehmend zum zentralen Gütekriterium nicht nur für Seen sondern auch für Fließgewässer.

Submerse Makrophyten stellen neben dem Phytobenthos und dem Phytoplankton die wichtigsten Primärproduzenten in Fließgewässern dar. Ihr Vorkommen ist in Seen wie in Fließgewässern von der Verfügbarkeit anorganischer Nährstoffe abhängig. Diese Beobachtung bildet die Grundlage des seit über einem Jahrzehnt erfolgreich angewandten Makrophytenindex zur Indikation der Nährstoffbelastung im Uferbereich von Seen (MELZER 1988).

Da in Fließgewässern der Faktor Strömung eine erhebliche Bedeutung für das Vorkommen submerser Makrophyten hat, eignet sich der an Seen entwickelte Makrophytenindex jedoch nicht zur Indikation der Nährstoffbelastung in Fließgewässern. Auf der Grundlage eines in bayerischen Fließgewässern erhobenen Datensatzes entwickelte SCHNEIDER (2000) einen Trophie-Index Makrophyten (TIM), mit dessen Hilfe eine Trophieklassifikation Makrophyten-dominiertes Fließgewässer vorgenommen werden kann. Die Indikationswerte von insgesamt 49 Arten submerser Makrophyten wurden auf der Grundlage einer gewichteten Summe der Phosphorkonzentration im freien Wasserkörper und im Sediment von Makrophytenpolstern ermittelt. Der Ascherbach stellt eines der ersten Fließgewässer dar, in denen der Makrophytenindex TIM angewendet werden konnte.

2 Untersuchungsgebiet

Der Ascherbach liegt westlich des Großraums München. Er entspringt im Süden der Ortschaft Gröbenzell und mündet nach einer Fließstrecke von 7 km bei Geiselbullach in die Amper. Das an seiner Quelle nur als Rinnsal erkennbare Gewässer nimmt aufgrund diffuser Grundwasserzutritte in seiner Wasserführung beständig zu. Nach dem Zufluss von Oberflächenwasser aus dem Olchinger See und dem Zusammenfluss mit dem Mühlbach erreicht der Ascherbach eine Breite von etwa 3 m.

Im Oberlauf bildet der Ascherbach die westliche Begrenzung der Ortschaft Gröbenzell, an deren Rand er begründet und teilweise mit Holzbohlen verbaut entlang geführt wird. Auf der gegenüberliegenden Seite unterliegt das Umland landwirtschaftlicher Nutzung. Nach dem Verlassen der Ortschaft Gröbenzell durchfließt der Ascherbach ackerbaulich genutzte Flächen. In diesem Bereich verläuft das Gewässer begründet entlang einer Straße. Im Unterlauf erreicht der Ascherbach erneut bebauten Gebiet. Er fließt durch das Firmengelände eines Eier- und Geflügelproduzenten sowie entlang eines

Campingplatzes. Der Ascherbach mündet in den künstlich angelegten Ampersee, welcher nach einer kurzen Fließstrecke in die Amper entwässert.

3 Material und Methoden

3.1 Makrophytenkartierung und Berechnung des Trophieindex

Die Makrophytenkartierung erfolgte einmalig während der Hauptvegetationszeit des Jahres 1999, Ende Juni bis Anfang September. Die Fließgewässer wurden in vegetationskundlich und strukturell einheitliche Abschnitte unterteilt, in denen die Pflanzenmenge jeder Art nach einer fünfstufigen Skala geschätzt wurde (vgl. KOHLER & al. 1971, KOHLER & SCHIELE 1985, MELZER 1993). Die Berechnung des Makrophytenindex TIM erfolgte nach SCHNEIDER (2000):

In dieser Arbeit wurde die für die Pflanze am jeweiligen Standort nutzbare Phosphormenge als gewichtete Summe aus der SRP-Konzentration des freien Wasserkörpers und des Interstitialwassers berechnet. Aus insgesamt 330 Datensätzen konnten Histogramme erstellt werden, die artspezifisch die Häufigkeit des Auftretens der Taxa in den Trophiestufen widerspiegeln. Die formale Beschreibung der trophischen Valenzen jeder Art erfolgte mit Hilfe einer 20-Punkte-Verteilung. Dabei erhält jede Art insgesamt 20 Punkte, die entsprechend ihres Vorkommens auf die jeweiligen Trophiestufen verteilt werden.

Insgesamt konnte für 49 Arten submerser Makrophyten eine 20-Punkte-Verteilung erarbeitet werden. Aus dieser wurde durch die Methode des gewichteten Mittels der artspezifische Indikationswert berechnet. Eine Gewichtung des Indikationswertes erfolgte über die Berechnung der sogenannten Toleranz des Taxons.

Die Ermittlung des Trophie-Index Makrophyten (TIM) eines Kartierabschnittes wurde nach der folgenden Formel vorgenommen:

$$TIM = \frac{\sum_{a=1}^n IW_a * G_a * Q_a}{\sum_{a=1}^n G_a * Q_a}$$

TIM = Trophie-Index Makrophyten, IW_a = Indikationswert der Art a, G_a = Gewichtung der Art a, Q_a = Quantitätsstufe der Art a

Das Streuungsmaß ermöglicht eine Abschätzung der Indikationsgenauigkeit des TIM. Zusätzlich müssen gewässerspezifische Voraussetzungen, wie z.B. das Auftreten einer ausreichenden Anzahl indikativer Arten, für eine gesicherte Berechnung des TIM erfüllt sein (vgl. SCHNEIDER 2000).

3.2 Wasser- und sedimentchemische Analysen

Eine ausführliche Beschreibung der Methodik findet sich bei SCHNEIDER (2000). Von April 1998 bis September 1998 wurden an 10 Stellen (Abb. 1) monatlich Wasserproben entnommen. Die chemische Analyse der Wasserproben wurde nach den üblichen wasserchemischen Methoden vorgenommen.

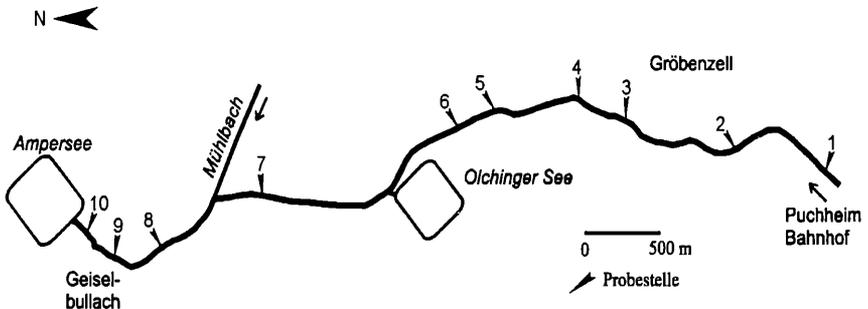


Abb. 1: Die Probestellen im Ascherbach

Die Entnahme der Sedimente erfolgte in einem dichten Reinbestand in unmittelbarer Nähe der Probestelle für die wasserchemischen Analysen. Mit Hilfe eines Sedimentstechrohrs wurde ein 15 langer Bohrkern entnommen.

Aus den aufgetauten Proben wurde das Interstitialwasser durch Ausschütteln mit destilliertem Wasser extrahiert und anschließend gefiltert. Das auf diese Weise gewonnene verdünnte Interstitialwasser wurde hinsichtlich folgender Ionen analysiert: Gelöster reaktiver Phosphor (SRP), Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$), Nitrit-Stickstoff ($\text{NO}_2\text{-N}$), Nitrat-Stickstoff ($\text{NO}_3\text{-N}$). Im auf eine Korngröße von 2 mm gesiebten Trockensediment wurde der Gesamtphosphor- und der Gesamtstickstoff-Gehalt ermittelt.

Die mittlere Fließgeschwindigkeit an den Probestellen bzw. in den Kartierabschnitten wurde in Anlehnung an den "Kartierschlüssel Gewässerstruktur" (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft 1995) aufgenommen. Die Ermittlung der Beschattungsverhältnisse erfolgte auf Grundlage der Skala nach WÖRLEIN (1992).

3.3 Statistische Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Um die Daten der Makrophytenkartierung zu clustern, wurde die Methode nach Ward verwendet (Intervall: Quadrierter Euklidischer Abstand, Programm: SPSS), da damit relativ homogene Cluster mit geringen Abständen der Objekte zu den Clusterzentren erzielt werden können (STOYAN & al. 1997). Zum Nachweis von Unterschieden zwischen mehreren unverbundenen Stichproben wurde der Kruskal-Wallis-Test angewandt. Der Test wurde auf einem Niveau von $\alpha = 0,05$ durchgeführt (MOTULSKY 1995).

Sofern durch den Kruskal-Wallis-Test ein globaler Unterschied zwischen den Gruppen signifikant nachgewiesen werden konnte, wurden anschließend paarweise Vergleiche zwischen allen Gruppen mittels des Mann-Whitney-U-Tests durchgeführt. Das Problem des multiplen Testens wurde dabei durch die Methode von Bonferroni mit der Verfeinerung nach Holmes (STAHEL 1995, BÄRLOCHER 1999) berücksichtigt. Beim Vergleich der ordinal skalierten Kenngrößen "Beschattung" und "Fließgeschwindigkeit" musste auf die Berechnung von Kontingenztafeln und die Durchführung des Chi-Quadrat-Tests zurückgegriffen werden.

4 Ergebnisse

4.1 Die Phosphorkonzentration im Verlauf des Gewässers

Phosphor wird für die meisten Binnengewässer als maßgeblicher Minimumfaktor für die Intensität der Primärproduktion angesehen (OHLE 1953, WHITTON 1975, SCHINDLER 1977, SCHWOERBEL 1999). Da auch der Makrophytenindex TIM auf der Grundlage der Phosphorkonzentrationen im freien Wasserkörper und im Interstitialwasser erstellt wurde, sollen hier nur die Phosphorkonzentrationen im Fließverlauf dargestellt werden. Für die Beschreibung der übrigen Parameter im Verlauf der Gewässer sei auf SCHNEIDER (2000) verwiesen.

Die mittlere SRP-Konzentration im Ascherbach beträgt zwischen 3 und 7 $\mu\text{g P/l}$ und liegt damit teilweise unterhalb der Nachweisgrenze (Abb. 2). Vom Quellbereich bis Messstelle 6 schwanken die Werte um 6 $\mu\text{g P/l}$. Die anschließende Abnahme auf Werte unterhalb der Nachweisgrenze lässt sich mit hoher Wahrscheinlichkeit auf den Eintrag von während des Sommers SRP-armem Oberflächenwasser aus dem Olchinger See zurückführen.

Die Gesamtphosphor-Konzentration im Ascherbach weist über die gesamte Fließstrecke weitgehend gleichmäßige Werte von 10 bis 15 $\mu\text{g P/l}$ auf (Abb. 2);

weder der Zufluss aus dem Olchinger See noch der zwischen den Messstellen 7 und 8 zufließende Mühlbach führen zu einer Änderung im Fließverlauf.

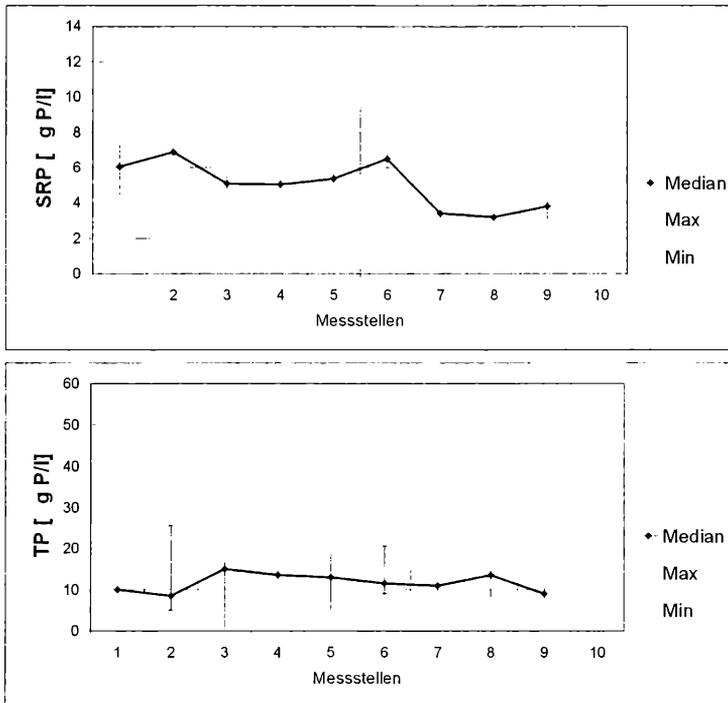


Abb. 2: SRP- und Gesamtphosphor-Konzentration im Ascherbach

4.2 Clusteranalyse der Makrophytenkartierung

Die im Ascherbach vorkommenden Makrophyten sind mit Indikationswert und Gewichtung in Tabelle 1 aufgelistet.

Die Daten der Makrophytenkartierung des Ascherbachs ermöglichen eine Zusammenfassung der Kartierabschnitte zu drei eindeutig voneinander abgrenzbaren Clustern (Abb. 3). Im Gegensatz zu den quellnahen Abschnitten 1 bis 7, die eine eigenständige Zone bilden, stimmen die beiden weiteren Cluster nicht mit einer Abfolge im Fließverlauf überein.

Die Vegetation der Zone A wird von der für den gesamten Ascherbach typischen Art *Berula erecta* dominiert. Auch *Nasturtium officinale* und in geringerem Maß *Veronica anagallis-aquatica* prägen die ersten 7 Kartierabschnitte des Ascherbachs. Darüber hinaus kommen nur vereinzelt submerse Makrophyten vor. Das Vegetationsbild der Zone B wird neben *Berula erecta* und *Nasturtium officinale* von *Mentha aquatica* und *Phalaris arundinacea* geprägt. Auch *Phrag-*

mites australis kommt häufig vor. Zone C wird durch das Auftreten von *Fontinalis antipyretica* sowie von weiteren submersen Moosen charakterisiert. *Berula erecta* und *Mentha aquatica* kommen zwar auch in Zone C vor, spielen jedoch im Vergleich zu den beiden erstgenannten Zonen eine eher untergeordnete Rolle.

Tab. 1: Artenliste der im Ascherbach vorkommenden Makrophyten. IW = Indikationswert der Art für die Berechnung des TIM, G = Gewichtung

| Taxon | IW | G |
|--|------|---|
| SPERMATOPHYTA | | |
| Agrostis stolonifera LINNÉ | | |
| Berula erecta (HUDSON) COVILLE | 2,65 | 4 |
| Carex spec. LINNÉ | | |
| Epilobium hirsutum LINNÉ | | |
| Groenlandia densa (LINNÉ) FORREAU | 1,83 | 4 |
| Iris pseudacorus LINNÉ | | |
| Lemna minor LINNÉ | | |
| Lythrum salicaria LINNÉ | | |
| Mentha aquatica LINNÉ | 2,00 | 2 |
| Myosotis palustris LINNÉ EM. REICHENBACH | | |
| Nasturtium officinale R. BROWN | 2,25 | 4 |
| Phalaris arundinacea LINNÉ | | |
| Phragmites australis (CAVANILLES) TRINIUS EX STEUDEL | | |
| Potamogeton berchtoldii FIEBER | 2,40 | 2 |
| Potamogeton crispus LINNÉ | 2,88 | 4 |
| Ranunculus trichophyllus CHAIX | 2,70 | 2 |
| c.f. Sagittaria latifolia WILLDENOW | | |
| Solanum dulcamara LINNÉ | | |
| Sparganium emersum REHMANN | 2,78 | 2 |
| Veronica anagallis-aquatica LINNÉ | 2,58 | 4 |
| Veronica catenata PENNELL | | |
| BRYOPHYTA | | |
| Fontinalis antipyretica HEDWIG | | |
| Rhynchostegium riparioides (HEDWIG) CARDOT | | |

4.3 Chemische und strukturelle Charakterisierung der Cluster

Um zu überprüfen, ob sich die floristischen Zonen durch voneinander abweichende chemische oder strukturelle Merkmale auszeichnen, wurden die Meßwerte in den Zonen zusammengefasst und einander gegenübergestellt. Die erhobenen sedimentchemischen Werte lassen keine Differenzierung der Zonen zu. Demgegenüber kann mit Hilfe des Kruskal-Wallis-Tests für die Parameter SRP, Ammonium und Nitrat im freien Wasserkörper ein globaler Unterschied zwischen den Zonen nachgewiesen werden (vgl. Abb. 4). Beim paarweisen Vergleich auf der Grundlage des Mann-Whitney-U-Tests wird eine Abtrennung der Zone C aufgrund von signifikant geringeren SRP- und Nitrat-Konzentrationen deutlich. Die Ammonium-Konzentration im freien Wasserkörper nimmt von Zo-

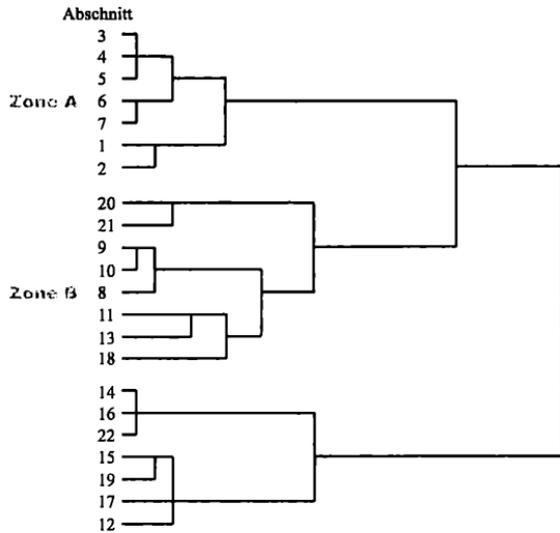


Abb. 3: Dendrogramm der Makrophytenkartierung des Ascherbachs

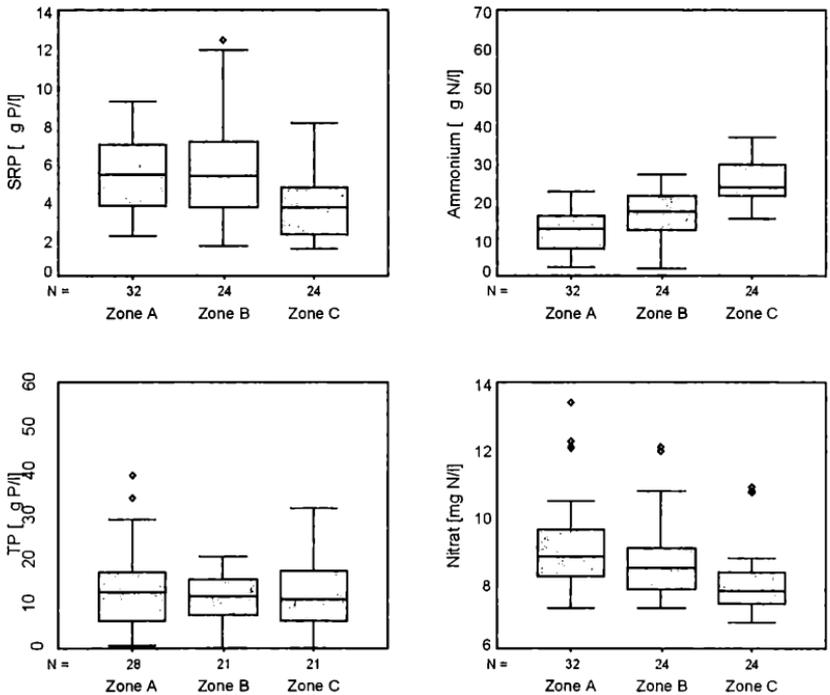


Abb. 4: Nährstoffkonzentration in den Zonen des Ascherbachs

ne A bis C zu. Alle drei Zonen können statistisch signifikant voneinander unterschieden werden. Mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests kann auch in der Fließgeschwindigkeit ein globaler Unterschied zwischen den Zonen nachgewiesen werden. Unter Berücksichtigung des Problems des multiplen Testens liefert der paarweise Vergleich jedoch keine statistisch signifikanten Ergebnisse.

4.4 TIM im Fließverlauf und in den Zonen

Der TIM des Ascherbachs weist in den Abschnitten 1 bis 19 einen außerordentlich konstanten Wert von rund 2,5 auf (Abb. 5). Das Gewässer kann aus diesem Grund als meso-eutroph eingestuft werden. Weder der Zufluss aus dem Olchinger See bei Kartierabschnitt 10 noch der zu Beginn des Abschnitts 15 zufließende Mühlbach zeigen eine Auswirkung auf den Trophieindex im Ascherbach. Vom Abschnitt 20 bis 22 nimmt der Index in den mesotrophen Bereich ab. Der Indikationswert des letzten Abschnittes 22 muss jedoch als nicht gesichert bezeichnet werden. Innerhalb der durch die Clusteranalyse unterschiedenen Zonen können keine statistisch signifikanten Unterschiede im Makrophytenindex TIM nachgewiesen werden.

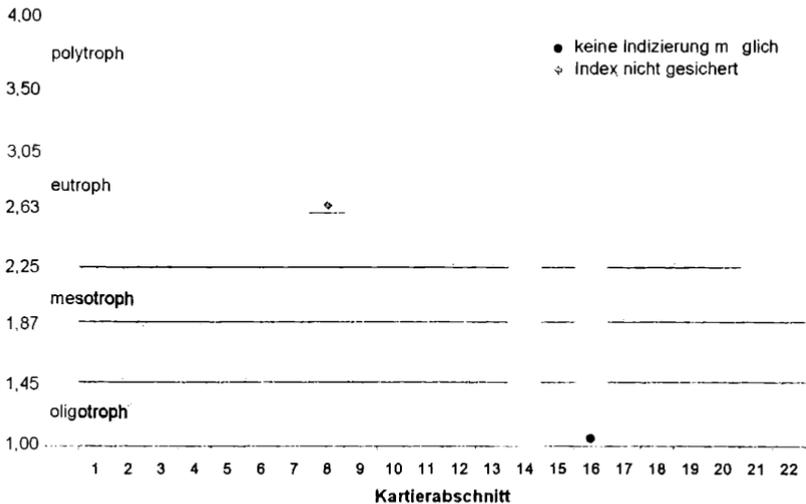


Abb. 5: Der Makrophytenindex (TIM) des Ascherbachs

5 Diskussion

Die im Ascherbach dominierenden Arten *Berula erecta*, *Nasturtium officinale*, *Mentha aquatica* und *Veronica anagallis-aquatica* sind zu einer zumindest temporär emersen Lebensweise befähigt (CASPER & KRAUSCH 1980, 1981). Aufgrund dieser Tatsache können die genannten Arten trotz der geringen und offensichtlich im Jahresverlauf schwankenden Wasserführung auch im Quellgebiet des Ascherbachs gedeihen. Auch flussabwärts des aus dem Olchinger See stammenden Zuflusses tritt keine nennenswerte Änderung der submersen Vegetation ein. Arten wie *Ranunculus trichophyllus*, *Potamogeton berchtoldii* oder *Potamogeton crispus* treten nur in wenigen Abschnitten und nur in geringer Häufigkeit auf. Ein Eintrag von Diasporen aus dem See findet demnach offensichtlich nicht in einem für das Fließgewässer relevanten Umfang statt. Auch der Zufluss des Mühlbachs im Abschnitt 14 zeigt keine nennenswerten Auswirkungen auf die submersen Vegetation.

Mit einer mittleren Nitratkonzentration um 8 mg N/l weist der Ascherbach im Vergleich zu Fließgewässern wie dem Lauterbach (SCHNEIDER & al. 2000) oder dem Rotbach (SCHORER & al. 2001) hohe Werte auf. Über eine Schädigung submerser Makrophyten durch einen erhöhten Nitratgehalt liegen jedoch bislang keine Erkenntnisse vor. Abgesehen von einer vergleichsweise hohen Schwankungsbreite der Ges-P-Konzentration des freien Wasserkörpers erreichen die übrigen gemessenen Nährstoffe keine auffälligen Werte.

Mit Ausnahme des im Ascherbach selteneren Auftretens von *Ranunculus trichophyllus* entspricht die Artenzusammensetzung in den Abschnitten der Zone A des Ascherbachs weitgehend der Vegetation im Oberlauf der Forstnninger Sempt (vgl. SCHNEIDER 2000). In Analogie zur Sempt besitzen auch die schotterigen und organischen Böden im Umland des Ascherbachs nur eine geringe Sorptionskapazität für Phosphor (NEYER 1999a). Sowohl an der Forstnninger Sempt als auch am Ascherbach befinden sich landwirtschaftlich genutzte Flächen im unmittelbaren Umfeld des Gewässers. Aufgrund der weitgehend ähnlichen Ausgangssituation kann auch im Ascherbach ein temporärer Nährstoffeintrag in das Gewässer angenommen werden, so wie er in der Forstnninger Sempt nachgewiesen werden konnte. Unterstützt wird diese Vermutung durch die Beobachtung des vergleichsweise hohen Nitratgehaltes sowie der Schwankungen der Gesamtphosphor-Konzentration im Ascherbach. Aufgrund der geringeren Wasserführung des Ascherbachs werden die eingetragenen Stoffe im Vergleich zur Sempt weniger stark verdünnt. Temporäre Nährstoffeinträge werden daher im Wasserchemismus besser widerspiegelt. Im Ascherbach dominieren daher ebenso wie in der Forstnninger Sempt Arten mit weiter ökologischer Amplitude, die sowohl geringe Nährstoffkonzentrationen als auch temporär erhöhte Werte tolerieren.

Die im wesentlichen von submersen Moosen dominierte Vegetation lässt keine Rückschlüsse auf einen Kausalzusammenhang zwischen der in Zone C signifikant erhöhten Ammonium- sowie erniedrigten SRP-Konzentration und der beobachteten Änderung der Vegetation zu. Die Nährstoffkonzentration im Ascherbach liegt innerhalb des Bereiches, der in der vegetationskundlich ähnlichen Zone C der Sempt gemessen wurde. Eine Beeinflussung der submersen Vegetation des Ascherbachs durch die beobachteten Änderungen im Wasserchemismus muss daher als unwahrscheinlich gelten.

Demgegenüber spielt die Fließgeschwindigkeit für das verstärkte Auftreten submerser Bryophyta in Zone C bei gleichzeitig spärlicherem Vorkommen der übrigen Vegetation sicherlich eine große Rolle, auch wenn sie aufgrund des Problems des multiplen Testens nicht signifikant von den übrigen Zonen unterschieden werden kann. Submerse Moose besiedeln in Fließgewässern bevorzugt Grobsubstrat in Bereichen erhöhter Fließgeschwindigkeit (TREMP & KOHLER 1995, TREMP 1999). Wie die ausgesprochen strömungsresistente Vegetation des Inninger Baches zeigt (SCHNEIDER 2000), können unter gewissen Voraussetzungen jedoch auch Rhizophyten Bereiche schnellerer Strömung besiedeln. Der Einfluss der Fließgeschwindigkeit auf die submerse Vegetation kann daher in verschiedenen Fließgewässern unterschiedlich stark ausgeprägt sein.

Der TIM des Ascherbachs weist in den Abschnitten 1 bis 19 einen außerordentlich konstanten Wert von rund 2,5 auf. Unterstützt wird diese Konstanz durch die Beobachtung, dass auch die Gesamtphosphorkonzentration keiner graduellen Veränderung im Fließverlauf unterliegt (Spearman-Korrelationskoeffizient = -0,128, $p = 0,725$). Demgegenüber lässt sich für die SRP-Konzentration eine signifikante Abnahme im Verlauf des Ascherbachs nachweisen (Spearman-Korrelationskoeffizient = -0,709, $p = 0,022$). Darüber hinaus konnte Zone C des Ascherbachs aufgrund von signifikant geringerer SRP-Konzentration von den beiden weiteren Zonen abgetrennt werden (s. o.). Diese Zone wird floristisch durch das Auftreten von *Fontinalis antipyretica* und weiterer Bryophyta charakterisiert, unter diesen *Rhynchostegium riparioides*. Da diese beiden Arten eine sehr weite Verbreitungsamplitude aufweisen und vom oligo- bis in den eupolytrophen Bereich gedeihen können (TREMP 1999), lässt sich aus ihrem Auftreten jedoch kein Rückschluss auf die Trophie des Gewässers ziehen.

Nachdem die Vegetation der Zone C hauptsächlich von submersen Moosen geprägt wird, kann in fünf der insgesamt sieben die Zone C bildenden Abschnitte kein gesicherter TIM berechnet werden (Abschnitte 12, 14, 16, 17 und 22). Nachdem der Median der SRP-Konzentration der Zone C zwar statistisch signifikant, aber nur um weniger als $2 \mu\text{g P/l}$ von dem der Zonen A und B abweicht, und sich darüber hinaus weder in der Gesamtphosphor-Konzentration des freien Wasserkörpers noch im Sediment statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Zonen nachweisen lassen, muss eine damit einhergehende Änderung der

Trophie des Gewässers als ausgesprochen unwahrscheinlich gelten. Der in den Abschnitten 1 bis 19 sehr konstante Trophieindex des Ascherbachs erscheint daher in jedem Fall schlüssig.

Im Abschnitt 20 nimmt der Indexwert etwas ab, bleibt aber noch im meso-eutrophen Bereich. Erst in den letzten beiden Abschnitten werden Werte im mesotrophen Spektrum erreicht, von denen der TIM des Abschnitts 22 jedoch als nicht gesichert bezeichnet werden muss. In diesem Abschnitt kommt als indizierende Art nur *Mentha aquatica* "sehr selten" vor. Die Ursache für die Abnahme des TIM liegt im Rückgang von Arten mit Indexwerten über 2,5 (*Berula erecta*, *Sparganium emersum*, *Veronica anagallis-aquatica*). Da zwischen den Messpunkten 9 und 10, die im Bereich der letzten drei Kartierabschnitte liegen, keine Abnahme der Nährstoffkonzentration festgestellt werden konnte (vgl. Abb. 2 und SCHNEIDER 2000) und auch Beschattung und Fließgeschwindigkeit nicht auffällig sind, müssen andere Ursachen für den beobachteten Artenrückgang verantwortlich sein. Die Vegetation in Abschnitt 21 wird von *Carex spec.*, *Phalaris arundinacea*, *Mentha aquatica* und *Nasturtium officinale* geprägt, wobei nur die beiden letztgenannten Arten ausschließlich submers vorkommen. Diese beiden Arten können mit hoher Wahrscheinlichkeit als Indikatoren eutrophierten Grundwassers bezeichnet werden. Der an Messstelle 10 etwas erniedrigte mittlere Sauerstoffgehalt sowie der pH-Wert (vgl. SCHNEIDER 2000) könnten ebenfalls auf eine Beeinflussung durch Grundwasser hindeuten. Nachdem diese Reaktionen jedoch als minimal bezeichnet werden müssen und auch die Wassertemperatur keine Änderung zeigt, kann eine Beeinflussung durch zutretendes Grundwasser nicht belegt werden.

Zwei Kartierabschnitte weisen eine ausschließlich aus submersen Moosen bestehende Makrophytenvegetation auf und können daher mit Hilfe des TIM nicht eingestuft werden. In vier Abschnitten muss der Index als nicht gesichert bezeichnet werden. Davon weisen die Abschnitte 8 und 22 eine zu geringe Artenzahl bzw. zu geringe Dichte auf. In den beiden übrigen Abschnitten 12 und 17 wird die geforderte Quantitätssumme von 43 zwar überschritten, sie werden jedoch von Arten mit stark divergierenden Indexwerten besiedelt. Dabei nimmt *Mentha aquatica* mit einem Indexwert von 2,0 den unteren Bereich ein. Das obere Ende wird von *Sparganium emersum* (2,78) bzw. *Berula erecta* (2,65) gebildet. Da in diesen beiden Abschnitten nur 2 bzw. 3 indikative Arten vorkommen und somit "ausgleichende" Arten mit mittlerem Index fehlen, übersteigt das mathematisch ermittelte Streuungsmaß den Wert von 0,2. Mit Ausnahme des Abschnitts 22 fügen sich die nicht gesicherten Indexwerte jedoch in logisch stimmiger Weise in den Fließverlauf ein.

Die beobachteten Unterschiede im SRP-, Ammonium- und Nitratgehalt des Wasserkörpers sowie der Fließgeschwindigkeit in den Zonen des Ascherbachs führen zu keiner Veränderung des TIM in den Zonen. Dies zeigt, dass weder

die Stickstoffkonzentrationen noch die Fließgeschwindigkeit die Trophie im Ascherbach beeinflussen. Trotz der angenommenen Phosphorlimitation der Primärproduktion weist Zone C, die eine signifikant erniedrigte SRP-Konzentration des freien Wasserkörpers zeigt, keine damit einhergehende Abnahme des TIM auf. Die Ursache dafür liegt in der Tatsache, dass sich der Median der SRP-Konzentration der Zone C zwar statistisch signifikant, aber nur um weniger als $2 \mu\text{g P/l}$ von dem der Zonen A und B unterscheidet. Da in den Phosphorkonzentrationen des Sedimentes keine Unterschiede zwischen den Zonen auftreten, reicht diese sehr geringe Differenz nicht aus, um eine abweichende Artenzusammensetzung submerser Makrophyten zu verursachen.

Dank

Wir danken Frau Anett Holzapfel für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Literatur

- BÄRLOCHER, F. (1999): Biostatistik.- 206 pp., (Georg Thieme) Stuttgart
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1995): Kartier- und Bewertungsverfahren Gewässerstruktur.- 77 pp., Erläuterungsbericht, Kartier- und Bewertungsanleitung
- CASPER, S. J. & H.-D. KRAUSCH (1980): Pteridophyta und Anthophyta. 1. Teil.- In: Ettl, H., J. Gerloff & H. Heynig (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa 23: 1-403, (Gustav Fischer) Stuttgart
- CASPER, S. J. & H.-D. KRAUSCH (1981): Pteridophyta und Anthophyta. 2. Teil.- Ettl, H., J. Gerloff & H. Heynig (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa 24: 404-942., (G. Fischer) Stuttgart
- KOHLER, A. & S. SCHIELE (1985): Veränderungen von Flora und Vegetation in den kalkreichen Fließgewässern der Friedberger Au (bei Augsburg) von 1972 bis 1982 unter veränderten Belastungsbedingungen.- Archiv für Hydrobiologie 103: 137-199, Stuttgart
- KOHLER, A., H. VOLLRATH & E. BEISL (1971): Zur Verbreitung, Vergesellschaftung und Ökologie der Gefäßmakrophyten im Fließwassersystem Moosach (Münchener Ebene).- Archiv für Hydrobiologie 69: 333 - 365, Stuttgart
- MELZER, A. (1988): Der Makrophytenindex - Eine biologische Methode zur Ermittlung der Nährstoffbelastung von Seen.- 249 pp., Habilitationsschrift an der Fakultät für Chemie, Biologie und Geowissenschaften der TU München
- MELZER, A. (1993): Die Ermittlung der Nährstoffbelastung im Uferbereich von Seen mit Hilfe des Makrophytenindex.- Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 47: 156-172, München
- MOTULSKY, H. (1995): Intuitive Biostatistics.- 386 pp., (Oxford University Press) New York
- NEYER, H. (1999a): Wasser- und Stoffaustausch zwischen landwärtiger Uferzone, Litoral und Pelagial.- 7 pp., Thesenpapier zum Treffen der AG "Seeufer und Feuchtgebiete" am 24.04.99 in Iffeldorf
- OHLE, W. (1953): Phosphor als Initialfaktor der Gewässereutrophierung.- Vom Wasser 20: 11-23, Weinheim
- SCHINDLER, D. W. (1977): Evolution of Phosphorus Limitation in Lakes.- Science 195: 260-262, Washington
- SCHNEIDER, S. (2000): Entwicklung eines Makrophytenindex zur Trophieindikation in Fließgewässern.- Dissertation an der TU München. 185 pp., (Shaker-Verlag) Aachen

- SCHNEIDER, S., C. SCHRANZ & A. MELZER (2000): Indicating the trophic state of running waters by submersed macrophytes and epilithic diatoms – exemplary implementation of a new classification of taxa into trophic classes.- *Limnologica* 30: 1-8, Jena
- SCHORER, A., S. SCHNEIDER & A. MELZER (2000): The importance of submerged macrophytes as indicators for the nutrient concentration in a small stream (Rotbach, Bavaria). *Limnologica* (in press)
- SCHWOERBEL, J (1999): Einführung in die Limnologie. 8.Auflage.- 465 pp., (Gustav Fischer) Stuttgart
- STAHEL, W. A. (1995): Statistische Datenanalyse – Eine Einführung für Naturwissenschaftler.- 349 pp., (Vieweg Verlag) Braunschweig
- STOYAN, D., H. STOYAN & U. JANSEN (1997): Umweltstatistik – statistische Verarbeitung und Analyse von Umweltdaten.- 348 pp., (Teubner Verlagsgesellschaft) Stuttgart
- TREMP, H. & A. KOHLER (1995): The usefulness of macrophyte monitoring-systems, exemplified on eutrophication and acidification of running waters.- *Acta botanica Gallica* 142: 541-550, Chantenay-Malabry
- TREMP, H. (1999): Submerged Bryophytes in Running Waters, Ecological Characteristics and their Use in Biomonitoring.- *Environmental Science Forum* 96: 233-242
- WHITTON, B. A. (1975): *River Ecology*.- 725 pp., (Blackwell Scientific Publications) Oxford
- WÖRLEIN, F. (1992): *Pflanzen für Garten, Stadt und Landschaft*.- Taschenkatlog, Wörlein Baumschulen, Dießen

Anschrift der Verfasser: Dr. Susanne Schneider, Thomas Krumpholz und Prof. Dr. Arnulf Melzer, Limnologische Station der TU München, Hofmark 3, D-82393 Iffeldorf, Tel. +49 8856 81027. e-mail: susi@limno.biologie.tu-muenchen.de

Manuskripteingang: 2000-04-04

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lauterbornia](#)

Jahr/Year: 2000

Band/Volume: [2000_38](#)

Autor(en)/Author(s): Schneider Susanne, Krumpholz Thomas, Melzer Arnulf

Artikel/Article: [Trophieindikation in Fließgewässern - Anwendung des Trophie-Index Makrophyten \(TIM\) im Ascherbach. 85-97](#)