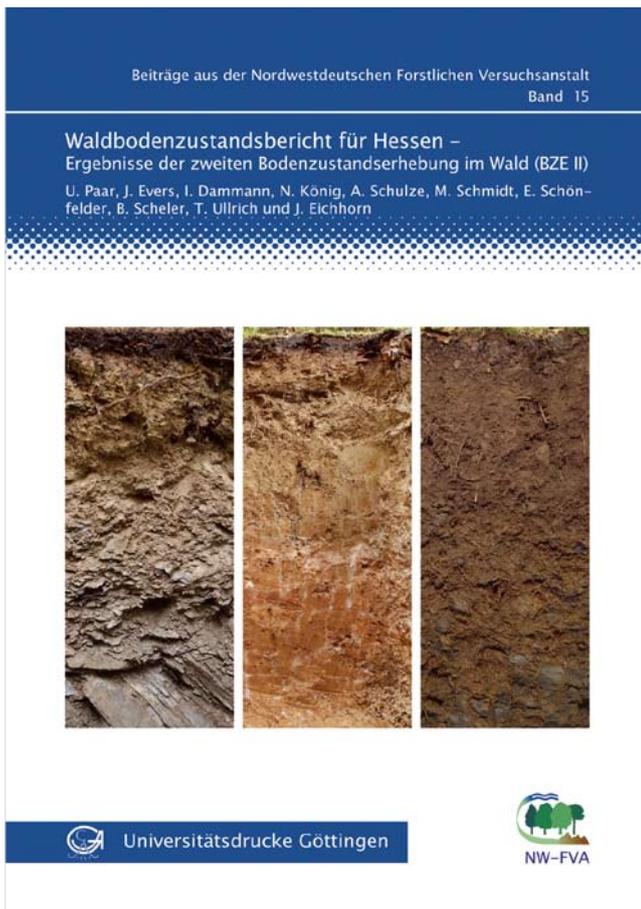


# Hauptergebnisse der Waldbodenzustandserhebung in Hessen (BZE II)

Jan Evers, Uwe Paar, Inge Dammann, Egbert Schönfelder, Marcus Schmidt, Nils König und Johannes Eichhorn



Der nachfolgende Beitrag fasst die Ergebnisse des in Kürze erscheinenden Waldbodenzustandsberichtes für Hessen (BZE II) zusammen.

Die bundesweit systematische Stichprobeninventur zum Zustand der Waldböden gibt ein umfassendes und flächendeckendes Bild hinsichtlich des aktuellen Zustandes und der Veränderungen der Waldböden.

Die erste Bodenzustandserhebung (BZE I) wurde in Hessen in der Zeit von Anfang 1992 bis Anfang 1993 durchgeführt. Die Wiederholungsinventur (BZE II) fand schwerpunktmäßig in der Zeit von 2006 bis 2008 statt. Beide Erhebungen basieren auf dem systematischen repräsentativen 8 x 8 km-Rasternetz mit insgesamt 139 Aufnahmepunkten.

Bei der BZE II wurden folgende Merkmalsgruppen erfasst: Forstliche Daten und allgemeine Angaben, Boden (Profilbeschreibung, Bodenchemie sowie Bodenphysik), Nadel-/Blatternahrung, Bestandesdaten, Vitalität (Waldzustandserhebung) und Bodenvegetation.

Die Ergebnisse der BZE II belegen, dass die BZE-Stichprobe die Verhältnisse des Waldes in Hessen sehr gut abbildet. So entsprechen die Verteilungen der Trophiestufen und Baumartenteile für die BZE-Punkte den Verteilungen in der Standortkartierung und Forsteinrichtung.

## Bodenchemische Verhältnisse

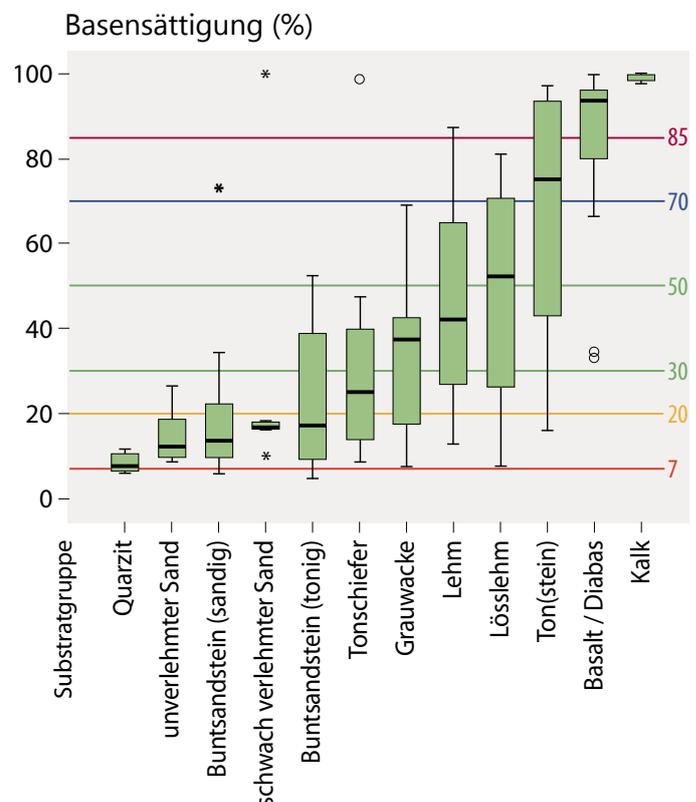
Mit der Aufgliederung nach Substratgruppen (siehe Abbildung rechts) werden Muster deutlich, wie die bodenchemische Situation nach Standorten variiert. So befinden sich die Böden aus Quarzit, schwach verlehmt und un-

verlehmt Sand und Buntsandstein im Median unterhalb von 20 % Basensättigung und damit lediglich im als gering eingestuften Bewertungsbereich.

Darüber hinaus zeigt die Einteilung nach dem Kalkungsstatus der BZE-Punkte, dass die gebildeten Kollektive sich seit der BZE I unterschiedlich entwickelt haben. Ausgeschieden wurden die Gruppen (1) „entfällt“, zu der die Substratgruppen gehören, die nicht für eine Kalkung vorgesehen sind (Kalk, Basalt/Diabas, Zechstein, Sande) und (2) die Kalkungskulisse, zu der die Substratgruppen gehören, die für eine Kalkung vorgesehen sind. Diese Kalkungskulisse beinhaltet die gekalkten Punkte, an denen vor der Probenahme der BZE II Kalkungen stattgefunden haben und die ungekalkten Punkte, an denen bis 2007 noch keine Kalkung stattgefunden hat.

Für Hessen insgesamt zeigt sich eine signifikante Verbesserung nur in der Tiefenstufe 0-5 cm, in den anderen Tiefenstufen gab es keine Veränderung der Basensättigung (Teilgrafiken oben, Abbildung Seite 28). Die durchschnittlichen Werte der Basensättigung liegen vorwiegend im mittleren Bewertungsbereich zwischen 30 und 50 % und damit meist über dem Mittel der Bundesländer Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt (rote Kreise). Auf Profilebene werden in Hessen durchschnittlich 40 % Basensättigung erreicht. Dies liegt genau im mittleren, grün dargestellten Bewertungsbereich. Eine Veränderung auf Profilebene gab es nicht (kleine Teilgrafiken Mitte, Abbildung Seite 28).

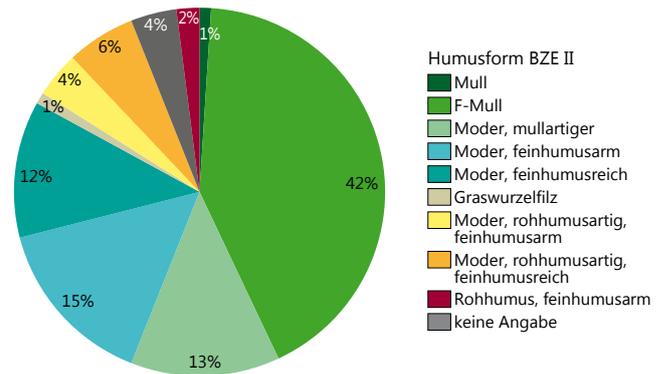
Die Ergebnisse der bodenchemischen Analysen der BZE I und II belegen die Wirkungen der Bodenschutzkalkungen auf den Waldböden: Durch die Kalkung werden Basenverluste, vor allem infolge hoher Säureeinträge, aber auch durch Sulfatausträge, Biomassenentzug und verringerte ba-



Durchschnittliche Basensättigung im Mineralboden in der BZE II nach Substratgruppen in hessischen Waldböden bis 90 cm Bodentiefe (die waagerechten Linien entsprechen den Bewertungsbereichen nach der AK-Standortkartierung)

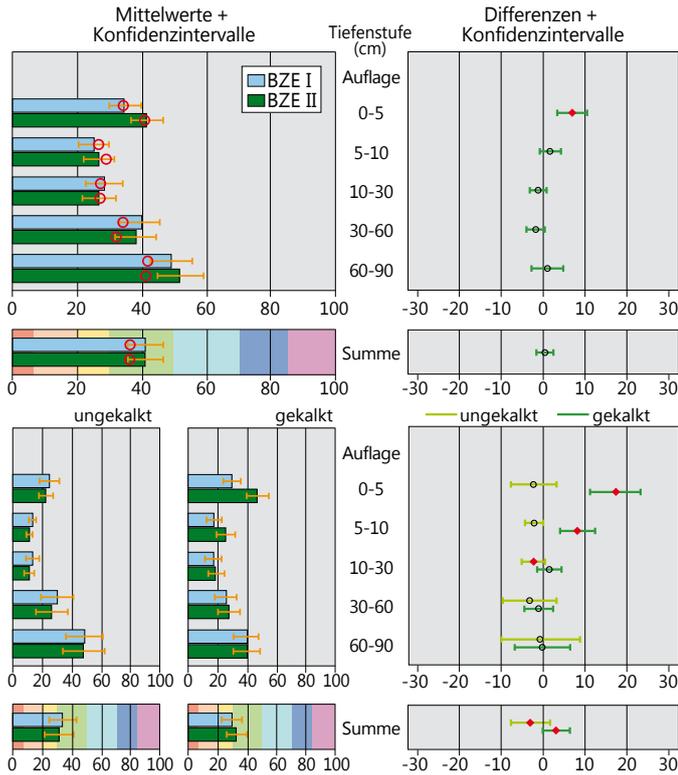
# Hauptergebnisse der Waldbodenzustandserhebung in Hessen (BZE II)

sische Einträge aus der Luft kompensiert. Auf den gekalkten Standorten zeigt sich eine Verbesserung der durchschnittlichen Basensättigung (Abbildung unten). Innerhalb der Kalkungskulisse lässt sich eine deutliche und signifikante Verbesserung der Basensättigung bis in 10 cm Bodentiefe im gekalkten Kollektiv nachweisen, während sich im ungekalkten Kollektiv die Basensättigung weiter verschlechtert. Dies wirkt sich auch bis auf die Profilebene aus. Besonders positive Effekte der Waldkalkung zeigen sich auf Buntsandstein-Standorten mit noch deutlicheren Verbesserungen der Basensättigung bis in 60 cm Mineralbodentiefe.



Verteilung der Humusformen der BZE II in Hessen

## Basensättigung (%) – Hessen (gesamt)



Basensättigung in hessischen Waldböden als Mittelwert für die BZE I und II (linke Spalte) und Differenz (BZE II – BZE I) (rechte Spalte) nach Tiefenstufen und Summe bis 90 cm, jeweils als Gesamtergebnis (obere 4 Grafiken) und nach ungekalkt/gekalkt (untere 6 Grafiken)



BZE-Punkt im Spessart

Foto: NW-FVA

Die Bodenschutzkalkung hat danach einen langfristig positiven Einfluss auf den chemischen Bodenzustand und auf die Sicherung und Erhaltung des Nährstoffhaushalts. Auf der anderen Seite zeigen die Ergebnisse der BZE II deutliche Risiken für schwach nährstoffversorgte Standorte, die bislang nicht gekalkt wurden. Diese Waldböden in Hessen verarmen weiter. Über alle Tiefenstufen hat die Basensättigung zwischen BZE I und BZE II abgenommen. Innerhalb von nur 15 Jahren sind deutliche Calcium- und Magnesiumverluste auf diesen Standorten festzustellen.

Obwohl hessische Wälder ein weites Spektrum an Standortseigenschaften von reich bis arm abdecken und im Basenhaushalt eine ungünstige Entwicklung auf nicht gekalkten Standorten der Kalkungskulisse nachzuweisen ist, zeigt sich für den morphologisch ansprechbaren Humuszustand und die bodenbiologische Aktivität eine positive Entwicklung.

Mit 56 % Anteil an der BZE II überwiegen die besseren Humusformen Mull und mullartiger Moder. Der typische Moder (feinhumusarm und -reich), der eher auf mittleren Standorten vorkommt, ist mit 27 % vertreten. Ungünstigere Humusformen, wie der rohhumusartige Moder und Rohhumus, finden sich bei rund 15 % aller Standorte.

Hessische Waldböden stellen eine wichtige Kohlenstoffsenke dar. Die mit durchschnittlich über 80 Tonnen pro Hektar gespeicherten Kohlenstoffvorräte in Hessens Wald-



BZE-Buntsandsteinprofil im Kaufunger Wald

Foto: H. Kasel

# Hauptergebnisse der Waldbodenzustandserhebung in Hessen (BZE II)

böden zeugen von dieser langfristigen Nettospeicherung. Im Zeitraum 1992 (BZE I) bis 2007 (BZE II) haben die Kohlenstoffvorräte in hessischen Waldböden insgesamt moderat zugenommen (6 % bezogen auf den Vorrat der BZE I). Die Ergebnisse geben Hinweise für einen positiven Einfluss der Kalkung auf den Kohlenstoffhaushalt: Zwar wird durch die Waldkalkung der Kohlenstoffvorratsabbau im Auflagehumus deutlich angeregt, insgesamt werden jedoch diese Kohlenstoffverluste über einen Vorratsaufbau im Mineralbodenhumus im Oberboden mehr als kompensiert. Die Bodenschutzkalkung könnte somit die Senkenfunktion für Kohlenstoff in hessischen Waldböden verbessert haben. Trotz des luftgetragenen Eintrages an anorganischem Stickstoff von ca. 16 kg pro Hektar und Jahr (Buche) bzw. ca. 25 kg pro Hektar und Jahr (Fichte) in der Zeit von 1992-2006 haben sich die Stickstoffvorräte auf Profilebene im Zeitraum von der BZE I zur BZE II insgesamt tendenziell verringert. Stoffbilanzierungsansätze ergeben Hinweise, dass in den meisten hessischen Waldökosystemen eine erhöhte Stickstoffaufnahme durch die oberirdische Biomasse stattfindet bzw. auch relevante Lachgasemissionen ( $N_2O$ ) aus den Waldböden wahrscheinlich sind.

## Waldernährung

Hauptbaumart in Hessen ist die Buche, sie nimmt 31 % der Waldfläche ein. Bei der Buche sind in der BZE II-Stichprobe Ernährungsdefizite besonders häufig festgestellt worden. Ein Großteil der Buchenbestände weist substratübergreifend (latenten) Phosphormangel auf. Zusätzlich besteht eine angespannte Schwefelernährungssituation und an einem Drittel der BZE II-Buchenpunkte ist die Versorgung mit Kalium und/oder Magnesium unzureichend. Die Stickstoffquotienten zeigen, dass disharmonische Elementverhältnisse weit verbreitet sind. Hinzu kommt, dass im Intensiven Monitoring für die Buche eine Abnahme für alle Hauptnährelemente (Ausnahme: Stickstoff) festzustellen ist.



BZE-Grauwacke-Profil am östlichen Rand des Rothaargebirges

Foto: H. Kasel



Bodenprobenahme an einer Profilwand

Foto: H. Kasel

Für die Fichte, Kiefer und Eiche ist die Ernährungssituation wesentlich entspannter. 33 % (Fichte), 36 % (Kiefer) und 41 % (Eiche) der BZE II-Punkte sind ohne (latenten) Mangel an Hauptnährelementen und weisen harmonische Stickstoffquotienten auf.

Der Vergleich gekalkter und ungekalkter BZE II-Punkte zeigt eine verbesserte Ernährungssituation durch die Bodenschutzkalkung für Calcium (Eiche), Magnesium (Buche und Eiche) sowie Phosphor (Kiefer). Die Schwefelgehalte in Buchenblättern und die Eisengehalte in Fichtennadeln sind dagegen an den gekalkten BZE II-Punkten geringer als an den ungekalkten.

Die hohen Stickstoffgehalte in den Nadeln und Blättern aller vier Baumarten auf allen Substraten zeigen den Einfluss anthropogener Stickstoffeinträge in die Wälder.

## Bodenvegetation

Die direkte Verbindung der BZE II-Vegetationsdaten mit den auf Stichprobenpunkten erhobenen bodenchemischen Kenngrößen ermöglichte Analysen zu den Zusammenhängen zwischen der Pflanzenartenzusammensetzung der Waldbestände und dem Bodenzustand ( $pH(H_2O)$ ), der Basensättigung und den C/N-Verhältnissen sowie zu den austauschbaren Vorräten der basischen Kationen Calcium, Magnesium und Kalium jeweils bezogen auf den mineralischen Oberboden in 0-5 cm Bodentiefe. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse konnten Zeigerarten identifiziert werden, die operationale Hilfestellungen für die Trophieabschätzung hessischer Waldstandorte ermöglichen.

## Standortskartierung

Bodenchemische Analysen sind von besonderer Wichtigkeit für eine differenzierte Standortdiagnostik. Sie können die Nährstoffeinschätzung der Standortskartierung präzisieren, um das standörtliche Potenzial einzelner Standorte besser abschätzen zu können. Dadurch lassen sich forstliche Maßnahmen (u. a. Baumartenwahl, Waldkalkungen und Vollbaumnutzungen) näher am Standortpotenzial orientieren und nachhaltiger ausrichten.