

Bodenzustand im Wandel

Böden sind als wandelbare Systeme zu begreifen, deren Eigenschaften sich im Zuge der Bodengenese stetig verändern. Dadurch unterliegen auch die Standortbedingungen der Waldbäume einer ständigen Dynamik. In hohem Maße nimmt die Vegetation selbst auf den Bodenzustand Einfluss. Durch sein waldbauliches Handeln beeinflusst der Mensch die Entwicklung der Waldböden und trägt entweder zu deren Degradation oder aber zur nachhaltigen Sicherung der Bodenfruchtbarkeit bei.

Ein wichtiger anthropogener Einflussfaktor für den Bodenzustand ist der atmosphärische Stoffeintrag. In weiten Teilen Brandenburgs wurden die natürlichen Standortbedingungen der Wälder durch die spezifische Eintragungssituation während der vergangenen Jahrzehnte überlagert. Der aktuelle Oberbodenzustand ist deshalb maßgeblich das Ergebnis der in Raum und Zeit variierenden atmosphärischen Stoffdeposition, welche dadurch zu einem neuen, zeitweilig beherrschenden Standortfaktor geworden ist.

Phase I:

Seit dem Mittelalter hatten Raubbau und Übernutzung der Wälder zu großflächigen Bodendegradationen geführt. Die Bodenfruchtbarkeit wurde über lange Zeit negativ beeinflusst. Auf den zahlreichen Blößen und Ödlagen führte die Bodenverhagerung zur Ausbildung von Magerrohhumus. Nachdem sich die überwiegende Waldfläche im 19. Jahrhundert in einem devastierten Zustand befand, erfolgte mit Beginn der geregelten Forstwirtschaft die Wiederaufforstung und Erneuerung der Wälder vorrangig mit der Waldkiefer, die sich auf den degradierten Böden sowie auf klimatisch problematischen Kahlflecken als besonders stresstolerant erwies.

Im Zuge der ersten Waldaufbaugeneration vollzog sich in den ausgehagerten Böden eine verstärkte Humusakkumulation und auf den durch Überweidung, Brand und Streunutzung verarmten Standorten stellten sich allmählich wieder forstspezifische Stoffkreisläufe ein. Damit war auch die Erwartung einer Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit verbunden. Die Erfahrung, dass sich die Kiefernstreu vorwiegend als Auflagehumus anreicherte und zwischen der Rohhumus- und Ortsteinbildung (Podsolierung) offensichtlich ursächliche Zusammenhänge bestanden (RAMANN, 1893), führte aber schon bald erneut zu der Sorge um die nachhaltige Sicherung der Bodennährkraft.

In seiner Schrift „Die schlechtesten ostdeutschen Kiefernbestände“ ging WIEDEMANN (1942) der Frage nach, welche standörtlichen und menschlichen Ursachen für das Auftreten von Kiefernbeständen besonders geringer Bonität eine Rolle spielen. WIEDEMANN stellte zunächst die große Bedeutung der geologischen Herkunft der Böden heraus. Er erkannte eine Häufung schlechtwüchsiger Kiefernbestände im Bereich der armen Talsande sowie generell auf den Böden, die sich auf altpleistozänen Substraten entwickelt hatten. Im Bereich des Altpleistozän – dem Warthestadium der Saaleeiszeit – ergaben seine Aufzeichnungen selbst auf den Lehmböden der Endmoränen (z.B. dem Lausitzer Grenzwall) und auf den vorgelagerten Sandern größtenteils schlechte Waldzustände. Als Ursachen werden aber nicht nur das höhere Alter der Substrate und die damit einhergehende stärkere Verwitterung und Auswaschung der Nährstoffe erkannt, sondern vor allem auch die Waldgeschichte und bisherige Waldbehandlung. WIEDEMANN kommt zu dem Schluss, dass

forstliche Misswirtschaft, intensive Beweidung und Streunutzung und die damit einhergehende Humus- und Nährstoffverarmung, Bodenverdichtung und Oberflächenverkrustung „auf vielen Böden alle ursprünglichen Standortsunterschiede verwaschen und sie alle auf dieselbe erschreckende Leistungsunfähigkeit herabgedrückt“ haben.

Diese empirischen Befunde wurden von WITTICH (1952) und KUNDLER (1956) durch weitere bodenkundliche Untersuchungen untermauert. Im Humus- und Stickstoffverlust der degradierten Sandstandorte sahen die Autoren die entscheidenden Ursachen für die Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit und damit einhergehende Schwachwüchsigkeit der Waldkiefer, welche dennoch als die einzige potenziell ertragsfähige und wirtschaftlich interessante Baumart auf den nachhaltig geschädigten Standorten galt.

Noch bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts stellten sich die Waldböden Brandenburgs vielerorts als durch die Übernutzung der vorangegangenen Jahrhunderte beeinträchtigt dar. Während die Einführung der Stallfütterung und neuer Haustierrassen im 19. Jahrhundert weitgehend zur Einstellung der Waldbeweidung führte, blieb die Streunutzung noch bis Mitte des 20. Jahrhunderts bestehen. Anfang der 1960er Jahre galten etwa 700.000 ha Waldböden im Tiefland der DDR als nachhaltig geschädigt (KOPP et al., 1965).

Die Bedeutung der Stickstoffversorgung für die standörtliche Produktivität wurde auch durch Düngungsversuche experimentell belegt und von verschiedenen Autoren beschrieben (z.B. HEINSDORF, 1967; KRAUSS, 1964). Als gangbarer Weg, die Ertragsleistungen der auf degradierten Standorten stockenden Kiefernbestände zu erhöhen, wurde die mineralische Düngung – insbesondere die mineralische Stickstoffdüngung – erachtet. Regional begrenzt begegnete man dem Stickstoffmangel bis in die beginnenden 1970er Jahren wiederholt durch großflächige N-Düngungen. In der Dübener Heide konnten dadurch rauchgasgeschädigte Kiefernbestände, die Symptome von N-Mangelernährung aufwiesen, zeitweilig stabilisiert werden (KRAUSS, 1966).

Phase II:

Im Laufe der 1970er und 1980er Jahre nahm die Entwicklung der Waldböden eine markante Wende. Innerhalb von nur zwei Jahrzehnten trat das frühere ertragsbegrenzende Mangelement Stickstoff – noch bevor weitere geplante N-Düngungsmaßnahmen realisiert werden konnten (ca. 800.000 ha düngedürftige Waldfläche; n. KRAUSS, 1975) – in den Bereich ausreichender Versorgung bis „Luxuskonsum“. Ursächlich für diesen Standortwandel war der atmosphärische Stickstoffeintrag in die Bestände. Anhaltende Depositionen von N-Verbindungen aus landwirtschaftlichen Quellen und der Düngemittelindustrie bewirkten eine rasch voranschreitende Eutrophierung der Waldfläche. Übermäßiger Stickstoffeintrag führte bei den ursprünglich unzureichend mit Stickstoff versorgten Kiefernbeständen zu einem Düngeeffekt, der sich zunächst überwiegend positiv auf die Ertragsleistung auswirkte. Besonders in den 1980er Jahren eskalierte das Eintragsgeschehen durch industriell betriebene Massentierhaltungen in Waldgebieten mit lokal verheerenden Folgen für die Stabilität der Bestände. Rückwirkungen zwischen Standorts- und Vegetationswandel führten in dieser Zeit vor allem bei angespanntem Wasserhaushalt zu einer Labilisierung der Kiefernforste, die sich teilweise auch negativ auf die Produktivität auswirkte (ANDERS et al., 1996). Die Stickstoffakkumulation führte in

Kiefernbeständen, auf denen die Kiefer aufgrund der konkurrenzfähigeren Laubbaumarten von Natur aus nicht vorkommt, zur Förderung des natürlichen Laubholzunterwuchses und teilweise zur Massenausbreitung von vitalen von N-Zeigern durchsetzten Grasdecken. Die natürlichen Kiefernwälder auf armen Sand- und Moorböden wurden in ihrem Fortbestand durch die Tendenzen der Eutrophierung gefährdet.

Bis zu Beginn der 1990er Jahre zählte insbesondere das südliche Brandenburg zu den am stärksten immissionsbelasteten Gebieten Mitteleuropas. Neben der fast flächendeckenden Stickstoffdeposition überlagerten sich regional in verschiedenen Intensitäten Einträge saurer Schwefelverbindungen mit pufferwirksamen basischen Staubeinträgen aus Flugaschen der Braunkohleindustrie. Die eingetragenen Stoffe reicherten sich in den durch Streunutzung verarmten Waldböden an, zumal durch die besonderen klimatischen Bedingungen speziell unter Kiefer von nur geringen Sickerwasserraten und Stoffausträgen auszugehen ist. Insbesondere die eingetragenen basischen Nährelemente Calcium, Magnesium und Kalium wirkten sich förderlich auf die Pufferfähigkeit und Bodenfruchtbarkeit v.a. der altpleistozänen Standorte im Süden Brandenburgs aus. Aufgrund dieser großflächigen Baseneinträge war der Grad der Bodenversauerung in Kiefernbeständen noch zu Beginn der 1990er Jahre deutlich geringer als an den Mittelgebirgsstandorten Westdeutschlands (RIEK et al, 2002). Die Aufbasung der Standorte durch Staubeinträge war einer der Gründe für den Verzicht auf flächenhafte Kompensationskalkungen zur Säurepufferung in den Kiefernforsten Brandenburgs, wie sie in anderen Bundesländern während der 1990er Jahre in großem Umfang durchgeführt worden sind.

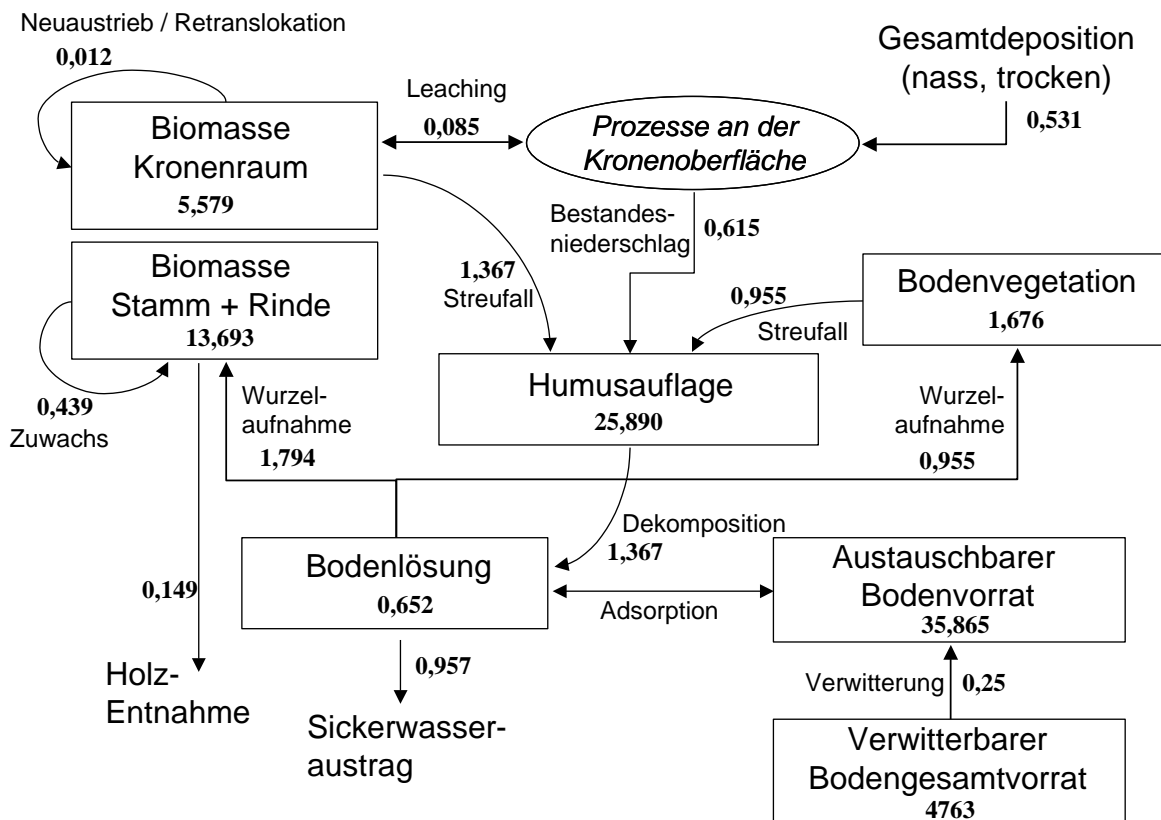
Die von 1990 bis 1993 realisierte erste bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE I) gibt Aufschluss über den während der 1970er und 1980er Jahre vollzogenen Bodenzustandswandel. Die erfassten Boden- und Ernährungszustände wurden noch durch die spezifische Immissionssituation vor 1990 geprägt. Im Ergebnis dieser Bodeninventur konnte festgestellt werden, dass die in den 1960er und 1970er Jahren durch die Standortserkundung erfassten großflächigen Stickstoffzustandsdegradationen nur noch in geringem Umfang in Erscheinung traten. Der Flächenanteil von Rohhumus (abgeleitet aus C/N-Verhältnis und pH-Wert) und ungünstigeren Humuszuständen unter Kiefernbestockung war zum Zeitpunkt der BZE I-Erhebung auf unter 10 % gesunken. Aus der Stickstoffeutrophierung der Standorte resultierten teilweise disharmonische Humusformen mit einerseits engen C/N-Verhältnissen und gleichzeitig sehr niedrigen pH-Werten. Für die Waldkiefer stellt diese Form der Disharmonie zwischen Stickstoff- und Säure-Basen-Zustand die ungünstigste Ausbildung der Humusform dar. Betroffen war hiervon zur Zeit der BZE I eine Kiefernfläche von ca. 80.000 ha (LAFOP, 1997).

Phase III:

Nach der Wende kam es erneut zu einem bis heute anhaltenden Bodenzustandswandel von hoher Geschwindigkeit. Wieder sind es die nun in ihrer Zusammensetzung stark veränderten atmosphärischen Stoffeinträge, von welchen Veränderungen der chemischen Oberbodeneigenschaften und der Bodenlösungschemie ausgehen. Mit dem Beitritt zur Bundesrepublik reduzierte sich die atmosphärische Stoffdeposition durch Anlagenstilllegungen, Einführung der Rauchgasentschwefelung und den Einsatz emissionsärmerer Energieträger in kurzer Zeit drastisch. Besonders hervorzuheben ist der Wegfall der pufferwirksamen basischen Staubeinträge, der dazu führte, dass die relative

Bedeutung der Säuredeposition für die Ausbildung des Säure-Basenzustands der Oberböden wuchs.

Die Stoffflussbilanzen der Dauerbeobachtungsflächen des Forstlichen Umweltmonitoring spiegeln die stetige Entbasung der Böden nach 1990 wider (Riek et al. 2006). Auf Standorten mit ehemals sehr hohen Sulfat- und Flugascheeinträgen war die Basenbilanz noch Mitte der 1990er Jahre stark negativ. Sie hat sich inzwischen auf dem Niveau der weniger belasteten Standorte eingependelt. Die Elementverarmung und damit die Gefahr möglicher Versorgungsengpässe erwies sich bei Magnesium als am gravierendsten. Vergleicht man die jährliche durchweg negative Mg-Bilanz mit dem im Wurzelraum austauschbar gespeicherten Mg-Vorrat, so wäre dieser – bei unveränderten Randbedingungen – rein rechnerisch auf den einzelnen zugrunde liegenden Untersuchungsflächen nach 30 bis 60 Jahren aufgezehrt. Die aktuellen Bodenzustandserhebungen (2006: BZE-2, 2009: BZE-2a) sollen zeigen, ob diese Befunde von Fallstudien als flächenrepräsentativ für die brandenburgische Waldfläche angesehen werden können.



Basen-Flüsse und -Pools (Summe Ca, Mg, K) als Mittelwerte von sechs Dauerbeobachtungsflächen des Level II-Programms im Zeitraum 1996 – 2006 [keq/ha*a bzw. keq/ha]