

Boden des Jahres: Waldboden

Jan Evers, Oliver van Straaten und Felix Grün

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14007489>

Die Waldböden bilden das Fundament unserer Wälder und sind eine bedeutende, begrenzte sowie schützenswerte natürliche Ressource, die viele ökologische Funktionen im Naturhaushalt erfüllt. Sie dienen nicht nur als Wasser- und Nährstoffspeicher, sondern übernehmen auch Filter- und Pufferfunktionen sowie die Bereitstellung von Lebens- und Wurzelraum. Insbesondere in Zeiten sich stark verändernder klimatischer Bedingungen leisten Waldböden einen wichtigen Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung, zum Erhalt der Biodiversität und zum effektiven Hochwasserschutz. Neben Mooren stellen Wälder den größten Kohlenstoffspeicher in Deutschland dar, wobei rund die Hälfte der Kohlenstoffvorräte von Wäldern in den Waldböden gebunden ist.

Damit die ökologischen Funktionen unserer Waldböden auch in Zukunft gesichert sind, ist ein funktionierendes Zusammenspiel von wissenschaftlichen Erkenntnissen und einer naturnahen sowie nachhaltigen Waldwirtschaft erforderlich. Ungefähr ein Drittel der Landesfläche in Deutschland besteht aktuell aus Waldböden, was einer Gesamtfläche von insgesamt 11,4 Mio. Hektar entspricht. Die Waldflächen der Bundesländer Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein betragen zusammen 2,8 Mio. Hektar. Das sind 25 % der bundesweiten Waldfläche. Damit sind Waldböden allein schon wegen ihres Flächenanteils ein zentrales Element im Naturhaushalt. Sie finden sich überwiegend dort,



Fotos: J. Evers

Gut durchwurzelter, humoser Oberboden

wo es für die landwirtschaftliche Nutzung oder menschliche Besiedlung zu nährstoffarm, zu trocken oder zu nass, zu steil oder zu steinig ist. Wenn man bedenkt, dass Deutschland früher bis auf wenige Regionen (z. B. die Marschen an der Küste, Moore) komplett bewaldet war, finden alle Landnutzungen auf ehemaligem Waldboden statt. Der Mensch hat über die Epochen hinweg Wälder intensiv genutzt, die Spuren und Folgen von Baustoffgewinnung, Brennstoffherstellung, Waldweidennutzung, Köhlerei sowie Glashütten und Erzgewinnung sind bis heute deutlich erkennbar. Der Waldboden als Archiv hält noch immer wertvolle Informationen zur Archäologie und Erforschung menschlicher Kulturgeschichte bereit. Verlässt man befestigte Wege, geht es schnell über herabgefallenes Laub, Nadelreste, Zweige, Zapfen und dem, was davon übrig ist. Man bewegt sich auf dem Teil des Bodens, der Auflagehumus genannt wird. Er liegt dem Mineralboden auf, besteht aus Pflanzenteilen und organischer Feinsubstanz und hat je nach Standort und seinen Bedingungen unterschiedliche Eigenschaften.

Der Auflagehumus ist typisch für den Wald und seine Böden. Er kann sich ausbilden, weil Wald im Unterschied zu landwirtschaftlichen Böden kaum bearbeitet wird und die Anhäufung von Laub- und Nadelstreu recht hoch sein kann. Der Humus ist locker, weich und gut durchwurzelt, von Pilzmycel durchzogen und sehr belebt: Käfer, Regenwürmer, Milben, Asseln und Milliarden von Kleinstlebewesen. Daher findet man auch in einer Handvoll Waldhumus mehr Lebewesen, als es Menschen auf der Welt gibt – ein Alleinstellungsmerkmal unserer Waldböden.

Der Auflagehumus, der hauptsächlich von den Faktoren Standort und Bestand beeinflusst wird, hat wiederum großen Einfluss auf den darunter liegenden Mineralboden. Die Humifizierung von organischem Material führt in den oberen Bodenschichten zu den für Waldböden üblichen stark humosen obersten Schichten. Eine Bodenbearbeitung oder Düngung wird in der Regel im Wald nicht durchgeführt. Organisches



Foto: INW-FVA-Archiv, Abt. Umweltkontrolle

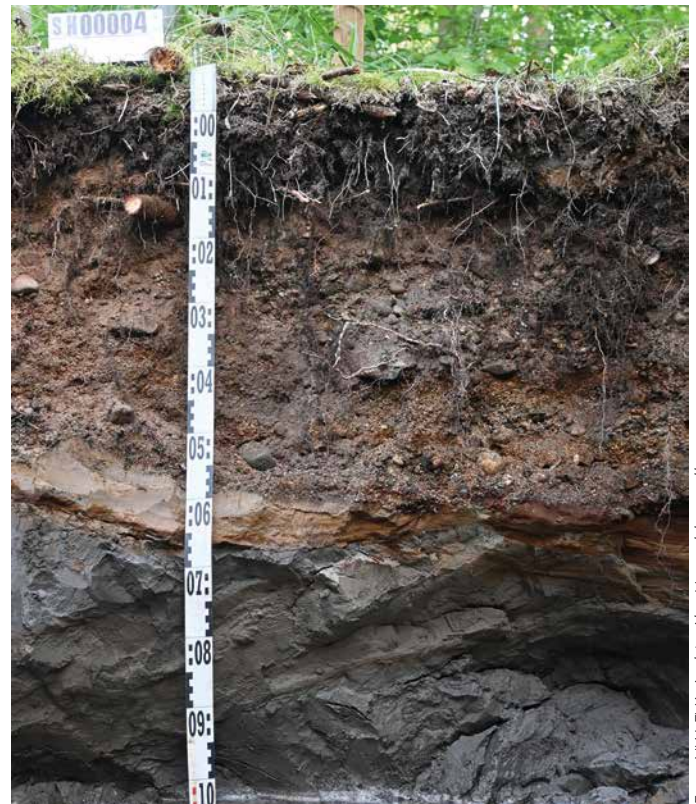
Pseudogley-Podsol aus schwach verlehmttem Sand

Material wird daher allein aufgrund von Durchwurzelung und das Durchmengen und Vermischen durch Lebewesen (Bioturbation, wie z. B. durch Regenwürmer) in tiefere Bodenschichten verlagert. Dies geschieht vorwiegend im Oberboden bis etwa 30 cm Bodentiefe. In tieferen Bodenschichten nehmen die Humusanteile und damit die Kohlenstoffgehalte deutlich ab, wodurch dort auch die Kohlenstoffvorräte zurückgehen. Im Oberboden bis 30 cm Bodentiefe mit Auflagehumus befinden sich bezogen auf 90 cm Bodentiefe rund drei Viertel des Kohlenstoffvorrats.

Grundsätzlich entstehen auch Waldböden aus Verwitterung und Verlagerung der jeweils anstehenden geologischen Ausgangssubstrate und bilden ein Gemisch aus Mineralboden, Luft und Wasser sowie organischen Bestandteilen. Mineralverwitterung, Niederschlag, Grundwasser und die Zersetzung organischer Substanz führen Nährstoffe zu, die von den Baumwurzeln aufgenommen und durch die Streu sowie die absterbende Wurzelmasse wieder zurückgeführt werden. Durch die zahlreichen physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse entwickeln und verändern sich Waldböden ständig, sie sind offene und poröse Systeme. Waldböden entwickeln sich jedoch sehr langsam: Als Faustregel werden etwa 100 Jahre für die Bildung von einem Zentimeter Waldboden veranschlagt. Alte Waldstandorte können somit mehrere 10.000 Jahre alt sein. Dennoch sind der jeweilige Zustand und die ökologische Beschaffenheit des Waldbodens dynamisch; er reagiert zum Teil sehr empfindlich auf Veränderungen des Klimas, der Waldbewirtschaftung und der Stoffeinträge. Jeder dieser Faktoren beeinflusst die Bodenbiologie sowie das ökologische Gleichgewicht, den Nährstoffkreislauf und den Wasserhaushalt im Wald.



Braunerde-Podsol aus unverlehmtem Sand



Normgley aus Mergel

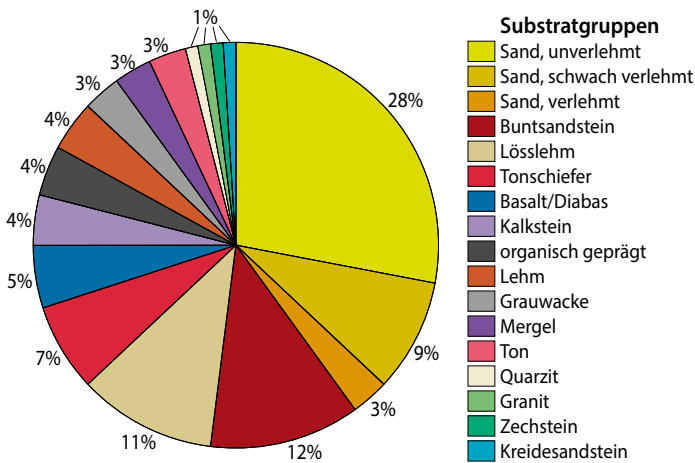
Foto: NW-FVA-Archiv, Abt. Umweltkontrolle

Jeder Waldboden hat sich nach den spezifischen Bedingungen des Standortes entwickelt und ist damit einzigartig. Unterschiedliche Ausgangsgesteine, Klimafaktoren, Gelände-relief sowie der Einfluss von Wasser, Vegetation, Mensch und Zeit bringen eine enorme Vielfalt an Waldböden hervor. Von den periglazial geprägten Landschaften des Norddeutschen Tieflandes, über die Lössböden bis hin zu den Mittelgebirgen bieten die vier Bundesländer Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein geologisch ein sehr breites Spektrum.

Von den „reicheren“ Gesteinen wie Geschiebemergel, Kalkstein, Basalt oder Diabas, die deutlich basenreicher verwittern, reicht die Vielfalt an Ausgangsgesteinen über Sande, Beckentone, Lösslehme und Tonschiefer bis hin zu eher silikatärmeren Gesteinen wie Buntsandstein, Grauwacke oder Granit.

Je nach Bodenbildungsprozessen, die das Material umwandeln, verlagern oder durchmischen, über Frostspaltung zerkleinern, chemisch verwittern oder lösen und durch Anreicherung von organischer Substanz und Bioturbation Kohlenstoff einbinden, entstehen verschiedene Bodentypen unter Wäldern.

In Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt überwiegen mit Abstand die Sande mit ihren verschiedenen Verlehmungsgraden. Im Hessischen Bergland sind Buntsandstein, Basalt oder Tonschiefer am häufigsten. Waldmoore befinden sich überwiegend in Niedersachsen, obwohl sie vereinzelt überall vorkommen können. Reichere Mergelstandorte sind typisch für den Osten Schleswig-Holsteins, Lösslehm dagegen in den anderen drei Bundesländern.



Verteilung der wichtigsten geologischen Ausgangssubstratgruppen im Bereich der NW-FVA

Die nachhaltige und naturnahe Waldwirtschaft richtet sich nach den von der Natur gegebenen Bedingungen. Nur mit Kenntnis der Möglichkeiten und Grenzen der jeweiligen Waldböden kann ein langfristiger Walderhalt sichergestellt werden. Grundlage dafür ist die forstliche Standortskartierung, die flächig die erforderlichen Informationen zum Waldboden und seiner Nährstoff- und Wasserversorgung liefert. Vor dem Hintergrund des Klimawandels sind fundierte Informationen zum Wasserspeichervermögen des Bodens bedeutend, um eine möglichst klimaangepasste Baumartenwahl umsetzen zu können. Sich schnell verändernde klimatische Verhältnisse und daraus resultierende Schadereignisse wie Trockenstress, Borkenkäferbefall und Befall durch weitere Schaderreger fordern die forstliche Standortskartierung, Waldbauplanung und Waldforschung mit fachlich abgestimmten Baumartenempfehlungen stark heraus, um sowohl einen klimaangepassten und robusten Wald sicherzustellen als auch tragfähige Empfehlungen zur Aufforstung großer Schadflächen abgeben zu können.

Neben der Standortskartierung ist das forstliche Umweltmonitoring ein wichtiges Instrument, um länderübergreifend den Zustand und die Veränderung von Waldböden zu erfassen und zu bewerten. Diese Untersuchungen belegen, dass die atmosphärischen Säureeinträge seit dem Beginn der Industrialisierung neben einer Versauerung auch eine erhebliche Verarmung der Waldböden an Nährstoffen wie Calcium, Magnesium und Kalium verursacht haben. Eine Verknappung dieser essentiellen Nährstoffe kann die Bodenfruchtbarkeit deutlich herabsetzen, was zu verringerten Zuwächsen führen kann und Waldbestände anfälliger für Krankheiten und Schädlinge macht. Zusätzlich führten Stickstoffeinträge zu einer deutlichen Eutrophierung und weiteren Versauerung von Waldböden.

Um den Waldboden vor zunehmender Versauerung und Basenverarmung zu schützen, wurden großflächig Bodenschutzkalkungen durchgeführt. Außerdem konnten zusätzliche Säureeinträge durch eine deutlich strengere Luftreinhaltepolitik reduziert werden; die Stickstoffeinträge sind jedoch

vieleorts immer noch zu hoch und führen zu einer Schädigung der Ökosysteme. Zudem wirken die hohen Einträge noch viele Jahre nach, während ausgewaschene Nährstoffvorräte irreversibel verloren sind. Zusätzlich gelangen vor allem aus Industrie und der Schädlingsbekämpfung organisch persistente Schadstoffe und Ewigkeitschemikalien (PFAS) in den Waldboden und reichern sich dort an. Hier ist mit langfristigen negativen Auswirkungen auf die Bodenökologie zu rechnen, eindeutige Risikobewertungen gibt es jedoch noch nicht. Seit 2022 bis Ende 2024 läuft die dritte Bodenzustandserhebung im Wald als zweite Wiederholungsinventur auf fast 2.000 Punkten in allen Bundesländern gleichzeitig. Aktuelle Ergebnisse zum Zustand und zur Veränderung der Waldböden können erst nach Fertigstellung und Auswertung der umfangreichen Analysen erwartet werden.

Neben Säure- und Schadstoffeinträgen, Basenverarmung und Eutrophierung kann intensive Bewirtschaftung mit zu schweren Maschinen Waldböden schaden. Verdichtungen beeinträchtigen die Wasser- und Luftdurchlässigkeit der Waldböden, hemmen das Wurzelwachstum der Bäume sowie die biologische Aktivität.

Der Waldboden ist ein komplexes und sensibles System, das sowohl zahlreiche Funktionen erfüllt als auch erheblichen Risiken ausgesetzt ist. Durch eine nachhaltige Bewirtschaftung und gezielte Schutzmaßnahmen können die Potenziale des Waldbodens optimal genutzt und negative Einflüsse minimiert werden. Ein bewusster Umgang mit diesem wertvollen Ökosystem ist entscheidend, um die Gesundheit unserer Wälder langfristig zu sichern und ihre vielfältigen Funktionen zu erhalten.



Normmulm-niedermoor

Foto: NW-FVA-Archiv, Abt. Umweltkontrolle