Dietrich Kopp, Hubert Jochheim

Forstliche Boden- und Standortsformen des Nordostdeutschen Tieflands als Datenbasis für die Landschaftsmodellierung

© Verlag Dr. Kessel, Eifelweg 37, 53424 Remagen-Oberwinter
1. Auflage 2002
Tel./Fax: 02228-493
eMail: nkessel@web.de
Alle Rechte vorbehalten

Homepage: www.forstbuch.de

ISBN: 3-935638-28-0

Druck: www.business-copy.com

Forstliche Boden- und Standortsdaten des Nordostdeutschen Tieflands als Datenbasis für die Landschaftsmodellierung

von

Dietrich Kopp und Hubert Jochheim

unter Mitarbeit von

Ernst Pries und Joachim Schöneich

Inhalt

1 Einführung und Ziele 1

2 Die Untersuchungsgebiete 3

3 Vorgehensweise und Datenbasis 5

4 Standort- oder Naturraumformen nach Merkmalspiegeln mit vegetationswirksamen Eigenschaften 7

5 Ableitung von Feinbodenformen aus dem Datenspeicher Wald und der Naturraummosaiktypenkarte 41

6 Untersuchungsergebnisse zum Zustandswandel 46

6.1 Zustandswandel in der Nördlichen Uckermark 46

6.2 Zustandswandel im Stöbber-Einzugsgebiet 54

6.3 Algorithmus zur Aktualisierung der Humusformen 55

6.4 Ergänzung fehlender Humusformen im Datenspeicher Wald 62

7 Aufbau einer relationalen Datenbank 63

7.1 Tabellen und Verknüpfungen 63

7.2 Nutzeroberfläche der Datenbank 68

8 Diskussion 70

9 Literatur 74

Anhang

Anhang Tab.1 Stickstoffanfall in Tieranlagen aus Tierbesatz nach Tierart und -anzahl als Schätzhilfe für die Stickstoffemission im Brandenburger Teil des Untersuchungsgebietes Nördliche Uckermark 81

Anhang Tab. 2 Nach bodensystematischen Klassifikationsprinzipien gegliederte Liste der Merkmalspiegel von Feinbodenformen 83

Anhang Tab. 3 Alphabetisch nach dem abgekürzten Lokalnamen der Feinbodenform gegliederte Liste der Merkmalspiegel von Feinbodenformen 86

Anhang Tab. 4 Merkmalspiegel (1-120) der erfassten Feinbodenformen ..... 90 - 209

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Erstes Beispiel eines Merkmalspiegels ... 11
Tab. 2 Zweites Beispiel eines Merkmalspiegels ... 12
Tab. 3 Hauptbodenformen der Mineralböden als Kombination von Substrat- und Horizontprofil ... 13
Tab. 4 Durch Substratschichten zu erfassende Substratarten ... 13
Tab. 5 Substratfolgetypen nach der Vertikalfolge von Substratarten ... 14
Tab. 6 Horizontfolgetypen (Bodentypen) der Mineralböden ... 15
Tab. 7 Feinklassifikation der anhydromorphen Podsole ... 16
Tab. 8 Stamm-Bodenformen als Hauptformen und ihre Paralleleinheiten in der Bodensystematik der geologischen Landesämter ... 17
Tab. 9 Merkmale der lithochemischen KMgCaP-Serien (nach Kopp et al.1969, Hannemann & Kopp 1973) ... 20
Tab. 10 Humusformen mit harmonischer Nährkraftstufe und ihre Abgrenzung nach Nt (%) von Ct, Basensättigung und pH-Werten ... 23
Tab. 11 Nährkraftstufen der Humusform bei Disharmonie zwischen Stickstoff- und Säure-Basenstufe am Beispiel der Oberbodenfeuchtestufe mäßig frisch ... 24
Tab. 12 Kombinationen zwischen Stamm-Bodenformen und Humusform ... 25
Tab. 13 Grundwasserformen ... 26
Tab. 14 Stauwasserformen ... 27
Tab. 15 Entwässerungsgrad vom primär natürlichen Status aus der Kombination von Grundwasserform und Stamm-Bodenform ... 28
Tab. 16 Entwässerungsgrad vom primär natürlichen Status aus der Kombination von Stauwasserform und Stamm-Bodenform ... 31
Tab. 17 Naturräumliche Stamm-Ökotopgruppen mit Stamm-Vegetationsform und Phytomasse-produktivität sowie ihrer Zusammensetzung aus Stamm-Standortformen als Vierfach-ökogramm am Beispiel der Klimastufe m ... 33
Tab. 18 Standortfeuchteziffer nach Äquivalenttiefe für Bodenformen ... 39
Tab. 19 Stamm-Fruchtbarkeitsziffer für Phyto- und Holzmasse (dt/ha*a) für Stamm-Ökotopgruppen ... 40
Tab. 20 Ableitung der Stamm-Bodenformen (Haupt- und Feinbodenform) aus den im Datenspeicher Wald erfassten Standortdaten, getrennt nach Mosaikarealen (Beispielauszug) ... 41
Tab. 21 Ableitung der Stamm-Bodenformen (Haupt- und Feinbodenform) aus den im Datenspeicher Wald erfassten Standortdaten ohne Unterteilung nach Mosaikarealen ... 42
Tab. 22 Zustandswandel an Aufnahmepunkten im Untersuchungsgebiet Nördliche Uckermark ... 48
Tab. 23 Wandlungsstufe in Abhängigkeit von Ausgangs-Humusform, Baumart und Stamm-Nährkraftstufe an den Testpunkten des Untersuchungsgebietes Nördliche Uckermark ... 53
Tab. 24 Anzahl der Kombinationen zwischen n- und b-Wandlungsstufe unter Berücksichtigung der Ausgangs-Humusform im Untersuchungsgebiet Nördliche Uckermark ... 54
Tab. 25 Zustandswandel zwischen 1979/80 und 1997 bzw. 1979 und 1989 an Testpunkten im Stöbber-Einzugsgebiet ... 55
Tab. 26 Fortschreiberegel der Humusform in Abhängigkeit von der Ausgangs-Humusform und dem ökologischen Bestockungstyp, differenziert nach N-Depositionszonen ... 57
Tab. 27 Ökologische Bestockungstypengruppen und ihre Definition anhand der im Datenspeicher Wald verwendeten Bestandestypen ... 60
Tab. 28 Gleichgewichts-Humusform unter realer Bestockung unter fremdstoffarmen Verhältnissen auf der Grundlage der Stamm-Nährkraft-Feuchtestufe ... 62

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Geographische Einordnung der Nördlichen Uckermark und des Stöbber-Einzugsgebiets in die Karte der Makro- und Mesochoren 4

Abb. 2 Vorgehensweise bei der Bereitstellung von flächenhaften Standortinformationen 6

Abb. 3 Erläuterung der Signaturen für Stamm-Standortformen (Feinbodenform mit Grund- und Stauwasserstufen) 8

Abb. 4 K_{HF}-Gehalt in Abhängigkeit vom Ton- und Schluffgehalt von Mineralbodenproben nach lithochemischen Serien 21

Abb. 5 Ca_{HF}-Gehalt in Abhängigkeit vom Ton- und Schluffgehalt von Mineralbodenproben nach lithochemischen Serien 22

Abb. 6 Depositionsstufen und N-Emissionen (t/a) aus Tierbesatz im Untersuchungsgebiet Nördliche Uckermark 52

Abb. 7 Schema der Zustandsentwicklung der n- und b-Stufe bei anhydromorphen Böden unter bestimmendem Einfluss von Stickstoffdeposition bzw. mit zusätzlicher Basendeposition in Abhängigkeit von der Ausgangs-Stickstoffstufe und der Bestockung 56

Abb. 8 Beziehungen in der Datenbank "Merkmalspiegel von Feinbodenformen der forstlichen Standorterkundung" 64

Abb. 9 Nutzeroberfläche der MS-ACCESS-Datenbank "Merkmalspiegel für Feinbodenformen der forstlichen Standorterkundung" 69

1 Einführung und Ziele

Anthropogene Umweltveränderungen durch Fremdstoffbelastungen der Atmosphäre sowie Landnutzungsänderungen beeinflussen den Energie-, Wasser- und Stoffhaushalt von Landschaften. Eine Methode zur Analyse, Beurteilung und Prognose ihrer ökologischen Folgen stellt der Einsatz von Simulationsmodellen für die betroffenen Landschaftsausschnitte dar. Die regionale Anwendung von Simulationsmodellen erfordert flächenhafte Basisdaten für die standörtlich-naturräumlichen Einflussgrößen, d.h. über die klimatischen, bodenphysikalischen und -chemischen sowie reliefbedingten Standortsfaktoren. Diese Basisdaten müssen zum einen die wachstumswirksamen Standorteigenschaften möglichst differenziert ausdrücken, zum anderen digital verfügbar sein.

Ziel dieses Buches ist es, für die bewaldeten Landschaftsausschnitte des nordostdeutschen Tieflandes die Boden- und Standortsformen der forstlichen Standortserkundung für die Landschaftsmodellierung nutzbar zu machen.

In den neuen Bundesländern stehen flächenhafte Standortinformationen über die Waldbestände in zwei verschiedenen Formen zur Verfügung: Als Kartenwerk der forstlichen Standorterkundung sowie in Form von Standortinformationen innerhalb des Datenspeichers Wald. Die forstliche Standorterkundung, bestehend aus Karten mit vielfältigen Interpretationen (Kopp & Schwanecke 1994, Schulze & Kopp 1996-1998) erfüllt mit ihrer Unterteilung bis zur Feinbodenform die Anforderungen an die hohe Differenziertheit voll. In digitalisierter Form liegen flächenhaften Bodeninformationen für das nordostdeutsche Tiefland bisher jedoch nur in relativ grober Auflösung in Form von Bodenübersichtskarten (BÜK1000, BÜK300 bzw. BÜK200) vor. Auch bei den digitalisiert vorliegenden Naturraummosaiktypenkarten im Maßstab 1:50.000 bis 1:100.000 reicht der Auflösungsgrad nicht bis zur Standortsform. Feinere Auflösungen (BÜK50, Forstliche Standortkarte der DDR) wurden bisher nur für wenige Kartenblätter digitalisiert, so dass deren Nutzung für die Anwendung von Simulationsmodellen in größeren Regionen bisher nicht möglich ist.

In den Datenspeicher Wald sind die Informationen der forstlichen Standortkarte zwar eingeflossen und eine bestandesbezogene Ableitung von Standortinformationen ist somit bis zur Ebene der Teilflächen möglich, doch bei der Übertragung der Bodendaten in den Datenspeicher Wald wurde nicht die volle Informationsdichte übernommen. So wurden die ca. 860 Feinbodenformen der forstlichen Standorterkundung zu 98 Substratfolgetypen zusammengefasst, die z.T. in verschiedene Ausprägungen der Nährkraft-Feuchtestufenkombination unterteilt werden. Die Differenziertheit der forstlichen Standortkarte ist damit teilweise verlorengegangen. Ein Rückschluss von den im Datenspeicher Wald vorliegenden Bodeninformationen auf die Feinbodenform ist nicht ohne weiteres möglich, da für jede Kombination aus Substratfolgetyp und Nährkraft-Feuchtestufenkombination eine Vielzahl von Feinbodenformen in Frage kommen.

In dieser Arbeit wird daher am Beispiel zweier Gewässereinzugsgebiete des nordostdeutschen Tieflandes versucht, diesen Mangel durch Nutzung der Naturraummosaiktypenkarte als zusätzliche raumbezogene Informationsquelle auszugleichen und die Feinbodenform genauer definierbar zu machen. Dieses Verfahren kann als Alternative zur relativ zeitaufwändigen und teuren Digitalisierung der forstlichen Standortkarte angewendet werden. Diese Vorgehensweise ist solange anwendbar, bis die angelaufene Digitalisierung der forstlichen Standortkarte 1:10.000 und der Forstgrundkarte soweit fortgeschritten sind, dass eine direkte Verschneidung der beiden Karten möglich ist.

Im Rahmen der forstlichen Standorterkundung erfolgt die Definition der Feinbodenformen im Bodenformenkatalog (SEA95 - Teil D, Schulze & Kopp 1998) nach geostrukturellen Primärmerkmalen mit dem Ziel, eine reproduzierbare Kartierung zu sichern. Die darin enthaltenen vielseitigen Sekundärmerkmale, u.a. auch bodenphysikalische und -chemische Parameter sind erst durch einen Ableitungsschritt zur Kennzeichnung vorgesehen. Daher werden in dieser Arbeit die in dem Untersuchungsgebiet vorkommenden Feinbodenformen durch Merkmalspiegel mit Durchschnitts-Bodenprofilen sowie Fruchtbarkeits- und Feuchteziffern beschrieben (vgl. Anhang, Beispiele in Tab. 1 und 2). Die zur Ableitung der Informationen notwendigen standörtlichen und naturräumlichen Grundlagen werden in Kap. 4 erläutert.

Die Information der Merkmalspiegel der Feinbodenformen wird darüber hinaus in einer relationalen Datenbank gespeichert. Ihr Aufbau orientiert sich dabei an der von Hierold et. al. (1996) für den Landkreis Oberhavel realisierten Datenbank und wird in Kap. 6 erläutert. Diese Datenbank soll als erweitertes Aufgabenfeld die Übertragung der in den Merkmaltabellen der Feinbodenformen stehenden Informationen in den Datenspeicher Wald ermöglichen.

Aufgrund einer teilweise hohen atmosphärischen Belastung durch Stickstoffverbindungen und basische Stäube haben sich z.T. die Zustands-Standortformen in den Waldbeständen seit der letzten Kartierung verändert. Daher wird die Ableitung eines Algorithmus zur Aktualisierung der Zustands-Standortformen in den Waldgebieten der beiden Regionen vorgeschlagen, die die Immissionssituationen der Region berücksichtigen (Kap. 5).

Zusammengefasst betrachtet ist es das Ziel des vorliegenden Buches, die standörtlichen und naturräumlichen Grundlagen der forstlichen Standorterkundung darzustellen, soweit sie für die Erstellung der vorliegenden Datenbank relevant sind. Dazu dienten folgende Teilaufgaben:

1. Ableitung von Merkmalspiegeln für Standortformen mit der forstlichen Standorterkundung mit chemischen und physikalischen Bodenprofilmerkmalen sowie Fruchtbarkeits- und Feuchteziffern
2. Erstellung eines Ableitungsalgorithmus für Feinbodenform aus den im Datenspeicher Wald und der Naturraummosaiktypenkarte verfügbaren Angaben
3. Erstellung eines Algorithmus zur Aktualisierung der Zustands-Standortform
4. Aufbau einer relationalen Datenbank mit den unter den Teilzielen 2 – 4 genannten Leistungsprofilen

2 Die Untersuchungsgebiete

Als Untersuchungsgebiete wurden zwei im Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e.V. (ZALF) intensiv bearbeitete hydrologische Einzugsgebiete im nordostdeutschen Tiefland ausgewählt, das Stöbber- und das Ücker-Einzugsgebiet. Die Lage der beiden Untersuchungsgebiete innerhalb der Naturraumgebiete und -bezirke ist aus Abb. 1 ersichtlich. Beide Untersuchungsgebiete liegen bis auf den Naturraumbezirk des Buckower Stöbberdurchbruchs (0810) in der typischen nordostdeutschen Jungmoränenlandschaft mit ihren wesentlichen Klima- und klimabestimmten Vegetationsunterschieden:

Demnach gehört das Stöbbergebiet zum Naturraumgebiet (zur Makrochore) 08-Mittelbrandenburger Jungmoräne mit dem Naturraumbezirk 0810-Buckower Stöbberdurchbruch als Kern und Übergreifen auf 0809-Strausberger Platte sowie 0811-Seelower Platte.

Das Untersuchungsgebiet Nördliche Uckermark greift über vier Naturraumgebiete, die sich von Südost nach Nordwest im Großklima durch zunehmende Klimafeuchte (08 und 07 mit Planarklima, 06 mit Seenkollinklima, 03 mit Kollinklima) unterscheiden.

Das 220 km^2 große Einzugsgebiet des Stöbber befindet sich im Osten Brandenburgs, ca. 35 km östlich von Berlin. Das Einzugsgebiet ist durch eine weichselkaltzeitliche Subglazialrinne in stark reliefierter Endmoränenlage geprägt. Daher variieren die Geländehöhen im Einzugsgebiet zwischen 5 und 130 m ü. NN. Die naturräumliche Auswertung ergab zu 14 % Sand-, 42 % Sand-Geschiebelehm- und 34 % Geschiebelehm-Sand-Mosaike. Die Standorte bestehen zu 90 % aus anhydromorphen Mosaiken und zu 10 % aus vollhydromorphen bzw. Moor- und See-Mosaiken. Der prozentuale Flächenanteil der Hauptnutzung Ackerland liegt im Einzugsgebiet bei 51 %, der Waldanteil beträgt 34 %.

Im Rahmen eines interdisziplinären ZALF-Projektes, das die Anwendung und Entwicklung unterschiedlicher hydrologischer Simulationsmodelle zum Ziel hatte, wurden wesentliche Grundlagen des Stöbber-Einzugsgebietes von einer Reihe von Autoren erarbeitet (Schindler et al. 1998, Steidl et al. 1999, Wegehenkel & Steidl 2000). Ergebnisse und Publikationen des Projektes sind auch über das Internet verfügbar (http:\www.zalf.de\fgd\fg1\fg1.htm).

Das 1450 km² große Gebiet der Nördlichen Uckermark stellt das hydrologische Einzugsgebiet der Ücker dar und ist ein Teil des Hauptuntersuchungsgebietes im Rahmen des ZALF-Projektes Nordmitteleuropa 2020. Aufgrund der lehmreicheren Substrate wird das Gebiet deutlich stärker landwirtschaftlich genutzt. Der Waldanteil beträgt hier nur 15 %. In der naturräumlichen Ausstattung dominieren hier die Lehm-Mosaike mit 56 %, während die Sand-Mosaike nur 3 % ausmachen. Die Hydromorphiegrade sind mit 15 % Flächenanteil stärker zu den vollhydromorphen und Moor- bzw. See-Mosaiken verschoben. Die anhydromophen Mosaike nehmen 60 % Flächenanteil ein. Die restlichen 25 % werden durch wenig und mäßig hydromorphe Mosaike gebildet. Nähere Angaben zur naturräumlichen Gliederung finden sich bei Jochheim et al. (2002).

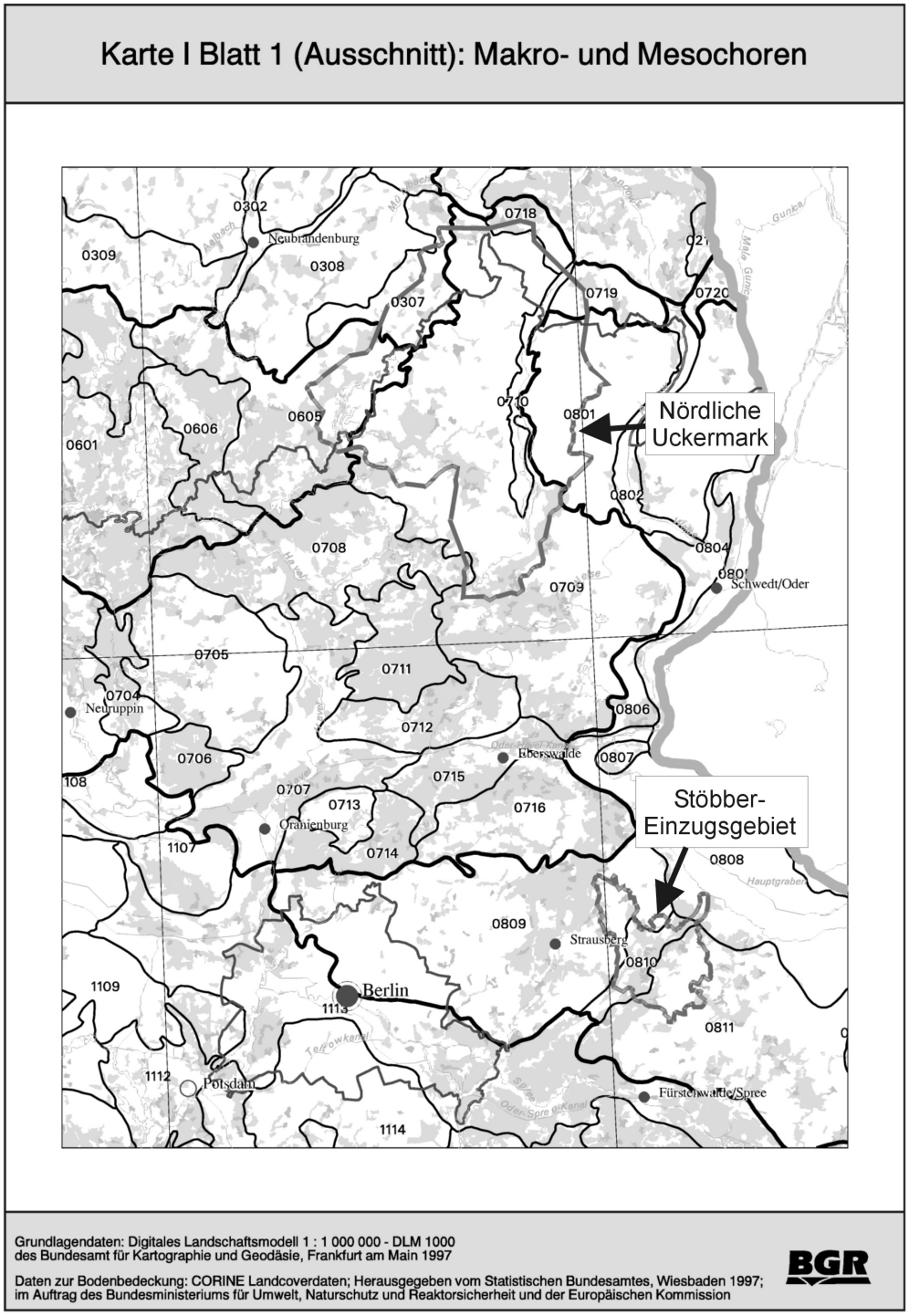

Abb. 1 Geographische Einordnung der Nördlichen Uckermark und des Stöbber-Einzugsgebiets in die Karte der Makro- und Mesochoren

Bezeichnung der durch die beiden ersten der vierstelligen Arealnummer bezeichneten Naturraum-(Wuchs-)gebiete:

3 Ostmecklenburg-Vorpommersches Jungmoränenland
6 Mittelmecklenburgisches Jungmoränenland
7 Nordbrandenburger Jungmoränenland
8 Nordostbrandenburger Jungmoränenland
11 Mittelbrandenburger Talsand- und Moränenland

3 Vorgehensweise und Datenbasis

Die Ableitung der Bodenprofilmerkmale für die einzelnen Feinbodenformen gründet sich auf den im Bodenformenkatalog der forstlichen Standorterkundungsanleitung (SEA95; Schulze & Kopp 1996-1998) zusammengefassten Informationen. Die wesentlichen Grundlagen zur Systematik der forstlichen Standorterkundung werden in Kap. 4 erläutert, soweit sie für das Verständnis der Merkmaltabellen notwendig sind. Aus dieser Datenbasis wurden für die in den beiden Einzugsgebieten vorkommenden Feinbodenformen insgesamt 120 Merkmalspiegel abgeleitet. Diese Merkmalspiegel sind einerseits als Tabellen im Anhang (Merkmalspiegel 1-120) zusammengefasst, andererseits zu einer relationalen Datenbank aufbereitet, deren Aufbau in Kap. 6 näher beschrieben wird.

Die Anwendung von biogeochemischen Simulationsmodellen setzt das flächenhafte Vorliegen von bodenphysikalischen und –chemischen Basisdaten in Verbindung mit den Zustands- und Strukturdaten der Pflanzenbestände voraus. Als Datenbasis für die Waldbestände im Untersuchungsgebiet eignen sich die sehr detaillierten Bestandesinformationen des Datenspeichers Wald, die über ihre Flächenadresse anhand einer digitalen Forstübersichtskarte bzw. die bisher nur unvollständig vorliegende Forstgrundkarte geographisch zuzuordnen sind. Daher bietet es sich an, auch die benötigten Bodendaten aus dem Datenspeicher Wald abzuleiten.

Die Vorgehensweise und die verwendete Datenbasis sind in ihren Grundzügen in Abb. 2 skizziert. Die Bereitstellung flächenhafter Bodenprofilinformationen gründet sich auf vier verschiedene räumliche Informationsquellen:

1. Die digitale Forstübersichtskarte (Stand: 1996) mit den daran geknüpften Informationen des Datenspeichers Wald (Bestandestyp, Stamm-Standortformengruppe mit Nährkraft-Feuchtestufenkombination, Substratfolgetyp des Bodens, Zustands-Standortformengruppe mit Humusform, Säure-Basenstufe und Zustandsfeuchtestufe.
2. Die digitalisierte Karte der Naturraummosaiktypen (in 2 verschiedenen Bearbeitungsständen: für das Stöbber-Einzugsgebiet: Kopp, Linke, Schöneich & Standorterkundergemeinschaft 1994, für nördliche Uckermark: Kopp, Jochheim & Pries 2002)
3. Die räumliche Verteilung der Stickstoff-Emissionen aus Tierbesatz und daraus abgeleitete Depositionszonen, die den Naturraumarealen zugeordnet wurden
4. Punktuelle Analyse des Zustandswandels an Altweiserflächen der forstlichen Standorterkundung

Aus der Verschneidung der beiden digitalen Karten (Forstübersichtskarte und Naturraummosaiktypenkarte) ergeben sich die Kombinationen der Stamm-Nährkraft-Feuchtestufe und des Substratfolgetyps des Datenspeichers Wald sowie des Naturraummosaik-Areals. Die Kombinationen der drei Datenquellen bilden die Ableitgrundlage für die Feinbodenformen, die den einzelnen Forstbeständen zugeordnet werden können. Ein in tabellarischer Form vorliegender, aus der forstlichen Standortkarte (die auch die Naturraumarealgrenzen enthält) abgeleiteter Algorithmus weist den sich ergebenden Kombinationen die entsprechende Feinbodenform zu.

Die humusformenabhängigen Bodenprofilmerkmale der Feinbodenformen setzen eine aktuelle Information zur Zustandsform bzw. Humusform voraus. Da diese im Datenspeicher Wald aber für das Jahr der Kartierung gilt, die in der Regel 20 bis 25 Jahre zurückliegt, musste diese Information auf den gegenwärtigen Zustand fortgeschrieben werden. Zur Entwicklung eines Fortschreibungsalgorithmus war die Wiederholung von Bodenanalysen und Vegetationsaufnahmen an Altaufnahmepunkten der forstlichen Standorterkundung notwendig. In Anlehnung an den an einem Weiserpunktnetz durch Zeitvergleich ermittelten Zustandswandel wurde ein Fortschreibungsalgorithmus entwickelt, in den der Bestandestyp, die Zustands-Standortformengruppe im Ausgangszustand, die Stamm-Nährkraft-Feuchtestufe sowie die Stickstoffdeposition als Einflussgrößen eingehen (vgl. Kap. 5.3).

Weil damit zu rechnen war, dass der Zustandswandel in Abhängigkeit von der Höhe der Stickstoffdeposition unterschiedlich verlief, war eine Einstufung der Stickstoffbelastung im Gebiet der nördlichen Uckermark notwendig. In den 80er Jahren kam es in der Region vorwiegend in Folge von Intensivtiermast zu räumlich äußerst unterschiedlichen Einträgen durch gasförmige Stickstoffverbindungen. Zur Einschätzung der Stickstoffbelastung dient daher eine Analyse des Tierbesatzes in den Gemeinden nach Unterlagen der damaligen drei Kreisverwaltungen der nördlichen Uckermark mit Schätzwerten der N-Emissionen nach Tierarten. Diese N-Belastung wurde zu einer 3-stufigen Depositionszonierung (gering, mittel, stark) skaliert und den Arealen der Naturraummosaiktypenkarte zugeordnet.

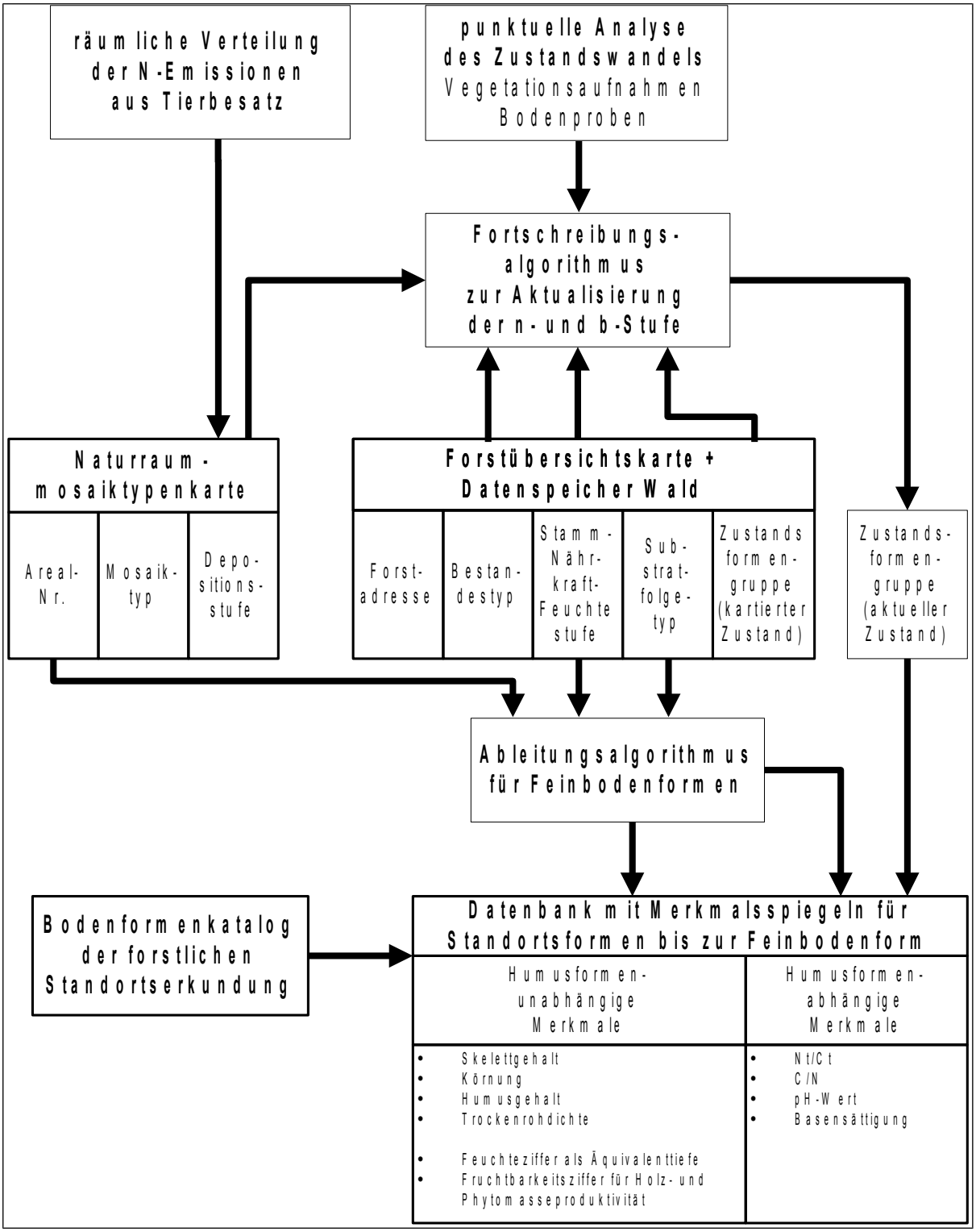

Abb. 2 Vorgehensweise bei der Bereitstellung von flächenhaften Standortinformationen

4 Standort- oder Naturraumformen nach Merkmalspiegeln mit vegetationswirksamen Eigenschaften

Kern dieses Abschnittes sind die 120 Merkmalspiegel für Standortformen, die im Anhang - geordnet nach Hydromorphiegrad und Substrat ihrer Böden - beigefügt sind. Tabellen 1 und 2 sind zwei Beispiele unterschiedlicher Hydromorphie aus diesem Anhang.

Die Merkmalspiegel sind eine allgemein ökologische und auf das Waldwachstum gerichtete Interpretation von zunächst nach geostrukturellen Kriterien abgegrenzten und definierten Standortformen mit ihren Komponentenformen für den Boden, das Bodenschwerkraftwasser, das Relief und das Klima. Bei jedem Merkmalspiegel steht eine Stamm-Bodenform im Mittelpunkt. Daran knüpfen sich sonst gleiche Bodenformen mit Unterlagerung und mit unterschiedlich tiefem G-Horizont. Die Stamm-Bodenformen treten in Kombination mit den Komponentenformen des Bodenschwerkraftwassers, des Reliefs und des Klimas.

Der obere Teil enthält die Klassifikationseinheiten des Bodens. Im mittleren Teil folgt der Analysenbefund des Bodens, vertikal gegliedert nach der Horizont- und Schichtenfolge sowie die Kombination mit Grund- und Stauwasserformen. Horizontal ist der mittlere Teil gegliedert in humusformenunabhängige und -abhängige Merkmale.

Im unteren Teil sind, in Kombination mit der Grund- und Stauwasserform sowie reliefbedingter Feuchtestufe, die zur ökologischen Interpretation führenden Merkmale aufgeführt: die ökologische Nährkraft- und Feuchtestufe, die Standortfeuchteziffer, differenziert nach Großklimabereichen, sowie die Stamm-Fruchtbarkeitsziffer für Phyto- und Holzmasse in gleicher Differenzierung.

Aus der Kombination von ökologischer Stamm-Nährkraft- und Feuchtestufe ergibt sich die Stamm-Vegetationsform. Die Stamm-Vegetationsformen wurden aus Platzmangel in die Merkmalspiegel (noch) nicht aufgenommen. Sie sind aus klimabereichsweise erarbeiteten Ökogrammen ablesbar. Tabelle 17 ist ein Beispiel dafür.

Die in den Merkmalspiegeln verwendeten Klassifikationen und Abstufungen sollen anschließend im Überblick durch Tabellen nachgewiesen werden. Näheres zur Methode ist zu finden bei Kopp & Schwanecke (1994) sowie, sehr differenziert für den internen Gebrauch, in der Standorterkundungsanleitung (SEA95; Schulze & Kopp 1996-1998).

Den Merkmaltabellen liegen im Tabellenkopf folgende Nachweise zugrunde:

- Stamm-Bodenform (Haupt- und Feinform): Für die Hauptbodenform als Kombination von Substrat- und Horizontprofil siehe Übersicht in Tabelle 3; für das Substratprofil allein siehe Tabellen 4 und 5, für das Horizontprofil allein siehe Tabellen 6 und 7, Tabelle 7 mit einer Feinklassifikation der Podsole. Die Feinbodenformen (zuvor Lokalbodenformen, weil nach Lokalnamen benannt) ergeben sich aus dem internen Bodenformenkatalog (SEA95-D, 1998). Näheres dazu bei Kopp & Schwanecke (1994).
- Bodensystematische Einheit: Entnommen aus „Bodenkundliche Kartieranleitung“ der AG Boden (KA4), i.a. bis zu jenem systematischen Niveau, das dem Horizontfolgetyp der eigenen Hauptbodenform entspricht (vgl. Tab. 8).
- Lithochemische Serie: In den lithochemischen Serien (oder KMgCaP-Serien) werden bodenbildende Ausgangssubstrate mit gleicher primärer Nährstoffausstattung zusammengefasst. Gliederungsmerkmale dieser Serien sind die verschiedenen K-, Mg-, Ca- und P-Gehalte im humusarmen Mineralboden (im HF-Aufschluss) sowie die unterschiedlichen Beziehungen zwischen diesen Nährstoffen und der Körnungsart. Diese Beziehungen unterscheiden sich nach dem Substratalter der tertiären und quartären Sedimente. Näheres dazu bei Kopp et al. (1969) sowie Hannemann & Kopp (1972). Die Definitionsmerkmale sind in Tabelle 9 enthalten. Die Beziehungen zwischen den K- und Ca-Gehalten einerseits und den Ton- und Schluff-Gehalten andererseits sind in Abb. 4 und 5 graphisch dargestellt.
- Stamm-Nährkraftstufe: Die Stamm-Nährkraftstufe einer Feinbodenform wird entweder aus der Ausstattung des Mineralbodens mit den Nährelementen K, Mg, Ca und P entsprechend der lithochemischen Serie abgeleitet, oder, bei denjenigen Bodenformen, bei denen die substratbedingten Nährstoffunterschiede stärker durch Vorgänge der Horizontbildung oder durch Grundwassereinfluss abgewandelt werden, durch die Stamm-NB-Stufen. Die Stamm-B-Stufe steht dabei für die Basensättigung der austauschbaren Kationen bzw. für den pH_{KCl}-Wert des Bodens, während die Stamm-N-Stufe ein Maß für den Stickstoffanteil am Gesamt-C-Gehalt (N_t von C_t oder die reziproke Größe C/N-Verhältnis) darstellt. Sie drückt die auf die Wirksamkeit für die natürliche Waldvegetation gerichtete Bodennährkraft mit folgender Abstufung aus:

R – reich
RC – reich, carbonatisch
K – kräftig
KC – kräftig, carbonatisch
M – mittel oder mäßig nährstoffhaltig
Z – ziemlich arm
A – arm

Die zugrundeliegenden Vegetations- und Standortformen sind, gegliedert nach Feuchtestufen, aus den Ökogrammen der Tabelle 17 am Beispiel des mäßig trockenen Tieflandsklimas ersichtlich.

- Humusform: Diese Angaben stellen die für die betreffende Feinbodenform vorkommenden Humusformen bzw. bei disharmonischen Zustands-Standortformen die Kombinationsmöglichkeiten der Zustands-n- und –b-Stufen dar. Die Humusformen bzw. Zustands-n- und –b-Stufen werden anhand der Wertebereiche der C_t/N_t-Relationen (bzw. von N/C%-) bzw. anhand der Basensättigung und der pH_{KCl}-Werte des Oberbodens in Tab. 10 für harmonische und in Tab. 11 für disharmonische Humusformen definiert. Tab. 12 stellt die bisher erfassten Kombinationen zwischen der Stamm-Bodenform und der Humusform zusammen.

In den Eintragungen unter „Normalprofil nach mittleren Horizont- und Schichtmerkmalen“ werden alle Bodenformen mit gleichem Solum in dem gleichen Merkmalspiegel zusammengefasst. Grundwasser und Schichtenwechsel unterhalb des Solums (vgl. Tab. 1) oder unterschiedliche Grund- und Stauwasserformen bei gleicher Feinbodenform (vgl. Tab. 1 und 2) werden nur in ihren Unterschieden dargestellt.

Die Symbole in der ersten Spalte des Mittelteils der Merkmalspiegel stellen die Abkürzung der Feinbodenform (ältere Bezeichnung: Lokalbodenform) einschließlich der Grund- bzw. Stauwasserstufe dar (vgl. Abb. 3). Die beiden voran stehenden Buchstaben kürzen den Lokalnamen der Feinbodenform ab. Die folgende Buchstabenfolge charakterisiert die Hauptbodenform, die sich wiederum aus der Kombination des Substratfolgetyps (die vorangestellten kleinen Buchstaben) und dem Horizontfolgetyp (die mit Großbuchstaben beginnende Buchstabenfolge) ergibt. Die Kombinationsmöglichkeiten sowie die Abkürzungen für den Substrat- und den Horizontfolgetyp werden durch Tab. 3 erklärt. Nach der Abkürzung für die Bodenform folgen - soweit vorkommend - zwei arabische Ziffern für die Grund- oder Stauwasserform (Tab. 13 u. 14) bzw. weitere, hier nicht verwendete Zusätze.

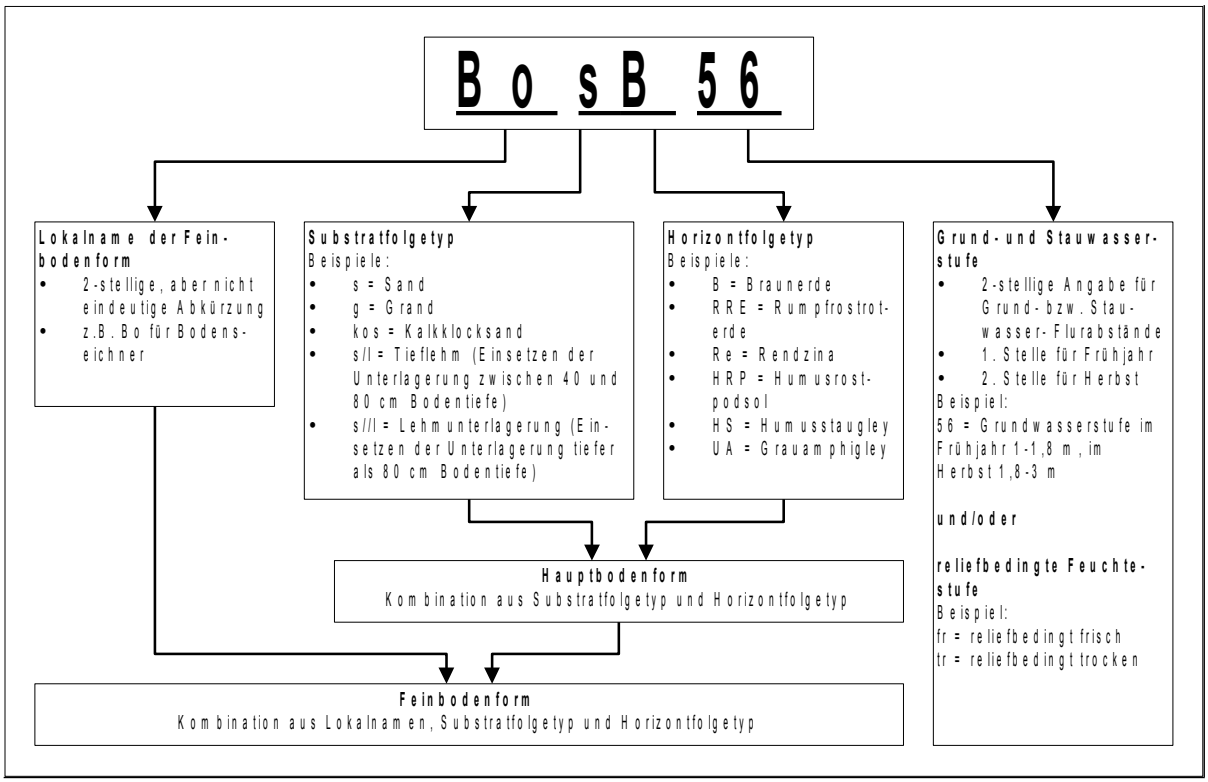

Abb. 3 Erläuterung der Signaturen für Stamm-Standortformen (Feinbodenform mit Grund- und Stauwasserstufen)

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die in dieser Arbeit verwendete Klassifikation, wie auch die Symbolik, sich weitgehend an der in der forstlichen Standorterkundungsanleitung (Schulze & Kopp 1996-1998) verwendeten orientiert. Abweichungen gibt es in folgenden Punkten:

- Die Moorböden werden im Gegensatz zur SEA95 bereits nach der neuen Systematik von Succow et al. (1990) geführt.
- Ausscheidung von Bänderbraunerden (BB) als neuer Horizontfolgetyp, während in der SEA95 die Bänderung als Merkmal des Substratfolgetyps geführt wird.
- Die Kennzeichnung des Schichtenwechsels unterhalb von 80 cm unter Flur, z.B. eine Lehmunterlagerung sandiger Substrate in >80 – 160 cm Tiefe, wird hier durch ein Symbol innerhalb des Substratfolgetyps (s//l) gekennzeichnet, während es in der SEA95 als Merkmal (/L) an die Hauptbodenform angehängt wird.

Die Klassifikation der Grund- und Stauwasserformen ist aus den Tabellen 13 und 14 ersichtlich sowie aus Tabellen 15 und 16 die Ableitung des Entwässerungsgrades aus der Gegenüberstellung von Grund-/Stauwasserform und Horizontfolgetyp. Bei der Ableitung wird die Aussagekraft des Horizontfolgetyps für die primär natürliche Grund- und Stauwasserform genutzt, d.h. vor Beginn wesentlicher anthropogener Eingriffe, im nordostdeutschen Tiefland besonders vor den flächenhaften Entwässerungen der letzten Jahrhunderte. So entspricht dem Sand-Anmoorgrundgley die Grundwasserform 23, dem Sand-Humusgrundgley die Grundwasserform 34 und der Sand-Grundgleybraunerde die Grundwasserform 45. Weicht die gegenwärtige Grundwasserform von der primär natürlichen ab, so liegt Entwässerung vor, deren Grad für alle Kombinationen aus den Tabellen 15 und 16 ablesbar ist. Die in den beiden Untersuchungsgebieten vorkommenden Entwässerungsgrade ergeben sich aus den Merkmalspiegeln.

Neben der landschaftsgeschichtlichen Aussage gibt der Entwässerungsgrad Aufschluss über auf das Waldwachstum bis heute nachwirkende frühere Standorteigenschaften (z.B. flurnäheres Grundwasser im Anwuchs- und Aufwuchsalter heutiger Altbestände) und hilft somit Anomalien im Wachstumsverlauf zu klären. Vor allem aber sind aus dem Entwässerungsgrad Trends der Boden- und Vegetationsentwicklung ableitbar. So neigen humusreiche Gleye und Staugleye (Moor-, Anmoor- und Humusgrund- und -staugley) um so mehr zu Humusschwund und dessen Folgen, je höher ihr Entwässerungsgrad ist.

In den weiteren Spalten dieses Spiegelteils werden für das Vertikalprofil horizontweise die folgenden <u>humusformenunabhängigen</u> Merkmalen ausgewiesen:

- Horizontsymbol nach der SEA95 und KA4
- Tiefenspanne (cm) nach mittlerer Ober- und Untergrenze
- Körnungsart in ihrer Original-Kartierung nach Ehwald, Kopp, Lieberoth & Vetterlein, zitiert in SEA95 (Schulze & Kopp 1996-1999)
- Bodenart, übersetzt in die Definition nach der KA4 (Autorengemeinschaft 1994)
- Skelettgehalt (Vol.%)
- Ton- und Schluff-Anteil (Masse-%) als geschätzter Mittelwert innerhalb des engen Rahmens der durch Definition für die Feinbodenform festgelegten Körnungsart auf der Grundlage einer Vielzahl analysierter Weiserprofile
- Humus-Gehalt (Masse-%) als geschätzter Mittelwert innerhalb eines engen Rahmens der durch Definition für die Hauptbodenform festgelegten Humusgehaltspanne auf der Grundlage einer Vielzahl analysierter Weiserprofile
- Trockenrohdichte (g cm^{-3}), durch Regressionsanalyse aus dem Humus- und Tongehalt abgeleitet: Humus (aus C) zu Trockenrohdichte und Zweifachregression von Ton und Schluff zu Trockenrohdichte an rund 550 Bodenproben aus dem Fundus der forstlichen Standorterkundung.

Als <u>humusformenabhängige</u> Merkmale werden ausgewiesen

- N_t von C_t (%), untergliedert nach vorkommenden n-Stufen, jeweils als Stufenmitte. Der N_t von C_t-Wert wurde nur für die Humusauflage oder den oberen Zentimeter des A-Horizontes eingetragen. Nur dort ist er ein vegetationswirksames Merkmal. Zur Tiefe hin verlieren sich die Unterschiede zwischen den n-Stufen rasch, und die Bestimmung wird unsicher.
- Basensättigung (%) nach Kappen-Adrian und pH_{KCl}, entsprechend untergliedert nach vorkommenden b-Stufen, jeweils als Stufenmitte. Bei der Basensättigung und beim pH-Wert zeigen sich Unterschiede zwischen den b-Stufen vor allem in der Humusauflage und abgeschwächt im A-Horizont; zur Tiefe hin verlieren sie sich allmählich.

Der untere Teil der Merkmalspiegel enthält für die Stamm-Standortform als Kombination von Bodenform, Grund-Stauwasserform, reliefbedingter Feuchtestufe (als vegetationswirksames Merkmal der Reliefform) und den Großklimabereich die für das Waldwachstum wirksamen Merkmale. Den Eintragungen liegen folgende Übersichten zugrunde:

- Die Kombination der ökologischen Nährkraft- und Feuchtestufen zu Stamm-Ökotopgruppen als Ökogramm mit den zugehörigen Stamm-Vegetationsformen, Stamm-Fruchtbarkeitsziffern und Stamm-Standortformen als Kombination aus Bodenform, Grund-/Stauwasserform und Reliefform am Beispiel der Klimastufe Tm (Tab. 17).

  Im ersten Tabellenteil der Tab. 17 werden die Symbole zur Kennzeichnung der Stamm-Nährkraft-Feuchtestufenkombinationen erläutert.

  Der zweite Tabellenteil stellt die Phytomasseproduktivität der Standorte im Stamm-Nährkraft-Feuchtestufendiagramm am Beispiel der Klimastufe m dar. Eine ausführlichere Schätztafel mit Stamm-Fruchtbarkeitsziffern für die Phytomassen- und Holzproduktivität als durchschnittlicher Gesamtzuwachs (dt ha^{-1} a^{-1}), bezogen auf das wachstumskundlich und zugleich ökologisch optimale Hiebsreifealter, ist in Tab. 19 zusammen gestellt.

  Der dritte Teil enthält die Stamm-Vegetationsformen der Stamm-Ökotopgruppen, jeweils unterteilt nach dem Vorwald-, Zwischenwald- und Hauptwaldstadium. In Klimastufe Tt tritt bei der Stamm-Vegetationsform an die Stelle der Buche die Linde. In Klimastufe Tf ist gegenüber Tm die Buche noch beherrschender.

  Im vierten Tabellenteil der Tab. 17 wird eine allgemeingültige Auswahl an Bodenformen innerhalb der Stamm-Ökotopgruppen zusammen gestellt, bei der Stamm-Feuchtestufe mit zusätzlichen Unterteilungen nach der reliefbedingten Feuchtestufe und der Grund- und Stauwasserform. Über mehrere Nährkraftstufen sich spannende Hauptbodenformen sind stets in Feinbodenformen untergliedert, so dass die Nährkraftunterschiede lückenlos zum Ausdruck kommen.

- Standortfeuchteziffer (vgl. Tab. 18) als Äquivalenttiefe in dm Wassersäule in Abhängigkeit von der Hauptbodenform, weiteren Substratmerkmalen sowie der Grund- und Stauwasserform (Schätzwert in Anlehnung an Untersuchungen von Kopp & Kirschner 1984). Die Äquivalenttiefe drückt aus, bis zu welcher Bodentiefe die nutzbare Frühjahrsfeuchte dem Defizit der ökoklimatischen Wasserbilanz äquivalent ist. Dieses Merkmal erfasst das Zusammenwirken von Bodenfeuchte einschließlich der Wirkung des Grund- und Stauwassers und der Klimafeuchte als ökoklimatische Wasserbilanz (Naumann-Tümpfel 1989).

Tab. 1 Erstes Beispiel eines Merkmalspiegels

Merkmalsspiegel für Standortsformen in Waldnaturräumen

Stamm-Bodenform (Haupt- und Feinform): Bg sB Bergrader Sand-Braunerde KMgCaP-Serie I Ökol. Nährkraftst. M'
Bodensyst. Einheit nach KA4: Norm-Braunerde, bei RM und Ro podsolig
Humusformen (aus n- und b-Stufe): Mo (n5b5)+(n5/4b5/4), b4Mo (n5b4), RM (n4b4), b5RM (n4b5), Ro (n3b3+4), b5Ro (n3b5), b5MM (n6b5)

Normalprofil nach mittleren Horizont- und Schichtmerkmalen, einschl. Kombination mit Grund-/Stauwasserform und Humusform

Symbol in Ableitdatei einschl. von Zusatzmerkmalen	Horizont- und Schichtenfolge orig.	nach KA4	Ober-grenze	Unter-grenze	humusformenunabhängige Merkmale Körnungs-/Bodenart Feinboden orig.	nach KA4	Skelett %	Masse- % Ton	Schl.	Humus	Trokkenrohdichte	humusformenabhängige Merkmale[d] Nt von Ct % bei n-Stufe 6	5	5/4	4	3	Basensätt.% (jeweils li.) u. pH_{KCl} (re) bei b- Stufe 5		5/4		4		4+3	
Bg sB	Of/h[b]	Of/h	5	0						>30	<0,5		4.9	4.9	3.8	3.9			24	3.7	24	3.7	14	3.2	12	3.0
	ABv	Ah	0	5	al mfS	mfS	<10	4	8	4	1.1	*6,2		3.8					"	4.0	16	3.5	16	3.5	16	3.3
	"	"	5	15	"	"	"	"	"	2	1.3								"	4.3	20	3.8	20	3.8	20	3.6
	Bv	Bv	15	40	"	"	"[a]	"	"	1	1.4								"	"	24	4.0	24	4.0	24	4.0
	(Bv)	Bv-C	40	80	mfS	"	"	1	2	0	1.5								"	"	"	4.3	"	4.3	"	4.3
	C	C	80	120	"	"	"	"	"	0	"								30	4.6	30	4.6	30	4.6	30	4.6
	"	"	120	180	"	"	"	"	"	0	"								38	4.9	38	4.9	38	4.9	38	4.9
	Ca→ C	Cc/C	180	..	"	"	"	"	"	0	"								78	7.0	78	7.0	78	7.0	78	7.0
Bg sB56	wie oben			120																						
	G	G	120	140	"	"	"	"	"	0	1.5								38	4.9	38	4.9	38	4.9	38	4.9
	Grw[c]		140	...	"	"	"	"	"	"	"								>38	>4,9	>38	<4,9	>38	>4,9	>38	>4,9
Bg sB6	wie bei Bg S, aber ab 240 Grundwasser[c]																									
Bg s//l B	wie oben			110	"	"	"	"	"	0																
	Et	Al	110	120	lS	Sl3	"	8	16	<1	1.5								30	4.6	30	4.9	30	4.6	30	4.6
	Bt	Bt	120	160	sL	Ls3	"	16	32	1	1.6								56	4.9	56	4.9	56	4.9	56	4.9
	Ca→ C	Cc/C	160	..	"	Sl4	"	12	"	0	1.6								78	7.0	78	7.0	78	7.0	78	7.0

Ableitmerkmale für Standortsformen

Boden- u. Grund-/ Stauwasserform	relief-bedingte Feuchtestufe.[e]	ökologische Nährkraftstufe	Feuchtestufe	Standortsfeuchteziffer ökoklimat. Wasserbil.(cm) bei Großklimabereich γ	β	ζ+χ	Aquivalenttiefe(dm) γ	β	ζ+χ	Stamm-Fruchtbarkeitsziffer dt/ha*a Phytomasse bei ökologischer Klimastufe t	m	f	Holzmasse t	m	f
Bg sB	tr	M	T							40	45	50	23	25	29
	m	"	M	-18	-16	-11	26	22	16	65	70	75	35	38	42
	fr	"	I							78	83	88	42	46	52
Bg sB56		"	I	-18	-16	-11	17	16	15	78	83	88	42	46	52
Bg s//l B	tr	K	T							50	55	60	27	29	32
	m	"	M	-18	-16	-11	19	17	14	75	80	85	43	48	52
	fr	"	I							88	92	96	51	56	60

* Gilt für oberen Zentimeter.
[a] Steinanreicherung im unteren Teil.
[b] O-Horizont nur bei Mo, RM und Ro.
[c] Bei mittlerem Hochstand.
[d] Aus der Kombination von n- und b-Stufe ergibt sich die Humusform. Vorkommende Humusformen siehe Kopfzeile.
[e] Die Stufen tr und fr sind wegen Kleinflächigkeit meist nicht auskartiert. Trotzdem sind sie wesentliche Standortseigenschaften.

Tab. 2 Zweites Beispiel eines Merkmalspiegels

Merkmalsspiegel für Standortsformen in Waldnaturräumen

Stamm-Bodenform (Haupt- und Feinform): Br ol/s UA Bresker Deckklocklehm-Grauamphigley KMgCaP-Serie / Ökol. Nährkraftst. K
Bodensyst. Einheit nach KA4: Vega-Gley
Humusformen (aus n- und b-Stufe): MM (n6b6), Mo (n5b5), b5MM (n6b5)

Normalprofil nach mittleren Horizont- und Schichtmerkmalen, einschl. Kombination mit Grund-/Stauwasserform und Humusform

Symbol in Ableitdatei einschl. v. Zusatzmerkmalen	Horizont- und Schichtenfolge orig.	nach KA4	Ober-grenze	Unter-grenze	humusformenunabhängige Merkmale Körnungs-/Bodenart Feinboden orig.	nach KA4	Ske-lett %	Masse- % Ton	Schl.	Hu-mus	Trok-ken-roh-dichte	humusformenabhängige Merkmale [d] Nt von Ct % bei n-Stufe 6	5			Basensätt.% (jeweils li.) u. pH_{KCl} (re) bei b- Stufe 6		5					
Br ol/s UA 34	Of/h[b]	Of/h	3	0						>30	<0,5		4.9					24	3.7				
	AMS	Ah	0	5	sL	LS3	<2	20	40	5	1.1	*6,2				38	4.5	32	4.3				
	"	"	5	15	"	"	"	"	"	3	1.3					"	4.7	38	4.7				
	MS/MG		15	40	"	"	"	"	"	2	1.4					"	4.9	"	4.9				
	G im Grw [c]		40		mfS	mfS	"	2	4	0	1.5					>38	>4,9	>38	>4,9				
Br ol/s UA 45	wie oben			40																			
	G	G	40	75	mfS	mfS	"	2	4	0	1.5					38	4.9	38	4.9				
	G im Grw [c]		75		"	"	"	"	"	"	"					>38	>4,9	>38	>4,9				
Br ol/s UA 56	wie oben			75																			
	G	G	75	140	"	"	"	"	"	"	1.5					38	4.9	38	4.9				
	G im Grw [c]		140		"	"	"	"	"	"	"					>38	>4,9	>38	>4,9				

Entwässerungsgrad bei Grund-/Stauwasserform: 0 bei 34, 1 bei 45, 2 bei 56

Ableitmerkmale für Standortsformen

Boden- u. Grund-/ Stauwasser-form	relief-bedingte Feuchte-stufe. [e]	ökologische Nähr-kraft-stufe	Feuch-te-stufe	Standortsfeuchteziffer ökoklimat. Wasserbil.(cm) bei Großklimabereich γ	β	ζ+χ	Aquivalenttiefe(dm) γ	β	ζ+χ	Stamm-Fruchtbarkeitsziffer dt/ha*a Phytomasse bei ökologischer Klimastufe t	m	f	Holzmasse t	m	f
Br ol/s UA 34		K	N	-18	-16	-11	8	7	6	104	104	104	40	42	44
Br ol/s UA 45		"	F	"	"		11	9	7	96	100	100	52	57	61
Br ol/s UA 56		"	I	"	"		16	14	11	88	92	96	51	56	60

* Gilt für oberen Zentimeter.
[a] Steinanreicherung im unteren Teil.
[b] O-Horizont nur bei Mo, RM und Ro.
[c] Bei mittlerem Hochstand.
[d] Aus der Kombination von n- und b-Stufe ergibt sich die Humusform. Vorkommende Humusformen siehe Kopfzeile.
[e] Die Stufen tr und fr sind wegen Kleinflächigkeit meist nicht auskartiert. Trotzdem sind sie wesentliche Standortseigenschaften.

Tab. 1 Hauptbodenformen der Mineralböden als Kombination von Substrat- und Horizontprofil

Ordnung nach dem Substratprofil → / Ordnung nach dem Horizont-profil ↓			Sandgruppe					Decklehmgruppe (über Sand)						Tieflehm	Lehmgruppe								Tongruppe			
			Kalkklocksand	Kalksand,-grand,-staubsand	Klocksand	Sand,Grand,Staubsand	Bändersand,-grand,-staubsand	Deckkalk	Deckhalbkalk	Deckkalkklocklehm	Deckkalklehm	Deckklocklehm	Decklehm		Kalk	Halbkalk	Kalkklocklehm	Kalklehm	Kalkschluff	Klocklehm	Lehm	Schluff	Kalkklockton	Kalkton	Klockton	Ton
			kos	ks,kg,kf	os	s,g,f	bs,bg,bf	k/s.	ik/s	kol/s	kl/s	ol/s	l/s	s/l	k	ik	kol	kl	ku	ol	l	u	kot	kt	ot	t
anhydromorphe Böden	Rendsina	Re		X							X				X	X		X	X							
	Ranker	Ra				X	X																			
	Vega, Kolluvialerde	V,KE	X		X					X		X					X			X			X		X	
	Braunerde	B				X	X																			
	Bänderbraunerde	BB				X	X																			
	Fahlerde	F											X	X							X	X				X
	Podsole	P				X	X																			
semihydromorphe Böden	Grundgleyrendsina	GRe		X																						
	Amphigleyrendsina	ARe									X															
	Staugleyrendsina	SRe													X		X	X	X					X		
	Grundgleyranker	GRa				X	←																			
	Grundgleyvega	GV	X		X																					
	Amphigleyvega	AV								X		X														
	Gleyvega [c]	GV															X			X					X	
	Grundgleybraunerde	GB				X	←																			
	Staugleyfahlerde	SF												X							X	X				X
	Grundgleypodsole	GP				X	←																			
	Staugleypodsole	SP												X							X	X				
vollhydromorphe Mineralböden	Graugrundgley	UG	X	X	X	X	←																			
	Grauamphigley	UA	←					X	X	X	X	X	X'		X b	X b	X b	X b	X b	X b	X b	X b	X b	X b	X b	
	Graustaugley (oder i.w.S. Graugley)	US												X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Humusgrundgley	HG	→	X	→	X	←																			
	Humusamphigley	HA						X	X	→	X	→	X		X b	X b	→	X b	←	→	X b	←	→	X b		
	Humusstaugley (oder i.w.S. Humusgley)	HS												X	X	X	→	X	←	→	X	←	→	X	→	X
	Anmoorgrundgley	AG	→	X	→	X	←																			
	Anmooramphigley	AA						X	X	→	X	→	X		X b	X b	→	X b	←	→	X b	←	→	X b		
	Anmoorstaugley (oder i.w.S. Anmoorgley)	AS												X	X	X	→	X	←	→	X	←	→	X	→	X
	Moorgrundgley	MG		X		X	←																			
	Mooramphigley	MA						→	X	→	X															
	Moorstaugley (oder i.w.S. Moorgley)	MS													X	X					X	←				X

a Hauptbodenformen sind die angekreuzten Kombinationen von Substrat- und Horizontprofil, z.B. Kalkgrand-Rendsina, Sand-Bänderbraunerde, Sand-Humusgrundgley. Die mit Pfeilen versehenen Subtratfolgen bei den hydromorphen Bodenformen werden den bezeichneten zugeschlagen, aber nur im unentwässerten Status; nach stäkerer Entwässerung werden sie in gleicher Weise differenziert wie die Substratfolgen der entsprechenden anhydromorphen Böden.

b Nur, wenn sandunterlagert

c Gley hier i.w.S.

Tab. 2 Durch Substratschichten zu erfassende Substratarten

Einteilung nach silikatischem und karbonatischem Anteil und allochthoner organischer Substanz			Einteilung nach Körnungsarten		
			Sandgruppe (S, alS, lS)	Lehmgruppe (sL, L, lU, uL, U)	Tongruppe (lT, uT ,sT, T)
silikatisch (ohne Karbonat)	ohne	allochthone organische Substanz	Grand Sand Staubsand	Lehm Schluff	Ton
	mit (bis 5 %)		Klocksand	Klocklehm	Klockton
silikatisch-karbonatisch (Karbonat bis 30%)	ohne	allochthone organische Substanz	Kalkgrand Kalksand Kalkstaubsand	Kalklehm Kalkschluff	Kalkton
	mit (bis 5 %)		Kalkklocksand	Kalkklocklehm	Kalkklockton
karbonatisch-silikatisch (Karbonat 30-70%)				Halbkalk	
karbonatisch (Karbonat >70%)				Kalk	

Tab. 3 Substratfolgetypen nach der Vertikalfolge von Substratarten

Einsetz-tiefe (cm)	Substrat		Substratfolgetyp																					
			Grand	Sand	Staubsand	Grand	Sand	Staubsand	Grand	Sand	Staubsand	Lehm	(Sand-) Tieflehm	Decklehm (über Sand)	sanduntelag.Lehm	Schluff	(Sand-) Tiefschluff	Deckschluff (über Sand)	sandunterlag. Schluff	Ton	(Sand-) Tiefton	Lehm	Deckton (über Sand)	sandunterlag. Ton
						tieflehm-unter-lagert			lehm-unter-lagert															
0...40	Sand	gS	X			X			X				↑											
		mfS	↓	X	↑	↓	X	↑	↓	X	↑		X				X				X			
		ffS			X			X			X		↓				↓				↓			
	Lehm											X		X	X							X		
	Schluff															X		X	X			↓		
	Ton																			X			X	X
>40...80	Sand	gS	X			X			X															
		mfS		X			X			X														
		ffS			X			X			X				·									
	Lehm											X	X		X									
	Schluff															X	X		X					
	Ton																			X	X	X		X
>80...160	Sand	gS	X			X																		
		mfS		X			X																	
		ffS			X			X																
	Lehm								X	X	X	X	X											
	Schluff															X	X							
	Ton																			X	X	X		
>160...300	Sand		X	X	X									X	X			X	X				X	X
	Lehm					X	X	X	X	X	X	X	X											
	Schluff															X	X							
	Ton																			X	X	X		