

Substratfeuchte – wichtige Auswerteeinheit der Standortserkundung; dargestellt am Beispiel Sachsens

THOMAS KÖNIG

Staatsbetrieb Sachsenforst, Kompetenzzentrum Wald u. Forstwirtschaft

1 EINLEITUNG

Die Bewertung des Standortwasserhaushaltes ist für die land- und forstwirtschaftliche Landnutzung von elementarer Bedeutung. Dies ist keine neue Erkenntnis (z. B. RAMANN 1893, NEEF 1967, NAUMANN-TÜMPFEL 1975, KOPP et al. 1982, SCHWÄRZEL et al. 2009). In Standortskarten findet sich immer auch eine Bewertung des Wasserhaushaltes, die je nach Verfahren meist eine integrierte Bewertung von Boden- bzw. Geländewasserhaushalt (z. B. Stammfeuchtestufe) und klimatischem Feuchteangebot (z. B. Klimastufe) ist. Jedoch nimmt im Zuge der vielfach prognostizierten Klimaveränderungen und der sich damit wahrscheinlich ändernden Niederschlags- und Strahlungsregime (klimatisches Feuchteangebot) die Bedeutung des Bodenwasserhaushaltes zu. Es stellt sich deshalb die Frage; Ist die in der Regel vorhandene standortkundliche Bewertung des Bodenwasserhaushaltes hinreichend genau? Zumindest für sickerwassergeprägte Standorte ist diese Frage allgemein mit Nein zu beantworten. In weitgehender Ermangelung von regionalspezifischen Messdaten ist zunächst durch eine erneute Auswertung von Primärdaten der Standortserkundung eine Verbesserung dieser Bewertung möglich.

Außerdem sind für die Prognose (Modellierung) des Bodenwasser- und Stoffhaushaltes Kenntnisse über die hydraulischen Eigenschaften der Böden eine wichtige Voraussetzung. Je nach Modellansatz werden für die Regionalisierung bestimmte Parameter benötigt. Diese sind aus der digitalen Standortskarte in der jetzigen Form nicht abzuleiten. Es ist deshalb erforderlich, die als analoge Primärdaten vorhandenen Informationen, insbesondere detailliertere Angaben zu Korngrößenverteilung und Substratschichtung, auf der Ebene der Kartiereinheit (Lokalbodenform) flächig abrufbar zu machen.

Mit Hilfe der Informationen zu Körnung und Schichtung lassen sich über die Verwendung von Pedotransferfunktionen (PTF) wichtige Kennwerte des Bodenwasserhaushaltes quantitativ ableiten. Damit kann dann die Bewertung (Qualitätseinschätzung) des Bodenwasserhaushaltes nachvollziehbarer, d. h. besser reproduzierbar, und in höherer Auflösung als bisher erfolgen.

Im Folgenden soll die Bewertung und Quantifizierung des potentiellen Bodenwasserspeichers am Beispiel Sachsens beschrieben werden.

2 HINTERGRUND, DEFINITIONEN, ZIELE

Nach ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG (AKSK) (1996) ist es für die Verwendung von Aufnahmegrößen aus der Standortkartierung als Eingangsparameter für Modelle Voraussetzung, dass alle Möglichkeiten zur Quantifizierung der Standortdaten ausgenutzt werden. Zudem können Ergebnisse forstlicher Versuche, die sämtlich standortsabhängig sind, ohne eine quantifizierende Beschreibung des Wasser-, Wärme- und Nährstoffhaushaltes der Untersuchungsstandorte nicht miteinander verglichen werden und also auch nicht in die forstliche Praxis Eingang finden.

In der praktischen Standortkartierung werden die Parameter des Wasserhaushaltes derzeit jedoch nur vereinzelt quantitativ bestimmt. Die komplexe Gesamtwirkung verschiedener Primärfaktoren auf den Wasserhaushalt wird meist auf indirektem Weg über Indizien (Geländeform, Bodenvegetation, Baumhöhenwachstum usw.) abgeschätzt.

Im Zuge der Kartierung sollten nach AKSK (1996) die wichtigsten Parameter des Bodenwasserhaushaltes an Leitprofilen gemessen oder zumindest quantitativ geschätzt werden nachdem an Messdaten von Leitprofilen geeicht wurde.

Die für sächsische Böden durch Auswertung von Primärdaten nachträglich vorgenommene Klassifizierung der Substratfeuchte anhand geschätzter Werte der nutzbaren Feldkapazität von Standardprofilen wird als ein Weg betrachtet der Forderung nach einer Quantifizierung der Wasserhaushaltseinschätzung bei der Standortkartierung gerecht zu werden.

Der potentiell nutzbare Bodenwasserspeicher (nutzbare Feldkapazität – nFK, nutzbare Wasserkapazität – nWSK) wird als Stammeigenschaft betrachtet und kann als „Bodenspeicherfeuchte“ bezeichnet werden. Die Bodenspeicherfeuchte ist ein wesentlicher Bestandteil der Substratfeuchte. Letztere ist als integrierende Größe des Bodenwasserhaushaltes zu sehen, in der neben der Bodenspeicherfeuchte der Geländewasserhaushalt und der Einfluss von Zustandseigenschaften (Humusgehalt, Humusauflage, Durchwurzelungsintensität) auf das Bodenfeuchteangebot zusammengefasst werden können. Da der Einfluss der Zustandseigenschaften derzeit schwer quantifizierbar ist, insbesondere weil eine Kartierung der Zustandseigenschaften nicht durchgängig vorliegt und der Einfluss der Geländedeposition je nach klimatischer Feuchte unterschiedlich sein kann, wird die Bodenspeicherfeuchte nach dem derzeitigen Arbeitsstand vereinfachend der Substratfeuchte gleichgesetzt. Um den zurzeit ausschließlichen Charakter als Stammeigenschaft deutlich zu machen, erscheint es sinnvoll den Wortzusatz Stamm-(Substratfeuchte) zu verwenden. Eine verfrühte Synthese von Stamm- und Zustandseigenschaften würde zudem eine spätere Überarbeitung, etwa bei indizierten Änderungen von Zustandseigenschaften, unnötig erschweren (KOPP et al. 1969).

Da die Erschließungstiefe des Solums durch Pflanzenwurzeln zu einem gewissen Anteil artspezifisch ist, wird darauf verzichtet eine Substratfeuchte für den effektiven Wurzelraum anzugeben. Der Bezug auf den effektiven Wurzelraum würde zu unterschiedlichen Bewertungstiefen führen. Ein quantitativer Vergleich der Stamm-Substratfeuchte verschiedener Böden mit dem Ziel einer reproduzierbaren Gliederung, sowohl auf der Ebene der topischen als auch der chorischen Dimension im Sinne von NEEF (1967), wäre dann stark eingeschränkt. Zudem muss ein nahtloser Übergang zu den Ansprache- bzw. Gliederungsmerkmalen von Grund- und Stauwasserkörpern angestrebt werden. Daher werden einheitliche Bewertungstiefen verwendet.

Die Substratfeuchte ist ein wesentliches standortdifferenzierendes Merkmal. Insbesondere im Tiefland erweist sie sich als gut geeignet, die standörtlichen Grundlagen der Baumartenwahl zu verbessern. Die Substratfeuchte findet Eingang in einen Algorithmus zur Ableitung von standörtlich und regional besser differenzierten Baumartenempfehlungen. Außerdem ist diese Auswerteeinheit eine geeignete Proxygröße, die auf Ebene regionaler Raumplanungen eine differenziertere Ausweisung von verschiedenen Planungsräumen bzw. deren fachlich fundiertere Untersetzung ermöglicht.

Es wird angestrebt die auf der Maßstabebene 1:10000 neue Auswerteeinheit Substratfeuchte in regionale Klima- bzw. Wasserhaushaltsmodelle einfließen zu lassen.

3 QUALIFIZIERUNG UND QUANTIFIZIERUNG DER SUBSTRATFEUCHTE

3.1 FLÄCHEN- UND PUNKTDATENANALYSE

Die Auswertung bzw. Verfügbarmachung vorhandener Daten zu Bodenart, Schichtung und Skelettgehalt durch die Flächen- und Punktdatenanalyse sind elementare Voraussetzung für die anschließende Quantifizierung der Substratfeuchte. Die Bodenart (bei diskontinuierlichen PTF) oder analysierte Kornfraktionenanteile (kontinuierliche PTF) sind in den meisten bodenhydrologischen Pedotransferfunktionen der wichtigste Prediktor. „Die Schätzung der bodenphysikalischen Kennwerte beginnt mit der Bestimmung der Bodenart.“ (RENGER et al. 2009)

Das Lokalbodenformeninventar wird in der Flächendatenanalyse nach 3 Zuordnungsstufen, das heißt mit den idealisierten Merkmalen der Lokalbodenform zu

- I. Bodenart und deren Profilabfolge (Bodenartentyp)
- II. Horizontgenesetyp und -ausprägung
- III. sonstige induktive Merkmale,

klassifiziert.

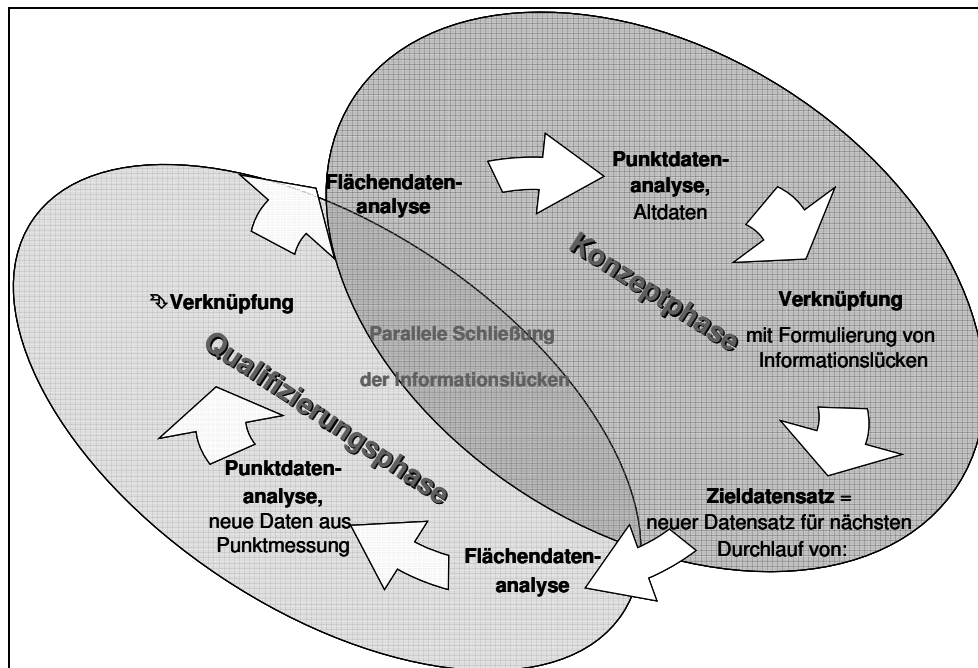


Abb. 1: Konzeptionelles Schema der Herleitung standardisierter (mittlerer, repräsentativer) Flächeneigenschaften aus Primärinformationen der Standortserkundung.

Da die Lithologie an sich in der Regel nur einen eingeschränkten Einfluss auf die bodenhydraulischen Eigenschaften hat bzw. im weitesten Sinne mit der Bodenart zusammenhängt, wird für das hier verfolgte Ziel, die Klassifizierung in erster Linie nach der Bodenart bzw. deren Abfolge also dem idealisierten Bodenartenprofil der Lokalbodenform aufgelöst.

Alle Ordnungen, das heißt Auswertungen der verfügbaren Flächeninformation (Bodenformenkatalog) nach dem aus der Körnung abgeleiteten potentiellen Substratwasserhaushalt, wurden induktiv in der Art vorgenommen, dass sich im Ergebnis eine qualitative Abfolge der sickerwassergeprägten Lokalbodenformen nach ihrer Wasserspeicherfähigkeit ergab. Semihydromorphe und vollhydromorphe Formen sind als solche gekennzeichnet und nicht weiter aufgegliedert.

Punktbezogene Eingangsdaten (verschiedenste Daten von Weiserprofilen, BZE-Profilen, Profilen anderer und eigener Untersuchungen) sollten in einem Datenbestand zu fusionieren sein und hinsichtlich Qualität und Quantität analysiert werden. In der Punktdatenanalyse wird mit Hilfe der näheren Beschreibungen die Flächeninformation verbessert. Daraus ergibt sich ein mittleres flächenbeschreibendes Idealprofil der Lokalbodenform, welches für die anschließende Ableitung der nWSK und die Abgrenzung zwischen den Substratfeuchteklassen oder -stufen erforderlich ist. Enthalten sind darin die zur Ableitung notwendigen Parameter, nämlich Bodenart, Schichtung und Skelettgehalt.

Der primäre Flächendatensatz hat ein zentrales Ungenauigkeitsproblem, welches sich aus der häufig nicht hinreichenden Beschreibung des idealisierten Bodenartenprofils der Lokalbodenform ergibt. Zum einen äußert sich dies durch die häufige Angabe von ausschließlich Bodenartenspannen oder nur Bodenartenhauptgruppen und zum anderen sind

Bodenartenspannen oder nur Bodenartenhauptgruppen und zum anderen sind Angaben zu Schichtmächtigkeiten und zur Bodenartenabfolge im Profil oft ungenau oder fehlen ganz. Ein entscheidendes Hindernis für die Quantifizierung der Substratfeuchte ist die Klassifizierung der Flächendaten nach SEA 74 (AUTORENKOLLEKTIV 1974), während sich die genutzte Pedotransferfunktion auf die Einteilung nach KA 5 (AD-HOC-AG BODEN, 2005) bezieht. Deswegen ist die Beschreibung des Zieldatensatzes ausschließlich mit idealisierten Flächendaten (Standardprofile) nach SEA 74 nicht möglich. In der Konzeptphase (siehe Abb. 1) werden mit Hilfe von alten Punktdaten (Weiserpunkte der Standortkartierung mit Profilbeschreibung und gemessener Korngrößenverteilung) die idealisierten Flächendaten zunächst validiert bzw. präzisiert und dann die Informationen zur Bodenart und zum Skelettgehalt in die Klassifikation der KA 5 übersetzt. Außerdem wurden aus diesen Punktdaten Informationen zur Trockenrohdichte und zur Schichtmächtigkeit entnommen. Eine Georeferenzierung der Punktdaten ist zunächst nicht zwingend notwendig, da für die Verwendbarkeit der Messdaten bzw. Profilbeschriebe hier nur eine Zuweisung bzw. Zuweisbarkeit zu einer konkreten Lokalform erforderlich ist. Das bedeutet nichts anderes, als das die inhaltliche Verknüpfbarkeit von Punkt- (Weiserpunkt) und Flächeninformation (idealisiertes Profil der Lokalbodenform) gewährleistet sein muss.

Die Lokalbodenform ist hier als Flächenbodenform nach HANNEMANN et al. (1999) bzw. BAURIEGEL (2005) aufzufassen, deren Beschreibung durch Punktdaten auf einen Zielmaßstab des Flächendatensatzes von 1:10000 angelegt ist. Allerdings ist im Unterschied zu der Darstellung bei HANNEMANN et al. die Lokalbodenform auch geeignet einen Punkt bzw. ein Pedon im Sinne von HAASE (1968) zu beschreiben. Die Verwendung von Punktinformationen zur Validierung der flächenbeschreibenden Informationen wird dadurch sehr erleichtert; Denn im Gegensatz zur aktuellen Systematik nach KA 5 mit ihren umfangreichen Kombinationsmöglichkeiten und dem Ziel einer differenzierten Kennzeichnung von Punkten (BAURIEGEL 2005), wurden und werden Punktaufnahmen (Weiserpunkte) der forstlichen Standortkartierung nach SEA 74 mit dem Ziel der differenzierten Beschreibung mittlerer Flächeneigenschaften aufgenommen, dass heißt, jedes aufgegrabene Bodenprofil wird einer Lokalbodenform zugeordnet. Mithin befinden sich so Punkt- und Flächendaten auf demselben systematischen Niveau. Die Ableitung des Zieldatensatzes erfolgt deshalb am einfachsten nach dem bei BAURIEGEL (2005) beschriebenen Prinzip der inhaltlichen Verknüpfung von Punkt- und Flächeninformationen. Allerdings können nach diesem Prinzip flächenspezifische oder regionale Besonderheiten nicht berücksichtigt werden. Erst durch eine räumliche Verknüpfung von Punkt- und Flächeninformation könnte diesem Umstand Rechnung getragen werden. Dazu wäre jedoch in Abhängigkeit von Zielmaßstab wahrscheinlich eine höhere Punktdichte als bisher nötig. Letztere kann jedoch erst nach Auswertung aller vorhandenen Daten sinnvoll bezüglich Menge und räumlicher Verteilung präzisiert werden. Idealerweise müsste dafür ein länderübergreifender harmonisierter, digitaler und georeferenzierter Datensatz aller nach SEA erhobenen Punkte vorliegen.

Für die später vorgesehene Einbeziehung regionaler und flächenspezifischer Besonderheiten und damit die räumliche Verknüpfung von Punkt- und Flächeninformation (Qualifizierungsphase in Abb. 1) im Sinne von BAURIEGEL (2005) ist die Georeferenzierung vorhandener Punktdaten und Abgleich mit Merkmalen des zum Punkt gehörenden Flächenpo-

lygons notwendige Voraussetzung. Momentan sind in Sachsen ca. 600 Weiserpunkte georeferenziert. Es liegen jedoch nicht zu allen gemessene Texturdaten vor und die Profilbeschreibungen sind zu großen Teilen nur analog verfügbar. Außerdem existieren für das Tiefland aus der Grundnetzaufnahme (mosaikspezifisch differenziert; häufig 100 x 100 m) viele Tausend Bohrpunktbeschriebe und entsprechende Kartennachweise in analoger Form.

Der Zieldatensatz selbst ist nach Parametrisierung mit Flächen- und Punktdaten als neuer Flächendatensatz aufzufassen, der wiederum einer Flächendatenanalyse zu unterziehen ist (vgl. Schema in Abb. 1). Dadurch können einerseits typische Bodenartentyp-Gesellschaften aus Bodenartentypengruppen in den Grenzen der Wuchsbezirke gebildet werden, wie es bereits KOPP et al. (2003) mit ihrer Interpretation der „Mesochorentypen nach Hydro-morphie und Substrat“ in ähnlicher Weise für das nordostdeutsche Tiefland getan haben. Andererseits soll aber vor allem eine Interpretation der Bodenartenprofil-Gesellschaften nach Substratfeuchte erfolgen. Die entstehenden Untereinheiten können dann als eine Art Bodenartenmosaiktyp aufgefasst werden. Die Frage ob die endgültige Kategorisierung innerhalb der Mesochoren (Wuchsbezirke) oder über deren Grenzen hinweg erfolgen muss, wird dabei zunächst nicht berücksichtigt.

3.2 ABLEITUNG DER NWSK

In der aufgestellten Rangfolge im Zuge des PTF-Vergleichs anhand von 489 Waldbodenhorizonten von RUSS et al. (im Druck) ist die PTF von RENGGER et al. (2009) sehr gut platziert. Unter der Maßgabe das die Ableitung der nFK mit den vorhandenen Daten nur mit Hilfe einer diskontinuierlichen PTF möglich ist, steht trotzdem eine gut geeignete Schätzhilfe zur Verfügung, um die Substratfeuchte mit Primärinformationen zu Körnung (Bodenart), Schichtung und Skelettgehalt zu quantifizieren und auf der Ebene der kleinsten Kartiereinheit (Lokalbodenform) zu regionalisieren.

In einigen Fällen (ca. 80 Bodenhorizonte) lagen bereits Messungen zu hydraulischen Eigenschaften von weit verbreiteten Lokalbodenformen vor. Diese wurden genutzt die nach RENGGER et al. vorgegebenen Werte zu modifizieren. Je nach Informationsdichte wurden induktiv Zu- und Abschlüsse verteilt. So wurde für jede sickerwassergeprägte Lokalbodenform das Idealprofil (bezüglich Bodenart, Bodenartenabfolge, Skelettgehalt) dieser Form in dm-Schritten bis max. 160 cm Tiefe bezüglich der nWSK durchgerechnet. Für die anschließende Einordnung in das Klassifikationsschema wurde für die Tiefen 40 cm, 80 cm und 160 cm aufsummiert und jeweils auf 5 mm gerundet.

Die effektive Durchwurzelungstiefe ist bei der Ableitung der nWSK in Waldböden nicht zielführend. Deshalb wurden feste Bezugstiefen statt eines variablen Tiefenbezugs entsprechend der effektiven Durchwurzelungstiefe gewählt. Da die Durchwurzelungstiefe in Abhängigkeit von Alter und Baumart der aufstockenden Bestände stark schwanken kann, würde sich die Bewertung auf einen veränderlichen Standortzustand und nicht auf das Standortspotential beziehen. Zudem bezieht sich das Schema zur Herleitung der effektiven Durchwurzelungstiefe nach KA 5 auf einjährige landwirtschaftliche Kulturen und nicht auf Baumbestände.

Die organische Auflage als Zustandsgröße blieb unberücksichtigt. Für den ersten dm ab Geländeoberfläche wurde ein gutachtlicher Zuschlag für Humusgehalt erteilt, der allerdings wegen nicht zur Verfügung stehender Messdaten im Wesentlichen auf Erfahrungswissen beruht. Außerdem ist beim Einfluss des Humusgehaltes im Mineralboden zu bedenken, dass der Humusgehalt und die Mächtigkeit des A-Horizontes von Waldböden häufig geringer sind als bei Acker- und Grünlandböden.

Ein Berechnungsbeispiel bis 80 cm Tiefe für eine sehr weit verbreitete Lokalbodenform (Nedlitzer Sand-Braunerde; ca. 11.000 ha in Sachsen) gibt Tabelle 1. Die Besonderheit dieser Form liegt in der als anlehmgig charakterisierten durch Frostwechselprozesse beeinflussten Delta-Zone (entspricht der Hauptlage, ist hier ca. 40 cm mächtig). Der aus den verfügbaren Punktinformationen zu dieser Form abgeleitete mittlere Gehalt an Ton und Schluff liegt im Bereich des Kreuzungspunktes der Bodenarten Ss, St2, Su2 und Sl2 nach KA 5. Diese Tatsache macht deutlich wie schwierig es einerseits ist, in Ermangelung von Messdaten verlässliche Zahlen für die nWSK festzulegen und das andererseits in der Konzeptphase mit Hilfe von Expertenwissen die nWSK induktiv verändert werden musste. Die Informationsdichte zur oben erwähnten Lokalbodenform ist schon recht hoch, so dass guten Gewissens die aus Tabelle 1 ersichtlichen Werte für die nWSK eingesetzt werden konnten.

Tab. 1: Berechnungsbeispiel der nWSK für das Idealprofil einer Nedlitzer Sand-Braunerde.

Bodenart	Horizont	Tiefe [cm]	nWSK [mm]
almfS	Ah	0-10	15
almfS	Bv	10-20	12
almfS	Bv	20-30	12
almfS	Bv	30-40	12
mfS	Bv-Cv	40-50	11
mfS	Bv-Cv	50-60	11
mfS	Cv	60-70	10
mfS	Cv	70-80	10
Summe:			93 ≈ 95
			= mäßig speichertrocken

4 KLASSIFIKATION DER SUBSTRATFEUCHTE

Die Klassifikation der Substratfeuchte ist stark an die bereits von KONOPATZKY (1998) vorgeschlagenen Einteilung angelehnt und erfolgt nach der dort genannten Variante „a“ als feste Zuordnung von Mittelwerten zu Lokalbodenformen.

Neu ist dabei die Erweiterung auf Bodenformen des Mittelgebirgs- und Hügellandbereichs. Außerdem gibt es einige Unterschiede in der Herangehensweise für die Substratfeuchtezeichnung. So wurde z. B. auf die Bewertung der organischen Auflage verzich-

tet und eine andere Standard-Bewertungstiefe (80 cm statt 160 cm) verwendet. Außerdem wird die Datenlage zur, unter Feldbedingungen entscheidenden, ungesättigten Wasserleitfähigkeit als so unbefriedigend eingeschätzt, dass das Entwässerungsverhalten der einzelnen Lokalbodenformen nicht hinreichend befriedigend taxiert werden kann.

Tab. 2: nWSK für Substratfeuchteklassen und drei Bewertungstiefen (40, 80 und 160 cm).

[mm]				
nWSK 40	nWSK 80	nWSK 160	Substratfeuchtklasse	Beispielböden
< 25	< 50	< 100	speicherdürr	Kiesböden
25 bis < 40	50 bis < 80	100 bis < 160	sehr speichertrocken	Podsole aus Grobsanden
40 bis < 45	80 bis < 90	160 bis < 180	speichertrocken	Podsol-Braunerden aus Mittelsand
> 45 bis < 55	> 90 bis < 110	> 180 bis < 220	mäßig speichertrocken	Braunerden aus schwach lehmigen Mittelsanden über Reinsanden
55 bis < 65	110 bis < 130	220 bis < 260	mäßig speicherfrisch	Braunerden aus stärker lehmigen Sanden über Mittelsanden
65 bis < 75	130 bis < 150	260 bis < 300	speicherfrisch	Braunerden aus lehmigen Sanden über Mittelsanden mit lehmigen Bändern
75 bis < 85	150 bis < 170	300 bis < 340	mäßig haftfrisch	Braunerden aus Verwitterungslehmen mit mäßigem Skelettgehalt
85 bis < 95	170 bis < 190	340 bis < 380	haftfrisch	Braunerden aus Auenlehmen
ab 95	ab 190	ab 380	haftfeucht	Parabraunerden aus Löß

Es existieren bereits Bewertungsschemata für nFK bzw. nWSK nach AD-HOC-AG BODEN (2005) und nach AKSK (1996). Diese unterscheiden sich sowohl untereinander als auch von der in Tabelle 2 gezeigten Bewertung. Insbesondere die schematische Aufteilung der Klassenbreiten stellt dabei einen wesentlichen Unterschied der Klassifikationsansätze im Vergleich zur Einteilung nach Tabelle 2 dar. Die hier vorgestellten vorläufigen Grenzwerte der einzelnen Klassen verfolgen einen eher ökologischen Ansatz. Deutlich wird das durch die unregelmäßigen Klassenbreiten insbesondere zwischen „speichertrocken“ und „speicherfrisch“. Der Grund dafür ist die aus Erfahrungswissen generierte standortsökologisch vorgegebene Trennung bestimmter häufiger Bodenformen, wobei allerdings in weiteren Untersuchungen zu klären ist, ob die Trennung bzw. die Grenzwerte tatsächlich ökophysiologisch relevant bzw. korrekt sind.

Die einzelnen Bewertungstiefen 40, 80 und 160 cm wurden zum einen wegen ihrer Relevanz bei der Abgrenzung von Lokalförmlichkeiten verwendet und zum anderen fließen durch die Bewertung unterschiedlicher Tiefen Informationen zur Schichtung der Substrate in integrierter Form ein. Das heißt z. B., dass ein definierter Schichtwechsel zwischen 40 und 80 in der Herleitung der nWSK für diesen Tiefenbereich berücksichtigt ist. Der Bezug der mittleren Bewertung einer Bodenform bzw. eines Substrattypes auf 80 cm ist wegen dem häufigen Schichtwechsel innerhalb 40 bis 80 cm und auch wegen der sinnvoller Klassifizierung von weniger tiefgründigen Böden insbesondere im Hügelland und Mittelgebirge angebracht. Außerdem entspricht der Hauptschließungsbereich der Wurzeln häufig in etwa dieser Tiefenstufe.

Trotzdem soll die Bewertung der anderen Tiefenstufen immer mitgeführt werden, weil z. B. der Verjüngungserfolg einer Baumart entscheidend davon abhängig sein kann, ob beispielsweise eine mächtigere Sanddecke mit der Einordnung in „speichertrocken“ in den ersten 40 oder 80 cm vorhanden ist, auch wenn ab 80 cm Lehm einsetzt, der dann bei einer Bewertung bis 160 cm möglicherweise zu einer Einordnung in „speicherfrisch“ führt.

5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Es entstand bisher eine konzeptionelle Karte der nutzbaren Wasserkapazität im Maßstab 1: 10000. Darauf aufbauend wurde eine klassifizierende Kennzeichnung der Substratfeuchte vorgenommen, welche trotz ihres Konzeptcharakters eine wesentliche Verbesserung der Bewertungsgrundlagen des Standortwasserhaushaltes darstellt und als planungs- und entscheidungsrelevantes, differenzierendes Standortmerkmal Verwendung findet (siehe z. B. EISENHAUER et al. 2009, SONNEMANN 2009).

In der Zukunft ist zum Verlassen der wesentlich von Expertenwissen geprägten Konzeptphase in die Qualifizierungsphase (siehe Abb. 1) eine laboranalytische Untersetzung hydrologischer Eigenschaften und von Texturmerkmalen der Standardprofile notwendig; Einerseits um die notwendige Qualifizierung der Mittelwerte für Substrattyp bzw. Lokalbodenform zu erreichen und andererseits (bezüglich der Wasserspannungs-Wassergehalts-Kurven bzw. Wasserleitfähigkeits-Wassergehalts-Kurven) als notwendige Grundlage für Modellierungen.

Zur Bewertung der Erklärungsgenauigkeit der Standardprofile sind Möglichkeiten der Repräsentanzanalyse zu nutzen. Indem etwa die relative Abweichung von Punktdaten als Gradmesser für den erzielten Generalisierungsgrad bestimmt wird. Das kann unter Umständen zur Teilung von Lokalbodenformen oder einfacher zur regionalspezifischen Umstufung ihrer Substratfeuchte führen. Dazu ist jedoch die Auswertbarkeit des Punktdatenbestandes noch zu verbessern. Insbesondere die strukturierte Digitalisierung von Punktdaten in Form auswertbarer Datenbanken ist dabei voranzutreiben. Die Präzisierung des Verdichtungsbedarfes und die dynamische Korrektur der Substratfeuchtekarte (Flächendatensatz) mit neu verfügbaren Punktdaten werden damit erst möglich.

Außerdem ist es erforderlich die Grenzen der einzelnen Substratfeuchteklassen hinsichtlich ihrer ökophysiologischen Relevanz für die wichtigsten Baumarten zu prüfen. Dazu sind u.a. dendroökologische Untersuchungen zur Valenz der Baumarten oder die Prüfung über einen Abgleich der Bodenvegetation geeignete Mittel.

Da alle ostdeutschen Bundesländer nach SEA 74 erhobene Datenkollektive in der Forstlichen Standortserkundung haben und Anstrengungen unternehmen oder unternommen haben Lokalbodenformen in ein System der Substratfeuchteklassifizierung einzuordnen, ist eine Harmonisierung der Einstufungen zumindest der über Ländergrenzen hinweg vorkommenden Lokalbodenformen anzustreben.

6 LITERATUR

- AD-HOC-AG BODEN (unter Vorsitz von ECKELMANN, W.) (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. *Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe* (Hrsg.), Hannover, 5. Auflage, 438 S.
- ARBEITSKREIS STANDORTKARTIERUNG (1996): Forstliche Standortaufnahme. IHW-Verlag, Eching, 5. Auflage, 352 S.
- AUTORENKOLLEKTIV (unter Leitung von KOPP, D. & SCHWANECKE, W.) (1974): Anweisung für die forstliche Standortserkundung in der DDR; Standortserkundungs-Anweisung (SEA). *VEB Forstprojektierung Potsdam* (Hrsg.).
- BAURIEGEL, A. (2005): Methoden zur Ableitung und Parametrisierung von flächenbezogenen Profil- und Horizontdaten. Am Beispiel der Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg im Maßstab 1:300000. Dissertation, Humboldt-Universität, Berlin, 156 S.
- EISENHAUER, D.-R.; SONNEMANN, S. (2009): Waldbaustrategien unter sich ändernden Umweltbedingungen – Leitbilder, Zielsystem und Waldentwicklungstypen. *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz*, Heft 8, 71-88.
- SONNEMANN, S. (2009): Anpassungsstrategien für die regionale Forstwirtschaft – Arbeitsstand. BMBF-Projekt REGKLAM, Workshop Teilmodul 3.3 – Landnutzung. Radebeul, 15.10.2009.
- HANNEMANN, J.; BAURIEGEL, A.; KÜHN, D. (1999): Bildung von Flächenbodenformen für die Verwendung in Karten und Geographischen Informationssystemen. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 91(2), 1005-1009.
- HAASE, G. (1968): Pedon und Pedotop – Bemerkungen zu Grundfragen der regionalen Bodengeographie. In: BARTHEL, H. (Hrsg.): *Landschaftsforschung – Beiträge zur Theorie und Anwendung. Petermanns Geographische Mitteilungen*, Haack Verlag, Gotha, Ergänzungsheft 271, 57-76.
- KONOPATZKY, A. (1998): Kennzeichnung der substratbedingten Feuchte von GRUNDWASSERFERNEN Sandstandorten mit Hilfe der Standortskartierung und ihre Anwendung. *Forschungsbericht, unveröffentlicht*, Eberswalde, 17 S.
- KOPP, D.; u. a. (1969): Ergebnisse der forstlichen Standortserkundung in der Deutschen Demokratischen Republik. Erste Lieferung. Die Waldstandorte des Tieflandes. Eigenverlag, *VEB Forstprojektierung Potsdam*, 141 S.
- KOPP, D.; JÄGER, K.-D.; SUCCOW, M.; u. a. (1982): Naturräumliche Grundlagen der Landnutzung. Akademie-Verlag, Berlin, 339 S.
- KOPP, D.; HARTWICH, R.; ADLER, G. H.; BEHRENS, J. (2003): Die Böden des Nordostdeutschen Tieflandes und ihr Zusammenwirken mit Relief, Klima und Vegetation – Kartenwerk nach Methoden der Forstlichen Standortserkundung. *Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover* (Hrsg.), 27 S.
- NAUMANN-TÜMPFEL, H. (1975): Zur Problematik der ökologischen Bewertung von Naturräumen. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 119(3), 197-205.
- NEEF, E. (1967): Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre. Haack Verlag, Gotha, 152 S.

- RAMANN, E. (1893): Forstliche Bodenkunde und Standortslehre. Springer-Verlag, Berlin, 479 S.
- RUSS, A.; RIEK, W. (im Druck): Pedotransferfunktionen zur Ableitung der nutzbaren Feldkapazität – Validierung für Waldböden des nordostdeutschen Tieflands. *Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie*.
- SCHWÄRZEL, K.; FEGER, K.-H.; HÄNTZSCHEL, J.; MENZER, A.; SPANK, U.; CLAUSNITZER, F.; KÖSTNER, B.; BERNHOFER, C. (2009): A novel approach in model-based mapping of soil water conditions at forest sites. *Forest Ecology and Management*, 258(10), 2163-2174.