

Bodenschutz im Wald – gestern, heute und morgen

Waldböden sind Grundlage des Waldwachstums, bedeutend für das gesamte Waldökosystem und dabei sehr variabel, empfindlich gegenüber externen Einwirkungen und in ihrer Funktionalität hochkomplex.

Dies zu erfassen und praxisnahe Empfehlungen zum Bodenschutz im Sinne einer nachhaltigen Forstwirtschaft zu erarbeiten, ist Hauptaufgabe der Abteilung Boden und Umwelt seit Gründung der FVA.

*Peter Hartmann, Heike Publmann,
Roland Hoch*

Die Funktionen und Eigenschaften der Waldböden, deren Veränderungen sowie ihre Einbindung in das Ökosystem Wald stehen im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Arbeit der Abteilung Boden und Umwelt seit der Gründung der FVA (Abb. 1). Grundlegende Erkenntnisse zur Bodenchemie, Waldernährung, Bodenphysik und zum Wasserhaushalt wurden über das letzte Jahrhundert bis in die heutige Zeit an der FVA und ihrem wissenschaftlichen Umfeld gewonnen. Die problem- und praxisorientierte Arbeit der Abteilung profitiert dabei von der über Jahrzehnte gewachsenen methodischen Expertise bei sich wandelnden Fragestellungen.

Waldböden im Fokus der FVA

Im Kern geht es dabei immer um den Waldboden, der wichtige Funktionen im Naturkreislauf erfüllt, primär als Grundlage des Waldwachstums, aber auch als Filter und Puffer gegenüber Schadstoffeinträgen, als Speicher von Niederschlägen

Schneller Überblick

- Der Waldboden ist Forschungsgegenstand der FVA seit ihrer Gründung
- Die Schwerpunkte haben sich im Laufe der Zeit gewandelt, im Fokus stand immer der nachhaltige Schutz der Böden und der Erhalt der Bodenfunktionen
- Ziel der Forschung sind praxistaugliche Schutzkonzepte und die Politikberatung

sowie als Lebensgrundlage für Menschen, Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen. Böden reagieren empfindlich auf Veränderungen und können Belastungen nur bis zu einem gewissen Grad abpuffern. Bei Überschreitung der eigenen und von Standort zu Standort stark variierenden Stabilität werden Böden und deren Funktionen nachhaltig beeinflusst oder geschädigt. Dies gilt für externe Einflüsse in Form stofflicher Belastungen (z. B. Schwermetalle, anthropogene Säureein-

träge, Nährstoffungleichgewichte usw.), mechanische Störungen (z. B. Befahrungsschäden) oder Klimaveränderungen [1].

Aufgabenfelder im Laufe der Jahrzehnte

Waldernährung, Düngung
und Bodenschutzkalkung

Die Schwerpunktsetzung verschob sich im Laufe der Zeit. Seit den 1950er-Jahren liegt der Fokus auf der Waldernährung. Dieses Thema ist seither mit veränderten Zielsetzungen Hauptaufgabe der Abteilung. Dabei galt stets die Prämisse, standortgerechte Handlungsempfehlungen abzugeben. In den ersten Jahren standen das optimierte Baumwachstum und die Behebung von Nährstoffmangel (damals insbesondere Stickstoffmangel) im Vordergrund und es wurden gezielte Düngungsverfahren etabliert [2]. Durch die neuartigen Waldschäden rückten in den 1980er-Jahren die versauerungsbedingte Überprägung der Standortverhältnisse und deren ökologische Folgen in das Zentrum der Forschung. Dabei sorgten die Untersu-



Abb. 1: Die Abteilungsleitungen im Bereich Bodenkunde der FVA von 1958 bis heute (v. l.): Dr. Erwin Schairer (Abteilung Bodenkunde und Düngung 1958 bis 1964); Dr. Fritz Helmut Evers (Sektion Pflanzenernährung und Düngung 1964 bis 1974; Abteilung Botanik und Standortkunde 1974 bis 1990); Prof. Dr. Ernst E. Hildebrand (Abteilung Bodenkunde und Waldernährung 1990 bis 1996); PD Dr. Klaus von Wilpert (Abteilung Bodenkunde und Waldernährung 1996 bis 2000; Bodenkunde 2001 bis 2003; Boden und Umwelt 2004 bis 2015). Seit 2015 leitet Dr. Heike Publmann die Abteilung Boden und Umwelt.

chungen zum Einfluss der Bodenstruktur auf die Nährstoffverfügbarkeit für wesentliche Erkenntnisse im Prozessverständnis der Waldernährung [3]. Seit die Luftreinhaltemaßnahmen Wirkung zeigten, widmet sich die FVA der Untersuchung, wie der Waldboden wieder regeneriert werden kann. Ziel der Waldkalkung ist seit den 2000er-Jahren daher nicht mehr die Kompensation von Säureeinträgen, sondern die Stärkung der Waldböden in ihrer natürlichen, vorindustriellen Funktionalität. Die Versauerung bedingte nicht nur eine Abdrift der Standortseigenschaften in ein saureres Bodenmilieu, sondern es zeigen sich als Folge auch Nährstoffmangelsymptome bei Phosphor und Kalium. Als probates Mittel wurde daher die Nährstoffrückführung mittels schadstoffkontrollierter und zertifizierter Holzaschezusätze von der FVA untersucht und als forstliche Behandlung in Baden-Württemberg seit 2003 eingeführt. Die Fortentwicklung der Kenntnisse zu den Nährstoffkreisläufen im Wald spiegelt sich in wiederholt aktualisierten Merkblättern [4-7] und in aktuellen bundesweiten Forschungsvorhaben wider. Neben der wissenschaftlichen Bearbeitung dieser Themen hat die FVA auch die Aufgabe, flächendeckend und besitzartübergreifend den Kalkungsbedarf zu ermitteln und ForstBW bei der Umsetzung des Kalkungsprogramms zu unterstützen.

Forstliches Umweltmonitoring

In den letzten Jahrzehnten wurde als Reaktion auf die neuartigen Waldschäden bundes- und z. T. auch europaweit ein intensives Waldmonitoring aufgebaut. Dies wird in Baden-Württemberg durch die FVA auf mehreren Ebenen betreut. Neben der jährlich durchgeführten terrestrischen Waldschadensinventur (Waldzustandsbericht) betreibt die Abteilung das intensive Monitoring an mehreren sogenannten Level-2-Messstationen (Abb. 2). Hier werden kontinuierlich Daten zu Stoffein- und -austrägen, Witterung, Wasserhaushalt, Baumwachstum und Bodengasen gesammelt und ausgewertet. Darüber lassen sich nicht nur Aussagen dazu treffen, wie sich die Ökosysteme durch den sauren Regen verändert und teilweise regeneriert haben, sondern eben auch aktuelle Gefährdungen wie z. B. durch die Stickstoffeinträge und den Klimawandel frühzeitig erkennen. Um die Eigenschaften und die



Abb. 2: Im Zentrum der Untersuchungen steht der Waldboden (oben rechts). Darüber hinaus werden auch weitere Proben und Parameter an den Messflächen der FVA aufgenommen: a) Bodengassammler; b) Gewinnung von Bodenwasser; c) Kronenzustand; d) Klimamesssturm; e) Phänologie; f) Dendrometer; g) Depositions- und Streufallsammler.

Reaktionen der Waldböden im Laufe der Zeit und auf der Fläche untersuchen zu können, wird seit den 1980er-Jahren die im ca. 15-jährlichen Rhythmus wiederholte Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) an über 300 Punkten durchgeführt. Außerdem werden die Bestände auf einer Auswahl der Punkte alle fünf Jahre auf ihren Ernährungszustand hin laboranalytisch untersucht. Dies alles bildet die Grundlage für eine flächendeckende und prozessorientierte Waldbodenforschung [8, 1] und dient der Ableitung von Handlungskonzepten für die Praxis und der Politikberatung.

Befahrungsschäden und Walderschließungskonzepte

Der technische Fortschritt im Wald forderte in den letzten Jahrzehnten Tribut an der Funktionalität der Waldböden, indem Befahrungen mit zuneh-

mend schweren Forstmaschinen den Waldboden mechanisch belasten und schädigen. Dies fordert ganz neue Untersuchungsmethoden, was neben den chemischen Laboranalysen eine stete Weiterentwicklung bodenphysikalischer Untersuchungen an der FVA hervorgebracht hat. Damit konnten nicht nur die Bodeneigenschaften hinsichtlich Wasserspeicherung, Lufttransport und Wurzelraumschließbarkeit wissenschaftlich untersucht, sondern auch Schädigungen und Möglichkeiten der Regeneration aufgezeigt werden. Als Leitlinie wurde auf der Grundlage dieser Forschungsergebnisse die Konzentration der Befahrung und damit der hierdurch verursachten Bodenschäden auf ein permanentes Rückegassensystem entwickelt und dieses über zahlreiche Schulungskampagnen und Informationsveranstaltungen an

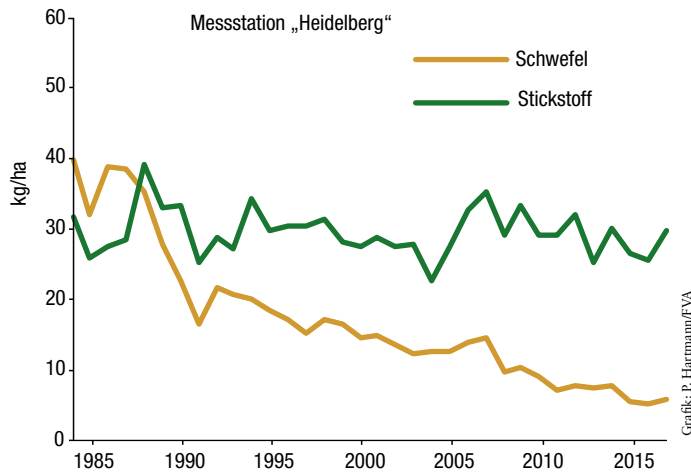


Abb. 3: Als Teil des forstlichen Umweltmonitorings werden Stoffeinträge in die Wälder untersucht. Die Messungen der FVA zeigen deutlich, dass der Schwefeleintrag seit den 1980er-Jahren stark zurückging, der Stickstoffeintrag sich jedoch nach wie vor auf hohem Niveau bewegt.

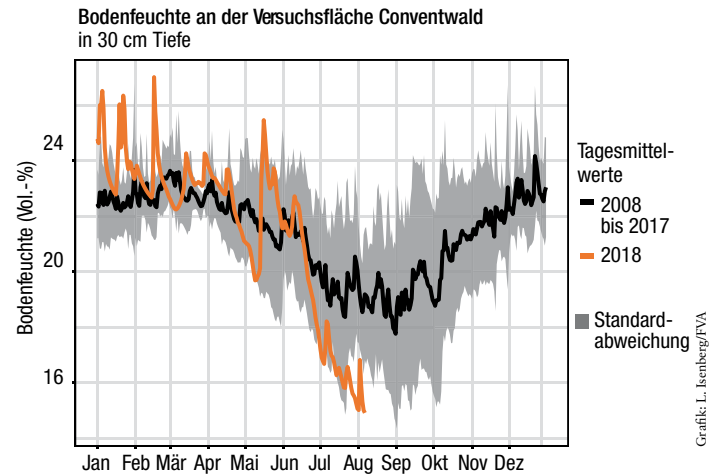


Abb. 4: Der Wasserhaushalt eines Waldbodens ist entscheidend für Wachstumsbedingungen und Grundwasserneubildung. (Grau = kennzeichnet den Bereich der Standardabweichung der letzten Jahre. Orange = Messwerte für 2018; hier sind das relativ feuchte Frühjahr sowie die extreme Austrocknung seit Juni erkennbar.

die Forstpraxis vermittelt. Auch in die verwaltungsinternen Richtlinien zur Walderschließung (1984) und pflegerischen Waldarbeit (1989) sowie in die aktuelle Feinerschließungsrichtlinie (2003) [9] fand das Verbot flächigen Befahrens Eingang. In aktuellen Forschungsvorhaben wird das Regenerationspotenzial verdichteter Waldböden untersucht.

Literaturhinweise:

[1] HARTMANN, P.; BUBERL, H.; PUHLMANN, H.; SCHÄFFER, J.; TREFZ-MALCHER, G.; ZIRLEWAGEN, D.; v. WILPERT, K. (2016): Waldböden Südwestdeutschlands – Ergebnisse der Bodenzustandserhebungen im Wald von 1989 – 1992 und 2006 – 2008. Verlag Kessel, Remagen-Oberwinter, 328 S. [2] SCHAIRER, E. (1958): Gedanken zur forstlichen Düngung. Allgemeine Forstzeitschrift, Nr. 10, S. 132-134. [3] HILDEBRAND, E. E. (1990): Die Bedeutung der Bodenstruktur für die Waldernährung, dargestellt am Beispiel des Kaliums. Forstwissenschaftliches Zentralblatt, 109. Jg., Nr. 1, S. 2-12. [4] FORSTLICHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (1987): Merkblätter der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg Nr. 37: Empfehlungen zur Walddüngung in Südwestdeutschland, Freiburg, 11 S. [5] EVERS, F. H.; HÜTTL, R. F. (1992): Merkblätter der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg Nr. 42: Magnesium-, Calcium- und Kaliummangel bei Waldbäumen – Ursachen, Symptome, Behebung, Freiburg, 8 S. [6] v. WILPERT, K.; SCHÄFFER, J. (2000): Merkblätter der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Nr. 50: Bodenschutzkalkung im Wald, Freiburg, 21 S. [7] v. WILPERT, K.; HARTMANN, P.; SCHÄFFER, J. (2013): Merkblätter der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Nr. 54: Regenerationsorientierte Bodenschutzkalkung, Freiburg, 39 S. [8] BUBERL, H. G.; v. WILPERT, K.; TREFZ-MALCHER, G.; HILDEBRAND, E. E.; WIEBEL, M. (1994): Der chemische Zustand von Waldböden in Baden-Württemberg. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 182, 210 S. [9] MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LÄNDLICHEN RAUM (MLR) (Hrsg.) (2003): Richtlinien zur Feinerschließung, FVA Baden-Württemberg, Freiburg, 27 S. [10] v. WILPERT, K.; BÖSCH, B.; BASTIAN, P.; ZIRLEWAGEN, D.; HEPPERLE, F.; HOLZMANN, S.; PUHLMANN, H.; SCHÄFFER, J.; KÄNDLER, G.; SAUTER, U. H. (2011): Biomasse-Aufkommensprognose und Kreislaufkonzept für den Einsatz von Holzaschen in der Bodenschutzkalkung in Oberschwaben, Berichte Freiburger Forstliche Forschung, H. 87, Freiburg, 155 S.

Herausforderungen: Stickstoff, Klimawandel, Nährstoff-Nachhaltigkeit
Eine nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder kann nur auf der Basis eines umfangreichen Wissens über Nährstoffbilanzen im Wald funktionieren. Dies ist auch in Anbetracht gesteigerter Anforderungen der (Energie-)Holznutzung sowie der durch langjährige Säureinträge stark beeinträchtigten natürlichen Standortpotenziale eine wissenschaftliche und forstwirtschaftliche Herausforderung [10]. Dabei steht der Wald trotz insgesamt reduzierter Schadstoffeinträge nach wie vor unter dem Einfluss hoher Stickstoffeinträge (Abb. 3). Neben der eutrophierenden und versauernden Wirkung des Stickstoffs stellt sich die Frage, wie lange die Waldböden als Trinkwasserfilter noch stabil sind.

Eine weitere große Herausforderung für den Wald sind die Auswirkungen des spürbaren Klimawandels auf Waldwachstum, Trinkwasservorsorge und Waldökosystem. Waldböden bilden nicht nur den Filter für sauberes Trinkwasser, sondern sind in der Lage Wetterextreme abzapfen. Die Wasserspeicherung und Infiltrationseigenschaften sind dabei hochvariabel, je nach Ausgangsmaterial und Bestand. Dazu hat die FVA umfangreiche Untersuchungen im Rahmen der Monitoringprogramme durchgeführt und kann mittlerweile für ganz Baden-Württemberg bei der Einschätzung der Standortpotenziale wichtige Beiträge leisten (Abb. 4). Aktuelle Untersu-

chungen gehen z. B. dem Zusammenhang zwischen Trockenheitsgefährdung und einem damit einhergehenden erhöhten Risiko für Buchdruckerbefall nach.

Ausblick

Im Laufe der Jahrzehnte ist das Aufgabenportfolio der Abteilung stetig gewachsen. Auch wenn die Schwerpunkte sich ändern, geht es immer um die Funktionalität der Waldböden und ihren chemischen, physikalischen und ökologischen Zustand. Durch immer effektivere Laboranalytik und neue Techniken der EDV-gestützten Datenauswertung und Modellierung bildet die Arbeit der Abteilung Boden und Umwelt die Grundlage für eine Vielzahl von gesellschaftsrelevanten Fragestellungen. Neben aktuellen Forschungen ist die größte Stärke der Abteilung der langjährige Daten- und Erfahrungsschatz in der Forstbodenkunde sowie langjährig angelegte Versuchsflächen zu den Fragestellungen Waldbodenkalkung, Befahrung und Nährstoff-Nachhaltigkeit.

Dr. Peter Hartmann, peter.hartmann@forst.bwl.de, ist stellvertretender Leiter der Abteilung Boden und Umwelt und beschäftigt sich mit dem Forstlichen Umweltmonitoring im Wald, der Bodenzustandserhebung, der Bodenschutzkalkung sowie dem physikalischen Bodenschutz. Dr. Heike Puhlmann ist Leiterin der Abteilung. Roland Hoch ist persönlicher Referent der Abteilungsleitung.

