

Entwicklungen, Trends und Perspektiven

25 Jahre Versauerungsmonitoring in Bayern



1 Wie entstand Versauerung?

Anfang der 1980er-Jahre ließ der saure Regen und das damit einhergehende „große Waldsterben“ Besorgnis in der Öffentlichkeit laut werden und beschäftigte zunehmend die Wissenschaft. Aufgrund hoher Emissionen an Stickstoff und Schwefel aus Industrie, Verkehr und Landwirtschaft, kam es zu einem massiven Eintrag von Säuren aus der Atmosphäre, welcher in bestimmten Regionen zu einer starken Versauerung von Böden und Gewässern führte. Dies hatte in diesen Gebieten niedrige pH-Werte und unter anderem meist erhöhte Aluminiumkonzentrationen im Wasser zur Folge, welche toxisch auf Fauna und Flora wirken können.

2 Seit wann wird gemessen, wie wird erfasst?

In Bayern wird seit über 25 Jahren die Entwicklung der atmosphärisch bedingten Versauerung innerhalb aller betroffenen Umweltkompartimente (Boden, Wasser, Luft) durch ein intensives Monitoring überwacht. Um den Versauerungszustand möglichst exakt zu erfassen, werden biologische und chemische Untersuchungen durchgeführt (Tab. 1).

Über das kontinuierliche Monitoring von über 15 chemischen Parametern werden alle Zustandsänderungen dokumentiert und überwacht. Biologische Verfahren sind sehr gut als Indikatoren der Versauerung in Flüssen und Seen geeignet und haben gegenüber chemischen Untersuchungen zwei entscheidende Vorteile:

- Sie spiegeln den Zustand des Gewässers über einen längeren Zeitraum hinweg wider
- Sie integrieren alle Umwelteinflüsse und geben so den Gesamtzustand wieder

Tab. 1: Bewertungsmethoden zur Feststellung des Ausmaßes der Versauerung.

Biologie		Chemie
Diatomeen (Kieselalgen)	Makrozoobenthos (Kleinlebewesen am Gewässergrund)	chemische Parameter
Verschiedene Arten	Krebse, Muscheln, Egel, Schnecken, Insektenlarven, ...	pH-Wert, Sulfat, Nitrat, Sauerstoff, Aluminium, ...

Zusätzlich wird in drei von Versauerung betroffenen Gebieten im **Bayerischen Wald, Fichtelgebirge** und dem **Hochspessart** ein sogenanntes Integriertes Hydrologisches Monitoring (IHM) durchgeführt, mit dem sich der gesamte Pfad der Versauerung nachvollziehen lässt. Diese Untersuchungen finden in definierten Einzugsgebieten statt, wodurch genau bilanziert werden kann, welche Stoffmengen über die Zeit ein- und ausgetragen wurden. Über folgende Kompartimente werden Messdaten erhoben:

- Freiland- und Bestandsniederschlag
- Sickerwasser bis in eine Tiefe von 4 Meter
- Grundwasser
- Quellen
- Fließgewässer und Seen

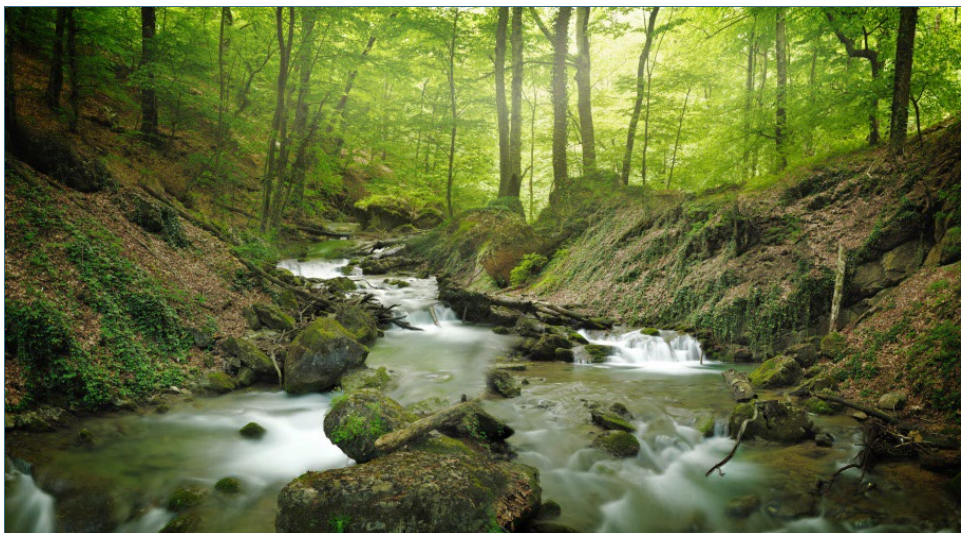


Abb. 1:
Der erste Augenschein kann trügen. Genaue Aussagen zum Zustand der Gewässer benötigen auch biologische und chemische Untersuchungen.

Mit den vielfältigen Untersuchungen zum Wasser- und Stoffhaushalt wird eine medienübergreifende Erfassung von Veränderungen der Belastungssituation möglich. Durch die langjährigen Zeitreihen können Erholungstendenzen von der Versauerung in ihrer langfristigen zeitlichen Entwicklung dokumentiert und bewertet werden.

3 Gegenwärtiger Stand der Versauerung

3.1 Entwicklung der Stoffeinträge (Deposition)

In Deutschland wurden unter anderem die Schwefeldioxid-Emissionen von 4,5 Mio. t (1991) auf aktuell etwa 0,5 Mio. t deutlich reduziert. Demgegenüber fällt der Rückgang der atmosphärischen Stickstoffeinträge weniger stark aus. Die Reduktion der Schwefeldioxid-Emissionen spiegelt sich auch in den fallenden Trends der Sulfat-Konzentration des Niederschlags an den Depositionsmessstellen des IHM eindeutig wider (Tab. 2).

Tab. 2: Anzahl der Messstellen mit steigendem bzw. fallendem Trend der Sulfat-Konzentrationen an den ausgewerteten Messstellen der verschiedenen Umwelt-Kompartimente im gesamten Zeitraum (1985-2013) und im aktuellen Zeitraum (2005-2013).

Untersuchungsbereich	Gesamt-Entwicklung (1985-2013)			Aktuell (2005-2013)		
	Steigend	Kein sig. Trend	Fallend	Steigend	Kein sig. Trend	Fallend
Bestandsniederschlag	-	-	3	-	-	3
Sickerwasser 50 cm	-	-	3	-	-	3
Sickerwasser 100 - 450 cm	-	-	5	-	3	2
Grundwasser	1	5	3	-	6	2
Quelle	-	1	2	1	1	1
Fließgewässer	-	3	26	1	12	15
Seen	-	-	4	-	2	1

Abnehmende Sulfat-Konzentrationen zeigen sich in den meisten Untersuchungsbereichen, wobei aktuell einige Messstellen keine signifikanten Trends mehr aufweisen. Hier ist davon auszugehen, dass sie sich bereits weitgehend von der Versauerung erholt haben.

3.2 Entwicklung der Versauerung im Bodenwasser

Die Bodenzone ist ein wichtiger Umsatzraum für die über den Niederschlag eingetragenen Säurebildner. Betrachtet man die Entwicklung der Sickerwasserkonzentrationen, z. B. von Sulfat (Abb. 2), so zeigt sich in den oberen Bodenschichten eine spürbare Abnahme der Belastung, während das tiefere Sickerwasser derzeit noch weniger deutlich reagiert. Somit ist davon auszugehen, dass die Verlagerung der über Jahrzehnte eingetragenen Stoffe noch in vollem Gange ist.

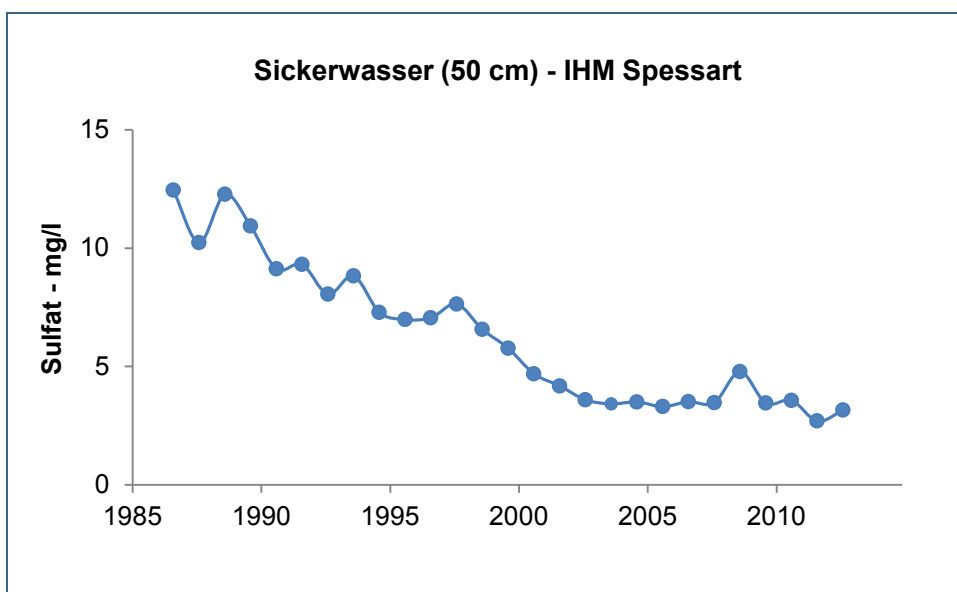


Abb. 2: Zeitliche Entwicklung der Sulfat Konzentrationen im Bodensickerwasser in 50 cm Tiefe an der Messfläche des integrierten hydrologischen Monitorings (IHM) im Hochspessart.

3.3 Entwicklung der Versauerung im Grundwasser

Der Eintrag von Säurebildnern in das Grundwasser erfolgt in der Regel über die Sickerpassage. Daher zeigen sich Änderungen der Belastung im Grundwasser erst vergleichsweise spät, weshalb hier ein langfristiges Monitoring besonders wichtig ist. Große Bedeutung kommt dem Grundwasser auch wegen seiner Nutzung für die Trinkwassergewinnung zu. Infolge der Versauerung löste sich vermehrt Aluminium aus dem Boden und gelangte so auch in das Grundwasser. Der Grenzwert für Aluminium liegt nach Trinkwasserverordnung bei 0,2 mg pro Liter. Dieser Wert wurde in stark versauerten Gebieten, wie dem Fichtelgebirge, seit Ende der 1990er-Jahre erfreulicherweise nicht mehr überschritten.

3.4 Entwicklung der Versauerung in Oberflächengewässern

Als Folge zurückgegangener Stoffeinträge wird heute bei 25 von 29 Fließgewässern und allen vier Seen des Monitoringprogramms eine Entspannung beobachtet. Diese zeigt sich unter anderem in einem deutlichen Anstieg des pH-Werts, wie er z. B. am Weißen Main im Fichtelgebirge (Abb. 3) und dem Rachelsee im Bayerischen Wald zu erkennen ist (Abb. 4). Mit dieser Erholung ging auch eine Verminderung der Sulfat- und Aluminiumgehalte in den Seen und Flüssen einher.

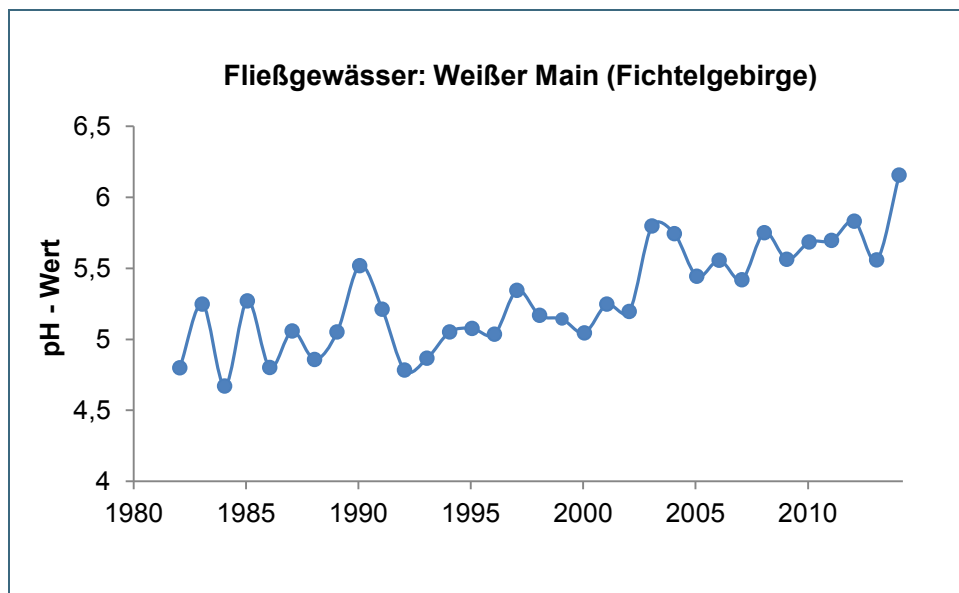


Abb. 3: Zeitliche Entwicklung der Jahresmittelwerte des pH am Weißen Main (Fichtelgebirge).

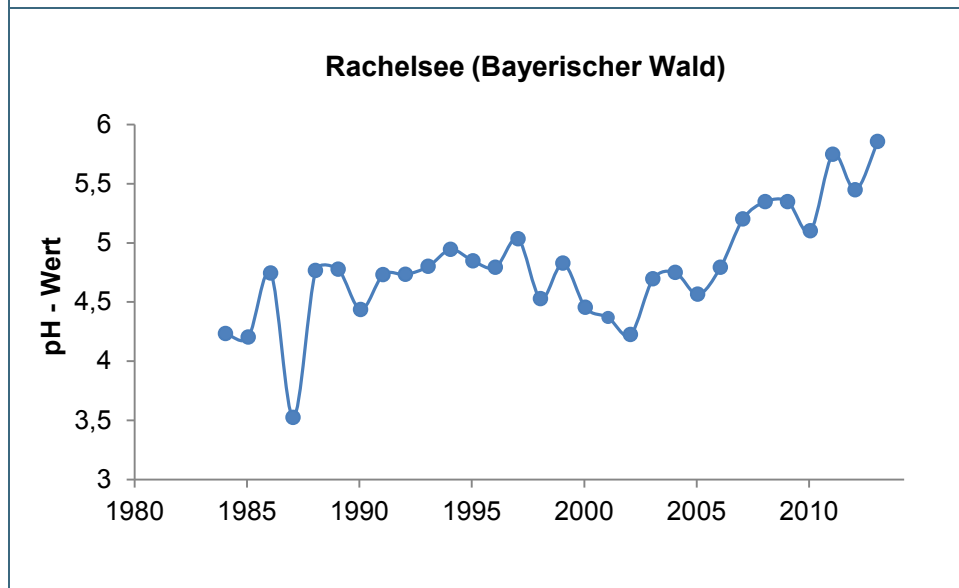


Abb. 4: Zeitliche Entwicklung der Jahresmittelwerte des pH im Rachelsee (Bayerischer Wald).

3.5 Auch biologische Zeiger belegen eine Erholung der Oberflächengewässer

Die am Gewässergrund lebenden, wirbellosen Tiere (Makrozoobenthos) sind aufgrund ihrer langen Entwicklungszyklen gute Umweltindikatoren. Die Ergebnisse aus Untersuchungen dieser Organismengruppe werden in einem 5-stufigen Bewertungssystem, den sogenannten Säurezustandsklassen dargestellt und reichen von (1) sehr gut bis (5) schlecht. Sie geben den Zustand des Gewässers in Bezug auf Versauerung wieder.

Bei den Untersuchungen welche in Bayern seit Beginn der 1980er-Jahre durchgeführt werden, zeigen 14 von 29 Messstellen eine deutliche Erholung von sauren Bedingungen. Der Erholungsverlauf des Gewässers Hinterer Schachtenbach (Bayerischer Wald) anhand des Makrozoobenthos ist in Abb. 5 beispielhaft dargestellt. Seit circa 2003 befindet sich der Hintere Schachtenbach in einem guten Zustand

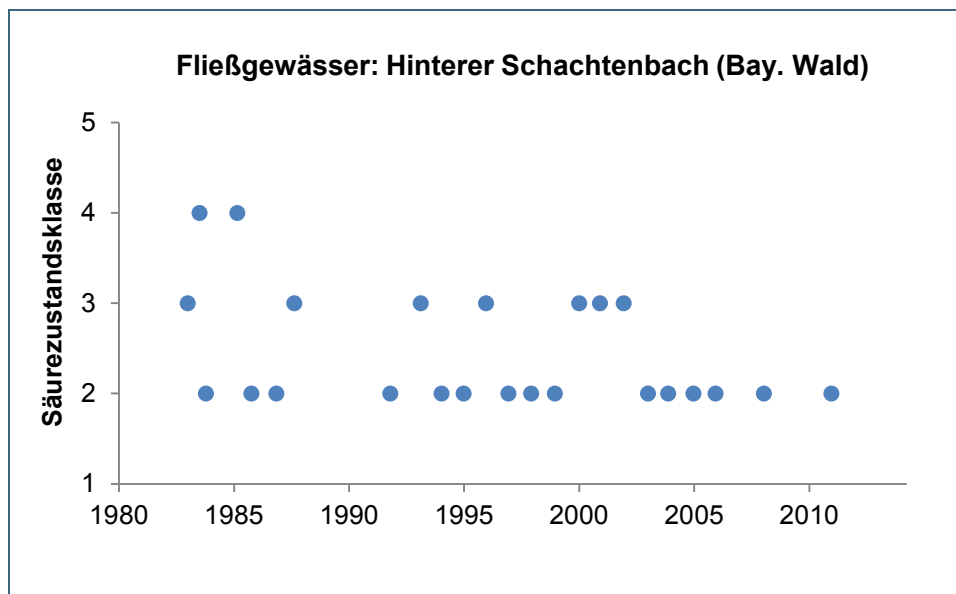


Abb. 5: Zeitliche Entwicklung der Säurezustandsklassen (1- sehr gut; 5 - schlecht) des Makrozoobenthos am Hintere Schachtenbach (Bayerischer Wald).

Die Untersuchungen an Kieselalgen belegen den beim Makrozoobenthos festgestellten positiven Trend, da auch sie vielerorts eine Verbesserung des Versauerungszustands anzeigen.

4 Ist Versauerung auch in Zukunft ein Thema?

Die Projektergebnisse dokumentieren deutlich die Erholung der Gewässer von der atmosphärischen Versauerung. Die Messergebnisse belegen, dass seit Ende der 1990er-Jahre deutlich mehr Schwefel aus den Gebieten aus- als eingetragen wird. Dies ist die Grundvoraussetzung zur Erholung von der Versauerung. Das stark unterschiedliche Ausmaß der Erholung ist vor allem auf folgende Ursachen zurückzuführen:

- regional unterschiedlich starker Eintrag von Säurebildnern aus der Atmosphäre
- Menge an noch im Boden gespeichertem Sulfat, welches auch zukünftig ausgewaschen wird
- Ausmaß und Geschwindigkeit der Nachlieferung an Pufferkapazität aus den Böden

Daher befinden sich bereits zum heutigen Zeitpunkt einige Gewässer des Monitorings in einem annähernd versauerungsfreien Zustand, während andere Gewässer noch immer pH-Werte unter 5 aufweisen. Aus diesem Grund wird uns das Thema auch in Zukunft weiter begleiten.

Impressum:

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Telefon: 0821 9071-0

Telefax: 0821 9071-5556

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Postanschrift:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Bearbeitung:

LfU, Referat 83: Christian Wolfram, Dr. Thorsten Scheel, Dr. Folker Fischer,
Ilona Schlößer

LfU, Referat 84: Dr. Jochen Schaumburg

LfU, Referat 92: Dr. Jörg Neumann, Nicole Foullois

Bildnachweis:

Bäume: © tournee - Fotolia.com; Bach: © Irochka - Fotolia.com

Stand:

Dezember 2014

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars gebeten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.