

Vorschlag zur Anpassung der Forstlichen Wuchsregionengliederung Deutschlands an das Nutzungspotenzial der Böden

(Mit 6 Abbildungen und 3 Tabellen)

E. KOLB^{1),*} und A. GÖTTLEIN¹⁾

(Angenommen April 2014)

SCHLAGWÖRTER – KEY WORDS

Waldökologische Naturraumgliederung; Wuchsregion; Wuchslandschaft; Wuchsbezirk; Nachhaltigkeit; Nährstoffe; Nutzungsintensität.

Forest ecological region; forest ecological landscape; forest ecological domain; classification; sustainability; nutrients; intensity of usage.

1. EINFÜHRUNG

Mit der Karte von GAUER und ALDINGER (2005) steht für die forstliche Standortkunde erstmals ein GIS-Datensatz zur Verfügung, der die waldökologischen Naturraumeinheiten Deutschlands einheitlich darstellt. Eine überarbeitete Form von Kroihner et al. wird seit 2012 auch vom von-Thünen-Institut bereitgestellt. Um einen Überblick über die 82 Wuchsgebiete und 608 Wuchsbezirke Deutschlands zu behalten, gab es verschiedene differenzierte Ansätze diese zusammenzufassen. Die Aggregierung in sieben Großlandschaften nach GAUER und ALDINGER (2005) ist sehr übersichtlich fasst aber sehr unterschiedliche Böden und Bodenlandschaften zusammen. Die differenzierte Wuchsregionengliederung in achtzehn Einheiten nach WOLFF und BARITZ (1999) kann aufgrund ihrer höheren Auflösung besser unterschiedliche Böden und Bodengesellschaften darstellen. Wir haben sie daher als Grundlage unserer Wuchsregionengliederung ausgewählt. Sie soll eine statistische Auswertung deutschlandweit erhobener bodenkundlicher Daten erleichtern, wie z.B. der BZE II-Erhebungen. Im folgenden wird eine hierarchische Gliederung vorgestellt, die auf zwei Ebenen 18 Wuchsregionen bzw. 9 Wuchslandschaften differenziert. Jede dieser Wuchsregionen fasst Wuchsbezirke mit pedologisch vergleichbarem Wuchspotenzial zusammen, wobei die Klassifizierung vor allem hinsichtlich nährstoffnachhaltiger Nutzung bei einer Nutzungsintensität „Derbholz mit Rinde“ erfolgte.

2. DATENGRUNDLAGEN

Als Datengrundlage diente die Bodenübersichtskarte 1:1.000.000 der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, die Wuchsbezirksgliederung von KROIHER et al. (2012), die Wuchsregionengliederung nach WOLFF

und BARITZ (1999) und ein Walddatensatz der CORINE-Daten der European Environment Agency (EEA).

3. ERSTELLUNG DER HINSICHTLICH NÄHRSTOFFNACHHALTIGKEIT DER WALDNUTZUNG EINGEWERTETEN BODENKARTE

Die Einwertung dieser Bodenkarte 1:1.000.000 erfolgte ursprünglich mit dem Ziel das Nutzungspotenzial von Landschaften in Deutschland unter der Prämisse einer nährstoffnachhaltigen Nutzung in Kartenform darzustellen. Die Einwertung wird in KOLB und GÖTTLEIN (2012) ausführlich erklärt. Dabei fielen uns Ungereimtheiten in der Wuchsregionengliederung auf, die mit der hier vorgestellten modifizierten Forstlichen Wuchsregionengliederung vermieden werden sollen.

Die Bodenkarte 1:1.000.000 ist die zur Zeit detaillierteste flächendeckende Bodenkarte Deutschlands. Ihre 72 Bodeneinheiten wurden bezüglich ihres nährstoffnachhaltigen Nutzungspotenzials, ohne künstliche Nährstoffzufuhr bewertet. Als Maß diente hierfür das gutachterlich eingeschätzte Nährstoffnachlieferungsvermögen für

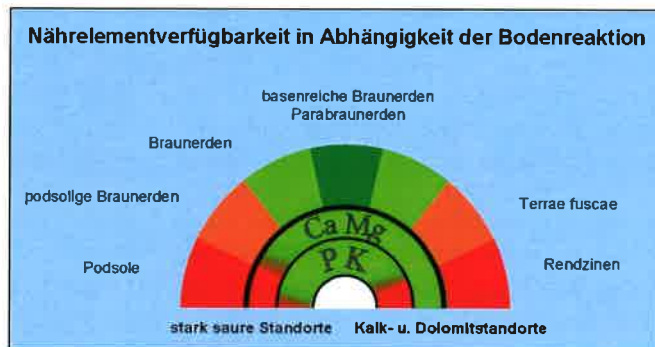


Abb. 1

Nährstoffverfügbarkeit in Abhängigkeit der Bodenreaktion bzw. des Bodentyps. Die Verfügbarkeit an Calcium und Magnesium ist häufig im sauren Milieu, die von Phosphor und Kalium auch auf Kalkstandorten knapp. Der äußere Halbkreis stellt einerseits die Farbcodierung der bewerteten Bodenkarte aus *Abbildung 2* und andererseits die Empfindlichkeit der Bodentypen bezüglich eines C-Entzugs durch Holzernte dar (KOLB, GÖTTLEIN, 2012).

Nutrient availability in dependence of soil reaction respectively soil type. The availability of calcium and magnesium often is poor under acidic soil reaction, phosphorus and potassium also for calcareous soils. The outer semicircle demonstrates on the one hand the colour code of the evaluated soil map in *figure 2* and on the other hand the sensitivity of soil types related to the C-removal with respect to timber logging (KOLB, GÖTTLEIN, 2012).

¹⁾ H. C. v. Carlowitz-Platz 2, D-85354 Freising, Fachgebiet Waldernährung und Wasserhaushalt der TU München.

^{*} Korrespondierender Autor: ECKART KOLB.
E-Mail: kolb@wzw.tum.de

Tab. 1

Einwertungsklassen der Bodentypen (KOLB, GÖTTLEIN, 2012).
Die Legendennummern entsprechen den Legendeneinheiten der Bodenübersichtskarte
1:1.000.000 der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

Classification of the soil types (KOLB, GÖTTLEIN, 2012).
The legend numbers correspond to the legend units of the overview soil map of Germany at scale
1:1.000.000 from the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources.

Einwertung	Beispiele	Legendennummern BÜK 1000
unkritisch	Tschernoseme; lehmig-tonige Parabraunerden und Auenböden; mittel- bis tiefgründige Braunerden aus carbonatischen oder basaltischen Ausgangsgesteinen	1, 16, 17, 31, 33, 34, 57, 60, 63, 67, 69
ausreichend	sandige Parabraunerden und Auenböden; mittel- bis tiefgründige Braunerden mit Lößbeimengungen	12, 25, 28, 29, 55, 56, 58, 59, 61, 62, 64, 65, 68
kritisch	Podsolige oder pseudovergleyte Braunerden; häufig aus sauerquarzitischen Ausgangsgesteinen; montan-subalpine Carbonatverwitterungsböden der Alpen,	10, 11, 18, 22, 26, 27, 30, 32, 45, 46, 49, 54, 66
sehr kritisch	Podsole bis Podsol-Braunerden; alpine Rohböden	8, 9, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 23, 24, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 47, 48, 50, 51, 52, 53
nicht bewertet	Marschen; Nieder- und Hochmoore; technogen gestaltete Böden; versiegelte Flächen; Gewässerböden	2, 3, 4, 5, 6, 7, 70, 71, 72

die Makronährstoffe Calcium, Magnesium, Kalium und Phosphor (Abbildung 1). Die Mikronährstoffe wurden nur nachrangig behandelt, da deren Nachlieferung nur in geringem Maß von den tatsächlichen Vorräten, sondern stärker durch ihre Verfügbarkeit gesteuert werden. Die Stickstoffverfügbarkeit wurde nicht weiter berücksichtigt. Bei einem Eintrag in Deutschland zwischen 20 und 80 kg/ha*a⁻¹ (MELLERT, 2010) müssen wir auch bei intensiver Nutzung nicht mit einer Stickstofflimitierung von Waldstandorten rechnen.

Da die Bodentypen, auf denen Waldbestände besonders empfindlich auf Nährstoffentzüge reagieren oft auch diejenigen sind, die durch mächtige Humusauflegehorizonte charakterisiert sind, wird durch das angewendete Bewertungsschema gleichzeitig die Empfindlichkeit der Bodentypen bezüglich starkem C-Entzug durch Holzernte mit bewertet (CHRISTOPHEL et al., 2013). So haben die Humusaufgaben bei Podsolon auf der sauren Seite sowie bei Rendzinen und Fels- bzw. Skeletthumusböden auf der Karbonatseite eine wesentliche Funktion für die Nährstoff- und Wasserversorgung der Waldbestände. Im Falle der Fels- bzw. Skeletthumusböden bilden sie sogar das alleinige Substrat zum Wachsen.

Die Zuordnung der Bodeneinheiten der BÜK 1000 zu den vier Nachhaltigkeitsklassen kann in Tabelle 1 eingesehen werden.

Es handelt sich damit insgesamt um eine integrierte Bewertung aller Nährstoffe und nicht von Einzelnährstoffen. Auf dieser Skalenebene unterscheiden wir auch nicht zwischen austauschbaren oder Gesamtverräten.

Trotz der Betonung der Böden als wichtigste Komponente der Naturreaumgliederung wird auch das Klima, wenn auch nur indirekt in der Gliederung berücksichtigt. Um den hypsometrischen Klimagradient zu berücksichtigen, wurde die bisherige Unterscheidung in Flach-, Hügel- bis Berg- und Hochgebirgslandschaften beibehalten. Vor allem die beiden „Wuchsregionen“ der Flusstäler unterscheiden sich mehr durch ihr klimagesteuertes Abflussregime als durch die Herkunft der Bodensedimente.

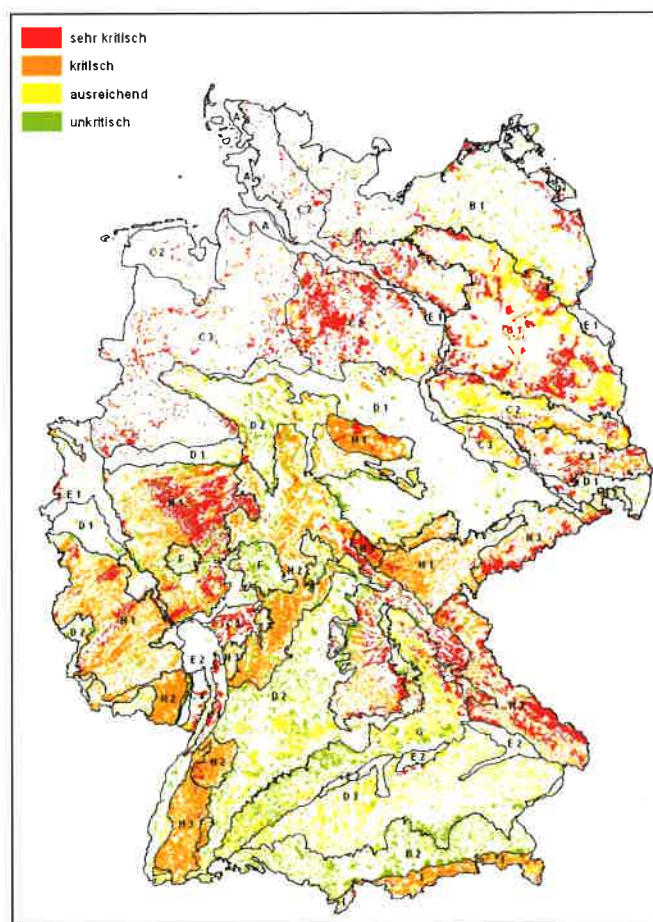


Abb. 2

Bewertete Waldflächen innerhalb der modifizierten Wuchsregionengliederung. Legende der Wuchsregionen siehe Tabelle 1. Aus Daten der © Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover 1998 und CORINE Land Cover Daten der European Environmental Agency, 2006.

Evaluated forested areas within the modified forest ecological regions. For the legend see table 1. Datas from the © Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Federal Institute for Geosciences and Natural Resources), Hannover 1998 and CORINE land cover data from the European Environmental Agency, 2006.

4. VERSCHNEIDUNG MIT WALDFLÄCHEN

Die Bewertungen werden bewusst auf Wälder fokussiert, da die landwirtschaftlichen Flächen oft verändert wurden und aufgrund der in der landwirtschaftlichen Praxis üblichen Düngung eine Bewertung der Nutzung, die nur auf bodenbürtigen und atmosphärischen Nach-

lieferung aufbaut, nur untergeordnet und dann v.a. für die extensiven Nutzungsformen von Bedeutung wäre. Eine vergleichbare landwirtschaftliche Karte müsste daher eher die Düngedürftigkeit berücksichtigen.

Die in den Farben rot, orange, gelb und grün eingefärbte Bodenkarte wurde daher mit einem Waldlayer

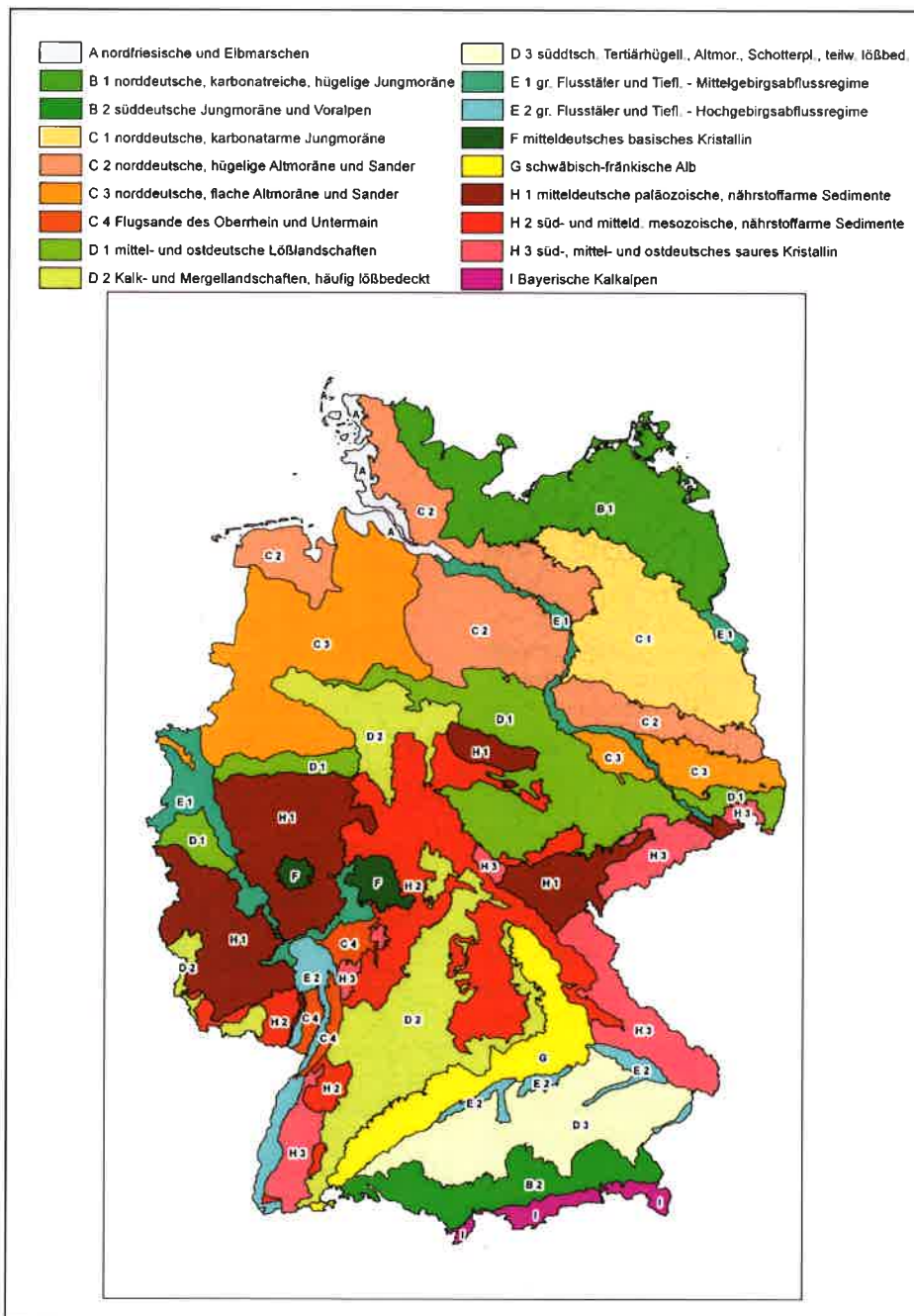


Abb. 3

Darstellung der aus Wuchsbezirken zusammengesetzten modifizierten Wuchsregionen. Die Farben wurden so gewählt, dass die modifizierten Wuchsräume mit Dominanz ungünstig bewerteter Böden durch Mischfarben mit Rot, die Günstigen durch Gelb- und Grünfarben dargestellt sind.

Presentation of the modified forest ecological regions, assembled from forest ecological domains. The colours are mixed colours with red, if the modified forest ecological region is dominated by inappropriate evaluated soils or mixed with yellow or green if they are evaluated positively.

verschnitten, der aus den CORINE Land Cover Daten entnommen wurde. Das Ergebnis ist in *Abbildung 2* dargestellt. Die darüberliegenden Polygone sind die Grenzen der modifizierten Wuchsregionen. Die nicht eingefärbten Flächen sind meist Acker- oder Grünland, seltener besiedelte Flächen und Moore. Daher sind auch die weißen Flächen zu einem großen Teil fruchtbar.

5. ERSTELLUNG DER WUCHSREGIONEN-KARTE

In einem weiteren Schritt wurde die klassifizierte Bodenkarte mit den Polygonen der Wuchsbezirke nach KROEHER et al. (2012) verschnitten und neu aggregiert. Um das Wuchsregionenkonzept weitest möglich zu erhalten wurden die nicht eindeutigen Fälle immer so entschieden, dass die ursprüngliche Wuchsregionengliederung erhalten bleibt. Umgekehrt ausgedrückt führten nur deutliche Abweichungen bzw. Heterogenitäten bezüglich der eingewerteten Bodenkarte zur Umgruppierung eines Wuchsbezirks. Es soll an dieser Stelle noch einmal betont werden, dass die Geometrie der Wuchsbezirke oder Teilwuchsbezirke nicht verändert wurde. Hierdurch wird gewährleistet, dass die Kompetenz der Standortskundler, die zur Ausscheidung der Wuchsbezirke geführt hat, vollständig übernommen wurde.

Da es sich um eine Weiterentwicklung handeln wollen wir den Begriff Wuchsregionen beibehalten, da wir das bestehende System lediglich modifizieren.

Ein wesentlicher Unterschied unseres Ansatzes besteht also darin, dass wir Wuchsbezirke neu zusammensetzen und nicht Wuchsgebiete. Die Wuchsgebietsebene wird dabei übersprungen. Wie auch im traditionellen Wuchsregionenkonzept, wird hier mit Expertenwissen gearbeitet und mit den nachvollziehbaren Kriterien der eingefärbten Bodenkarte die Aggregation der Wuchsbezirke festgelegt.

Die Eingruppierung war immer dann einfach, wenn Wuchsbezirke in sich bodenkundlich relativ homogen waren. Waren diese in sich sehr heterogen – beispielsweise Böden aus kleinen Lößarealen zwischen Böden aus sauren Silikatgesteinen oder Böden aus Sandern zwischen Böden aus lehmigen Moränen – konnten wir diese Heterogenität nicht verringern, da wir keine Wuchsbezirke verändert haben. Die Neugliederung stellt deshalb auch keine Verfeinerung des Systems dar, sie ist lediglich eine Umsortierung.

Ein Beispiel in dem bisher eher gegensätzlich bewertete Einheiten – kritisch neben unkritisch – großflächig nebeneinander stehen ist die Wuchsregion „Vogelsberg, Odenwald, Spessart“. Hier sind bislang die als vorwiegend kritisch eingestufteten Buntsandsteinböden des Odenwalds und Spessarts mit den als unkritisch eingewerteten Basaltböden des Vogelbergs vereint. (*Abbildung 4*).

Auch die bisherige Wuchsregion Alpenvorland zeichnet sich durch die als unkritisch bewerteten Jungmoränen Baden-Württembergs und den als ausreichend bewerteten Böden der Schotterebenen, Schotterterrassen und des Tertiärhügellands aus. Die fruchtbaren

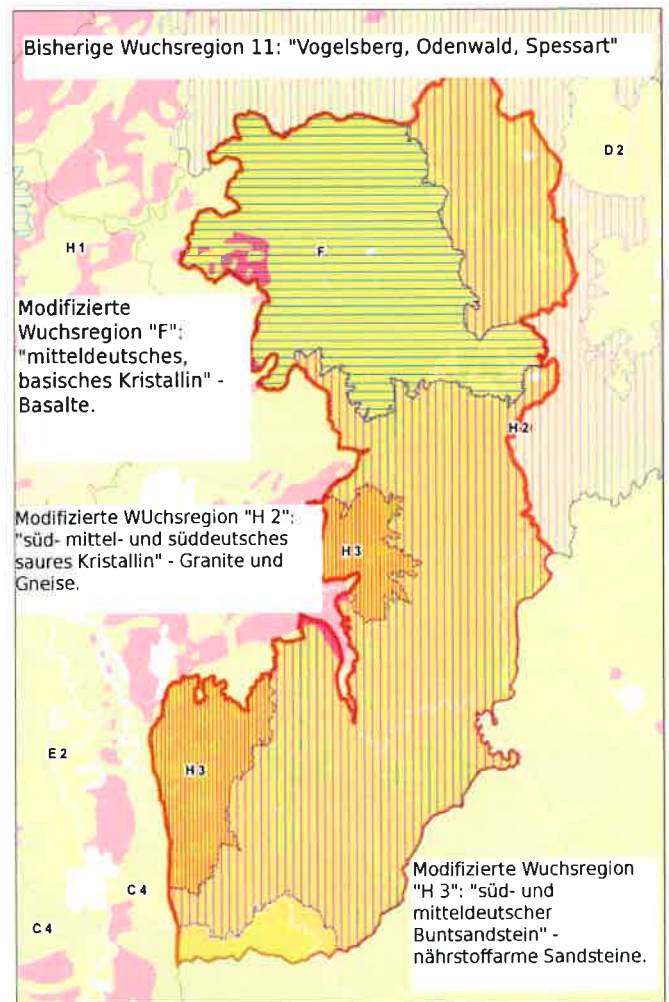


Abb. 4

In den Wuchsregionen nach WOLFF und BARITZ (1999) werden in Einzelfällen Bodengesellschaften zusammengefasst, die sich deutlich hinsichtlich ihrer nachhaltigen Nutzungsmöglichkeiten unterscheiden. Beispiel: Wuchsregion 11 „Vogelsberg, Odenwald, Spessart“, die hier rot umrandet ist. Diese wurde nun zerlegt in eine Wuchsregion mit basischen Kristallingesteinen „F“, hier waagrecht gestreift und eine Region mit sauer verwitternden Gesteinen, hier senkrecht gestreift, die wiederum in eine Region mit Buntsandsteinen „H 2“ und sauren Kristallingesteinen „H 3“ differenziert wird.

Within particular forest ecological regions after WOLFF and BARITZ (1998) soil associations are comprised, which differ markedly with respect to their for usage.

For example: Forest ecological region 11 „Vogelsberg, Odenwald, Spessart“ with the red border line. It was now separated in a forest ecological region with basic crystalline rock „F“, here horizontally striped and a region with acidic weathering rocks, here vertically striped, which are differentiated in a region with poor sandstones (Buntsandstein) „H 2“ and with acidic crystalline rocks „H 3“.

Jungmoränen in Baden-Württemberg könnten zwanglos den Jungmoränen Bayerns zugeordnet werden. Außerdem wird im Wuchsregionenkonzept nach WOLFF und BARITZ (1999) der Begriff Alpenvorland in Bayern auch für das Tertiärhügelland verwendet. Dies ist vermutlich der Großregionengliederung Deutschlands (Bundesanstalt für Landeskunde, 1953) entlehnt. Das Tertiärhügelland ist jedoch schon so weit von den Alpen ent-

fernt, dass dieser Begriff in Bayern so nicht verwendet wird.

Die überarbeitete Wuchsregionengliederung wurde v.a. mit petrologischen oder geologisch-stratigrafischen Begriffen benannt, da hierdurch einerseits bodengenետische Entwicklungsreihen charakterisiert werden können und andererseits die Böden als Bodenform, d.h. mit geologischen Ausgangsgestein besser charakterisiert sind.

In einem zweiten Aggregierungsschritt wurden die modifizierten 18 Wuchsregionen zu 9 Wuchslandschaften vereint. Der Begriff „Landschaft“ passt nach der KA5, S. 327 nicht zum Aggregierungskonzept von Kartiereinheiten, da hier „landschaften“ eine geringere Aggregierung als „regionen“ haben sollen. Da der Begriff Wuchsregion schon etabliert ist, gäbe es nach dieser Gliederung keinen weiteren Begriff mehr um stärker aggregierte Einheiten zu benennen. Wir lehnen uns daher auf den „Landschaftsbegriff“ der waldökologischen Naturraumgliederung Deutschlands nach GAUER und ALDINGER (2005) an, die den Begriff „Großlandschaften“ für die Aggregierung ihrer Wuchsregionen benutzt haben.

Zusammengefasst beruht unser Vorgehen darauf, dass zwei Expertensysteme, die Bodenübersichtskarte und die Wuchsbezirksgliederung, mit einem dritten Expertensystem verschnitten werden. Dieses dritte Expertenwissen liegt in der Wahl der vier Klassen zur Nährstoffnachhaltigkeit, der Festlegung der Klassengrenzen bei der Einwertung der Bodenkarte und in der Neuordnung der Wuchsbezirke direkt in die Wuchsregionen, mit überspringen der Wuchsgebietsebene. Dieses Vorgehen ist transparent und nachvollziehbar und kann bei Bedarf auch abgeändert werden.

6. DURCHGEFÜHRTE VERÄNDERUNGEN DER WUCHSREGIONEN

Die folgenden Punkte erklären summarisch die Änderungen der Wuchsregionen und können übersprungen werden, wenn nur das Gesamtergebnis von Interesse ist.

- Die nordfriesischen und Elbmarschen werden der Vollständigkeit halber aufgeführt – die bewaldete Fläche beträgt dort jedoch nur 6 km. Tatsächlich sind die Marschen weiter verbreitet. Da die ostfriesischen Marschen nicht als eigener Wuchsbezirk ausgegliedert wurden, konnten sie jedoch ohne Teilung von Wuchsbezirken nicht dargestellt werden.

- Die norddeutsche Jungmoräne wurde zwei-geteilt, da sich die älteren Stadien, v.a. Brandenburger und Frankfurter Stadium, durch deutlich karbonatärmere und flachere Moränen auszeichnen als die des Pommerischen Stadiums.

- Die norddeutschen, karbonatreichen Jungmoränen stehen bezüglich ihres Karbonatgehalts, ihrer Entkalkungstiefe aber auch im Anteil an Böden mit ausreichender Nährstoffnachlieferung zwischen den norddeutschen Altmoränen und den süddeutschen Jungmoränen. Sie werden in der Übersichtsgliederung mit der Wuchsregion „Süddeutsche Jungmoräne und Voralpen“ zur Wuchslandschaft „karbonatreiche Jungmoränen“ zusammengefasst.

- Die Voralpen wurden von den Alpen abgetrennt und mit den Jungmoränen zusammengefasst, weil v.a. aus den Mergeln des Flysch, aber auch der Molasse fruchtbarere Böden entstehen als aus den meisten kalkalpinen Substraten.

- Die Altmoränen Norddeutschlands wurden in die jüngere und hügeligere Region des Warthe-Stadiums und die ältere und flachere Region des Drenthe- bzw. Elster-Stadiums getrennt.

- Die Flugsandgebiete des Oberrhein und Mains wurden als eigene Wuchsregion ausgeschieden und auf der Wuchslandschaftsebene mit den karbonatarmen Moränen und Sandern zusammengefasst.

- Die mittel- und ostdeutschen Lößlandschaften liegen größtenteils auf Altmoränenlandschaften, wurden aber von diesen getrennt, da die Fruchtbarkeit der Böden sich deutlich unterscheidet.

- Die häufig lößbedeckten Kalk- und Mergellandschaften v.a. aus mesozoischen Gesteinen wurden zusammengefasst.

- Das nur teilweise lößbedeckte süddeutsche Tertiärhügelland und die Schotterplatten konnten nicht von den Altmoränen getrennt werden, da für letztere keine eigenen Wuchsbezirke ausgeschieden wurden. Obwohl es von der Namensgebung passen würde diese Altmoränen zu den karbonatarmen Moränen, Sandern und Flugsandern zu stellen, ist diese Nichtabtrennung durch die Experten, die die Wuchsbezirksgliederung in Bayern durchgeführt haben nachvollziehbar. So handelt es sich meist um schluffig-lehmige Parabraunerden, die meist fruchtbarer sind als die häufigen Braunerden, Podsol-Braunerden und Podsole der norddeutschen Altmoränengebiete.

- Die Flusstäler wurden in Hochgebirgs- und Mittelgebirgsabflussregime getrennt, da dieses die forstliche Nutzung stark beeinflusst. So sind die Flüsse mit Hochgebirgsabflussregime deutlich stärker bewaldet, da die im Jahresverlauf späteren Hochwässer im Sommer eine landwirtschaftliche Nutzung erschweren. Der höhere Anteil kritischer Böden der Flüsse mit Mittelgebirgsregime liegt teilweise an den stark zur Podsolierung neigenden sandigen Substraten in Norddeutschland sowie an den relativ unfruchtbaren Böden aus dem Gestein des Rheinischen Schiefergebirges am Mittelrhein. Hier greift der betreffende Wuchsbezirk weit über die kaum ausgeprägte Aue hinaus. Da wir an den Wuchsbezirken keine Änderungen vornehmen wollten, ist dies ein Artefakt.

- Die Wuchsregion Schwäbisch-Fränkische Alb blieb erhalten d.h. wurde nicht mit den Kalk- und Mergellandschaften zusammengefasst, um der, nach der Bodenübersichtskarte, anderen Bodenentwicklung Rechnung zu tragen. Die Böden sind hier stärker durch rendzinoide Bodenentwicklungen bis hin zu den ausgeprägteren Residualtonbildungen der Terra fusca charakterisiert.

- Die eher geographischen geprägten Wuchsgebiets-Einheiten vieler Mittelgebirge wurden aufgeteilt um die deutlichen Unterschiede der Fruchtbarkeit der Böden in diesen Landschaften zu berücksichtigen. Die Buntsandstein-Rhön wurde mit den Buntsandsteinlandschaften von Spessart und Odenwald zusammen gefasst. Zusammengefasst.

Tab. 2

Gliederung der Wuchsregionen und Wuchslandschaften.
Growth regions and forest ecological landscapes.

Kürzel	Wuchsregion	Wuchslandschaft
A	nordfriesische und Elbmarschen	Marschen
B 1	norddeutsche, karbonatreiche, hügelige Jungmoräne	karbonatreiche Moränen und Voralpen
B 2	süddeutsche Jungmoräne und Voralpen	
C 1	norddeutsche, karbonatarmer Jungmoräne	karbonatarmer Moränen, Sander und Flugsande
C 2	norddeutsche, hügelige Altmoräne und Sander	
C 3	norddeutsche, flache Altmoräne und Sander	
C 4	Flugsande des Oberrhein und Untermain	
D 1	mittel- und ostdeutsche Lößlandschaften	lößgeprägte Landschaften
D 2	Kalk- und Mergellandschaften, häufig lößbedeckt	
D 3	süddeutsches Tertiärhügelland mit Altmoränen und Schotterplatten, teilweise lößbedeckt	
E 1	große Flusstäler und angrenzende Tiefländer - Mittelgebirgsabflussregime	große Flusstäler und angrenzende Tiefländer
E 2	große Flusstäler und angrenzende Tiefländer - Hochgebirgsabflussregime	
F	mitteldeutsches basisches Kristallin	basisches Kristallin
G	schwäbisch-fränkische Alb	Alb
H 1	mitteldeutsche, nährstoffarme, paläozoische Sedimente	nährstoffarme Festgesteinssedimente und saures Kristallin
H 2	süd- und mitteldeutsche, nährstoffarme, mesozoische Sedimente	
H 3	süd-, mittel- und ostdeutsches saures Kristallin	
I	Bayerische Kalkalpen	Kalkalpen

men mit den Sandsteinen v.a. des Keupers und der Kreide bilden sie nun eine Wuchsregion. Die vulkanische Rhön mit ihren eutrophen Braunerden wurde dagegen mit dem Vogelsberg in eine eigene Einheit zusammengefasst. Die durch Granite und Gneise geprägten Grundgebirgsgebiete von Schwarzwald, Odenwald und Spessart bilden zusammen mit dem Bayerischen und Oberpfälzer Wald, dem Fichtelgebirge und dem Erzgebirge eine Einheit, die durch saure Kristallingesteine geprägt ist. Eine weitere Wuchsregion bilden die tendenziell nährstoffarmen Landschaften mit paläozoischen Sedimenten, wie dem Rheinisches Schiefergebirge, Harz, Thüringer Gebirge, Frankenwald oder Vogtland.

- Die bisherige Wuchsregion „Alpenvorland“ wurde getrennt einerseits in die deutlich fruchtbareren Jungmoränenlandschaften und Molasse- und Flysch-Voralpen sowie andererseits in die etwas weniger fruchtbaren Landschaften Tertiärhügelland, Altmoränen und Schotterplatten. Unabhängig von dieser Trennung ist der Begriff Alpenvorland für diesen Großraum nur für den Baden-Württembergischen Teil geeignet, da in Bayern schon ab München und erst recht nicht im Tertiärhügelland oder den Niederbayerischen Gäulandschaften aufgrund der großen räumlichen Distanz von „Alpenvorland“ gesprochen werden kann.

- Da die Jungmoränen mit den Voralpen zusammengefasst und dadurch von den Kalkalpen getrennt wur-

den bilden letztere jetzt als eigene Wuchsregion die Bayerischen Kalkalpen.

7. AGGREGIERUNG ZU WUCHSLANDSCHAFTEN

Auch dieses Kapitel kann übersprungen werden, wenn nur das Gesamtergebnis interessiert, welches in *Tabelle 2* und *Abbildung 5* dargestellt ist.

- Die 18 Wuchsregionen konnten zu 9 Wuchslandschaften aggregiert werden.

- Hierbei wurden die karbonatreichen Jungmoränen Nord- und Süddeutschlands, sowie die Voralpen aggregiert. Sie zeichnen sich durch Festgesteins- und Moränenmergel aus.

- Die karbonatarmer Moränen Norddeutschlands, sowie die räumlich oft eng verzahnten Sanderflächen und die süddeutschen Flugsandgebiete sind durch sandige und rasch versauernde Bodenentwicklungen charakterisiert.

- Innerhalb der lößgeprägten Landschaften nimmt der Lößeinfluß von den mittel- und ostdeutschen Börden zum süddeutschen Tertiärhügelland ab. Die Alb wurde nicht in die lößgeprägten Landschaften aufgenommen, da ihre Böden sich dann doch zu stark von den Börden der Börden unterscheiden, obwohl auch sie noch Löß beeinflusst sind. Die Bodenentwicklungen zeigen sich

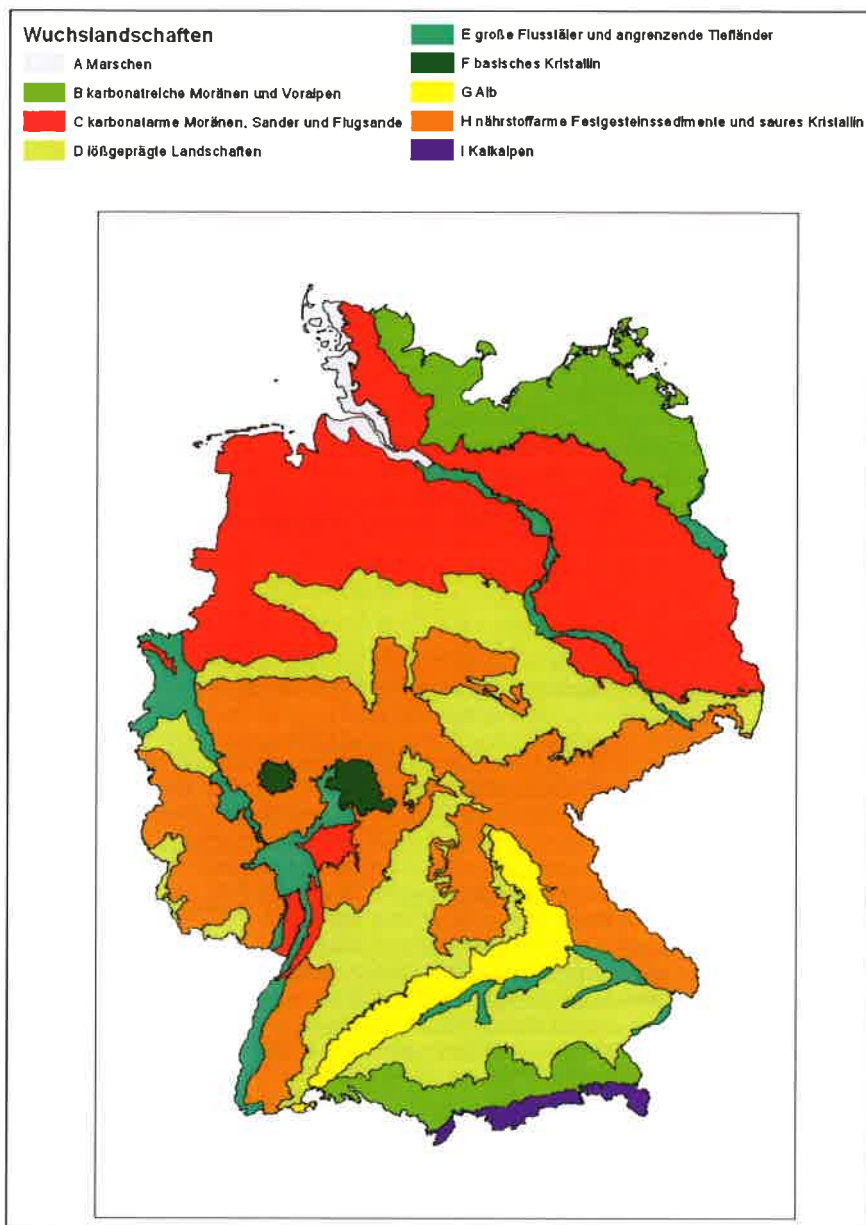


Abb. 5

Darstellung der neun Wuchslandschaften.

Die Wuchslandschaften die viele Bodeneinheiten beinhalten, die bezüglich einer weiteren Nutzungsintensivierung empfindlicher reagieren, sind in rötlichen Farben markiert, solche die dies eher zulassen mit grünlichen Farben.

Presentation of the nine forest ecological landscapes.

The forest ecological landscapes which comprise many soil units reacting sensitiv to intensification of use are marked with reddish colours, those allowing this have greenish colours.

hier wieder einmal als guter integrierender Zeiger für Geologie, Klima und Relief. Der geringe Anteil nicht gefärbter Flächen, d.h. der ackerbaulich und grünlandwirtschaftlich genutzten Flächen ist im Bereich der Alb deutlich geringer als in den stärker lößgeprägten Wuchslandschaften.

• Die Zusammenfassung der Flusslandschaften ist naheliegend und selbsterklärend.

• Die Wuchslandschaft „nährstoffarme Festgesteinsedimente und saures Kristallin“ fasst die Landschaften mit tendenziell zu rascher Versauerung neigenden Böden zusammen. Sie haben daher in ihrem Potenzial zur Nährstoffnachhaltigkeit oder etwas unschärfer formuliert in ihrer Fruchtbarkeit Ähnlichkeit zur Wuchslandschaft der karbonatarmen Moränen, Sander und Flugsande. Im Unterschieden zu diesen dominieren hier

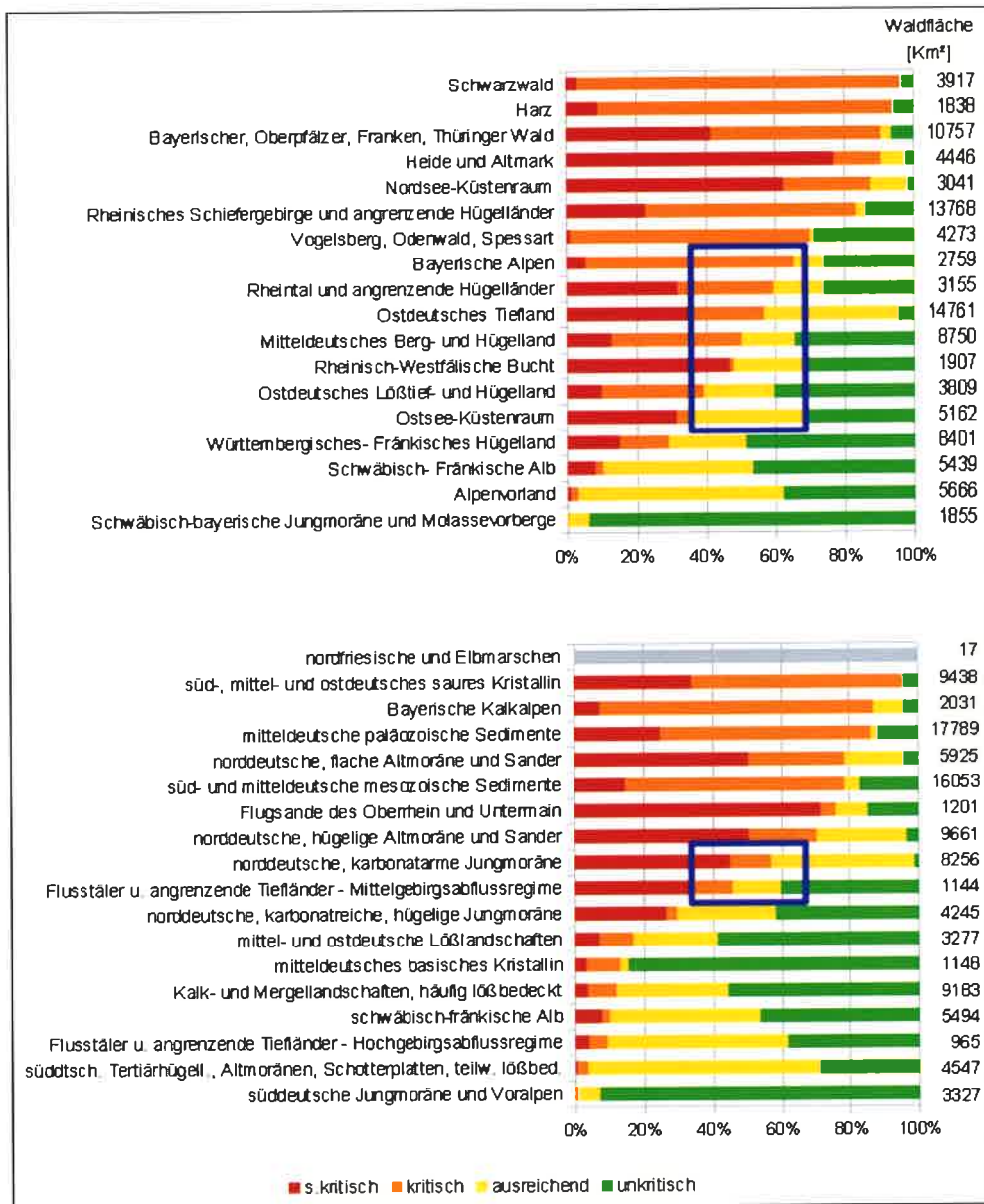


Abb. 6

Vergleich der bisherigen Wuchsregionengliederung (oben) und der modifizierten Gliederung (unten). Die Wuchsregionen sind jeweils nach abnehmenden prozentualen Anteilen von sehr kritischen und kritisch bewerteten Waldböden sortiert. Die rechte Zahlenkolonne gibt die absolute Waldfläche in km² der bewerteten Fläche wieder. Die Wuchsregionen, die bezüglich ihrer Bewertung sehr heterogen sind, sind durch blaue Rahmen markiert.

Comparison of the existing classification of forest ecological regions (above) and the modified one (below). The regions are sorted according to decreasing percentage of critical or very critical evaluated soils under forest vegetation. The right column gives the absolute forested area in km² of the evaluated area. The forest ecological regions which are very inhomogenous with respect to their evaluation are marked with a blue frame.

Bodenentwicklungen aus Festgesteinen bzw. der *in situ* entstandenen Hangschutte.

8. DARSTELLUNG DER WUCHSREGIONEN UND WUCHSLANDSCHAFTEN ALS KARTE

Die Farben der Wuchslandschaften sind so gewählt, dass grob die Tendenz des Nährstoffnachlieferungsvermögens vieler Böden in diesen Landschaften angezeigt wird.

So wurden Rotfarben für die Wuchslandschaften „karbonatarme Moränen, Sander und Flugsande“, „nährstoffarme Festgesteinsedimente und saures Kristallin“ sowie für „Kalkalpen“ gewählt. Sie zeichnen sich durch tendenziell weniger fruchtbare Böden aus. Die Auswahl der Rotfarben – Rot, Orange und Violett – soll jedoch keine Reihung darstellen.

Grünfarben wurden für die Wuchslandschaften verwendet, die tendenziell fruchtbarer sind. Das sind zum

einen „karbonatreiche Moränen und Voralpen“, „lößgeprägte Landschaften“, „große Flusstäler und angrenzende Tiefländer“ und „basisches Kristallin“. Auch hier soll die Grünqualität keine Reihung darstellen. Einzig die Blaukomponente im Türkis soll die große Bedeutung des Wassers für die Wuchslandschaft „große Flusstäler und angrenzende Tiefländer“ unterstreichen. Das Gelb der Alb stellt ihren mittleren Charakter zwischen den weniger und rotgefärbten und den fruchtbaren und grüngefärbten Landschaften dar. Die auf den ersten Blick scheinbar abweichende Situation in der Wuchsregion „süddeutsches Tertiärhügelland mit Altmoränen und Schotterplatten, teilweise lößbedeckt“ – sie wirkt in *Abbildung 2* im Gesamteindruck gelber als die Wuchsregion „schwäbisch-fränkische Alb“ – ist ein Artefakt des verwendeten Maßstabs. So wird hier zum einen der kleinräumige Wechsel zwischen den unfruchtbareren Molasseböden und den fruchtbareren Lößböden nur unzureichend differenziert. Ferner werden nahezu alle eindeutig lößbürtigen Böden landwirtschaftlich genutzt weshalb diese optisch mit ihrer weisen Farbe nicht auffallen. Diese Wuchsregion wird daher der Wuchslandschaft „lößgeprägte Landschaften“ und damit auch eine grüne Farbe zugeordnet.

Die Farben der Wuchsregionen stellen Modifikationen der Grundfarben der Wuchslandschaften dar.

9. ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN DER MODIFIZIERTEN WUCHSREGIONENGLIEDERUNG

Originäres Ziel dieser Wuchsregionengliederung für Deutschland ist eine Vereinfachung der Auswertung deutschlandweit erhobener forstlicher Daten. Je stärker der Boden den zu beobachtenden Parameter beeinflusst, desto schlüssiger kann die vorgestellte Gliederung angewendet werden. Die Bodenzustandserhebung wäre die zur Zeit am meisten davon profitierende Datenerhebung.

Abbildung 6 verdeutlicht die Verbesserung der modifizierten Wuchsregionengliederung gegenüber der bisherigen Gliederung. Die modifizierte Wuchsregionengliederung zeigt eine klarere Trennung von Wuchsregionen in solche mit vorwiegend hohen (>66%) bzw. vorwiegend geringen (<33%) Anteilen an Böden mit ausreichendem und gutem bzw. kritischem und sehr kritischem Nährstoffnachlieferungsvermögen. Nach der modifizierten Gliederung zeigen nur 2 Wuchsregionen statt bisher 7 Wuchsregionen eine sehr heterogene Verteilung mit nahezu gleichgroßen Flächenanteilen an sehr kritisch bzw. kritisch bewerteten Böden und ausreichend und gut bewerteten Böden. Berücksichtigt man die Waldflächen der erwähnten Regionen so ist die erreichte Verbesserung noch ausgeprägter, da es sich bei den beiden modi-

Tab. 3

Die Tabelle zeigt die Abstandsmaße der Nachhaltigkeitswerte der bewerteten bisherigen bzw. modifizierten Wuchsregionen sowie die der Großlandschaften aus GAUER und ALDINGER (2005) gegenüber den in dieser Arbeit entwickelten Wuchslandschaften. Als Abstandsmaß wurde die Teststatistik des Chiquadrat-Tests verwendet.

The table gives the distance dimension of the existing and modified forest ecological regions plus the landscape classification (Großlandschaftsgliederung) after GAUER and ALDINGER (2005) compared with the forest ecological landscape classification presented in this paper. As distance dimension the test statistic of the chi-squared-test was used.

Wuchsregion_ alt	Abstände	Wuchsregion_ mod	Abstände	Groß- landschaft	Abstände	Wuchs- landschaft	Abstände
1	1,59	A	3,80	1	8,16	A	3,80
2	20,74	B1	21,49	2	20,48	B	31,04
3	1,49	B2	19,88	3	17,56	C	14,81
4	11,01	C1	15,42	4	11,19	D	50,65
5	15,23	C2	3,29	5	25,27	E	6,14
6	8,13	C3	2,15	6	32,77	F	2,00
7	1,20	C4	0,18	7	1,21	G	9,77
8	3,20	D1	15,76			H	32,92
9	8,22	D2	25,64			I	0,16
10	2,75	D3	14,47	Gesamt	117		151
11	19,29	E1	2,38				
12	6,53	E2	7,18				
13	14,20	F	2,00				
14	7,05	G	9,77				
15	7,14	H1	14,68				
16	30,07	H2	17,84				
17	4,00	H3	11,92				
18	1,21	I	0,16				
Gesamt	163		188				

fizierten Wuchsregionen um 9.400 km² bei den 7 bisherigen Wuchsregionen um 40.302 km² handelt.

Die starke Orientierung der ausgeschiedenen Einheiten an einer nährstoffnachhaltigen Holznutzung ohne Düngung oder Melioration, macht sie auch geeignet für alle extensiven Nutzungsformen von Nichtwäldern. Das können Gebüschgesellschaften, Extensivwiesen und -weiden, Magerrasen, Heiden oder die Schutt- und Felsgesellschaften der Alpen sein. Nur die intensiv ackerbaulich genutzten Flächen sowie die aquatischen Systeme lassen sich mit dieser Gliederung nur bedingt beschreiben. Aus diesen Gründen und auch aufgrund der Tatsache, dass die potentiell natürliche Vegetation Deutschlands v.a. Wälder sind, eignet sich diese forstlich orientierte Wuchsregionengliederung auch als übergeordnetes Gliederungselement der potentiell natürlichen Vegetation Deutschlands.

10. STATISTISCHE AUSWERTUNG

Abbildung 6 zeigt die klarere Trennung von modifizierten Wuchsgebieten dominiert mit sehr kritisch und kritisch bewerteten Böden bzw. solchen mit ausreichend und unkritisch bewerteten Böden.

Als objektives Maß zum Vergleich der Trennung der Gebiete durch den Nachhaltigkeitswert wurde pro Wuchsregion davon ausgegangen, dass gleichverteilt vorkommende Häufigkeiten auf eine zufällige, willkürliche Zuordnung hinweisen und eine starke Abweichung von der Gleichverteilung die Güte der Bewertung betont. Als Abstandsmaß wurde die Teststatistik des Chi-Quadrat-Tests $\chi^2 = \sum((ek - eb)^2 / ek)$ verwendet, in der eb für die beobachteten Häufigkeiten und die ek aus der Gleichverteilungsannahme resultierenden erwarteten Häufigkeiten pro Wuchsregion stehen.

Die jeweils fettgedruckten Summenwerte über alle ausgeschiedenen Regionen oder Landschaften zeigen die Abweichung aller ausgeschiedenen Einheiten verglichen mit einer hypothetischen Gleichverteilung. Der Wert 188 gegenüber 163 in der Regionengliederung bzw. 151 gegenüber 117 in der Landschaftsgliederung gibt einen objektiven Wert für die Erhöhung der Abstände und somit der Verbesserung des Systems.

11. VERGLEICH MIT ANDEREN GLIEDERUNGEN

Die modifizierte Wuchsregionengliederung stellt eine Weiterentwicklung der Wuchsregionengliederung nach WOLFF und BARITZ (1999) dar.

Aufgrund der stärkeren Wichtung der bodenbürtigen Eigenschaften hat die hier vorgestellte modifizierte Wuchsregionengliederung gewisse Ähnlichkeiten zur Karte der Bodenregionen der Bodenkundlichen Kartieranleitung (FINNERN et al., 2005). Dort werden 12 Einheiten ebenfalls nach geologisch-petrografischen Gesichtspunkten ausgeschieden. Im folgenden werden die wesentlichen Unterschiede der bisherigen Gliederung und der Bodenkundlichen Kartieranleitung dargestellt:

- Die Bodenregion (BR) „Küstenholozän“ wird in der KA5 realistischer dargestellt. Wir konnten diese natürlicherweise waldarme Region nicht entsprechend aus-

gliedern, da wir die Geometrien der Wuchsbezirke nicht verändern wollten.

- Die Jungmoränenlandschaften Norddeutschlands werden in der modifizierten Wuchsregionengliederung differenzierter bezüglich ihrer Fruchtbarkeit und ihrer Landschaftsformen dargestellt. Die süddeutschen Jungmoränenlandschaften werden, wie in der modifizierten Wuchsregionengliederung, nicht aber in der Gliederung nach WOLFF und BARITZ (1999), zusammengefasst.

- Die nährstoffreichen Lößlandschaften wurden in der modifizierten Gliederung klar von den nährstoffarmen Flugsandlandschaften getrennt, während sie bisher in der BR 6 „Löß und Sandlößlandschaften“ zusammengefasst werden.

- Die bisherigen Bodenregionen 7 bis 9, die durch nichtmetamorphe Sedimentgesteine charakterisiert sind fassen jeweils stark unterschiedlich nährstoffnachschaffende Landschaften zusammen. Das Spektrum reicht von Böden aus armen Buntsandstein- und Keuperanden bis zu reichen mergeligen oder lößbürtigen Böden. Diese 3 Bodenregionen werden weitgehend in den folgenden 3 modifizierten Wuchsregionen H2 „süd- und mitteldeutsche, nährstoffarme, mesozoische Sedimente“ mit tendenziell nährstoffarmen Ausgangsgesteinen, D2 „Kalk- und Mergellandschaften, häufig lößbedeckt“ mit tendenziell nährstoffreichen Ausgangsgesteinen und G „schwäbisch-fränkische Alb“ aufgeteilt. Für die Abtrennung der modifizierten Wuchsregion „schwäbisch-fränkische Alb“ ist auch die eingangs erwähnte Einbeziehung klimatischer Eigenschaften mitentscheidend. So ist die Alb ein meist über 300 m über die Gäufelder aus D2 hinaus ragendes Mittelgebirge mit ausgeprägter Höhenstufung und Kontinentalitätsgradient. Nur der flache nach Osten und in Lee der Hauptwindrichtung abdachende Teil hat Ähnlichkeit mit den Gäulandschaften.

- Das mitteldeutsche Paläozoikum (H 1) wird ähnlich BR 11 gegliedert. Nur der Harz wird unterschiedlich eingeordnet; in der Bodenkundlichen Kartieranleitung wird er den Magmatiten und Metamorphiten zugeordnet, in der vorgestellten Gliederung zu den paläozoischen Gesteinen.

- Unter den Kristallingesteinen wird in der neuen Gliederung zwischen den sauren und basischen Kristallingesteinen unterschieden „H 3“ und „F“, die sich zu sehr unterschiedlichen Böden entwickeln.

- Der Alpenraum wird differenziert in den Kalkalpenraum und dem fruchtbareren Voralpenraum. Letzterer wurde mit den Jungmoränenlandschaften vereint (s.o.).

Weitere naturräumliche Gliederungen sind deutlich weniger auf Böden und Standorte fokussiert, wie beispielsweise das Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands (Bundesanstalt für Landeskunde, 1953) und daher für Erhebungen bodenkundlich orientierter Daten nur bedingt geeignet.

12. VERGLEICH MIT ANDEREN LANDNUTZUNGSFORMEN

Obwohl in Deutschland Acker- und Waldökosysteme im Ansatz grundsätzlich anders genutzt werden – im

Ackerbau wird versucht die Nährstoffentzüge durch Düngung auszugleichen – sind die beiden Parameter ackerbauliches Ertragspotenzial und nährstoffnachhaltiges forstliches Nutzungspotenzial grob vergleichbar. Verschneidet man die erstellte Gliederung mit dem Müncheberger Soil Quality Rating (SQR), so erkennt man die weitgehende Übereinstimmung bzw. Ergänzung beider Karten. Lediglich die westlichen norddeutschen Altmoorlandschaften weichen in der Bewertung scheinbar voneinander ab. Dies hat vermutlich mehrere Ursachen, die hier in der Kürze nicht erläutert werden können. Für den Vergleich der Grünlandnutzung fehlen bis jetzt noch flächendeckend vorhandene Daten.

13. ZUSAMMENFASSUNG

Mit der Karte von GAUER und ALDINGER steht seit 2005 erstmals ein GIS-Datensatz zur Verfügung, der die walddökologischen Naturraumeinheiten Deutschlands einheitlich darstellt. Um einen Überblick über die 82 Wuchsgebiete Deutschlands zu erhalten, gab es mehrere Ansätze diese zu aggregieren. Um Auswertungen und Vergleiche deutschlandweit erhobener bodenkundlicher Daten zu erleichtern, wie z.B. die BZE II-Erhebungen, wird im folgenden Beitrag aufbauend auf der Wuchsregionengliederung von WOLFF und BARITZ eine modifizierte Gliederung erarbeitet.

Hierzu wurden zunächst die Bodeneinheiten der Bodenübersichtskarte 1:1.000.000 der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (GBR) in 4 Klassen hinsichtlich ihres nährstoffhaltigen Nutzungspotenzials eingeteilt und anschließend mit einem Waldlayer aus den CORINE-Daten der European Environment Agency (EEA) verschnitten. Berücksichtigt wurden Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium, sowie indirekt Kohlenstoff. Entscheidend ist in diesem Zusammenhang, dass eine Nutzungsintensivierung, die auf eine verstärkte Nutzung der Baumkompartimente Äste und Blätter bzw. Nadeln aufbaut, mehr Nährstoffe entzieht als die reine Stammholzernte.

Darauf aufbauend folgt nun ein Aggregierungsschritt in dem Wuchsbezirke zu Wuchsregionen zusammengefasst werden. Dabei wurden die Wuchsbezirke oder Teilwuchsbezirke nicht in ihrer Geometrie geändert. Hierdurch wird gewährleistet, dass die Kompetenz der Standortskundler, die zur Ausscheidung der Wuchsbezirke geführt hat, vollständig übernommen wurde. Um je nach Fragestellung auch mit stärker aggregierten Einheiten arbeiten zu können wurden die unterschiedlichen 18 Wuchsregionen zu 9 Wuchslandschaften zusammengefasst.

Der Vergleich mit der Wuchsregionengliederung nach WOLFF und BARITZ zeigt, dass die modifizierte Gliederung nur noch 2 Wuchsregionen enthält, die eine annähernd gleichmäßige Verteilung günstig und ungünstig bewerteter Bodeneinheiten aufweisen. Die ursprüngliche Gliederung enthält dagegen 7 Wuchsregionen, welche keinen eindeutigen Schwerpunkt im Bereich günstiger oder ungünstiger Böden haben. Eine Auswertung mit der Teststatistik des Chi-Quadrattests zeigt sowohl für die modifizierte Wuchsregionengliederung als auch für die modifizierte Wuchslandschaftsgliederung eine

klarere Trennung in Gebiete mit in sich homogenerer Bewertung der Nährstoffverfügbarkeit.

14. ABSTRACT

Title of the paper: *Modifikation of the forest ecological regions of Germany with respect to the soil potential for sustainable forest management.*

The map of GAUER and ALDINGER from the year 2005 presents for the first time a GIS-dataset, which provides a consistent classification of landscapes from a forest ecological view for whole Germany. There have been different attempts for an aggregation of the 82 forest growth regions in order to facilitate the analysis for pedological monitorings, like BZE II, surveys and comparisons for the whole of Germany. We developed a modified classification of regions based on the system of WOLFF and BARITZ, however focussed on criteria of nutrient sustainability.

Therefore the units of the soil overview map 1:1.000.000 from the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, BGR) were classified into four classes with respect to their productivity based on nutrient availability. The considered elements are phosphorus, potassium, calcium and magnesium and indirectly carbon. Important is that intensified harvesting by using branches and leaves respectively needles exploits more nutrients than cutting stem wood.

Subsequently the classified soil units were intersected with a forest layer from CORINE-dataset, available from the European Environment Agency (EEA). The next step was the aggregation from forest ecological domains (Wuchsbezirke) to forest ecological regions. None of the forest ecological domains or subdomains (Teilwuchsbezirke) have been altered in their geometry. This guaranteed, that the local expertise from forest site ecologists was totally adopted. Only in cases where the forest ecological regions from WOLFF and BARITZ are aggregating soils with very different nutrient potential, the up to now classification was modified. To obtain more summarized units the 18 forest ecological regions were also aggregated to 9 forest ecological landscapes (Wuchslandschaften).

A Chi-squared test indicates for the modified forest ecological regions as well as for the forest ecological landscapes a better differentiation compared with the forest ecological regions after WOLFF and BARITZ respectively the forest ecological landscapes after GAUER and ALDINGER. Only 2 forest ecological regions are still containing a very heterogenous soil classification, whereas within the former classifications there were 7 forest ecological regions summarizing very different soil areas.

15. RÉSUMÉ

Titre de l'article: *Proposition d'adaptation de la classification des régions de croissance forestière en Allemagne au potentiel d'utilisation des sols.*

Grâce à la carte de GAUER et ALDINGER il existe depuis 2005, pour la première fois, un ensemble de données GIS

qui présentent les unités en écologie forestière de l'espace naturel d'Allemagne. Pour avoir un aperçu des 82 zones écologiques d'Allemagne, il y eut plusieurs approches d'agréations de celles-ci. Afin d'alléger les dépouillements de données et les comparaisons de données pédologiques relevées à l'échelle de l'Allemagne entière, comme par exemple les relevés BZE II, la contribution suivante a permis de construire une classification modifiée à partir de la classification des régions écologiques de WOLFF et BARITZ.

A cet effet, en tout premier lieu, les unités de sols de la carte pédologique au 1/1 000 000 de l'Office fédéral pour les sciences géologiques et matières premières (GBR) furent divisées en 4 classes en fonction de leur richesse en substances nutritives puis recoupées avec une vue forestière par télédétection issue des données CORINE de l'Agence Européenne de l'Environnement (EEA). Les éléments pris en considération furent le phosphore, le potassium, le calcium et le magnésium de même que le carbone de manière indirecte. Il apparaît de manière déterminante dans ce contexte, qu'une intensification de l'utilisation des sols qui se compose d'une utilisation renforcée des parties de l'arbre telles que les branches et les feuilles, respectivement les aiguilles, pompe davantage d'éléments nutritifs que la simple récolte de tiges ligneuses.

Le pas suivant a été de rassembler les secteurs écologiques en régions écologiques. Pour cela les secteurs écologiques ou parties de ces secteurs ne furent pas modifiés dans leur géométrie. Cette tâche a été confiée à la compétence des spécialistes de la cartographie de stations qui ont apporté la garantie de rigueur dans le choix des secteurs écologiques. Afin de pouvoir travailler avec des unités davantage agrégées, les 18 régions écologiques qui en découlèrent, furent rassemblées en 9 paysages écologiques.

La comparaison avec la classification des régions écologiques établie par WOLFF et BARITZ montre que la classification modifiée comprend encore seulement 2 régions écologiques qui présentent une répartition se rapprochant d'une classification très hétérogène des sols. La

classification initiale comporte 7 régions écologiques regroupant des sols très hétérogènes. Un calcul à l'aide du test statistique du χ^2 montre aussi bien pour une classification modifiée de régions écologiques que pour une classification modifiée des paysages écologiques, une séparation claire avec une évaluation homogène de la disponibilité des sols en éléments nutritifs.

16. DANKSAGUNG

Herrn Dr. HANNES PETERMEIER vom Zentrum Mathematik der TU München möchten wir für den statistischen Vergleich der hier bearbeiteten Gliederungen recht herzlich danken.

17. LITERATUR

- FINNERN, H., W. GROTTENTHALER und D. KÜHN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. Schweitzerbart'sche V., Stuttgart.
- BUNDESANSTALT FÜR LANDESKUNDE (1953): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. Selbstverlag, Remagen.
- CHRISTOPHEL, D., S. SPENGLER, B. SCHMIDT, J. EWALD und J. PRIETZEL (2013): Customary selective harvesting has considerably decreased organic carbon and nitrogen stocks in forest soils of the Bavarian Limestone Alps. *Forest Ecology and Management* **305**, 167–176.
- GAUER, J. und E. ALDINGER (2005): Waldökologische Naturräume Deutschlands – Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke – mit Karte. Mitt. d. Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung, **43**, Aug. 2005, 324 S., Freiburg.
- KROIHER, F., J. GAUER, A. BOLTE und T. KIRCHNER (2012): Waldökologische Naturraumeinheiten. *AFZ – Der Wald* **15**: 28–29.
- KOLB, E. und A. GÖTTLEIN (2012): Nährstoffnachhaltige Nutzung von Landschaften – Regionale Bewertung erntebedingter Nährstoffentzüge. *AFZ – Der Wald* **15/2012**.
- MELLERT, K. H. (2010) Zuviel des Guten – über die Gefährdung der Waldböden durch Stickstoffeinträge. *Der kritische Agrarbericht* 2010. 196–200.
- WOLFF, B. und R. BARITZ (1999): www.pik-potsdam.de/topik/tbscs/safe/home/waldstudie/waldintern/zwb99/zwb99_5ma.pdf.