

Forschungsberichtsblatt:

**Konsolidierung ehemals versauerter Bachoberläufe
dokumentiert anhand der Veränderungen
der Kieselalgen-Zönose**

Förderkennzeichen: BWC 20018

Dr. E. Alles

Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse:

Im Jahre 2001 wurde die benthische Diatomeenflora 2001 von 11 ausgewählten Bachoberläufen an insgesamt 33 unterschiedlichen Stellen untersucht. Die betreffenden Beprobungsstellen wurden unter den über 300, welche vom Autor im Rahmen seiner Dissertation untersucht wurden, als besonders charakteristisch ausgewählt. In jedem dieser Gewässer repräsentiert zumindest eine der beprobten Stellen einen eigenständigen Typ der Diatomeenbesiedlung im Hinblick auf die Problematik „Saurer Regen“. Diese Typen lassen sich wiederum zu drei Haupttypen zusammenfassen:

- 1.: Ständig oder zeitweilig akut versauerte Gewässer
- 2.: Weder akut versauerte noch vermoorte Bäche
- 3.: Moorbäche (Braunwasserbäche)

Es wurde von den verschiedenen Proben jeweils der Biologische-Versauerungsindices nach ALLES und der pH-Wert nach einer von RENBERG entwickelten Methode aus der Diatomeenzönose berechnet. Die zur Berechnung des Index B stammenden ökologischen Daten stammen größtenteils nicht aus der Literatur, sondern bei den im Schwarzwald häufigeren Arten ausschließlich von eigenen Ergebnissen aus der Dissertationsschrift des Autors. Auch der „Biologische-Versauerungsindex“ ist eine Eigenentwicklung des Autors, mitsamt des zugrundeliegenden ökologischen Einstufungssystems der Taxa. Er ist bis jetzt der einzige „Versauerungsindex“, der an einem Chemischen Versauerungsindex geeicht ist und dabei gleichzeitig die Fulvinsäurekonzentration berücksichtigt. Somit wird auch dem Faktor „Aufklärung“ der Stellenwert zugewiesen, der ihm im Vergleich zur natürlichen Versauerung zukommt. Die nachfolgende Tabelle gibt Auskunft über die verschiedenen Versauerungsstufen.

Tabelle „Biologischer-Versauerungsindex“ : 5 Typen, Index-Bereiche

| Versauerungsindex | Werte-Bereich | Farbe |
|------------------------------------|-------------------|-------|
| akut versauert | > 0 | rot |
| kritisch versauert | 0 - -7 | gelb |
| versauerungsgefährdet | -7 - -10 | grün |
| nicht versauerungsgefährdet | < -10 | blau |
| vermoort | Beliebig eher < 0 | braun |

Zu 1: Unter ständig versauerten Gewässern werden solche Bäche verstanden, deren Chemischer Versauerungsindex unter 1,0 liegt. In diesen Gewässern zeigt der Biologische Versauerungsindex ein Rückgang der anthropogenen Versauerung an. Die Entwicklung geht dabei meist mit einem Anstieg der pH-Werte einher, was sowohl an den Meßwerten, als auch an den aus dem Index B nach RENBERG berechneten „pH-Werten“ hervorgeht. Das muß aber nicht immer der Fall sein. Im Mittelabschnitt des Kaltenbaches ist ein Rückgang der anthropogenen Versauerung nachweisbar (sowohl chemisch als auch diatomologisch), der sich jedoch nicht erkennbar in einer Anhebung des pH-Wertes, wohl aber in einer Verstärkung von Vermoorungstendenzen äußert. Jeder andere „Versauerungsindex“ würde hier versagen und den Rückgang der Immissionsbelastung nicht nachweisen können – da aus Sicht dieser Indices lediglich ein „Säurezeiger“ durch einen anderen ausgetauscht wird.

Zu 2: Bei den weder anthropogen versauerten, noch vermoorten Gewässern ist erwartungsgemäß nur ein sehr geringer Rückgang der anthropogenen Versauerung nachweisbar. Da diese Gewässer nie so stark durch den „Sauren Regen“ beeinträchtigt waren, kann ein Nachlassen der ohnehin geringen Depositionsbelastung auch nicht zu dramatischen Veränderungen der Diatomeenzönose führen. Dennoch war die Immission natürlich flächendeckend, so daß sich kein Gewässer vollständig deren Einfluß entziehen konnte. Deshalb wundert es nicht, daß auch hier ein geringer Rückgang der Versauerung erkennbar wird. Dieser Effekt ist jedoch so gering, daß erst ein Zusammenfassen aller Proben aus derartigen Gewässern statistisch gesichert nachzuweisen ist.

Zu 3: Auch die Moorbäche waren durch den „Sauren Regen“ nur wenig beeinträchtigt, da sie ja von Natur aus sauer sind. Außerdem kann hier auch das Puffersystem des Hydrogenkarbonats nicht zerstört werden, da es ja ohnehin nicht vorhanden ist, sondern stattdessen das Puffersystem der Fulvinsäuren wirksam ist. Nun hat sich aber gezeigt, daß auch das Fulvinsäure-Puffersystem durch Mechanismen, die mit dem Sauren Regen zu tun haben, geschwächt werden kann. Außerdem können dystrophe Gewässer bei $\text{pH} > 4,5$ vollständig „aufklaren“. Dies macht sich

dann bemerkbar, indem Indikatoren für anthropogene Versauerung die Arten natürlich saurer Gewässer teilweise bis vollständig ersetzen. Ein Rückgang der Immissionsbelastung sollte zu einer Stabilisierung der Fulvinsäurepuffersysteme im Oberlauf, vor allem aber zu einem Anstieg der UV-Absorption in aufgeklärten Abschnitten führen. Dies wurde auch tatsächlich beobachtet. Gleichzeitig gehen auch die Indikatoren für anthropogene Versauerung massiv zurück, sowohl im noch dystrophen, als auch im „aufgeklärten“ Bereich. Soweit der Vermoorungscharakter den Charakter „anthropogene Versauerung“ überlagert ist ein Rückgang der unterschwellig erkennbaren, anthropogenen Komponente erkennbar. In den nun stärker dystrophen, „aufgeklärten“ Abschnitten wird meist nur noch „kritisch versauert“ und nicht mehr „akut versauert“ indiziert. Dies muß nicht unbedingt mit einem Anstieg der pH-Werte verknüpft sein, sondern evtl. nur mit einem Anstieg der UV-Absorption. Dies ein guter Beleg dafür, daß „Versauerung“ und „pH-Wert“ verschiedene Dinge sind.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über den Stand der Versauerung in den achtziger Jahren und im Jahre 2001.

Biologischer-Versauerungsindex an verschiedenen Stellen

| Nr. | Stelle | Vor 1990 | 2001 |
|-------|--------------------------|---------------|---------------|
| 095.9 | Ailbach | +2,9 - +4,4 | +0,8 - +2,3 |
| 025.9 | Kaltenbach - Oberlauf | -7,3 - -7,8 | -6,9 - -7,8 |
| 025.8 | Kaltenbach - Mittellauf | +1,8 - +3,4 | -0,1 - -0,4 |
| 025.0 | Kaltenbach - Unterlauf | +0,01 - +3,5 | -3,3 - -3,4 |
| 026.0 | Kaltenbach - Seitenbach | -0,9 - -2,9 | -1,1 - -3,8 |
| 015.0 | Kleine Kinzig - Oberlauf | +4,0 - +4,9 | +4,6 - +4,9 |
| 015.9 | Kleine Kinzig Mündung | +4,3 - -6,4 | -2,5 - -5,7 |
| 041.1 | Dürreychbach - Oberlauf | +3,1 - +4,3 | +3,5 - +3,7 |
| 041.6 | Dürreychbach - Unterlauf | -0,6 - -6,2 | -0,2 - -4,9 |
| 031.0 | Rotmurg Hauptbach | +2,3 - -3,6 | -1,4 - -3,5 |
| 031.2 | Rotmurg tributär | +2,3 - -1,1 | +0,3 - -1,7 |
| 014.0 | Goldersbach | -4,3 - -6,4 | -6,4 - -4,0 |
| 014.3 | Goldersbach tributär | -5,4 | -2,1 - 6,2 |
| 032.0 | Stutzbach - Hauptbach | -11,2 - -11,8 | -10,6 - -11,3 |
| 032.9 | Stutzbach - tributär | -10,0 - -12,6 | -11,9 - -12,7 |
| 080.0 | Rauhornbach - rechts | -8,7 - -11,0 | -10,1 - -10,4 |
| 080.1 | Rauhornbach - links | -6,9 - -8,5 | -9,1 - -9,4 |
| 045.5 | Sasbach ganz oben | -5,0 - -7,9 | -6,5 - -6,9 |
| 045.4 | Sasbach nach Geröll | -3,1 - -8,0 | -7,3 - -7,9 |
| 045.3 | Sasbach - Waldbrücke | -7,0 - 7,9 | -3,9 - 5,9 |
| 045.8 | Sasbach - Waldrand | -5,5 - 7,6 | -5,0 - -6,4 |
| 045.0 | Sasbach - Weide | -6,6 - -7,2 | -7,8 - -8,8 |
| 045.7 | Sasbach - Mündung | -8,5 - -9,0 | -8,8 - -9,0 |
| 044.0 | Brotenaubach - Oberlauf | -4,5 - -7,6 | -4,0 - -7,1 |
| 043.0 | Brotenaubach - Brunnen | +3,6 - +4,9 | +3,9 - +4,9 |
| 044.5 | Brotenaubach - Rotwasser | +2,6 - +3,8 | -2,3 |
| 044.8 | Brotenaubach - Unterlauf | -1,9 - +3,8 | -1,2 - -4,7 |
| 076.0 | Rotwasser-Mündung | -1,8 - -5,9 | -2,8 |
| 076.2 | Rotwasser-Quelle | -7,8 | -7,4 |
| 029.0 | Rombach - Oberlauf | -7,8 - -6,9 | -4,9 - -7,7 |
| 029.5 | Rombach - Mittellauf | +2,2 - +2,7 | -0,6 - -0,8 |

Legende: Übersicht über den Biologischen-Versauerungsindex an verschiedenen Stellen. Die Farbe gibt die Einstufung in Bezug auf Versauerungsgrad wieder. Der vor Ort jeweils größte und kleinste Wert sind angegeben, weil ein Rückgang der Werte nicht immer mit einem Farbwechsel verbunden sein muß. Z.B. ist der Ailbach nach wie vor „akut versauert“ aber es treten keine Werte zwischen 2,9 und 4,4 mehr auf, sondern nur noch Werte zwischen 0,8 und 2,3. Erst wenn der Wert negativ wird, wechselt die Farbe von „rot“ auf „gelb“.

Welche Fortschritte ergeben sich durch die Forschungsergebnisse

Es zeigt sich, daß das Indikationssystem, welches der Autor im Rahmen seiner Dissertation entwickelt hat, sehr gut geeignet ist, die Auswirkungen der anthropogenen Versauerung und ihrem Rückgang zu dokumentieren. Dieses System ist nach Meinung des Autors besser als bisher verwendete für diesen Zweck geeignet, denn bislang gebräuchliche Systeme waren zu sehr auf den pH-Wert fixiert sind und sind zu wenig auf die Problematik der Gewässerversauerung in ihrer Gesamtheit ausgerichtet. Um dies genauer zu begründen, bedarf es einer genaueren Erläuterung:

Der Ausstoß vom Schwefeldioxid und Stickoxiden hat in den siebziger und achtziger Jahren den sogenannten „Saurer Regen“ hervorgebracht. Dabei soll hier zur Vereinfachung mit dem Schlagwort „Saurer Regen“ nicht nur die „nasse“, sondern auch die „trockene“ Deposition verstanden werden. Als Auswirkung trat nicht nur das sogenannte „Waldsterben“ auf, sondern es kam auch zu einer Veränderung der Lebensräume des Süßwassers. Diese betraf sowohl stehende, als auch fließende Gewässer. Der „Saure Regen“ hat die natürlichen Puffersysteme der Gewässer zerstört und bei naturbedingt sauren Gewässern eine Ausfällung der gelösten Huminstoffe zur Folge gehabt (Aufklaren). Da sich die hervorgerufenen Veränderungen im Gewässerchemismus und seiner Dynamik meist in einer meßbaren Absenkung des pH-Wertes bemerkbar machten, hat sich hierfür der Begriff „Gewässerversauerung“ eingebürgert, der auch vom Autor verwendet wird, obwohl er in vielen Fällen irreführend sein kann. Parallel zur Dissertation des Autors von anderen Autoren entwickelte „Versauerungsindikations-Systeme“ mit Hilfe von Diatomeen haben den gravierenden Nachteil, daß sie Bedeutung des pH-Wertes überbetonen. Dabei wurde zu wenig der Tatsache Beachtung geschenkt, daß es auch Gewässer gibt, die von Natur aus sauer sind und sauer sein müssen (z.B. Moorbäche oder kohlensaure Quellbäche). Das eigentliche Problem der Versauerung besteht nicht darin, daß die pH-Werte, unbedingt wieder angehoben werden müssen, und sei es mit Kalkung, sondern darin einen Zustand wieder herzustellen, der möglichst nahe am potentiell natürlichen Zustand liegt. Kalkung dürfte in den meisten Fällen das Gewässer eher noch weiter vom potentiell natürlichen Zustand entfernen. Nur der Biologische-Versauerungsindex des Autors ist derzeit dazu geeignet diesen Aspekt der von Natur aus sauren Gewässern zumindest annähernd zu berücksichtigen. Nicht immer bedeutet Annäherung an den potentiell natürlichen Zustand Anhebung des pH-Wertes. Berücksichtigt man diesen Aspekt, dann zeigt sich tatsächlich, daß zwar die anthropogene Versauerung im Rückgang begriffen ist, was sich meist in einem sogar sehr massiven Rückgang der Versauerungszeiger äußert, und daß aber damit keine Anhebung des pH-Wertes verbunden sein muß.

Welche Empfehlungen ergeben sich für die Praxis

Aufgrund der Vorteile des Biologischen Versauerungsindex gegenüber den früher gebräuchlichen Indikationsmethoden, sollte dieses System bundes- oder europaweit auf Eignung getestet werden, was recht erfolgversprechend sein sollte, da die meisten Diatomeen kosmopolitisch verbreitet sind, wobei ein Verbreitungsmuster allenfalls durch Unterschiede im geologischen Untergrund vorgetäuscht werden. Die bisher gewonnenen Ergebnisse bezüglich des Rückganges der anthropogenen Versauerung müssen in den sensiblen Gebieten des Schwarzwaldes durch weitere Untersuchungen noch besser statistisch abgesichert werden. Der bereits sichtbare Trend sollte durch zyklische Wiederholungsuntersuchungen alle 1-2 Jahre verifiziert werden, um die verschiedenen Umweltschutzmaßnahmen zur Bekämpfung des Versauerungsproblems zu unterstützen und zu steuern. Diese Indikation könnte z.B. bei der Kalkung der Wälder in Zusammenarbeit mit dem Forst als eine Steuerungsgröße dienen. Eine Kalkung der Wälder sollte so weit als möglich zurückgefahren werden oder ganz unterbleiben.

Kalkung sollte vor allem in natürlich sauren, huminsäurebeeinflussten Wäldern unterbleiben, da hierdurch viele Rote-Liste-Arten, wie Bärlappe, Heidekräuter, Wintergrüengewächse, Torfmoose, Sonnentauarten und Farne ausgerottet werden. Es muß sogar die Frage aufgeworfen werden, ob nicht das Verschwinden bestimmter Diatomeen, wie z.B. *Eunotia sudetica*, evtl. durch Kalkung verursacht sein könnte, da im Dürreychbach ja nach wie vor anthropogene Versauerung indiziert wird. Es ist daher nicht ganz klar, ob das Verschwinden dieser Art tatsächlich auf den Rückgang der Versauerung, oder auf andere Störeinflüsse (Kalkung?) zurückgeführt werden muß.

Die Kieselalgen-Biozönose indiziert bereits sehr deutlich eine Verringerung des Säureeintrages, die aber nicht unbedingt eine Anhebung des pH-Wertes bedeuten muß, sondern eher als Annäherung an den potentiell natürlichen Zustand zu deuten ist. Die Reduktion des Schwefeldioxid-Ausstoßes der Luft-Emission dagegen hat sich hier sehr positiv ausgewirkt und sollte weiterhin, und möglichst noch stärker als bisher, gefördert werden.