



LAND
BRANDENBURG

Ministerium für Landwirtschaft,
Umweltschutz und Raumordnung



Fachbeiträge des Landesumweltamtes

Heft Nr. 87 - Bodenschutz 2 -

Bodenhydrologische Kennwerte heterogener Flächeneinheiten

Methodik der Ableitung und Anwendungsbeispiel für Nordostdeutschland



LANDESUMWELTAMT
BRANDENBURG

Heft Nr. 87 - Bodenschutz 2 -

**Bodenhydrologische Kennwerte
heterogener Flächeneinheiten**

Methodik der Ableitung und Anwendungs-
beispiel für Nordostdeutschland

In der Titelreihe "Fachbeiträge des Landesumweltamtes" sind zum Bodenschutz bisher folgende Hefte erschienen:

- Heft 19 Schwermetallgehalte brandenburgischer Böden (1997)
Heft 27 Entscheidungsmatrix als Handlungshilfe für die Erhaltung und Wiederherstellung von
Bodenfunktionen in Niedermooren (1997)
Heft 29 Anforderungen des Bodenschutzes bei Planungs- und Zulassungsverfahren im Land
Brandenburg -Handlungsanleitung- (1998)
Heft 48 Die Bodenbelastung brandenburgischer Haus- und Kleingärten durch Schadstoffe
(2000)
Heft 78 - Bodenschutz 1 -
Anforderungen des Bodenschutzes bei Planungs- und Zulassungsverfahren im Land
Brandenburg -Handlungsanleitung- (2003)

**Fachbeiträge des Landesumweltamtes - Titelreihe, Heft - Nr. 87
- Bodenschutz 2 -**

Herausgeber:

Landesumweltamt Brandenburg (LUA)
Berliner Str. 21-25
14467 Potsdam
Tel.: 0331 - 2323 259
Fax: 0331 - 29 21 08
E-Mail: infoline@lua.brandenburg.de

Potsdam, im April 2004

Bearbeitung:

Uwe Schindler*, Jürgen Thiere*, Jörg Steidl** und Lothar Müller* vom Zentrum für Agrarlandschafts-
und Landnutzungsforschung Müncheberg e.V. (2003)

* Institut für Bodenlandschaftsforschung im ZALF e.V. Müncheberg

** Institut für Landschaftswasserhaushalt im ZALF e.V. Müncheberg

Verantwortlichkeiten:

Schindler, U. und L. Müller: Ableitung der bodenhydrologischen Kennwerte

Thiere, J.: Erarbeitung des Flächentypenkonzeptes

Steidl, J.: Abflussberechnung und GIS Bearbeitung

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers gestattet.

Inhalt

Vorwort	4
1 Einleitung	5
2 Material und Methode	6
2.1 Datengrundlage	6
2.2 Ableitung bodenhydrologischer Daten	6
2.2.1 Grundsätzliche Vorgehensweise	6
2.2.2 Landwirtschaftliche Böden	7
2.2.3 Waldbodensubstrate	8
2.2.4 Schätzung der Feldkapazität (FK), der nutzbaren FK (nFK) und der nutzbaren FK des effektiven Wurzelraumes (nFKWe)	9
2.3 Flächentypenkonzept zur Datenaggregation für Acker- und Graslandstandorte	12
2.4 Kontrastbeurteilung	18
3 Ergebnisse und Diskussion	19
3.1 Wasserretentionsfunktion und hydraulische Leitfähigkeit für Substrate	19
3.1.1 Landwirtschaftliche Böden	19
3.1.2 Waldböden	20
3.2 Bodenhydrologische Kennwerte für aggregierte Einheiten der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK)	22
3.2.1 Nutzbare Feldkapazität für Substrattypen, Substratflächentypen und Standort-Regionaltypen	22
3.2.2 Pflanzennutzbare Bodenwasserdargebot	30
3.2.3 Heterogenität der nutzbaren Feldkapazität im Substratflächentyp (Kontrastbeurteilung)	32
4 Anwendungsbeispiel	34
4.1 Das Abflussbildungsmodell ABIMO	34
4.2 Berechnung der Abflussbildung	34
4.2.1 Datenbasis	34
4.2.2 Abflusshöhen	35
4.3 Einfluss von Boden und Landnutzung auf die Abflusshöhe	43
4.3.1 Boden	43
4.3.2 Einfluss der Bodenvariabilität	48
4.3.3 Landnutzung im Gebietsmittel	48
5 Schlussfolgerungen	52
Zusammenfassung	53
Summary	53
Literatur	54
Danksagung	56

Vorwort

Der Boden soll in seiner natürlichen Funktion als Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen nachhaltig gesichert werden. So beschreibt das Bundes-Bodenschutzgesetz ein Vorsorgeziel, das flächenhaft umzusetzen ist.

Um Vorsorgemaßnahmen zu planen bzw. Empfehlungen für eine bodenschonende Nutzung geben zu können, werden flächenhafte Informationen zu wichtigen Kennwerten des Bodenwasserhaushalts wie der nutzbaren Feldkapazität, dem permanenten Welkepunkt oder der hydraulischen Leitfähigkeit benötigt.

Im ZALF wurden anhand von Ergebnissen langjähriger Messungen der Leitfähigkeits- und Wasserretentionsfunktionen von Mineral- und Moorböden im Nordostdeutschen Tiefland statische Kennwerte für die verschiedenen Bodeneinheiten gebildet. Gekoppelt an die für das Gebiet der neuen Bundesländer einheitliche Bodenkarte der MMK (Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Bodenkartierung), können flächenhafte Informationen der Bodeneigenschaften hinsichtlich der Bewertung des Bodenwasserhaushaltes abgeleitet werden. Im vorliegenden Fachbeitrag wird die Bewertungsmethodik ausführlich dokumentiert.

Die Bewertungsmethodik lässt sich prinzipiell auch mit den bundesweit abgestimmten Bodenübersichtskarten anwenden, allerdings sind hierzu noch Detailanpassungen notwendig.

Anwendungsfelder für das beschriebene Bodenbewertungsverfahren finden sich beispielsweise

- in der nachhaltigen Sicherung der Bodenfruchtbarkeit und der Leistungsfähigkeit der Bodens als natürliche Ressource der landwirtschaftlichen Nutzung,
- zur Festlegung von Anforderungen des Bodenschutzes bei Planungs- und Zulassungsverfahren (siehe auch Fachbeiträge des Landesumweltamtes, Heft 78) und
- bei der Modellierung des Landschaftswasserhaushalts.

Möglichkeiten einer flächenhaften Modellierung des Landschaftswasserhaushalts aufgrund der Vertikalprozesse im Boden werden anhand eines Anwendungsbeispiels für einen konkreten Landschaftsausschnitt dargestellt.

Prof. Dr. Rüdiger Schultz-Sternberg
Landesumweltamt Brandenburg
Referat Bodenschutz

Potsdam, im April 2004

1 Einleitung

Die Simulation des Bodenwasser- und Stoffhaushaltes setzt die Kenntnis der bodenhydrologischen Eigenschaften der Bodenkompimente voraus. Je nach Modellansatz (RENGER UND STREBEL, 1980, GLUGLA, 1985, REFSGAARD U.A., 1995) werden die statischen Kennwerte Feldkapazität und permanenter Welkepunkt oder die hydraulische Leitfähigkeits- und Wasserretentionsfunktion benötigt.

Von verschiedenen Autoren werden hierzu Richtwerte oder Pedotransferfunktionen in Abhängigkeit von Korngrößenzusammensetzung, Dichte und Kalkgehalt oder für Horizontgruppen angegeben (VETTERLEIN IN KÖPKE, 1985, BACHMANN UND HARTGE, 1991, RIECK UND RENGGER, 1992, WEISE, 1978, ZACHARIAS UND BOHNE, 1997, ZEITZ IN KÖPKE, 1985, VERRECKEN U.A., 1989, RAWLS UND BRAKENSIEK, 1985, LILLY U.A., 1997). Solche Pedotransferfunktionen zeigen zumeist gute Übereinstimmung mit Messdaten für diejenigen Landschaftsräume, für die sie erarbeitet wurden. Ihre Übertragung in Landschaften anderer Klimate ist problematisch. Darüber hinaus sind die Hydromorphiebedingungen, der Anteil organischer Substanz, die Art der Landnutzung und die geologische Herkunft teilweise ungenügend berücksichtigt.

Für die durch Niederschlagsarmut, hohe inhaltliche und räumliche Bodenheterogenität und einen hohen Anteil hydromorpher Standorte gekennzeichneten Landschaften Nordost- und Mitteldeutschlands liegen hinreichend differenzierte und mittels Modellrechnungen validierte bodenhydrologische Kennwerte bisher nicht vor.

Um heterogene Bodenflächen beurteilen und vergleichen zu können, ist eine Aggregation nach Flächeninhalten notwendig (THIERE UND SCHMIDT, 1979). Das Erfordernis der Datenaggregation hat primär seine Ursache in der vertikalen und horizontalen Variabilität und Heterogenität der Standorteigenschaften. Eine Aggregation von Standortdaten ist erforderlich, da bei flächenbezogenen Standortbeurteilungen und -bewertungen die unterschiedlichen Merkmalsausprägungen der Standortkomponenten qualitativ und quantitativ (Flächenanteil) als Ganzes berücksichtigt werden müssen.

Das im Rahmen der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) entwickelte Flächentypenkonzept entspricht diesem Ziel. Die Flächentypen haben sich als Eingangsgrößen für Beurteilungsalgorithmen, bei der Durchführung von Standortvergleichen und -bewertungen sowie bei der rechnergestützten Ableitung von thematischen Karten für unterschiedliche Bezugsflächen bewährt (LIEBEROTH U.A., 1983, THIERE U. A. 1991, 1999, THIERE UND ALTERMANN, 1998). Sie sind ein wichtiges Hilfsmittel zur Transformation punktbezogener Bodendaten auf Flächen. Durch die Verknüpfung von Flächentypen mit bodenhydrologischen Basisdaten wird ein praktikables Instrumentarium für landschaftsbezogene Bodenwasserhaushaltssimulationen bereitgestellt.

Im folgenden werden aus profilbezogenen Daten aggregierte Werte der nutzbaren Feldkapazität (nFK) für Substrattypen und Substratflächentypen sowie hydraulische Leitfähigkeits- und Wasserretentionsfunktionen für Substrate Nordostdeutschlands abgeleitet. Zusätzlich zu Daten von landwirtschaftlichen Nutzflächen werden Bodendaten für Waldböden angegeben. Die so gewonnenen hydrologischen Flächendaten werden anhand von Wasserhaushaltsberechnungen für das Einzugsgebiet des Stettiner Haffs mit den Flüssen Ucker, Peene, Zarow und Poetterbeck getestet.

Das vorliegende Datenmaterial kann als Grundlage für eine bessere Beurteilung der Bodenfunktionen dienen. Die vom Landesumweltamt Brandenburg erarbeitete „Handlungsanleitung Bodenschutz“ (LUA, 2003) bildet dafür eine konkrete Arbeitgrundlage.

2 Material und Methode

2.1 Datengrundlage

Grundlage bildeten eigene Messungen von etwa 1500 hydraulische Leitfähigkeits- und Wasserretentionsfunktionen von Mineral- und Moorböden aus dem Nordostdeutschen Tiefland, die in die Europäische Bodenhydrologische Datenbank HYPRES (SCHINDLER, IN LILLY ET AL., 1997) eingeflossen sind. Einheitliches Messverfahren war die Verdunstungsmethode nach SCHINDLER (1981).

Kurze Methodenbeschreibung:

In eine Bodenprobe (250 cm³, Höhe 6 cm) werden zwei Tensiometer in 1,5 und 4,5 cm Tiefe eingebaut (Abb. 1). Die Probe wird wassergesättigt, basal verschlossen und auf eine Waage gestellt. Im Zeitintervall werden die Saugspannungen und die Probenmasse gemessen. Aus den Saugspannungswerten wird der hydraulische Gradient und aus der Massedifferenz wird der Flux berechnet. Aus diesen Werten kann unter Zugrundelegung quasistationärer Bedingungen und einer linearen Feuchteverteilung über die Probenhöhe die ungesättigte hydraulische Leitfähigkeit nach DARCY berechnet werden. Die Wasserretentionsfunktion wird ermittelt aus dem Masse- (Wasserverlust) und der mittleren Saugspannung zu den Messzeitpunkten.

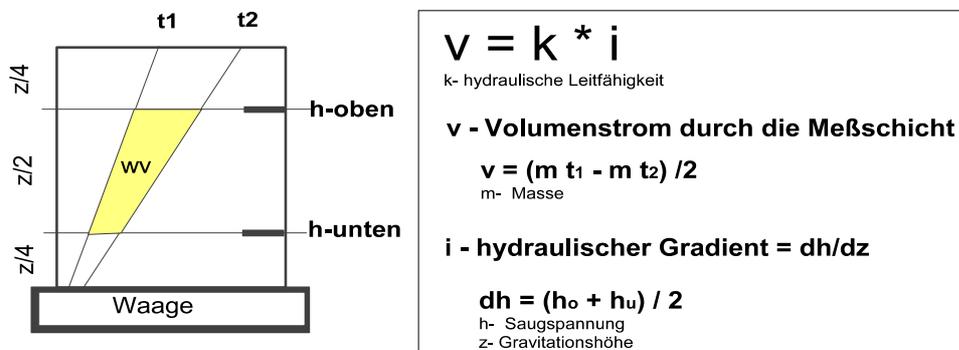


Abb. 1: Messprinzip des Verdunstungsverfahrens

Ergänzend wurden Feldmesswerte und Ergebnisse von VETTERLEIN (IN KÖPKE, 1985), BACHMANN UND HARTGE (1991), RIECK UND RENGER (1992), WEISE (1978), ZACHARIAS UND BOHNE (1997) UND ZEITZ (IN KÖPKE, 1985) herangezogen.

Zur Überprüfung von Daten der Feldkapazität und Frühjahrsfeuchte wurden bodenhydrologische Messplätze (SCHINDLER) und Bohrergebnisse (SCHINDLER UND MÜLLER, 1996) genutzt.

2.2 Ableitung bodenhydrologischer Daten

2.2.1 Grundsätzliche Vorgehensweise

Die Messdaten der Wasserretentionsfunktion wurden an die von van Genuchten (VAN GENUCHTEN, 1980) abgeleitete Gleichung (1) gefittet und die Funktionsparameter ermittelt.

$$wv = wr + (ws - wr) / (1 + (\alpha * h)^n)^m \quad (1)$$

- h Saugspannung [hPa]
- wv Wassergehalt [cm³ cm⁻³]
- ws Wassergehalt bei Sättigung [cm³ cm⁻³]
- wr Restwassergehalt [cm³ cm⁻³]
- α Skalierungsfaktor des Bodenwasserpotentials [hPa⁻¹]
- n, m Formparameter, dimensionslos, $m = 1 - 1/n$ (MUALEM, 1976)

Zur Parameterschätzung wurde das Programm SHYFIT (DURNER, 1994) genutzt. Da die Messungen mit dem Verdunstungsverfahren nicht über den Saugspannungsbereich von etwa 500 hPa hinausgehen, wurde die Zuverlässigkeit der Parameterschätzung durch Einbeziehung weiterer sehr sicher ableitbarer Stützstellen der pF- Kurve verbessert. Das waren bei Mineralböden der Äquivalentwelkepunkt, der unter Berücksichtigung von Ergebnissen nach AG BODEN (1994), VETTERLEIN (IN KÖPKE, 1985), BACHMANN UND HARTGE (1991), RIECK UND RENGER (1992), WEISE (1978), ZACHARIAS UND BOHNE (1997) UND ZEITZ (IN KÖPKE, 1985) ermittelt wurde. Für Moorböden wurde zusätzlich der Feuchtwert bei pF 3 aus der Einheitswasserzahl nach Schmidt (SCHMIDT, 1989) geschätzt.

2.2.2 Landwirtschaftliche Standorte

Für Bodenarten von Auen-, Pleistozän- (Diluvial-), Löss- und Verwitterungsstandorten (Bausteine der Substrattypen), differenziert nach Oberboden- (Bearbeitungs-) und Unterbodenhorizonten, sowie Niedermoor- und Grundwassersandstandorten wurden die folgenden bodenhydrologischen Parameter abgeleitet:

- Hydraulische Leitfähigkeitsfunktion (K-Funktion),
- Wasserretentionsfunktion (pF- Kurve).

Die hydraulischen Leitfähigkeitswerte K sind gültig im Saugspannungsbereich zwischen 63 und 500 hPa. Zwischen den Werten ist eine doppellogarithmisch lineare Interpolation zulässig. Eine Extrapolation ist messtechnisch nicht abgesichert. Wird die hydraulische Leitfähigkeit aus der Porengrößenverteilung (Funktionsparameter der van Genuchten-Funktion) berechnet (MUALEM, 1976), können die angegebenen Stützstellen als Matchingpunkte für die Transformation der relativen K -Funktionen in ein reales Niveau genutzt werden (Abb. 2).

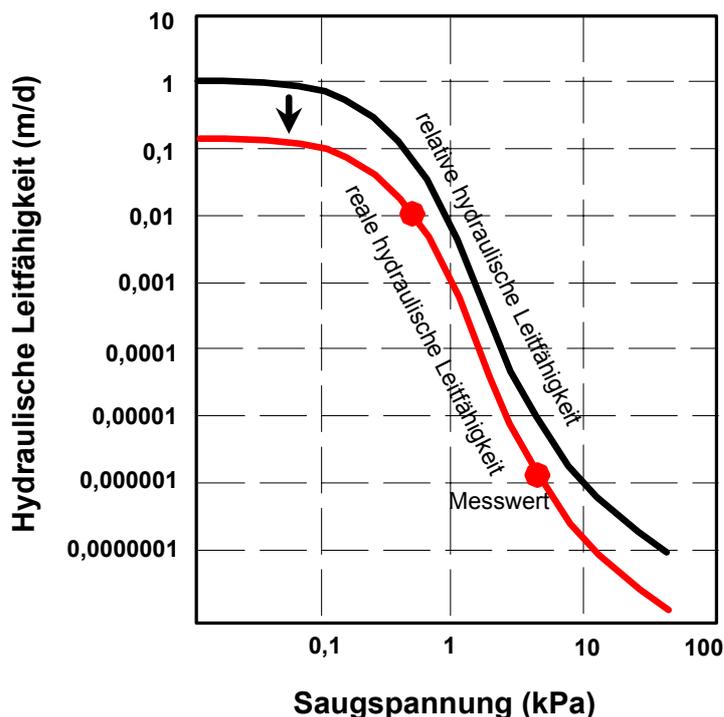


Abb. 2: Transformation der relativen hydraulischen Leitfähigkeitsfunktion

Die Wasserretentions- und hydraulischen Leitfähigkeitsfunktionen wurden häufigkeitsstatistisch analysiert und stratifiziert. Die Gruppierung erfolgte nach geologischer Herkunft, Bodenart, Trockenrohdichte und Humusgehaltstufe. Für die Gruppen wurden typische Funktionen der hydraulischen Leitfähigkeits- und Wasserretentionsfunktion abgeleitet. Bei Moorböden erfolgte eine Differenzierung nach dem Substanzvolumen in drei Stufen.

Auf der Basis dieser Daten konnten für Acker- und Grünlandstandorte folgende Parameter ermittelt und auf der Grundlage der MMK auf Substratschichtungen (Substrattypen) und heterogene Flächeneinheiten (Substratflächentypen) übertragen werden:

- Feldkapazität (FK),
- permanenter Welkepunkt (PWP),
- nutzbare Feldkapazität (nFK) für 10 dm Bodentiefe,
- nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe).

Für Waldstandorte wurde eine analoge Vorgehensweise gewählt. Zur Substratklassifikation wurden zunächst die ursprünglichen Bodenarten nach TGL 24300 (in KUNDLER, 1989) verwendet. Kompatibilität zu den Bodenartenuntergruppen der Bodenkundlichen Kartieranleitung, KA4, (AG BODEN, 1994) und der Reichsbodenschätzung besteht nach Tabelle 1. Die Zuordnung zu Bodenarten nach KA4 und der Bodenschätzung erfolgte nach der Häufigkeit der Übereinstimmung von analysierten Datensätzen.

Tab. 1: Zuordnung der Körnungsarten gemäß TGL 24300 zu Bodenarten nach Bodenkundlicher Kartieranleitung KA4 (1994) und der Bodenschätzung, Grundlage Bodendatensätze und Ergebnisse von ALTERMANN, KÜHN UND THIERS (1998)

Bodenart nach TGL 24300		Bodenart nach KA4	Bodenart der Bodenschätzung
Symbol	Bezeichnung		
S, rS	Sand, reiner Sand	Ss	S
Sl, l'S	anlehmiger Sand, sehr schwach lehmiger Sand	Su2, Ss	S
uS	schluffiger Sand	Su3	SL, IS
l'S	schwach lehmiger Sand	SI2, Su2	IS, SI
IS1 ¹⁾	stark lehmiger Sand	SI3, SI2	IS, SL
sL	sandiger Lehm	SI4, SI3	SL, sL
L	Lehm	Ls4, Ls3	L, sL
U	Schluff	Uu	L
IU	lehmiger Schluff	Uls, Ut3	L, LT, sL
UL	Schlufflehm	Lu, Ut4	LT, T, L
uT	schluffiger Ton	Lt3, Tu2, Tu3	T
IT	lehmiger Ton	Lt3, Lts, Lt2	LT, T
sT	sandiger Ton	Ts3	LT, L
T	Ton	Tu2, Tl	T

¹⁾ überstrichen

2.2.3 Waldbodensubstrate

Die pF- Kurven von Waldböden können bei vergleichbarer Textur von den Kurven der Acker- und Grünlandböden abweichen. Maßgebliche Ursache sind unterschiedliche Trockenrohdichten und Humusgehalte. Bewirtschaftungsbedingte Beeinflussungen der Trockenrohdichte von Landwirtschaftsgegenüber Waldstandorten sind bis zu einer Tiefe von etwa 60 cm zu erwarten (PETELKAU, 1983). Für größere Tiefen können die für landwirtschaftliche Standorte abgeleiteten Bodendaten verwendet werden. Für geringere Tiefen wurden die Daten der Wasserretention für Waldstandorte auf Grundlage von etwa 200 eigenen Datensätzen und etwa ebenso vielen Messwerten aus der Datenbank von BACHMANN UND HARTGE (1991) abgeleitet und mit Ergebnissen von TEEPE ET AL. (2003) verglichen. Die Vorgehensweise bei der Datenableitung war analog der für landwirtschaftliche Standorte.

Die Mehrzahl der Forsten Nordostdeutschlands stockt auf sandigen Böden. Besonderes Augenmerk wurde daher auf die textuelle Differenzierung der Reinsande gelegt.

Waldböden weisen organische Auflagehorizonte (L, Of, Oh) auf. Je nach Modellkonzept können sie als Interzeptionsspeicher oder als Bodenparameter berücksichtigt werden. Teilweise werden sie bisher auch vernachlässigt. Bei entsprechender Stärke, insbesondere in Akkumulationsbereichen der Laubverblasung, können sie den Versickerungsprozess maßgeblich beeinflussen. Aufgrund der

Materialstruktur war die Ermittlung einer pF-Kurve nicht möglich. Um dennoch erste Werte des Speichervermögens solcher Horizonte zu erhalten, wurden für einige Baumarten im Labor Werte der Wasserspeicherung nach Sättigung und anschließendem Abtropfen unter Verdunstungsschutz, Abtropfzeit 24 Stunden, ermittelt. Darüber hinaus wurde der Glührückstand bestimmt. In Analogie zu Moorbodensubstraten konnte aus dem Glührückstand die Reindichte geschätzt (SCHMIDT, 1989) und daraus das Gesamtporenvolumen berechnet werden.

2.2.4 Schätzung der Feldkapazität (FK), der nutzbaren FK(nFK) und der nutzbaren FK des effektiven Wurzelraumes (nFKWe)

Die **nutzbare Feldkapazität** (nFK) kennzeichnet die pflanzenverfügbare Bodenwassermenge zwischen Feldkapazität (FK) und permanentem Welkepunkt (PWP) für die Bodenarten aus der pF-Kurve. Für Substrattypen wurde die nFK aus der Bodenartenkombination in den Tiefenbereichen 0 – 3, 3 – 6, 6 – 10 und 10 – 15 dm (siehe Abschnitt 2.3.) ermittelt.

Es wurde grundsätzlich zwischen anhydromorphen (grundwasserfernen), und vollhydromorphen (grundwasserbeeinflussten) Bedingungen unterschieden. Für heterogene Flächeneinheiten wurden zusätzlich halbhydromorphe Bedingungen berücksichtigt. Während auf grundwasserfernen Standorten das Saugspannungstiefenprofil bei Feldkapazität annähernd einheitlich ist, werden bei Grundwasser-einfluss Saugspannung und Wassergehalt in der ungesättigten Bodenzone von der Tiefe des Grundwasserspiegels bestimmt (Abb. 3). Um diese Bedingungen unterscheiden zu können, wurde von Ewald (in MÜLLER 1980) auf grundwasserbeeinflussten Standorten anstatt Feldkapazität der Begriff Frühjahrsfeuchte verwendet. Nachfolgend wird diese Differenzierung durch die Kennzeichnung hydromorph oder anhydromorph berücksichtigt.

Auf den sickerwasserbestimmten anhydromorphen Standorten wurde die Feldkapazität nicht bei pF 1,8, wie nach Bodenkundlicher Kartieranleitung KA4 (1994) festgelegt, sondern als Feuchtäquivalent bei pF 2 definiert. Damit sollte dem Umstand Rechnung getragen werden, dass die Böden im Betrachtungsraum aufgrund Niederschlagsarmut häufig im Frühjahr noch ein Sättigungsdefizit aufweisen und der Wassergehalt bei Feldkapazität folglich geringer ist als bei hohem Niederschlags-dargebot. Das Verhalten der Böden, sich je nach Wasserdargebot unterschiedlich stark aufzusättigen, kann mit der Hysterese der Wasserretentionsfunktion erklärt werden (LUCKNER ET AL., 1989; KUTILEK UND NIELSEN, 1994). Die Entwässerungs- und Bewässerungskurve unterscheiden sich darin, dass bei gleicher Saugspannung der Wassergehalt im Entwässerungsfall höher ist als bei Wiederbefeuchtung. Nur nach intensiver und langanhaltender Wasserzufuhr, wie das z.B. unter Grundwassereinfluss der Fall ist, wird der Boden wieder vollständig aufgesättigt. Zwischen den in Abbildung 4 beispielhaft für einen Sandboden dargestellten Grenzkurven der Ent- und Bewässerung existieren je nach Zeitpunkt und Intensität der Entwässerung und Wiederbefeuchtung eine Vielzahl von Zwischenzuständen.

Für hydromorphe Auen- und Diluvialstandorte wurde ein Frühjahrsgrundwasserflurstand von 1 m, für Moore von 0,6 m zugrunde gelegt. Entsprechend der Druckverteilung für hydrostatische Bedingungen wurden die Wassergehalte für die Tiefenbereiche der Substrattypen aus der pF-Kurve (Wasser-retentionskurve) abgeleitet.

Die Zuordnung zu anhydromorph oder hydromorph ist kompatibel zu dem in den MMK-Kartierungseinheiten, den Standortregionaltypen, ausgewiesenen Hydromorphieflächentyp (Tabelle 2, THIÈRE U.A., 1999). Grund- und stauwasserbestimmte Standorte wurden bei der Ermittlung der nFK als hydromorph (HSt 2) betrachtet, während für sickerwasserbestimmte sowie schwach stau- und grund-nässebeeinflusste Standorte anhydromorphe Bedingungen (HSt 0) zugrundegelegt wurden. Für Standorte mit mäßigem Grund- und Stau-nässeeeinfluss, die teilweise mehr als 50 % Flächenanteil voll hydromorpher Böden beinhalteten, wurden zu 50 % anhydromorphe und zu 50 % hydromorphe Bedingungen berücksichtigt (HSt 1).

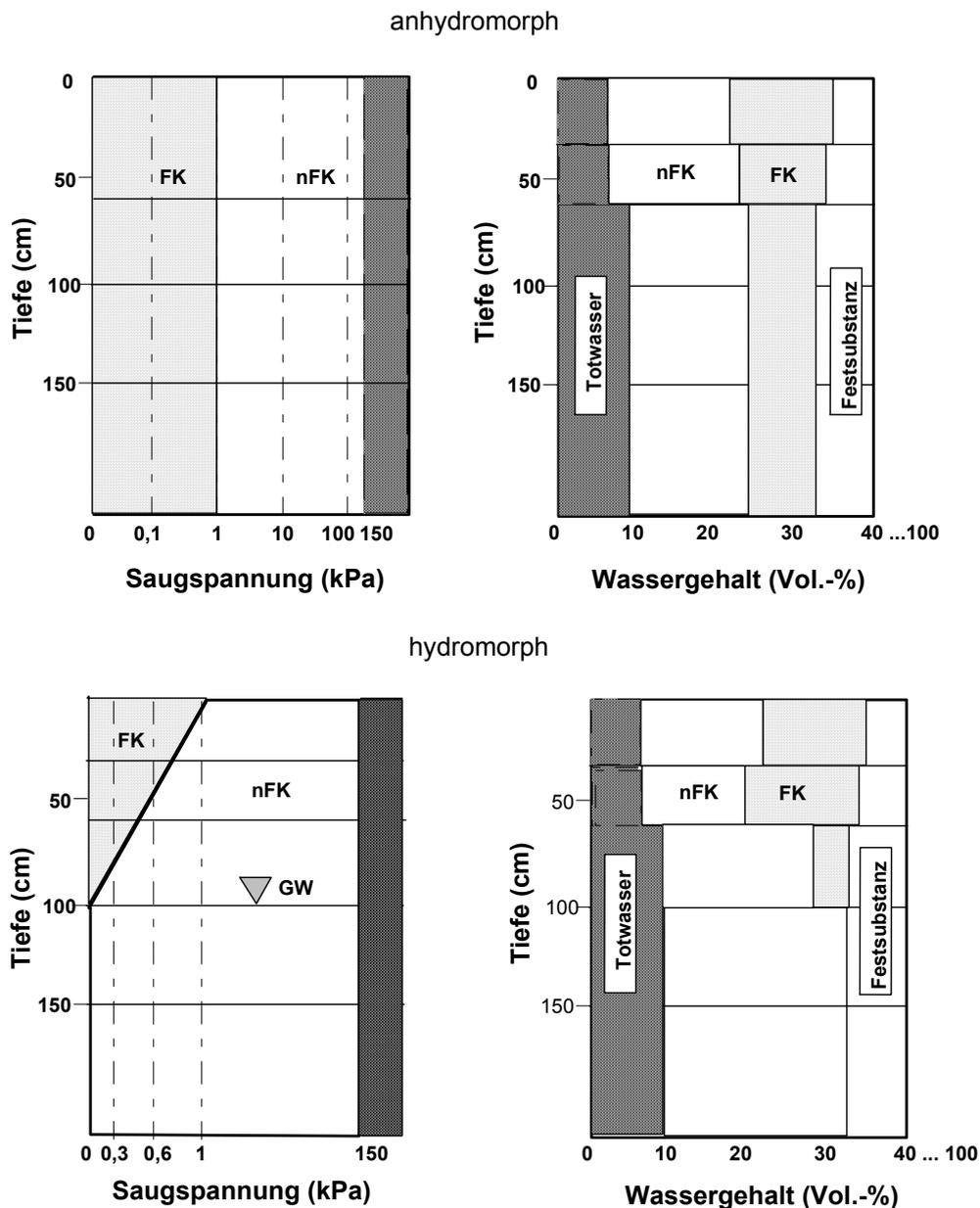


Abb. 3: *Prinzipdarstellung der Saugspannungs- und Wassergehaltstiefenverteilung im Boden bei Feldkapazität für anhydromorphe und vollhydromorphe Bedingungen*

Für den Vergleich der Speichereigenschaften von Substrattypen als Materialkennwert wurde die nFK zunächst für gleiche Bodentiefen (0 – 10 dm und 0 – 15 dm) ermittelt. Für die Beurteilung von Standorten hinsichtlich Pflanzenwasserverfügbarkeit wurde in Anlehnung an die Bodenkundliche Kartieranleitung (1994) die **nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum** (nFKWe) berechnet. Als effektive Durchwurzelungstiefe (W_e) für Substrattypen wurden die in KA4 für Bodenarten angegebenen Werte nach der Bodenartenschichtung zusammengesetzt.

Die Ermittlung der nFK und nFKWe Werte für Substrattypen erfolgte durch Zuordnung der Einzelwerte für die Substrate zur jeweiligen Substratschichtung. Für Substratflächentypen wurden die genannten Werte nach der Vergesellschaftung von Substrattypen entsprechend ihrer prozentualen Verteilung berücksichtigt. Für Standortregionaltypen und Standorttypen wurden auf Grundlage der Substratflächentypen flächengewichtete Werte der nutzbaren Feldkapazität unter Berücksichtigung der Hydromorphieverhältnisse abgeleitet. Für Standortregionaltypen mit dominierend humusreichen Böden (z.B. Standortregionaltypen A13b9, A13c7, D2b5, D2b6, D3b5, D5b8 u.a.) wurde der erhöhte Humusgehalt (Humusstufe h4 gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung KA4, 1994) durch einen Zuschlag zu den nFK Werten berücksichtigt.

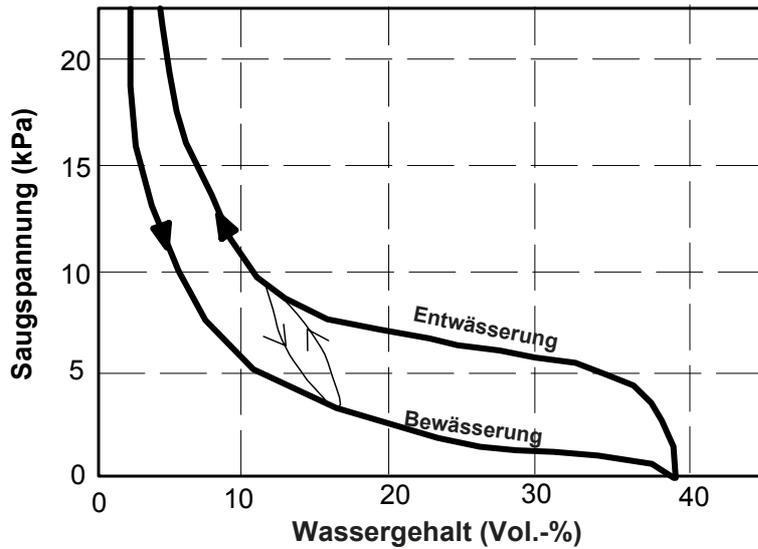


Abb. 4: Hysterese der Wasserretentionsfunktion – schematische Darstellung

Bei Vorkommen erhöhter Steinanteile im Boden wurden Abschlüsse von den nFK Werten getrennt für Ober- und Unterboden vorgenommen. Grundlage bildete der Steinigkeitsflächentyp und die volumemäßige Zuordnung von Steinanteilen in Anlehnung an LIEBEROTH U.A. (1983). Eine Berücksichtigung erfolgte ab Stufe 3 (Tab. 3).

Tab. 2: Bildung von Hydromorphiestufen und Kompatibilität zu Hydromorphieflächentypen (HFT)

Hydromorphiestufe	HFT
0 anhydromorph	N1 Durchgehend sickerwasserbestimmt
	N2 Abgeschwächt sickerwasserbestimmt
	SN1 Schwach staunässebeeinflusst
	SN2 Mäßig staunässebeeinflusst
	GS1 Stau-, grund- und sickerwasserbestimmt
	GN1 Schwach grundwasserbeeinflusst
1 halbhydromorph	S1 Mäßig staunässebestimmt
	G1 Mäßig grundwasserbestimmt
	GN2 Mäßig grundwasserbeeinflusst
2 vollhydromorph	S2 Stark staunässebestimmt
	S3 Extrem staunässebestimmt
	GS2 Staunässebestimmt mit Grundwasser
	GS3 Grundwasserbestimmt mit Staunässe
	G2 Stark grundwasserbestimmt
	G3 Extrem grundwasserbestimmt

Tab. 3: Stufen der Steinigkeit und Abschlüsse der nFK, getrennt nach Ober- und Unterboden

Stufe	Bezeichnung	Oberboden Vol.-%	Unterboden Vol.-%
1 und 2	steinarm - mäßig steinig	< 0,5	< 2
3	steinig	2	5
4	stark steinig	5	10
5	sehr stark steinig	10	20

Für eine bessere Vergleichbarkeit wurden die nFK Werte in Klassen nach Tabelle 4 eingeteilt.

Tab. 4: Werteklassen (WK) für die nutzbare Feldkapazität (nFK) in mm m^{-1}

Werteklasse (WK)	Wertebereich [mm m^{-1}]	Bezeichnung
1	< 80	sehr gering
2	80 - 110	gering
3	>110 - 140	mäßig
4	>140 - 170	hoch
5	>170 - 200	sehr hoch
6	>200	extrem hoch

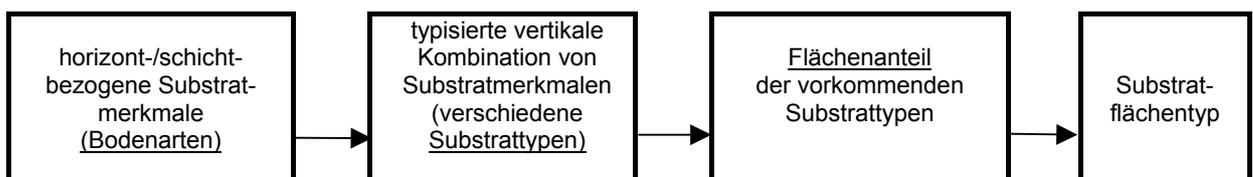
Die anschließend vorgenommene Kontrastbeurteilung kennzeichnet den flächengewichteten nFK - Wert des Standortregionaltyps hinsichtlich Homogenität des Flächeninhaltes. Der Kontrastwert ergibt sich aus einer Bewertungsmatrix, in die die auf der Fläche vorkommenden nFK-Klassen eingehen (THIERE UND SCHMIDT, 1979). Je größer der Kontrastwert, desto inhomogener ist der Substratflächeninhalt und umgekehrt, je kleiner der Wert, desto homogener ist die Substratverteilung auf der Fläche.

2.3 Flächentypenkonzept zur Datenaggregation für Acker- und Graslandstandorte

Flächentypen sind aggregierte standortkundliche Einheiten, die die natürliche Vergesellschaftung von Standortmerkmalen wiedergeben und nach Art der Merkmale (qualitative Kriterien) und deren Flächenanteil (quantitative Kriterien) definiert sind (THIERE UND SCHMIDT, 1979).

Im Rahmen der MMK wurden sie für die wichtigsten abiotischen Standortkomponenten – Substrat, Hydromorphie, Hangneigung und Steinigkeit – gebildet (SCHMIDT UND DIEMANN, 1974, SCHMIDT, DIEMANN U.A., 1981). Das Vorgehen bei der Datenaggregation ist nachfolgend für die Bildung des Substrat- und Hydromorphieflächentyps beispielhaft dargestellt (Abb. 5).

Substratflächentyp (SFT)



Hydromorphieflächentyp (HFT)

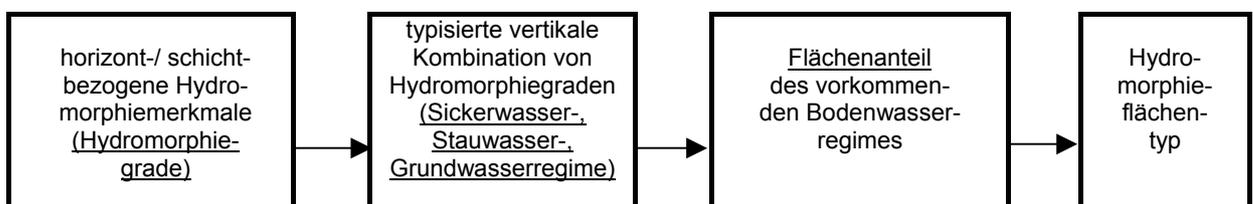


Abb. 5: Vorgehensweise bei der Datenaggregation für den Substrat- und Hydromorphieflächentyp

Insgesamt wurden bisher für die Standortbedingungen der neuen Bundesländer 99 Substratflächentypen, 15 Hydromorphieflächentypen, sechs Hangneigungsflächentypen und sechs Steinigkeitsflächentypen ausgewiesen (THIERE U.A., 2000). Sie werden zur Kennzeichnung und Beurteilung von Kartierungseinheiten, Nutzflächeneinheiten (Produktionsflächen) sowie adminis-

trativen und naturräumlichen Gebietseinheiten genutzt. Die Bodenformenkombination (Bodenformengesellschaft) der Kartierungseinheiten der MMK, den Standortregionaltypen, ist die Basis für die Ableitung der Substrat- und Hydromorphieflächentypen (Abb. 6).

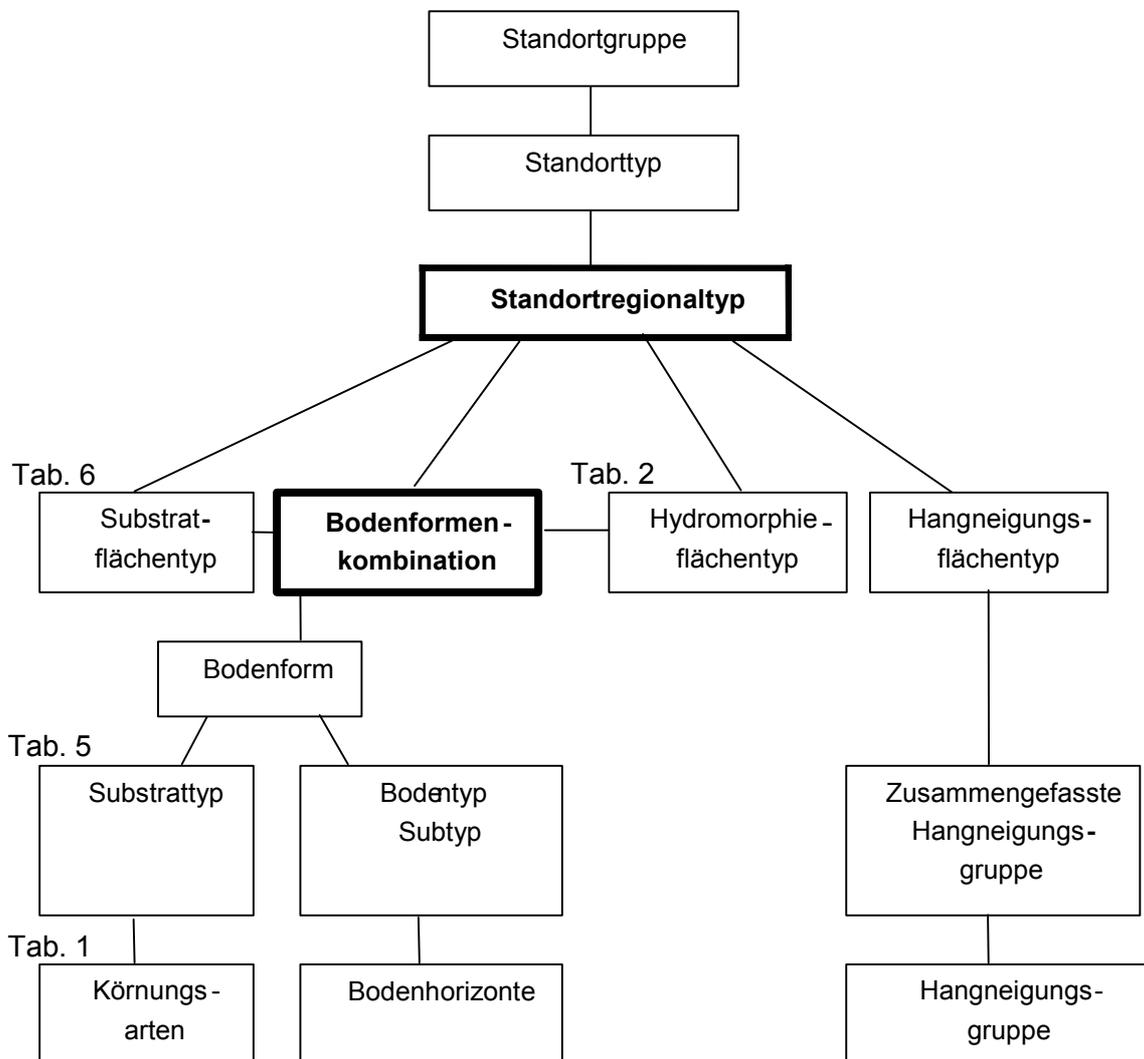


Abb. 6: Standortkundliche Einheiten zur Kennzeichnung landwirtschaftlich genutzter Standorte in der MMK (Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung)

Für flächenbezogene Aussagen zu den hydrologischen Eigenschaften sind die Daten des **Substrats** die entscheidenden Ausgangsparameter. Die Substrate sind dabei im wesentlichen durch zusammengefasste Körnungsarten/Bodenarten gekennzeichnet.

Substrattypen (Tabelle 5) verallgemeinern die Bodenartenabfolge von Bodenformen in den vier Tiefenbereichen:

Oberboden	OB:	0 bis 3 dm
Unterboden	UB1:	3 bis 6 dm
Unterboden	UB2:	6 bis 10 dm
Unterboden	UB3:	10 bis 15 dm

Tab. 5: Bestimmende Körnungsarten für ausgewählte Substrattypen als Kriterien zur inhaltlichen Kennzeichnung von Substrat-Flächentypen

Substrattypen	bestimmende Körnungsarten des Feinbodens nach TGL 24300			
	OB	UB1	UB2	UB3
D - und AI - Standorte				
	0 - 3 dm	3 - 6 dm	6 - 10 dm	10 - 15 dm
s	S	S	S	S
sl	I''S	I''S	S	S
s/l	I'S	I'S	sL	sL
m/l	ĪS	ĪS	L	sL
l	sL	sL	L	sL
m/d	ĪS	I'S	I''S	S
sö/d	sL	sL	I''S	S
sö/l	L	L	sL	sL
sö	L	L	UL	sL
s/t	ĪS	I'S	IT	IT
l/t	L	L	IT	IT
t	IT	IT	T	T
om/d	ĪS	ĪS	I''S	S
om	ĪS	ĪS	I'S	I''S
ol/d	L	L	I''S	S
ol	L	L	L	sL
ot/d	IT	IT	I'S	I''S
ot	IT	IT	T	IT
Mo-Standorte				
S	S	S	S	S
d	I''S	I''S	I''S	I''S
l	L	L	sL	sL
h	h	h	h	h
y	h	y	y	y
d/h	I''S	h	h	h
l/h	L	h	h	h
h/d	h	h	I''S	S
h/l	h	h	L	L
h/y	h	h	y	y
h/f	h	h	f	f
(h)	(h)	I''S	I''S	S
Lö- und V-Standorte				
ö/d ¹⁾	UL	UL	I''S	I''S
ö/d	IU	UL	I''S	I''S
ö/l ¹⁾	UL	UL	L	sL
ö/l	IU	UL	L	sL
ö ¹⁾	UL	UL	UL	IU
ö	IU	UL	UL	IU
ö/t ¹⁾	UL	UL	IT	IT
ö/t	IU	UL	IT	IT
vö	IU	IU	UL	L
vm	IS	I'S	I''S	I''S
vp	sL	sL	L	sL
vl	sL	L	L	sL
vt	uT	uT	IT	IT
t	IT	IT	T	T
vö/vl	IU	UL	sL	sL
vl/t	sL	L	IT	uT
g	sL	g	g	g

(h) Anmoor (15 - 30 % organische Substanz)

f Zusammenfassung von Fels und Schutt

¹⁾ nur für Schwarzerden zutreffend; Standorttypen L01a, L01b, L01c, L02c

Die Differenzierung der V-Substrattypen nach dem Gesteinscharakter in a) saure, b) basische und c) Karbonat-Gesteine bleibt hier unberücksichtigt.

Die **Substratflächentypen** (Tabelle 6) beinhalten eine definierte Vergesellschaftung verschiedener Substrattypen. Sie wurden gegliedert nach folgenden „geologischen Herkünften“ entsprechend dem Konzept der Bodenschätzung:

Pleistozäne Sedimente	(D)
Auensedimente	(Al)
Organogene Sedimente	(Mo)
Löß	(Lö)
Verwitterungsmaterial aus Festgestein	(V)

Die Differenzierung der Substratflächentypen erfolgt mit ausgewählten (bestimmenden) Substrattypen. Für diese bestimmenden Substrattypen wurden wiederum typische Bodenartenabfolgen zusammengestellt, um schließlich über diesen Weg den Substratflächentypen bodenhydrologische Parameter zuordnen zu können.

Tab. 6: Substrattypen - Anteile bezogen auf Substratflächentypen (SFT) der MMK

Substratflächentypen		bestimmende Substrattypen - Flächenanteile [%]							
Schlüssel - Nr.	Symbol								
D-Standorte									
01	s	s	100						
02	sl	sl	100						
03	s - s/l	s	40	sl	30	s/l	30		
04	s - s/t	s	40	sl	30	s/t	30		
05	s/l + s	m/l	30	s/l	20	sl	20	s	30
06	s/l - s	m/l	40	s/l	30	sl	20	s	10
07	s + s/t	s	30	sl	20	s/t	50		
08	s/t - s	s/t	70	s	20	sl	10		
09	s - l	sl	40	s	30	l	30		
10	s - s/l + l	sl	30	s	20	m/l	30	l	20
11	l - s/l + s	L	50	m/l	30	s	20		
12	s/l	m/l	70	s/l	20	sl	10		
13	s/l - l	m/l	50	l	20	s/l	20	sl	10
14	s + l	sl	30	s	20	l	30	s/l	20
15	l + s/l	l	40	m/l	40	s/l	20		
16	l - s/l	l	60	m/l	30	s/l	10		
17	l	l	80	m/l	20				
18	l - t	l	70	t	30				
19	t - l	t	70	l	30				
20	s - m/d	sl	40	s	30	m/d	30		
21	m/d - s	m/d	70	sl	20	s	10		
22	m/d	m/d	90	sl	10				
23	m/d + m/l	m/d	50	m/l	50				
24	sö/d	sö/d	80	m/d	20				
25	sö/d - sö/l	sö/d	60	sö/l	30	m/d	10		
26	sö	sö	60	sö/l	30	sö/d	10		
27	sö/l	sö/l	70	sö/d	30				
Al-Standorte									
42	s - om	s	40	sl	30	om	30		
43	om - s	om	70	sl	20	s	10		
44	om	om	100						
45	ol/d	ol/d	80	om	20				
46	ol/d - ol	ol/d	70	ol	30				
47	ol - ol/d	ol	70	ol/d	30				
48	ol	ol	90	ol/d	10				
49	ol - ot	ol	40	ol/d	30	ot	20	ot/d	10
50	ol + ot	ol	30	ol/d	20	ot	30	ot/d	20
51	ot - ol	ot	50	ot/d	20	ol	20	ol/d	10
52	ot/d	ot/d	100						

Substratflächentypen		bestimmende Substrattypen - Flächenanteile [%]							
Schlüssel - Nr.	Symbol								
53	ot/d - ot	ot/d	70	ot	30				
54	ot - ot/d	ot	70	ot/d	30				
55	ot	ot	90	ol	10				
Mo-Standorte									
28	h/d	h/d	100						
29	h/d - h	h/d	70	h	30				
30	h/d - h/y	h/d	70	h/y	30				
31	h/d - s	h/d	70	s	30				
32	d/h	d/h	70	h/d	30				
33	h/d + h + s	h/d	40	h	30	s	30		
34	h/d + h/y	h/d	40	h/y	30	h	30		
35	d/h, h/d (Hto, Zto)	d/h	70	h/d	30				
36	h	h	100						
37	h - h/y	h	70	h/y	30				
38	h - h/d	h	70	h/d	30				
39	h - h/y + h/d	h	50	h/y	30	h/d	20		
40	h - l/h	h	70	l/h	30				
41	h (Zto, Hto)	h(Zto, Hto)	100						
90	h/y	h/y	70	h	30				
91	h/l	h/l	70	h	30				
92	h/f (Nto, Zto)	h/f	70	h	30				
93	l/h	l/h	70	h	30				
94	y	y	70	h/y	30				
95	h/y + l/h - h + l	h/y	40	l/h	40	h	20		
96	d - h	d	70	h	30				
97	(h) - d	(h)	60	d	30	h/d	10		
98	l - h	l	70	h	20	h/d	10		
99	(h) - l	(h)	60	l	30	h/d	10		
Lö- und V-Standorte									
56	ö/d	ö/d	100						
57	ö/d - ö	ö/d	70	ö	30				
58	ö + ö/d	ö	50	ö/d	50				
59	ö - ö/d	ö	70	ö/d	30				
60	ö/l	ö/l	90	ö/d	10				
61	ö	ö	100						
62	ö - ö/t	ö	70	ö/t	30				
63	ö/t - ö	ö/t	60	ö	20	ö/l	20		
64	ö/t	ö/t	90	ö/l	10				
65	ö - vp	ö	70	vp	30				
66	ö - vl	ö	70	vl	30				
67	vö - ö	vö	70	ö	30				
68	vö	vö	80	vl	20				
69	vm + vs	vm	60	vs	30	g	10		
70	vm + vp	vm	40	vp	50	g	10		
71	vm + vp - vö	vm	30	vp	40	vö	30		
72	vp + vl(a)	vp	50	vl	40	g	10		
73	vp + vl(b)	vp	50	vl	40	g	10		
74	vp + vl - g (a)	vp	40	vl	30	g	30		
75	vp + vl - g(b)	vp	40	vl	30	g	30		
76	vp + vl(a) - vö	vp	40	vl	30	vö	30		
77	vp + vl(b) - vö	vp	40	vl	30	vö	30		
78	vl(c)	vl	90	g	10				
79	vl(c) - g	vl	70	g	30				
80	vl(c) - ö	vl	70	ö	30				
81	völ	völ	70	vl	30				
82	vl - vt	vl	70	vt	20	ö/t	10		

Substratflächentypen		bestimmende Substrattypen - Flächenanteile [%]						
Schlüssel - Nr.	Symbol							
83	vt – vl	vt	60	vl	30	ö/t	10	
84	vt + vl – ö	vt	40	vl	30	ö	30	
85	vt – t	vt	70	t	20	ö/t	10	
86	t – vt	t	50	ö/t	20	vt	30	
87	vt – g	vt	70	g	30			
88	t – ö	t	50	ö/t	20	ö	30	
89	t - ö/t	t	70	ö/t	30			

Legende der Substratflächentypen

01	s	Sand
02	sl	Anlehmsand
03	s-s/l	Sand mit Tieflehm
04	s-s/t	Sand mit Tiefton
05	s/l+s	Tieflehm und Sand
06	s/l-s	Tieflehm mit Sand
07	s+s/t	Sand und Tiefton
08	s/t-s	Tiefton mit Sand
09	s-l	Sand mit Lehm
10	s-s/l+l	Sand mit Tieflehm und Lehm
11	l-s/l+s	Lehm mit Tieflehm und Sand
12	s/l	Tieflehm
13	s/l-l	Tieflehm mit Lehm
14	s+l	Sand und Lehm
15	l+s/l	Lehm und Tieflehm
16	l-s/l	Lehm mit Tieflehm
17	l	Lehm
18	l-t	Lehm u./o. Lehmkerf mit Ton
19	t-l	Ton mit Lehm u./o. Lehmkerf
20	s-m/d	Sand mit Decklehmsand
21	m/d-s	Decklehmsand mit Sand
22	m/d	Decklehmsand
23	m/d+m/l	Decklehmsand und Lehmsandtieflehm
24	sö/d	Decksandlöß
25	sö/d+sö/l	Decksandlöß und Sandlößtieflehm
26	sö	Sandlöß
27	sö/l	Sandlößtieflehm
28	h/d	Torf über Sand
29	h/d-h	Torf über Sand mit Torf
30	h/d-h/y	Torf über Sand mit Torf über Mudde oder Lehm
31	h/d-s	Torf über Sand mit Sand
32	d/h	Sandbedeckter Torf
33	h/d+h+s	Torf über Sand und Torf und Sand
34	h/d+h/y+h+s	Torf über Sand und Torf über Mudde und Torf u./o. Sand
35	d/h,h/d(Hto,Zto)	Übersandeter Zwischen- u. Hochmoortorf u./o. Zwischen- u. Hochmoortorf über Sand
36	h	Torf
37	h-h/y	Torf mit Torf über Mudde
38	h-h/d	Torf mit Torf über Sand und/oder Sand
39	h-h/y+h/d	Torf mit Torf über Mudde und Torf über Sand und/oder Sand
40	h-l/h	Torf mit Lehm über Torf u./o. Lehm
41	h(Zto,Hto)	Tiefgründige Zwischen (Zto)-und Hochmoortorfe (Hto)
42	s-om	Sand mit Auenlehm
43	om-s	Auenlehmsand mit Sand
44	om	Auenlehmsand
45	ol/d	Deckauenehm
46	ol/d-ol	Deckauenehm mit Auenlehm
47	ol-ol/d	Auenlehm mit Deckauenehm
48	ol	Auenlehm
49	ol-ot	Auenlehm u./o. Deckauenehm mit Auenton
50	ol+ot	Auenlehm und Auenton
51	ot-ol	Auenton u./o. Deckauenton mit Auenlehm
52	ot/d	Deckauenton
53	ot/d-ot	Deckauenton mit Auenton
54	ot-ot/d	Auenton mit Deckauenton
55	ot	Auenton
56	ö/d	Decklöß
57	ö/d-ö	Decklöß mit Löß u./o. Lößtieflehm
58	ö+ö/d	Lößtieflehm u./o. Löß und Decklöß
59	ö-ö/d	Löß u./o. Lößtieflehm mit Decklöß
60	ö/l	Lößtieflehm

61	ö	Löß
62	ö-ö/t	Löß mit Lößkerf u./o. Ton
63	ö/t-ö	Lößkerf u./o. Ton mit Löß
64	ö/t	Lößkerf
65	ö-vp	Löß mit Bergsandlehm und -salm
66	ö-vl	Löß mit Berglehm
67	vö-ö	Berglöß mit Löß
68	vö	Berglöß
69	vm+vs	Berglehmsand
70	vm+vp	Berglehmsand und -sandlehm
71	vm+vp-vö	Berglehmsand und -sandlehm mit Berglöß
72	vp+vl(a)	Bergsandlehm und -lehm (sauer)
73	vp+vl(b)	Bergsandlehm und -lehm (basisch)
74	vp+vl-g(a)	Bergsandlehm und -lehm mit Schutt und Fels (sauer)
75	vp+vl-g(b)	Bergsandlehm und -lehm mit Schutt und Fels (basisch)
76	vp+vl(a)-vö	Bergsandlehm und -lehm (sauer) mit Berglöß
77	vp+vl(b)-vö	Bergsandlehm und -lehm (basisch) mit Berglöß
78	vl(c)	Berglehm aus Karbonatgestein
79	vl(c)-g	Berglehm aus Karbonatgestein mit Schutt und Fels
80	vl(c)-ö	Berglehm aus Karbonatgestein mit Löß
81	völ	Handlehm (lößartig)
82	vl-vt	Berglehm mit Bergton
83	vt-vl	Bergton mit Berglehm
84	vt+vl-ö	Bergton und Berglehm mit Löß
85	vt-t	Bergton
86	t-vt	Ton
87	vt-g	Bergton mit Schutt und Fels
88	t-ö	Ton mit Löß
89	t-ö/t	Ton mit Lößkerf
90	h/y	Torf über Mudde
91	h/l	Torf über Lehm
92	h/f(Nto,Zto)	Torf über Fels und Schutt (Zto- Zwischenmoortorf)
93	l/h	Lehmbedeckter Torf
94	y	Mudde
95	h/y+l/h+h+l	Torf über Mudde und Lehm über Torf und Torf und Lehm
96	d-h	Sand mit Torf
97	(h)-d	Anmoor (Torf) mit Sand
98	l-h	Ton/Lehm mit Torf
99	(h)-l	Anmoor (Torf) mit Ton/Lehm

2.4 Kontrastbeurteilung

Die nutzbare Feldkapazität des Substratflächentyps ist der flächengewichtete Mittelwert der nutzbaren Feldkapazität der vergesellschafteten Substrattypen. Für die Beurteilung der Anbaueignung und Bewirtschaftung sind jedoch nicht nur der Mittelwert, sondern in gleicher Weise die Unterschiede innerhalb des Substratflächentyps bedeutsam. Die Homogenität oder Inhomogenität des Flächeninhaltes wird durch den Kontrast ausgedrückt. Die Kontrastbeurteilung zur nFK erfolgte auf Grundlage der Vergleichsstufen (Werteklassen nach Tabelle 4). Bei der Kontrastbeurteilung wird zwischen Hauptkontrast, Begeleitkontrast und Kontrastgruppe unterschieden (THIERE ET AL., 1991). Der Hauptkontrast (HK) wird aus dem Klassenabstand der flächenmäßig dominierenden und subdominierenden Vergleichsstufe abgeleitet. Der Begleitkontrast (BK) ergibt sich aus dem maximalen Abstand zwischen der flächenmäßig dominierenden oder subdominierenden Vergleichsstufe und einer begleitenden Vergleichsstufe.

Die Kontrastgruppe ist eine zusammenfassende Angabe aus Haupt- und Begleitkontrast. Die Kontrastbeurteilung erfolgt in sechs Stufen (Tabelle 7).

Tab. 7: Kontraststufen

Kontrastsstufe	Bezeichnung
0	ohne Kontrast
1	schwacher Kontrast
2	mäßiger Kontrast
3	starker Kontrast
4	sehr starker Kontrast
5	extremer Kontrast

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Wasserretentionsfunktion und hydraulische Leitfähigkeit für Substrate

3.1.1 Landwirtschaftliche Böden

Die ungesättigte hydraulische Leitfähigkeit (K) an den Stützstellen 63 und 500 hPa und die Parameter der VAN GENUCHTEN Gleichung (1) sind in Tabelle 8 dargestellt. Letztere ermöglichen die Berechnung der Wassergehalte für beliebige Stützstellen der Saugspannungskurve. Die Parameter kennzeichnen typische Verhältnisse der Böden Nordostdeutschlands. Eine Anpassung an Bodenarten nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (1994) und Reichsbodenschätzung ermöglicht Tabelle 1.

Tab. 8: Ungesättigte hydraulische Leitfähigkeit und Parameter der Wasserretentionsfunktion für Acker- und Grünlandstandorte getrennt nach Oberboden- (OB) und Unterbodenhorizont (U) für Bodenarten unterschiedlicher geologischer Herkünfte, Bodenarten nach TGL 24300 (KUNDLER, 1989)

Bodenart/ Tiefenbereich		Bezeichnung	K in m d ⁻¹		ws	wr	alpha	n
			63 hPa	500 hPa	cm ³ cm ⁻³	cm ³ cm ⁻³	hPa ⁻¹	-
Moor- und Grundwassersandstandorte								
nH		Niedermoor H: SV 3-14%	5,95E-03	2,19E-05	0,918	0	0,0114	1,303
		Hv: SV 10-22%, Hm: SV 15-34%	2,54E-03	7,44E-05	0,840	0	0,0119	1,198
			5,84E-03	7,40E-06	0,760	0	0,0465	1,141
AMO		Anmoor SV 30-42, x 71-83%	1,68E-03	1,46E-05	0,613	0	0,0172	1,184
hS		SV 43-58, x 85-91%	1,78E-03	2,33E-05	0,487	0	0,0108	1,261
gS/ mS	OB	Grob-/Mittelsand	2,20E-04	2,30E-08	0,420	0,015	0,0715	1,891
	U		2,34E-04	1,62E-08	0,380	0,023	0,0478	2,202
mS	OB	Mittelsand	1,10E-02	1,21E-06	0,410	0,019	0,0251	1,953
	U		2,01E-03	8,00E-07	0,382	0,013	0,0145	2,301
fS	OB	Feinsand	5,20E-03	4,93E-06	0,420	0,025	0,0251	1,683
	U		7,06E-03	3,11E-06	0,416	0,014	0,0156	1,823
Alluvial- und Lößstandorte								
T	OB	Ton	1,73E-04	3,12E-06	0,512	0,154	0,0163	1,151
	U		1,27E-04	5,95E-06	0,543	0,249	0,0181	1,175
IT	OB	lehmiger Ton	9,11E-05	3,35E-06	0,490	0	0,0128	1,111
	U		1,62E-04	7,44E-06	0,539	0	0,0328	1,092
uT	OB	schluffiger Ton	1,20E-04	4,02E-06	0,503	0	0,0089	1,118
	U		1,59E-04	3,81E-06	0,507	0	0,0205	1,097
L	OB	Lehm	1,14E-04	6,68E-06	0,460	0	0,0144	1,124
	U		4,45E-04	4,90E-06	0,464	0,055	0,0320	1,179
sL	OB	sandiger Lehm	1,23E-03	1,05E-05	0,467	0,009	0,0451	1,245
	U		9,93E-04	2,85E-06	0,430	0	0,0489	1,223
IS ¹⁾	OB	stark lehmiger Sand	1,55E-03	2,52E-06	0,395	0,045	0,0488	1,395
	U		6,35E-04	2,40E-06	0,400	0,042	0,0501	1,426
I'S	OB	schwach lehmiger Sand	1,03E-03	6,52E-06	0,400	0,019	0,0925	1,355
	U		3,74E-03	4,75E-06	0,400	0,029	0,0508	1,544
II'S	OB	sehr schwach lehmiger Sand	1,84E-03	1,50E-06	0,450	0,030	0,0597	1,533
	U		1,94E-03	2,30E-06	0,450	0,029	0,0508	1,544
UL	OB	Schlufflehm	3,59E-04	1,24E-05	0,500	0	0,0455	1,134
	U		8,16E-04	8,36E-06	0,463	0	0,0244	1,169
IU	A	lehmiger Schluff	2,00E-03	3,65E-05	0,488	0	0,0339	1,179
	U		2,50E-03	3,70E-05	0,458	0	0,0257	1,187
Diluvialstandorte								
IT	OB	lehmiger Ton	1,10E-04	2,12E-06	0,430	0	0,0503	1,097
	U		2,10E-04	3,20E-06	0,411	0	0,0250	1,102
L	OB	Lehm	5,30E-04	4,70E-06	0,375	0	0,0680	1,132
	U		7,00E-04	8,70E-06	0,363	0	0,0115	1,161
sL	OB	sandiger Lehm	8,10E-04	6,53E-06	0,345	0	0,1139	1,148
	U		7,70E-04	7,43E-06	0,329	0	0,0494	1,17
IS ¹⁾	OB	stark lehmiger Sand	1,10E-03	3,10E-06	0,400	0,056	0,0239	1,572
	U		1,60E-03	4,30E-06	0,350	0,016	0,0567	1,272
I'S	OB	schwach lehmiger Sand	2,03E-03	1,70E-06	0,369	0,033	0,0590	1,419
	U		1,10E-03	2,10E-06	0,353	0,023	0,0618	1,394

I'S	OB	sehr schwach lehmiger Sand	1,84E-03	1,90E-06	0,382	0,017	0,0783	1,352
	U		2,94E-03	3,30E-06	0,360	0,010	0,0697	1,328
UL	OB	Schlufflehm	9,94E-04	9,30E-06	0,436	0	0,0259	1,182
	U		2,99E-03	3,90E-05	0,407	0	0,0087	1,213
IU	OB	lehmiger Schluff	1,20E-03	2,65E-05	0,439	0	0,0162	1,247
	U		1,50E-03	2,70E-05	0,422	0	0,0109	1,275
uS	OB	schluffiger Sand	6,98E-03	2,50E-05	0,363	0	0,0285	1,275
	U		1,22E-02	1,27E-05	0,340	0,033	0,0229	1,508
rS	OB	Reinsand	1,49E-03	5,05E-07	0,365	0,013	0,0366	1,807
	U		2,93E-03	4,41E-07	0,340	0,012	0,0447	1,99

OB Oberboden
x Glührückstand
SV Substanzvolumen
U Unterboden
¹⁾ überstrichen

3.1.2 Waldböden

Aufgrund geringerer Trockenrohdichte weisen Waldböden insbesondere im Makro- und Mesoporenbereich Unterschiede zu vergleichbaren Acker oder Grünlandböden auf (Tabelle 9). Diese Unterschiede wirken sich auf die Feldkapazität und damit auch auf die nutzbare Feldkapazität aus. Je nach Substrat betragen die Unterschiede im Mittel zwischen 1 und 5 Vol.-%. Eine Anpassung an Bodenarten nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (1994) und Reichsbodenschätzung ermöglicht Tabelle 1. Für Moorböden auf Waldstandorten sollten wegen nicht ausreichender Datenbasis derzeit die Kennwerte von Grünlandstandorten (Tabelle 8) verwendet werden.

Tab. 9: Parameter der Wasserretentionsfunktion für Waldstandorte getrennt nach Bodenarten unterschiedlicher geologischer Herkünfte, Bodenarten nach TGL 24300 (KUNDLER, 1989)

Tiefenbereich	OBS	Bodenart	Bezeichnung	ws	wr	alpha	n
	%			cm ³ cm ⁻³	cm ³ cm ⁻³	hPa ⁻¹	-
Humose Bodenbildungen							
2 - 10 cm	> 5	S, I'S, I'S	Sand, sehr schwach und schwach lehmiger Sand	0,450	0,050	0,021	2,365
		IS1)	stark lehmiger Sand	0,490	0,077	0,050	1,425
		sL	sandiger Lehm	0,505	0,050	0,048	1,234
		L	Lehm	0,560	0,040	0,033	1,181
	5 - 10	S, I'S, I'S	Sand, sehr schwach und schwach lehmiger Sand	0,659	0,110	0,024	1,877
		IS1)	stark lehmiger Sand	0,640	0,077	0,050	1,425
		sL	sandiger Lehm	0,660	0,050	0,048	1,234
		L	Lehm	0,650	0,040	0,033	1,181
Alluvial- und Lößstandorte							
10 - 60 cm	0	T	Ton	0,581	0,224	0,020	1,170
		IT	lehmiger Ton	0,577	0,000	0,035	1,101
		uT	schluffiger Ton	0,545	0,000	0,023	1,106
		L	Lehm	0,502	0,040	0,033	1,181
		sL	sandiger Lehm	0,468	0,000	0,048	1,234
		IS1)	stark sandiger Lehm	0,438	0,040	0,050	1,425
		I'S	schwach lehmiger Sand	0,438	0,028	0,051	1,544
		I'S	sehr schwach lehmiger Sand	0,488	0,028	0,051	1,546
		UL	Schlufflehm	0,501	0,000	0,025	1,180
		IU	lehmiger Schluff	0,496	0,000	0,025	1,200
> 60 cm	0	T	Ton	0,543	0,249	0,018	1,175
		IT	lehmiger Ton	0,539	0,000	0,033	1,092
		uT	schluffiger Ton	0,507	0,000	0,021	1,097
		L	Lehm	0,464	0,055	0,032	1,179
		sL	sandiger Lehm	0,430	0,000	0,049	1,223
		IS1)	stark sandiger Lehm	0,400	0,042	0,050	1,426
		I'S	schwach lehmiger Sand	0,400	0,029	0,051	1,544

Tiefenbereich	OBS	Bodenart	Bezeichnung	ws	wr	alpha	n
	%			cm ³ cm ⁻³	cm ³ cm ⁻³	hPa ⁻¹	-
		I"S	sehr schwach lehmiger Sand	0,450	0,029	0,051	1,544
		UL	Schlufflehm	0,463	0,000	0,024	1,169
		IU	lehmiger Schluff	0,458	0,000	0,026	1,187
Diluvialstandorte							
10 - 60 cm	0	IT	lehmiger Ton	0,449	0,000	0,035	1,101
		L	Lehm	0,401	0,000	0,013	1,174
		sL	sandiger Lehm	0,367	0,000	0,048	1,185
		IS1)	stark sandiger Lehm	0,388	0,010	0,057	1,273
		I'S	schwach lehmiger Sand	0,391	0,020	0,062	1,393
		I"S	sehr schwach lehmiger Sand	0,398	0,006	0,070	1,327
		UL	Schlufflehm	0,445	0,000	0,009	1,225
		IU	lehmiger Schluff	0,460	0,000	0,011	1,286
		uS	schluffiger Sand	0,378	0,031	0,023	1,508
		gS	Grobsand	0,392	0,005	0,074	2,055
		mS	Mittelsand	0,396	0,012	0,037	2,465
fS	Feinsand	0,407	0,022	0,023	3,196		
sS	Reinsand	0,427	0,034	0,024	2,594		
> 60 cm	0	IT	lehmiger Ton	0,411	0,000	0,025	1,102
		L	Lehm	0,363	0,000	0,012	1,161
		sL	sandiger Lehm	0,329	0,000	0,049	1,170
		IS1)	stark sandiger Lehm	0,350	0,016	0,057	1,272
		I'S	schwach lehmiger Sand	0,353	0,023	0,062	1,394
		I"S	sehr schwach lehmiger Sand	0,360	0,010	0,070	1,328
		UL	Schlufflehm	0,407	0,000	0,009	1,213
		IU	lehmiger Schluff	0,422	0,000	0,011	1,275
		uS	schluffiger Sand	0,340	0,033	0,023	1,508
		gS	Grobsand	0,392	0,005	0,074	2,055
		mS	Mittelsand	0,396	0,012	0,037	2,465
		fS	Feinsand	0,407	0,022	0,023	3,196
		sS	Reinsand	0,427	0,034	0,024	2,594

1) überstrichen

In Tabelle 10 sind bodenhydrologisch bedeutsame Näherungswerte für Waldauflagehorizonte zusammengestellt. Die Auflagehorizonte entstammen sandigen Standorten im Raum Müncheberg. Der Wert FK* kann näherungsweise als Feldkapazität interpretiert werden. Deutliche Unterschiede bestehen zwischen den Horizonten und teilweise auch zwischen den Baumarten. Frische Nadelstreu der Kiefer hat die geringste Speicherfähigkeit. Buchenlaub weist ein höheres Speichervermögen für Wasser auf als andere Laubbäume (Birke, Eiche, Robinie).

Tab. 10: Speicherkennwerte für Auflagehorizonte

Herkunft	Glührückstand [g 100g ⁻¹]			TRD [g cm ⁻³]			PV [Vol.-%]			FK* [Vol.-%]		
	L	O _f	O _h	L	O _f	O _h	L	O _f	O _h	L	O _f	O _h
Nadelstreu	8	16	39	0,08	0,10	0,19	95	93	86	19	48	63
Laubstreu	17	29	44	0,10	0,18	0,29	94	87	80	24	47	60
Buche	17	39	41	0,09	0,21	0,26	94	85	82	44	72	77

L nicht oder wenig zersetzte Pflanzensubstanz an der Bodenoberfläche

O_f O- Horizont mit deutlichem Anteil organischer Feinsubstanz

O_h O- Horizont mit überwiegendem Anteil organischer Feinsubstanz (AG BODEN, 1994)

FK* Wasservolumenanteil nach 24 Stunden Abtropfen unter Verdunstungsschutz

Geht man davon aus, dass das Wasservolumen am Äquivalentwelkepunkt im Bereich des Glührückstandes nach Tabelle 10 etwa 20 Volumenprozent beträgt (v.d. WAYDBRINK, 1972), lässt sich auch der Gehalt an pflanzenverfügbarem Wasser für den Oh- Horizont abschätzen. Die nFK von Oh-Horizonten liegt danach mit 40 – 57 % etwa in der Größenordnung vererdeter und vermulmter Torfsubstrate.

3.2 Bodenhydrologische Kennwerte für aggregierte Einheiten der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung

3.2.1 Nutzbare Feldkapazität für Substrattypen, Substratflächentypen und Standortregionaltypen

Die berechneten nFK-Werte für eine konstante Bodentiefe von 10 und 15 dm und nFKWe-Werte für den effektiven Wurzelraum sind in Tabelle 11 für anhydromorphe und hydromorphe Standorte von **Substrattypen** der D-, AL-, Lö-, Mo- und V- Standorte zusammengestellt.

Tab. 11: Nutzbare Feldkapazität für 10 und 15 dm Bodentiefe und die effektive Wurzeltiefe (We) von Substrattypen

Symbol	anhydromorph			hydromorph		
	nFK mm 10dm ⁻¹	NFK mm 15dm ⁻¹	nFKWe mm We ⁻¹	nFK mm 10dm ⁻¹	nFK mm 15dm ⁻¹	nFKWe mm We ⁻¹
D-Standorte						
s	78	115	48	144	307	67
sl	96	133	66	172	334	94
s/l	142	217	127	163	274	145
m/l	144	219	144	183	294	183
l	146	221	146	171	282	171
m/d	128	165	97	193	355	125
sö/d	132	169	101	177	347	116
sö/l	144	219	129	170	282	152
sö	152	282	172	180	309	197
s/t	137	202	137	167	262	167
l/t	135	200	135	163	257	163
t	129	193	129	154	249	154
Al-Standorte						
om/d	151	186	109	198	381	128
öm	149	220	108	189	303	126
ol/d	169	204	126	210	394	140
öl	188	289	188	210	376	210
ot/d	160	231	119	194	307	130
öt	162	249	162	175	266	175
Lö-Standorte						
ö/d 1	172	224	140	180	240	145
ö/d	180	233	149	190	243	154
ö/l 1	186	261	186	191	272	191
ö/l	194	269	194	199	280	199
ö 1	218	330	240	225	345	245
ö	226	339	249	231	355	254
ö/t	181	246	181	186	259	186
ö/t 1	190	254	190	195	267	195
Mo-Standorte						
s	nicht vorkommend			312	495	165
d				244	402	150
l				260	425	227
h				408	740	131
y				304	466	117
d/h				371	703	94
l/h				378	710	101
h/d				345	528	131
h/l				328	465	131
h/y				348	510	131
h/f				254	254	167
(h)				257	415	163
(h)/d				310	493	163
(h)/l				257	415	226

Symbol	anhydromorph			hydromorph		
	nFK	NFK	nFKWe	nFK	nFK	nFKWe
	mm 10dm ⁻¹	mm 15dm ⁻¹	mm We ⁻¹	mm 10dm ⁻¹	mm 15dm ⁻¹	mm We ⁻¹
V-Standorte						
vö	202	271	202	216	322	216
vm	130	182	99	157	323	126
vp	155	234	155	172	300	172
vl	150	228	150	162	290	162
vt	118	172	118	134	216	134
t	119	176	119	130	209	130
vö/vl	179	257	163	192	320	175
vl/t	138	196	149	154	241	172
g	53	53	53	53	53	53
V-Standorte, Steinigkeitsstufe 3						
vö	193	193	207	207	259	307
vm	125	96	151	121	175	308
vp	149	149	165	165	224	286
vl	144	144	156	156	218	277
vt	113	113	129	129	165	206
t	114	114	125	125	168	199
vö/vl	172	157	184	168	246	306
vl/t	132	144	148	165	188	230
g	51	51	51	51	51	51
V-Standorte, Steinigkeitsstufe 4						
vö	185	185	197	197	247	293
vm	120	92	144	116	167	293
vp	142	142	157	157	213	272
vl	137	137	148	148	208	264
vt	108	108	123	123	157	196
t	109	109	119	119	160	190
vö/vl	164	150	176	160	235	291
vl/t	127	137	141	157	179	219
g	50	50	50	50	50	50
V-Standorte, Steinigkeitsstufe 5						
vö	168	168	179	179	223	264
vm	109	84	131	106	151	263
vp	129	129	143	143	192	245
vl	125	125	135	135	188	237
vt	98	98	111	111	142	176
t	99	99	108	108	145	171
vö/vl	149	137	160	146	212	262
vl/t	115	125	129	142	162	198
g	47	47	47	47	47	47

Für Standorte mit geringer (LD 1 und 2 nach KA4, 1994) bzw. hoher Lagerungsdichte (LD 4 und 5) können Zu- und Abschläge nach Tabelle 12 berücksichtigt werden. Für Substrattypen ist die Korrektur für die in der Tiefe 0 - 10 dm dominierende Körnungsort vorzunehmen. Die in Tabelle 12 angegebenen Werte gelten für eine konstante Bodentiefe von 10 dm. Für nFKWe-Werte sind die angegebenen Werte auf die effektive Wurzeltiefe in Meter (KA4, 1994) zu beziehen.

Tab. 12: Zuschläge (+) zur nFK in mm/10dm für geringe Lagerungsdichten (LD 1 und 2) und Abschläge (-) für hohe Lagerungsdichten (LD 4 und 5)

Körnungsort	anhydromorph mm m ⁻¹	hydromorph mm m ⁻¹
IU, UL, uS	25	55
S, SI, I'S, I'S, IS, sL, L	20	45
uT, IT, T	15	35

LD 1 und 2: +

LD 4 und 5: -

Am geringsten ist die nutzbare Feldkapazität auf den anhydromorphen Diluvialstandorten, am höchsten auf den Lössstandorten. Diese Unterschiede verstärken sich bei Berücksichtigung des effektiven Wurzelraums. Bei Dominanz von sandigen Substraten liegen die Werte der nutzbaren Feldkapazität teilweise deutlich unter 80 mm. Die anhydromorphen Auenböden besitzen bei gleicher Bodenart wegen geringerer Trockenrohdichten eine höhere nFK.

Mit Stau- bzw. Grundwassereinfluss wird der pflanzennutzbare Wasserspeicher deutlich erhöht. Die nutzbare Feldkapazität von lehmigen Alluvialböden ist unter Grundwassereinfluss damit durchaus vergleichbar mit der von Lössböden.

Moorböden besitzen im Tiefenbereich von 0 - 10 dm die größte nutzbare Feldkapazität. Aufgrund einer effektiven Durchwurzelungstiefe von nur 4 dm ist der pflanzennutzbare Bodenwasserspeicher jedoch deutlich gemindert und beträgt im Maximum nur 167 mm. Grundwasserzuströmung und kapillarer Aufstieg sind dabei nicht berücksichtigt, erhöhen auf grundwassernahen Standorten das Dargebot für pflanzenverfügbares Bodenwasser (Wpfl) jedoch erheblich. Auch Stauwasserstandorte können durch kapillaren Wasseraufstieg aus Bodentiefen unterhalb der Wurzelzone bevorteilt werden.

Die nutzbare Feldkapazität für **Substratflächentypen**, als Kombination von Substrattypen nach Flächenanteilen ist in Tabelle 13 für 10 dm Bodentiefe und in Tabelle 14 für den effektiven Wurzelraum dargestellt. Für V-Standorte wurden die nFK-Werte zusätzlich für die Steinigkeitsstufen 3, 4 und 5 (siehe Tabelle 3) angegeben. Für eine bessere Übersichtlichkeit sind gleichzeitig die Werteklassen ausgewiesen. Es wurde dabei unterschieden zwischen anhydromorphen, halb- und voll hydromorphen Bedingungen. Des weiteren wurden nFK-Werte angegeben für verstärkt humose Bodenbildungen.

Tab. 13: Nutzbare Feldkapazität in mm für 10 dm Bodentiefe (nFK) und Werteklasse (WK, nach Tabelle 4) von Substratflächentypen für anhydromorphe, halb- und voll hydromorphe Bedingungen und für besonders humusreiche (h) Bodenbildungen

Nr.	Symbol	nFK 10 dm Bodentiefe in mm											
		anhydro-morph		anhydro-morph, h		halb hydro-dromorph		halb hydro-dromorph, h		voll hydro-morph		voll hydro-morph, h	
D-Standorte													
1	s	78	1	87	2	111	3	120	3	144	4	153	4
2	sl	96	2	105	2	134	3	143	4	172	5	181	5
3	s-sl	102	2	111	3	130	3	139	3	158	4	167	4
4	s-st	101	2	110	2	130	3	139	3	159	4	168	4
5	s/l+s	114	3	123	3	139	3	148	4	165	4	174	5
6	s/l-s	127	3	136	3	149	4	158	4	171	5	180	5
7	s+s/t	111	3	120	3	136	3	145	4	161	4	170	4
8	s/t-s	121	3	130	3	142	4	151	4	163	4	172	5
9	s-l	105	2	115	3	134	3	144	4	163	4	173	5
10	s-s/l+l	117	3	126	3	143	4	152	4	169	4	179	5
11	l-s/l+s	132	3	141	4	150	4	160	4	169	4	179	5
12	s/l	139	3	148	4	158	4	167	4	178	5	187	5
13	s/l-l	139	3	148	4	157	4	166	4	175	5	184	5
14	s+l	116	3	126	3	140	3	150	4	164	4	174	5
15	l+s/l	144	4	154	4	159	4	169	4	174	5	183	5
16	l-s/l	145	4	155	4	159	4	169	4	173	5	183	5
17	l	146	4	156	4	159	4	170	4	173	5	183	5
18	l-t	141	4	153	4	153	4	166	4	166	4	178	5
19	t-l	134	3	149	4	147	4	161	4	159	4	174	5
20	s-m/d	100	2	109	2	135	3	144	4	170	4	179	5
21	m/d-s	117	3	126	3	150	4	159	4	184	5	193	5
22	m/d	125	3	134	3	158	4	167	4	191	5	200	5
23	m/d+m/l	136	3	145	4	162	4	171	5	188	5	197	5
24	sö/d	131	3	141	4	159	4	169	4	186	5	196	5
25	sö/d-sö/l	135	3	147	4	158	4	170	4	181	5	192	5
26	sö	160	4	173	5	173	5	188	5	187	5	202	6
27	sö/l	140	3	154	4	157	4	171	5	174	5	188	5
Mo-Standorte													
28	h/d	345	6	345	6	345	6	345	6	345	6	345	6
29	h/d-h	364	6	364	6	364	6	364	6	364	6	364	6
30	h/d-h/y	346	6	346	6	346	6	346	6	346	6	346	6

Nr.	Symbol	nFK 10 dm Bodentiefe in mm											
		anhydro-morph		anhydro-morph, h		halb hydro-dromorph		halb hydro-dromorph, h		voll hydro-morph		voll hydro-morph, h	
31	h/d-s	335	6	335	6	335	6	337	6	335	6	337	6
32	d/h	363	6	363	6	363	6	369	6	363	6	369	6
33	h/d+h+s	354	6	354	6	354	6	356	6	354	6	356	6
34	h/d+h/y	365	6	365	6	365	6	365	6	365	6	365	6
35	d/h,h/d(Hto,Zto)	363	6	363	6	363	6	369	6	363	6	369	6
36	h	408	6	408	6	408	6	408	6	408	6	408	6
37	h-h/y	390	6	390	6	390	6	390	6	390	6	390	6
38	h-h/d	389	6	389	6	389	6	389	6	389	6	389	6
39	h-h/y+h/d	377	6	377	6	377	6	377	6	377	6	377	6
40	h-l/h	399	6	399	6	399	6	402	6	399	6	402	6
41	h(Zto,Hto)	408	6	408	6	408	6	408	6	408	6	408	6
AI-Standorte													
42	s-om	104	2	113	2	135	3	144	4	166	4	175	5
43	om-s	131	3	140	3	156	4	165	4	181	5	190	5
44	om	149	4	158	4	169	4	178	5	189	5	198	5
45	ol/d	165	4	176	4	186	5	197	5	206	6	218	6
46	ol/d-ol	175	5	187	5	192	5	204	6	210	6	222	6
47	ol-ol/d	182	5	194	5	196	5	208	6	210	6	222	6
48	ol	186	5	198	5	198	5	210	6	210	6	222	6
49	ol-ot	174	5	187	5	188	5	201	6	202	6	215	6
50	ol+ot	171	5	185	5	183	5	198	5	196	5	211	6
51	ot-ol	167	4	182	4	178	5	193	5	189	5	204	6
52	ot/d	160	4	176	4	177	5	193	5	194	5	210	6
53	ot/d-ot	160	4	177	4	174	5	191	5	188	5	205	6
54	ot-ot/d	161	4	178	4	171	5	187	5	180	5	197	5
55	ot	164	4	180	4	171	5	187	5	178	5	194	5
Lö-Standorte													
56	ö/d	180	5	192	5	185	5	197	5	190	5	202	6
57	ö/d-ö	194	5	206	6	199	5	211	6	204	6	216	6
58	ö+ö/d	203	6	215	6	208	6	220	6	213	6	225	6
59	ö-ö/d	213	6	225	6	218	6	230	6	223	6	235	6
60	ö/l	193	5	205	6	198	5	210	6	203	6	215	6
61	ö	226	6	238	6	231	6	243	6	236	6	248	6
62	ö-ö/t	213	6	227	6	218	6	232	6	223	6	237	6
63	ö/t-ö	193	5	210	6	198	5	215	6	203	6	220	6
64	ö/t	183	5	202	6	188	5	207	6	193	5	212	5
65	ö-vp	205	6	207	6	210	6	212	6	215	6	217	6
66	ö-v/l	203	6	214	6	208	6	219	6	213	6	224	6
67	vö-ö	209	6	219	6	214	6	224	6	219	6	229	6
68	vö	191	5	200	5	196	5	205	6	201	6	210	6
V-Standorte													
69	vm+vs	107	2	116	3	125	3	134	3	143	4	152	4
70	vm+vp	135	3	144	4	145	4	154	4	154	4	163	4
71	vm+vp-vö	162	4	171	5	171	5	180	5	181	5	190	5
72	vp+vl(a)	143	4	152	4	149	4	158	4	156	4	165	4
73	vp+vl(b)	143	4	152	4	149	4	158	4	156	4	165	4
74	vp+vl-g(a)	123	3	132	3	128	3	137	3	133	3	142	4
75	vp+vl-g(b)	123	3	132	3	128	3	137	3	133	3	142	4
76	vp+vl(a)-vö	167	4	176	5	175	5	184	5	182	5	191	5
77	vp+vl(b)-vö	167	4	176	5	175	5	184	5	182	5	191	5
78	vl(c)	140	3	149	4	146	4	155	4	151	4	160	4
79	vl(c)-g	121	3	130	3	125	3	134	3	129	3	138	3
80	vl(c)-ö	173	5	183	5	178	5	187	5	183	5	191	5
81	vlö	170	4	179	5	177	5	186	5	183	5	192	5
82	vl-vt	147	4	159	4	153	4	165	4	159	4	171	5
83	vt-vl	134	3	150	4	141	4	156	4	148	4	163	4
84	vt+vl-ö	160	4	174	5	166	4	179	5	172	5	184	5
85	vt-t	124	3	145	4	131	3	152	4	139	3	159	4
86	t-vt	131	3	156	4	137	3	161	4	143	4	166	4
87	vt-g	98	2	114	3	104	2	120	3	110	2	126	3
88	t-ö	164	4	186	5	168	4	189	5	172	5	192	5
89	t-ö/t	138	3	165	4	142	4	168	4	147	4	172	5
Mo- Standorte													
90	h/y	366	6	366	6	366	6	366	6	366	6	366	6
91	h/l	352	6	352	6	352	6	352	6	352	6	352	6
92	h/f (Nto,Zto)	300	6	300	6	300	6	300	6	300	6	300	6

Nr.	Symbol	nFK 10 dm Bodentiefe in mm											
		anhydro-morph		anhydro-morph, h		halb hydro-dromorph		halb hydro-dromorph, h		voll hydro-morph		voll hydro-morph, h	
93	l/h	387	6	387	6	387	6	394	6	387	6	394	6
94	y	317	6	317	6	317	6	317	6	317	6	317	6
95	h/y+l/h+h+l	372	6	372	6	372	6	376	6	372	6	376	6
96	d-h	294	6	294	6	294	6	300	6	294	6	300	6
97	(h)-d	262	6	262	6	262	6	265	6	262	6	265	6
98	l-h	298	6	298	6	298	6	305	6	298	6	305	6
99	(h)-l	267	6	267	6	267	6	270	6	267	6	270	6
V-Standorte, Steinigkeitsstufe 3													
69	vm+vs	104	2	113	3	121	3	130	3	139	3	148	4
70	vm+vp	130	3	139	3	139	3	148	4	148	4	157	4
71	vm+vp-vö	155	4	164	4	164	4	173	5	173	5	182	5
72	vp+vl(a)	137	3	146	4	143	4	152	4	150	4	159	4
73	vp+vl(b)	137	3	146	4	143	4	152	4	150	4	159	4
74	vp+vl-g(a)	118	3	127	3	123	3	132	3	128	3	137	3
75	vp+vl-g(b)	118	3	127	3	123	3	132	3	128	3	137	3
76	vp+vl(a)-vö	161	4	170	4	168	4	177	5	175	5	183	5
77	vp+vl(b)-vö	161	4	170	4	168	4	177	5	175	5	183	5
78	vl(c)	135	3	143	4	140	3	149	4	145	4	154	4
79	vl(c)-g	116	3	125	3	120	3	129	3	124	3	133	3
80	vl(c)-ö	169	4	178	5	173	5	182	5	178	5	187	5
81	vlö	163	4	172	5	169	4	178	5	176	5	185	5
82	vl-vt	141	4	153	4	147	4	159	4	153	4	165	4
83	vt-vl	129	3	145	4	136	3	151	4	143	4	158	4
84	vt+vl-ö	156	4	170	4	162	4	175	5	168	4	180	5
85	vt-t	120	3	141	4	127	3	147	4	134	3	154	4
86	t-vt	127	3	151	4	133	3	156	4	138	3	161	4
87	vt-g	94	2	110	2	100	2	116	3	106	2	121	3
88	t-ö	161	4	184	5	165	4	186	5	169	4	189	5
89	t-ö/t	134	3	161	4	139	3	165	4	143	4	168	4
V-Standorte, Steinigkeitsstufe 4													
69	vm+vs	100	2	109	2	117	3	126	3	135	3	143	4
70	vm+vp	124	3	133	3	133	3	141	4	141	4	150	4
71	vm+vp-vö	148	4	157	4	157	4	165	4	165	4	174	5
72	vp+vl(a)	131	3	140	3	137	3	146	4	143	4	152	4
73	vp+vl(b)	131	3	140	3	137	3	146	4	143	4	152	4
74	vp+vl-g(a)	113	3	122	3	118	3	126	3	122	3	131	3
75	vp+vl-g(b)	113	3	122	3	118	3	126	3	122	3	131	3
76	vp+vl(a)-vö	154	4	162	4	160	4	169	4	167	4	175	5
77	vp+vl(b)-vö	154	4	162	4	160	4	169	4	167	4	175	5
78	vl(c)	129	3	137	3	134	3	142	4	139	3	147	4
79	vl(c)-g	111	3	120	3	115	3	124	3	119	3	127	3
80	vl(c)-ö	164	4	174	5	169	4	178	5	173	5	181	5
81	vlö	156	4	165	4	162	4	170	4	168	4	176	5
82	vl-vt	136	3	148	4	142	4	153	4	147	4	158	4
83	vt-vl	124	3	139	3	130	3	146	4	137	3	152	4
84	vt+vl-ö	152	4	166	4	158	4	170	4	163	4	175	5
85	vt-t	115	3	136	3	122	3	142	4	128	3	148	4
86	t-vt	123	3	147	4	128	3	151	4	134	3	156	4
87	vt-g	90	2	105	2	96	2	111	3	101	2	116	3
88	t-ö	159	4	181	5	162	4	183	5	166	4	186	5
89	t-ö/t	131	3	157	4	135	3	160	4	139	3	164	4
V-Standorte, Steinigkeitsstufe 5													
69	vm+vs	94	2	102	2	110	2	118	3	126	3	135	3
70	vm+vp	113	3	121	3	121	3	129	3	128	3	137	3
71	vm+vp-vö	135	3	143	4	142	4	150	4	150	4	158	4
72	vp+vl(a)	119	3	128	3	125	3	133	3	130	3	138	3
73	vp+vl(b)	119	3	128	3	125	3	133	3	130	3	138	3
74	vp+vl-g(a)	103	2	112	3	108	2	116	3	112	3	120	3
75	vp+vl-g(b)	103	2	112	3	108	2	116	3	112	3	120	3
76	vp+vl(a)-vö	140	3	148	4	145	4	153	4	151	4	159	4
77	vp+vl(b)-vö	140	3	148	4	145	4	153	4	151	4	159	4
78	vl(c)	117	3	125	3	122	3	130	3	126	3	134	3
79	vl(c)-g	102	2	110	2	105	2	113	3	109	2	117	3
80	vl(c)-ö	155	4	165	4	160	4	168	4	164	4	172	5
81	vlö	142	4	150	4	147	4	155	4	152	4	161	4
82	vl-vt	125	3	136	3	130	3	141	4	135	3	146	4

Nr.	Symbol	nFK 10 dm Bodentiefe in mm											
		anhydro-morph		anhydro-morph, h		halb hydro-dromorph		halb hydro-dromorph, h		voll hydro-morph		voll hydro-morph, h	
83	vt-vl	114	3	129	3	120	3	135	3	126	3	140	3
84	vt+vl-ö	145	4	157	4	150	4	162	4	154	4	166	4
85	vt-t	107	2	126	3	112	3	131	3	118	3	137	3
86	t-vt	115	3	138	3	120	3	142	4	125	3	146	4
87	vt-g	83	2	97	2	87	2	102	2	92	2	106	2
88	t-ö	154	4	175	5	157	4	177	5	161	4	179	5
89	t-ö/t	124	3	149	4	128	3	152	4	132	3	155	4

Tab. 14: *Nutzbare Feldkapazität in mm im effektiven Wurzelraume (nFKWe) und Werte-klasse (WK, nach Tabelle 4) von Substratflächentypen für anhydromorphe, halb- und voll hydromorphe Bedingungen und für besonders humusreiche (h) Bodenbildungen*

Nr	Symbol	nFKWe (mm)											
		anhydro-morph		anhydro-morph, h		halb hydro-dromorph		halb hydro-dromorph, h		voll hydro-morph		voll hydro-morph, h	
D-Standorte													
1	s	48	1	57	1	57	1	62	1	67	1	68	1
2	sl	66	1	75	1	80	1	84	2	94	2	94	2
3	s-sl	77	1	86	2	88	2	94	2	98	2	101	2
4	s-st	80	1	89	2	93	2	98	2	105	2	106	2
5	s/l+s	96	2	105	2	109	2	115	3	123	3	125	3
6	s/l-s	114	3	123	3	128	3	134	3	142	4	145	4
7	s+s/t	96	2	105	2	109	2	114	3	122	3	124	3
8	s/t-s	112	3	121	3	126	3	131	3	140	3	141	4
9	s-l	85	2	94	2	97	2	103	2	109	2	112	3
10	s-s/l+l	102	2	111	3	116	3	122	3	131	3	133	3
11	l-s/l+s	126	3	135	3	140	3	148	4	153	4	160	4
12	s/l	133	3	142	4	149	4	155	4	166	4	169	4
13	s/l-l	133	3	142	4	148	4	156	4	164	4	169	4
14	s+l	99	2	108	2	110	2	117	3	122	3	127	3
15	l+s/l	141	4	151	4	156	4	164	4	170	4	177	5
16	l-s/l	143	4	153	4	158	4	166	4	172	5	180	5
17	l	146	4	156	4	159	4	169	4	173	5	182	5
18	l-t	141	4	153	4	153	4	165	4	166	4	177	5
19	t-l	134	3	149	4	147	4	160	4	159	4	171	5
20	s-m/d	70	1	79	1	82	2	87	2	95	2	96	2
21	m/d-s	86	2	95	2	99	2	104	2	113	3	114	3
22	m/d	93	2	102	2	108	2	113	3	122	3	123	3
23	m/d+m/l	120	3	129	3	137	3	142	4	154	4	156	4
24	sö/d	100	2	110	2	109	2	118	3	118	3	127	3
25	sö/d-sö/l	109	2	120	3	118	3	129	3	128	3	139	3
26	sö	152	4	166	4	164	4	178	5	175	5	190	5
27	sö/l	120	3	134	3	131	3	144	4	141	4	155	4
Mo-Standorte													
28	h/d	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3
29	h/d-h	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3
30	h/d-h/y	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3
31	h/d-s	142	4	142	4	142	4	142	4	142	4	142	4
32	d/h	105	2	107	2	105	2	107	2	105	2	107	2
33	h/d+h+s	142	4	142	4	142	4	142	4	142	4	142	4
34	h/d+h/y	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3
35	d/h,h/d (Hto.Zto)	105	2	107	2	105	2	107	2	105	2	107	2
36	h	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3
37	h-h/y	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3
38	h-h/d	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3
39	h-h/y+h/d	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3
40	h-l/h	122	3	123	3	122	3	123	3	122	3	123	3
41	h(Zto,Hto)	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3
Al-Standorte													
42	s-om	71	1	80	1	82	2	88	2	93	2	96	2
43	om-s	94	2	103	2	104	2	111	3	114	3	120	3
44	om	108	2	117	3	117	3	126	3	126	3	135	3
45	ol/d	123	3	134	3	130	3	141	4	137	3	149	4

Nr	Symbol	nFkWe (mm)											
		anhydro-morph		anhydro-morph, h		halb hydro-dromorph		halb hydro-dromorph, h		voll hydro-morph		voll hydro-morph, h	
46	ol/d-ol	145	4	157	4	153	4	165	4	161	4	173	5
47	ol-ol/d	169	4	181	5	179	5	191	5	189	5	201	6
48	ol	181	5	193	5	192	5	204	6	203	6	215	6
49	ol-ot	157	4	171	5	166	4	179	5	174	5	188	5
50	ol+ot	154	4	168	4	162	4	176	5	170	4	184	5
51	ot-ol	155	4	170	4	162	4	177	5	169	4	185	5
52	ot/d	119	3	135	3	125	3	141	4	130	3	147	4
53	ot/d-ot	132	3	148	4	138	3	154	4	144	4	160	4
54	ot-ot/d	149	4	165	4	155	4	172	5	161	4	178	5
55	ot	164	4	180	5	171	5	187	5	178	5	194	5
Lö-Standorte													
56	ö/d	149	4	161	4	154	4	166	4	159	4	171	5
57	ö/d-ö	179	5	191	5	184	5	196	5	189	5	201	6
58	ö+ö/d	199	5	211	6	204	6	216	6	209	6	221	6
59	ö-ö/d	219	6	231	6	224	6	236	6	229	6	241	6
60	ö/l	190	5	202	6	195	5	207	6	200	5	212	6
61	ö	249	6	261	6	254	6	266	6	259	6	271	6
62	ö-ö/t	229	6	243	6	234	6	248	6	239	6	253	6
63	ö/t-ö	197	5	215	6	202	6	220	6	207	6	225	6
64	ö/t	183	5	202	6	188	5	207	6	193	5	212	6
65	ö-vp	221	6	214	6	226	6	219	6	231	6	224	6
66	ö-v/l	219	6	230	6	224	6	235	6	229	6	240	6
67	vö-ö	216	6	226	6	221	6	231	6	226	6	236	6
68	vö	191	5	200	5	196	5	205	6	201	6	210	6
V-Standorte													
69	vm+vs	79	1	88	2	90	2	98	2	101	2	107	2
70	vm+vp	123	3	132	3	132	3	141	4	141	4	150	4
71	vm+vp-vö	152	4	161	4	162	4	171	5	171	5	180	5
72	vp+vl(a)	143	4	152	4	149	4	158	4	156	4	165	4
73	vp+vl(b)	143	4	152	4	149	4	158	4	156	4	165	4
74	vp+vl-g(a)	123	3	132	3	128	3	137	3	133	3	142	4
75	vp+vl-g(b)	123	3	132	3	128	3	137	3	133	3	142	4
76	vp+vl(a)-vö	167	4	176	5	175	5	184	5	182	5	191	5
77	vp+vl(b)-vö	167	4	176	5	175	5	184	5	182	5	191	5
78	vl(c)	140	3	149	4	146	4	155	4	151	4	160	4
79	vl(c)-g	121	3	130	3	125	3	134	3	129	3	138	3
80	vl(c)-ö	180	5	189	5	185	5	194	5	190	5	199	5
81	vlö	159	4	168	4	165	4	174	5	171	5	180	5
82	vl-vt	147	4	159	4	153	4	165	4	159	4	171	5
83	vt-vl	134	3	150	4	141	4	156	4	148	4	163	4
84	vt+vl-ö	167	4	180	5	173	5	186	5	178	5	192	5
85	vt-t	124	3	145	4	131	3	152	4	139	3	159	4
86	t-vt	131	3	156	4	137	3	161	4	143	4	166	4
87	vt-g	98	2	114	3	104	2	120	3	110	2	126	3
88	t-ö	170	4	193	5	174	5	196	5	178	5	200	5
89	t-ö/t	138	3	165	4	142	4	168	4	147	4	172	5
Mo- Standorte													
90	h/y	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3
91	h/l	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3	131	3
92	h/f (Nto,Zto)	156	4	156	4	156	4	156	4	156	4	156	4
93	l/h	110	2	113	3	110	2	113	3	110	2	113	3
94	y	121	3	121	3	121	3	121	3	121	3	121	3
95	h/y+l/h+h+l	119	3	121	3	119	3	121	3	119	3	121	3
96	d-h	144	4	147	4	144	4	147	4	144	4	147	4
97	(h)-d	156	4	157	4	156	4	157	4	156	4	157	4
98	l-h	198	5	200	5	198	5	200	5	198	5	200	5
99	(h)-l	179	5	180	5	179	5	180	5	179	5	180	5
V-Standorte, Steinigkeitsstufe 3													
69	vm+vs	77	1	86	2	87	2	95	2	98	2	104	2
70	vm+vp	118	3	127	3	127	3	136	3	136	3	145	4
71	vm+vp-vö	146	4	155	4	155	4	164	4	164	4	173	5
72	vp+vl(a)	137	3	146	4	143	4	152	4	150	4	159	4
73	vp+vl(b)	137	3	146	4	143	4	152	4	150	4	159	4
74	vp+vl-g(a)	118	3	127	3	123	3	132	3	128	3	137	3
75	vp+vl-g(b)	118	3	127	3	123	3	132	3	128	3	137	3
76	vp+vl(a)-vö	161	4	170	4	168	4	177	5	175	5	183	5

Nr	Symbol	nFkWe (mm)											
		anhydro-morph		anhydro-morph, h		halb hydro-dromorph		halb hydro-dromorph, h		voll hydro-morph		voll hydro-morph, h	
77	vp+vl(b)-vö	161	4	170	4	168	4	177	5	175	5	183	5
78	vl(c)	135	3	143	4	140	3	149	4	145	4	154	4
79	vl(c)-g	116	3	125	3	120	3	129	3	124	3	133	3
80	vl(c)-ö	175	5	185	5	180	5	190	5	185	5	195	5
81	vlö	153	4	162	4	158	4	167	4	164	4	173	5
82	vl-vt	141	4	153	4	147	4	159	4	153	4	165	4
83	vt-vl	129	3	145	4	136	3	151	4	143	4	158	4
84	vt+vl-ö	163	4	177	5	169	4	182	5	174	5	188	5
85	vt-t	120	3	141	4	127	3	147	4	134	3	154	4
86	t-vt	127	3	151	4	133	3	156	4	138	3	161	4
87	vt-g	94	2	110	2	100	2	116	3	106	2	121	3
88	t-ö	168	4	190	5	172	5	194	5	176	5	197	5
89	t-ö/t	134	3	161	4	139	3	165	4	143	4	168	4
V-Standorte, Steinigkeitsstufe 4													
69	vm+vs	74	1	83	2	84	2	92	2	94	2	101	2
70	vm+vp	113	3	121	3	121	3	130	3	130	3	138	3
71	vm+vp-vö	140	3	148	4	148	4	157	4	157	4	165	4
72	vp+vl(a)	131	3	140	3	137	3	146	4	143	4	152	4
73	vp+vl(b)	131	3	140	3	137	3	146	4	143	4	152	4
74	vp+vl-g(a)	113	3	122	3	118	3	126	3	122	3	131	3
75	vp+vl-g(b)	113	3	122	3	118	3	126	3	122	3	131	3
76	vp+vl(a)-vö	154	4	162	4	160	4	169	4	167	4	175	5
77	vp+vl(b)-vö	154	4	162	4	160	4	169	4	167	4	175	5
78	vl(c)	129	3	137	3	134	3	142	4	139	3	147	4
79	vl(c)-g	111	3	120	3	115	3	124	3	119	3	127	3
80	vl(c)-ö	171	5	180	5	175	5	185	5	180	5	190	5
81	vlö	146	4	155	4	151	4	160	4	157	4	165	4
82	vl-vt	136	3	148	4	142	4	153	4	147	4	158	4
83	vt-vl	124	3	139	3	130	3	146	4	137	3	152	4
84	vt+vl-ö	159	4	172	5	164	4	178	5	170	4	183	5
85	vt-t	115	3	136	3	122	3	142	4	128	3	148	4
86	t-vt	123	3	147	4	128	3	151	4	134	3	156	4
87	vt-g	90	2	105	2	96	2	111	3	101	2	116	3
88	t-ö	166	4	187	5	169	4	191	5	173	5	194	5
89	t-ö/t	131	3	157	4	135	3	160	4	139	3	164	4
V-Standorte, Steinigkeitsstufe 5													
69	vm+vs	70	1	78	1	79	1	86	2	88	2	94	2
70	vm+vp	103	2	111	3	111	3	119	3	118	3	126	3
71	vm+vp-vö	127	3	135	3	135	3	143	4	142	4	151	4
72	vp+vl(a)	119	3	128	3	125	3	133	3	130	3	138	3
73	vp+vl(b)	119	3	128	3	125	3	133	3	130	3	138	3
74	vp+vl-g(a)	103	2	112	3	108	2	116	3	112	3	120	3
75	vp+vl-g(b)	103	2	112	3	108	2	116	3	112	3	120	3
76	vp+vl(a)-vö	140	3	148	4	145	4	153	4	151	4	159	4
77	vp+vl(b)-vö	140	3	148	4	145	4	153	4	151	4	159	4
78	vl(c)	117	3	125	3	122	3	130	3	126	3	134	3
79	vl(c)-g	102	2	110	2	105	2	113	3	109	2	117	3
80	vl(c)-ö	162	4	171	5	166	4	176	5	171	5	180	5
81	vlö	133	3	141	4	138	3	146	4	143	4	151	4
82	vl-vt	125	3	136	3	130	3	141	4	135	3	146	4
83	vt-vl	114	3	129	3	120	3	135	3	126	3	140	3
84	vt+vl-ö	151	4	164	4	156	4	169	4	161	4	174	5
85	vt-t	107	2	126	3	112	3	131	3	118	3	137	3
86	t-vt	115	3	138	3	120	3	142	4	125	3	146	4
87	vt-g	83	2	97	2	87	2	102	2	92	2	106	2
88	t-ö	161	4	182	5	164	4	185	5	168	4	188	5
89	t-ö/t	124	3	149	4	128	3	152	4	132	3	155	4

Im **Standortregionaltyp** sind alle Informationen zum Flächeninhalt wie Substratflächentyp, Hydromorphieflächentyp, Hangneigungsflächentyp, Steinigkeit u.a. zusammengeführt. Für das Bundesland Brandenburg wurden insgesamt 1713 und für Mecklenburg Vorpommern 2040 Standortregionaltypen ausgewiesen. Jedem Standortregionaltyp ist entsprechend seines Substrat- und Hydromorphieflächentyps ein Wert der nutzbaren Feldkapazität für eine konstante Bodentiefe von 10 dm und 15 dm sowie für den effektiven Wurzelraum zugeordnet. Unter Berücksichtigung des Bodenformeninventars

wurden für Standortregionaltypen mit stärker humosen Böden (siehe Abschnitt 2.2.4) Zuschläge vorgenommen.

Die Datenbasis ist georeferenziert und bildet eine Grundlage für die Ableitung landwirtschaftlicher Entscheidungsgrundlagen und die Modellierung von Wasser- und Stoffflüssen. In Abbildung 7 ist die Verteilung der nFK für die landwirtschaftlichen genutzten Flächen der fünf neuen Bundesländer beispielhaft für 10 dm Bodentiefe dargestellt. Gut zu erkennen sind die durch schwarze Farbe gekennzeichneten Mooregebiete. Weitere Bereiche mit hoher nutzbarer Feldkapazität in der Bodentiefe 0 bis 10 dm sind die Löss- und Auenregionen im Süden und Südwesten, sowie das Oderbruch und die Uckermark im Nordosten (dunkelbraun). Gelbtöne, die für geringe nutzbare Feldkapazitäten stehen, sind vorwiegend ersichtlich in Brandenburg, Süd-West Mecklenburg sowie in den flachgründigen Gebirgsregionen.

3.2.2 Pflanzennutzbares Bodenwasserdargebot

Für die Beurteilung des **pflanzennutzbaren Bodenwasserdargebotes** eines Grund- oder Stauwasserstandortes ist nicht nur die nutzbare Feldkapazität sondern ebenfalls die Zuführung aus kapillarem Wasseraufstieg bedeutsam. In Tabelle 15 sind in Abhängigkeit von Hydromorphieflächentypen und Körnungsarten im Kapillarraum Wertebereiche für jährliche Wassermengen in mm angegeben, die aus kapillarem Aufstieg zugeführt werden können. Diese Wassermengen entstammen aus autochthon, am Ort gebildetem und allochthon, von lateral zugeführtem Grundwasser. Die Unterschiede in der kapillaren Nachlieferung resultieren aus der Ausschöpfbarkeit des Bodenwasserspeichers, die aus der unterschiedlichen hydraulischen Leitfähigkeit der Substrate begründet ist.

Feldbeobachtungen und Ergebnisse aus Lysimeterstudien (BEHRENDT U.A., 1995; MUNDEL, 1982; SCHINDLER U.A., 1998) zeigen, dass bei Moor- und Grundwassersandstandorten bis zu Grundwasserflurabständen von etwa 80 cm der Bodenwasserspeicher durch die Pflanzen nur geringfügig in Anspruch genommen wird. Fast die gesamte Menge des Niederschlages wird unter diesen Bedingungen in Grundwasser überführt und kann über kapillaren Wasseraufstieg dann wieder verfügbar werden. Auf den Lehm- und Tonböden ist der kapillare Wasseraufstieg reduziert. Auf diesen Standorten füllt das Niederschlagswasser zunächst den stärker ausgeschöpften Bodenwasserspeicher. Der Überschuss führt zu Grundwasserbildung.

Tab. 15: Zusatzwasser aus kapillarem Aufstieg in mm a^{-1} in Abhängigkeit vom Hydromorphieflächentyp (HFT) und Körnungsart im Kapillarraum

HFT	GWF ¹⁾	Körnungsarten				
	cm u. GOK	S, Su2, SI2	SI3, SI4, Ls4	Uls, Lu	Lt3, Tu2	nH
G1	100-150	0-10	0-20	20-40	0-10	0-20
G2	60-100	150-400	20-120	40-140	10-80	250-450
G3	20-60	350-450	40-200	80-220	40-120	450-600
S2,S3	bis in Ap	-	20-80	20-80	10-20	-

¹⁾ Frühjahrsgroundwasserflurabstand nach SCHMIDT UND DIEMANN (1974)

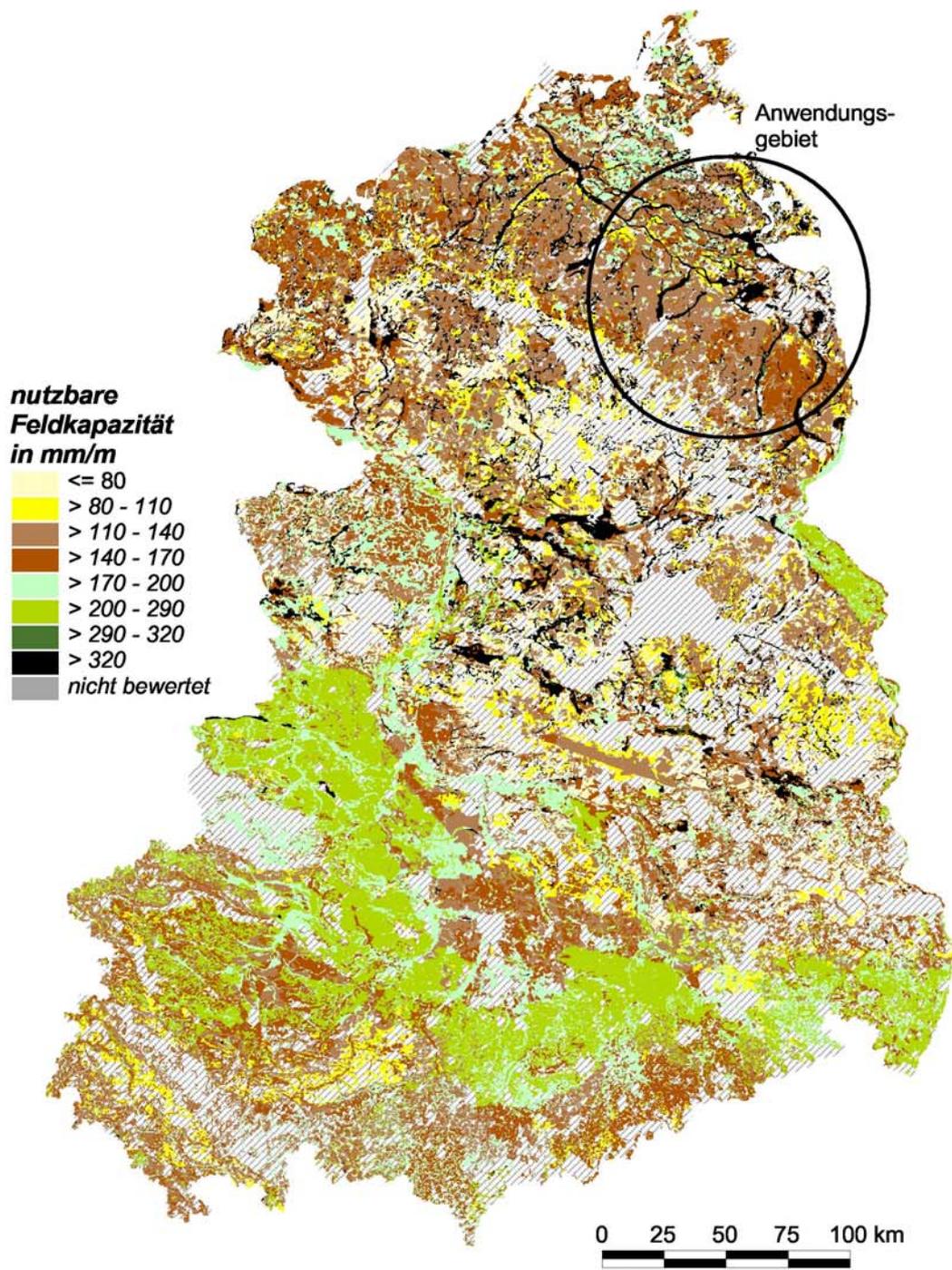


Abb. 7: Nutzbare Feldkapazität für 10 cm Bodentiefe landwirtschaftlich genutzter Standorte in den Bundesländern von Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen

3.2.3 Heterogenität der nutzbaren Feldkapazität im Substratflächentyp (Kontrastbeurteilung)

Tabelle 16 gibt eine Zusammenstellung der Kontrastwerte für die nutzbare Feldkapazität im Substratflächentyp getrennt nach Kontrastgruppe (KG), Hauptkontrast (HK) und Begleitkontrast (BK). Dabei wurde unterschieden zwischen hydromorphen und anhydromorphen Bodenbedingungen sowie der nFk für 10 dm Bodentiefe und der effektiven Wurzeltiefe (We).

Tab. 16: Kontrast der nutzbaren Feldkapazität im Substratflächentyp

Nr.	STR	anhydromorph						hydromorph					
		nFK10dm			nFKWe			nFK10dm			nFKWe		
		KG	HK	BK	KG	HK	BK	KG	HK	BK	KG	HK	BK
D- Standorte													
1	s	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	sl	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	s-sl	2	2	4	2	3	1	2	3	1	2	2	4
4	s-st	2	2	3	2	3	1	2	3	1	2	2	4
5	s/l+s	4	4	4	4	4	3	2	3	1	5	5	5
6	s/l-s	4	4	4	4	4	3	2	3	1	3	3	5
7	s+s/t	2	3	2	2	3	1	2	3	1	4	4	4
8	s/t-s	2	3	2	2	3	1	2	3	1	4	4	4
9	s-l	2	2	4	4	4	1	2	3	1	2	2	4
10	s-s/l+l	4	4	4	4	4	1	2	3	1	5	5	5
11	l-s/l+s	4	4	1	4	4	1	2	3	1	3	3	5
12	s/l	4	4	1	2	3	4	2	3	1	3	3	5
13	s/l-l	4	4	1	2	3	4	2	3	1	3	3	5
14	s+l	4	4	4	4	4	3	2	3	1	4	4	4
15	l+s/l	1	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
16	l-s/l	1	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
17	l	1	1	1	1	1	1	2	3	1	2	3	1
18	l-t	2	3	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1
19	t-l	2	3	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1
20	s-m/d	2	2	4	4	4	1	2	3	1	2	2	4
21	m/d-s	4	4	4	4	4	1	2	3	1	4	4	4
22	m/d	2	2	1	2	2	1	1	1	1	2	2	1
23	m/d+m/l	2	3	1	4	4	1	1	1	1	4	4	1
24	sö/d	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
25	sö/d-sö/l	2	3	1	2	2	1	2	3	1	4	4	3
26	sö	2	3	1	2	3	4	2	3	1	3	3	5
27	sö/l	2	3	1	2	2	1	2	3	1	4	4	1
Mo-Standorte													
28	h/d	nicht vorkommend						1	1	1	1	1	1
29	h/d-h	nicht vorkommend						1	1	1	1	1	1
30	h/d-h/y	nicht vorkommend						1	1	1	1	1	1
31	h/d-s	nicht vorkommend						4	4	1	2	3	1
32	d/h	nicht vorkommend						1	1	1	2	2	1
33	h/d+h+s	nicht vorkommend						4	4	1	2	3	1
34	h/d+h/y	nicht vorkommend						1	1	1	1	1	1
35	d/h,h/d (Hto,Zto)	nicht vorkommend						1	1	1	1	1	1
36	h	nicht vorkommend						1	1	1	1	1	1
37	h-h/y	nicht vorkommend						1	1	1	1	1	1
38	h-h/d	nicht vorkommend						1	1	1	1	1	1
39	h-h/y+h/d	nicht vorkommend						1	1	1	1	1	1
40	h-l/h	nicht vorkommend						1	1	1	2	2	1
41	h(Zto,Hto)	nicht vorkommend						1	1	1	1	1	1
90	h/y	nicht vorkommend						1	1	1	1	1	1
91	h/l	nicht vorkommend						1	1	1	1	1	1
92	h/f (Nto,Zto)	nicht vorkommend						1	1	1	2	3	1
93	l/h	nicht vorkommend						1	1	1	2	2	1
94	y	nicht vorkommend						1	1	1	1	1	1
95	h/y+l/h+h+l	nicht vorkommend						1	1	1	2	2	1
96	d-h	nicht vorkommend						1	1	1	2	3	1

Nr.	STR	anhydromorph						hydromorph					
		nFK10dm			nFKWe			nFK10dm			nFKWe		
		KG	HK	BK	KG	HK	BK	KG	HK	BK	KG	HK	BK
97	(h)-d							1	1	1	2	2	3
98	l-h							1	1	1	2	2	1
99	(h)-l							1	1	1	2	2	1
AI-Standorte													
42	s-om	2	2	4	2	2	1	2	3	1	2	2	3
43	om-s	4	4	4	2	2	1	2	3	1	2	2	3
44	om	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
45	ol/d	1	1	1	2	2	1	2	3	1	1	1	1
46	ol/d-ol	2	3	1	4	4	1	1	1	1	5	5	1
47	ol-ol/d	2	3	1	4	4	1	1	1	1	5	5	1
48	ol	2	3	1	4	4	1	1	1	1	5	5	1
49	ol-ot	2	3	1	2	3	4	2	3	1	5	4	5
50	ol+ot	2	3	1	2	3	4	2	3	1	5	4	5
51	ot-ol	2	3	1	2	3	4	2	3	1	5	4	5
52	ot/d	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
53	ot/d-ot	1	1	1	2	3	1	1	1	1	4	4	1
54	ot-ot/d	1	1	1	2	3	1	1	1	1	4	4	1
55	ot	2	3	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1
Lö-Standorte													
56	ö/d	1	1	1	1	1	1	nicht vorkommend					
57	ö/d-ö	2	3	1	4	4	1						
58	ö+ö/d	2	3	1	4	4	1						
59	ö-ö/d	2	3	1	4	4	1						
60	ö/l	1	1	1	2	3	1						
61	ö	1	1	1	1	1	1						
62	ö-ö/t	2	3	1	2	3	1						
63	ö/t-ö	2	3	1	2	3	1						
64	ö/t	1	1	1	1	1	1						
65	ö-vp	4	4	1	4	4	1						
66	ö-v/l	4	4	1	4	4	1						
67	vö-ö	2	3	1	2	3	1						
68	vö	2	3	1	2	3	1						
V-Standorte													
69	vm+vs	4	4	1	2	3	1	nicht vorkommend					
70	vm+vp	4	4	1	2	3	4						
71	vm+vp-vö	2	3	1	2	3	4						
72	vp+vl(a)	4	4	1	4	4	1						
73	vp+vl(b)	4	4	1	4	4	1						
74	vp+vl-g(a)	4	4	1	4	4	1						
75	vp+vl-g(b)	4	4	1	4	4	1						
76	vp+vl(a)-vö	2	3	1	2	3	1						
77	vp+vl(b)-vö	2	3	1	2	3	1						
78	vl(c)	4	4	1	4	4	1						
79	vl(c)-g	4	4	1	4	4	1						
80	vl(c)-ö	4	4	1	4	4	1						
81	vlö	2	3	1	1	1	1						
82	vl-vt	2	3	4	2	3	4						
83	vt-vl	2	3	4	2	3	4						
84	vt+vl-ö	3	3	5	3	3	5						
85	vt-t	4	4	1	4	4	1						
86	t-vt	4	4	1	4	4	1						
87	vt-g	2	3	1	2	3	1						
88	t-ö	5	5	4	5	5	4						
89	t-ö/t	4	4	1	4	4	1						

KG Kontrastgruppe
HK Hauptkontrast
BK Begleitkontrast

4 Anwendungsbeispiel

4.1 Das Abflussbildungsmodell ABIMO

Das **AbflussBildungsMO**dell, ABIMO (GLUGLA & FÜRTIG, 1997) behandelt ausschließlich die Vertikalprozesse des Landschaftswasserhaushaltes Niederschlag, Verdunstung und Entstehen von Gesamtabfluss (Resultat der Abflussbildung, potenzielles Wasserdargebot) im vieljährigen Mittel. Das Modell hat seine Eignung für die Untersuchung der Abflussbildung in großen Gebieten bereits in mehreren regionalen und überregionalen Studien unter Beweis gestellt (z.B. LUA, 2000, DANNOWSKI ET AL., 2002).

Die für die Berechnung der Abflussbildung benötigte tatsächliche Verdunstung wird im Modell mit einem Verfahren nach BAGROV (1953) ermittelt. Das Verfahren ermöglicht die Verknüpfung klimatischer Einflüsse (Niederschlag, potenzielle Verdunstung) und weiterer Einflüsse des Standorts (Landnutzung, Boden) auf die tatsächliche Verdunstung. Mit wachsendem Niederschlag nähert sich die tatsächliche Verdunstung der potenziellen Verdunstung. Bei abnehmendem Niederschlag nähert sich die tatsächliche Verdunstung dem Niederschlag.

Das Übergangsverhalten zwischen den beiden Randbedingungen wird durch die Speichereigenschaften der verdunstenden Fläche, ausgedrückt in einem empirischen Effektivitätsparameter, bestimmt. Die Bodenwasserausschöpfungstiefe ist in Abhängigkeit von der Ertragsklasse landwirtschaftlicher Böden in zwei Stufen zu berücksichtigen. Für die niedrige Ertragsklasse werden 6 dm für die hohe Ertragsklasse 7 dm Ausschöpfungstiefe zugrundegelegt. Darüber hinaus wird im Modell für grundwassernahe Verhältnisse ein kapillarer Aufstieg berücksichtigt. Vereinfachend ist die Verdunstung von Gewässerflächen der potenziellen Verdunstung gleichgesetzt.

Die Berechnung erfolgt jeweils für hinsichtlich der Eingangsdaten als homogen zu betrachtende Flächen (Elementarflächen). Mittels GIS werden diese Elementarflächen durch die Verschneidung digitaler Karten aller benötigten Eingangsdaten, wie Niederschlag, potenzielle Verdunstung, Landnutzung, Bodenspeicher, Grundwasserflurabstand ermittelt. Die so erhaltenen Datensätze werden unter Beachtung der erforderlichen Struktur direkt als Datenbankdatei an das Modell ABIMO übergeben. Die Berechnungsergebnisse werden vom Modell in diese Datenbank geschrieben und wieder mit den GIS-Daten verknüpft. Für die Ergebnisdarstellung in Kartenform werden die Visualisierungskomponenten des GIS genutzt. Im GIS werden Funktionen für räumliche Aggregationen bereitgestellt, die für die Ermittlung von auf die Einzugsgebietsflächen bezogenen Bilanzen der Wasserhaushaltsgrößen genutzt werden können.

4.2 Berechnung der Abflussbildung

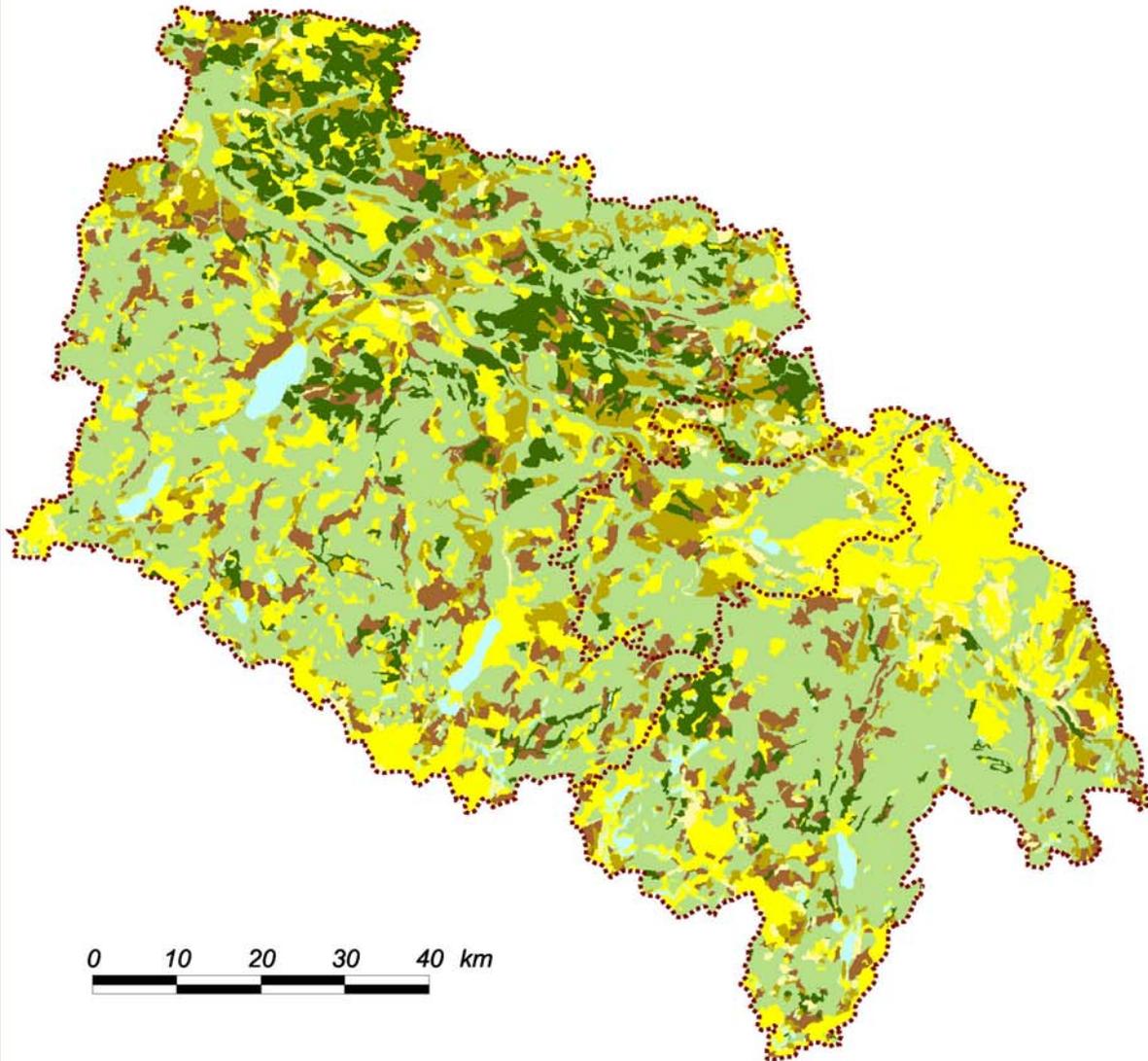
4.2.1 Datenbasis

Eine erste Anwendung der Bodendatenbasis erfolgte für die Berechnung der Abflussbildung mit ABIMO in den Einzugsgebieten der Ucker, Peene, Zarow und Poetterbeck im nordostdeutschen Tiefland. Dazu wurden die nFKWe-Werte der Substratflächentypen auf die von ABIMO festgelegte Ausschöpfungstiefe angepasst. Für D1a und D2a Standorte mit nur geringem Ertragspotenzial wurden 6 dm, für alle anderen Standorte 7 dm Ausschöpfungstiefe berücksichtigt. Abbildung 8 zeigt die räumliche Verteilung der so ermittelten nFK-Werte.

Für die Berechnung wurden langjährige mittlere Jahressummen der Niederschläge (Reihe 61/90, DWD, 1999, Abb. 9), die potenzielle Verdunstungshöhe nach KORTÜM (1965, Abb. 10) sowie CORINE-Landnutzungsdaten (Abb. 11) verwendet.

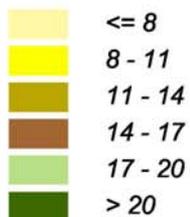
Die Darstellung der klimatischen Wasserbilanz als Differenz zwischen Niederschlags- und potenzieller Verdunstungshöhe zeigt Abbildung 12. Der Grundwasserflurabstand wurde aus dem Hydromorphieflächentyp der MMK in drei Klassen (<1m; 1 - 2m; >2m) abgeleitet (Abb. 13).

nutzbare Feldkapazität



0 10 20 30 40 km

mm/dm



 Einzugsgebietsgrenzen

Datengrundlage:

Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung, 1981

*Bodendatenbank des Zentrums für Agrarlandschafts- und
Landnutzungsforschung*

*Zentrum für Agrarlandschafts- und
Landnutzungsforschung*  *e.V.*

Abb. 8: *Nutzbare Feldkapazität in den Einzugsgebieten Peene, Ucker, Zarow und Poetterbeck im nordostdeutschen Tiefland (Bodendatengrundlage für ABIMO)*

4.2.2 Abflusshöhen

Im Modellgebiet variieren die berechneten mittleren jährlichen Gesamtabflusshöhen der Elementarflächen zwischen -50 mm a^{-1} (Zehrung) und $>300 \text{ mm a}^{-1}$ (Abb. 14). Deutlich zu erkennen sind die grundwassernahen Zehrgebiete (Friedländer Große Wiese, Randow Bruch, flussbegleitende Moore und offene Gewässer). Abfluss wird auf diesen Standorten unter den vorgefundenen klimatischen Bedingungen aufgrund der hohen Verdunstung erst ab Jahresniederschlägen über 600 mm gebildet. Unterhalb dieser Niederschlagssumme sind Zuflüsse aus dem Wasserdargebot der grundwasserfernen Einzugsgebiete notwendig, um oberflächennahe Grundwasserstände zu ermöglichen.

Ein erhöhter Abfluss entsteht auf Standorten mit einer geringeren Speicherkapazität. Das sind die versiegelten Standorte der Siedlungs- und Verkehrsflächen, deren Anteil im Gebiet jedoch gering ist. Den größten Anteil haben Standorte mit Abflusshöhen zwischen 100 und 200 mm a^{-1} . Das sind vorwiegend landwirtschaftlich genutzte Ackerstandorte.

Insgesamt wird ein Gefälle der Abflusshöhen zum östlichen Teil des Modellgebietes hin deutlich. Unter den nach Osten zunehmend kontinentaler geprägten klimatischen Bedingungen verringert sich die Abflussbildung infolge abnehmender Niederschläge. Für die Einzugsgebiete Peene, Ucker, Zarow und Poetterbeck sowie ausgewählte Teileinzugsgebiete wurden die für die Elementarflächen berechneten mittleren jährlichen Abflusshöhen aggregiert (Tab.17).

Im gesamten Modellgebiet weist nur der Pegel Pasewalk eine hinreichend lange Messreihe (Reihe 1964/90) für einen Vergleich von berechneten und gemessenen Abflüssen auf. Für das dem Pegel zugehörige Einzugsgebiet ist die mit ABIMO berechnete mittlere jährliche Abflusshöhe ($117,2 \text{ mm a}^{-1}$) um $5,1 \%$ höher als die aus dem mittleren Durchfluss am Pegel ermittelte ($111,5 \text{ mm a}^{-1}$). Damit wird für dieses Gebiet eine gute Übereinstimmung der Berechnungsergebnisse mit den Messergebnissen erreicht.

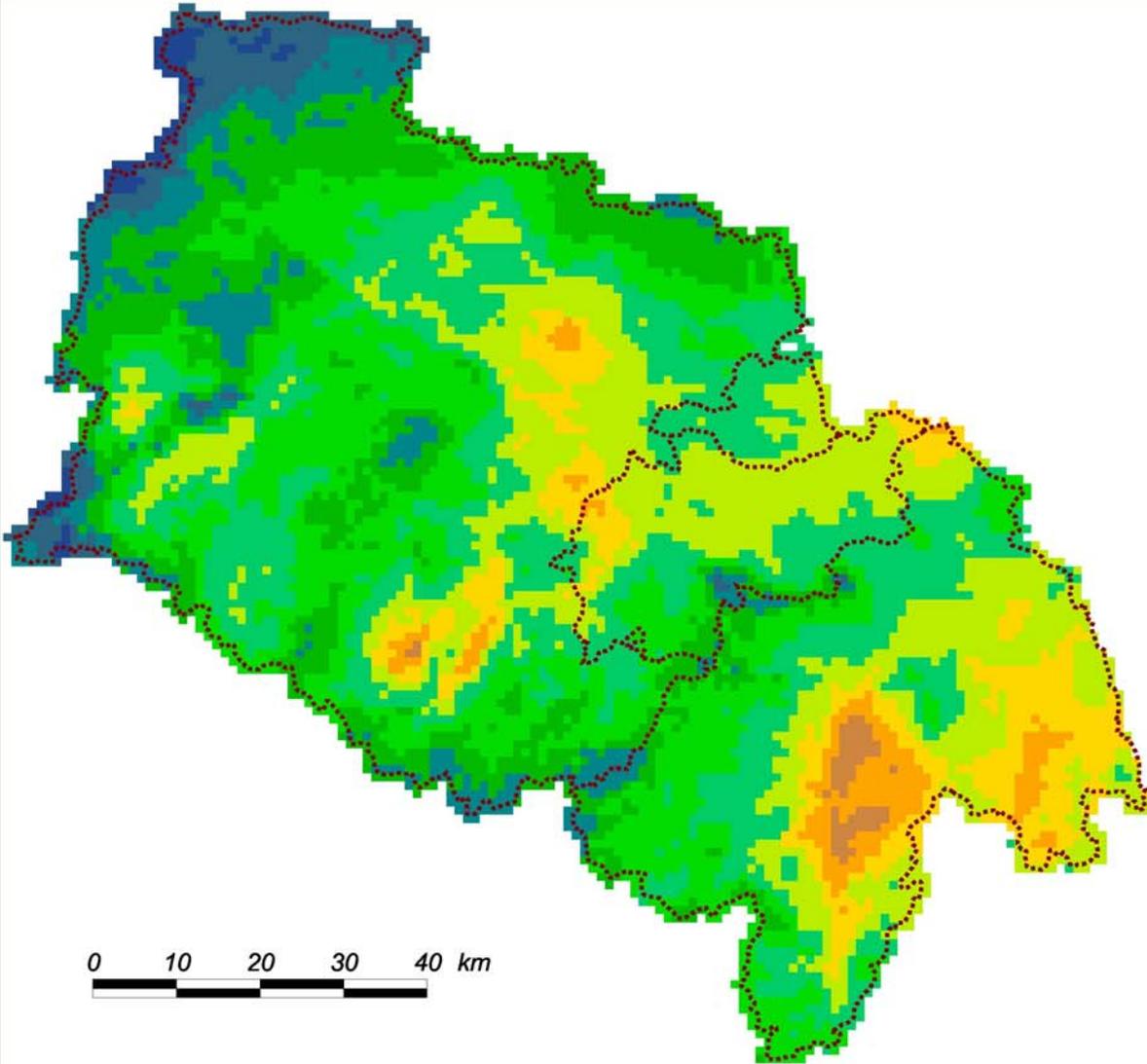
Tab. 17: Ergebnis der Berechnung der Abflussbildung mit ABIMO

Einzugsgebiete		Ae	P	ET _A	R	MQ
Teileinzugsgebiete					km ²	
					1961/90 mm a ⁻¹	mm a ⁻¹
Peene		5129,1	628,4	497,4	131,0	
	Tollense	1826,7	615,8	489,1	126,7	
	Trebel	993,9	660,1	510,3	149,8	
	Peene1	1337,4	631,9	492,8	139,1	
	Peene2	971,1	614,8	506,0	108,8	
Ucker		2417,4	597,8	494,9	102,9	
	Ucker	1746,8	604,3	491,7	112,7	
	Pegel Pasewalk	1454,7	609,8	492,6	117,2	111,5
	Randow	670,6	580,9	503,4	77,6	
Zarow		739,5	604,8	509,1	95,7	
	Golmer Mühlbach	104,8	691,0	535,2	155,7	
Poetterbeck		169,6	601,2	513,0	88,2	
Gesamtgebiet		8455,6	617,0	498,0	119,0	

Ae Fläche des Einzugsgebietes P mittlere Jahresniederschlagshöhe nach DWD fehlerbereinigt
 ET_a mittlere Jahresverdunstungshöhe R mittlere Gesamtabflusshöhe nach ABIMO
 MQ mittlerer Durchfluss am Pegel

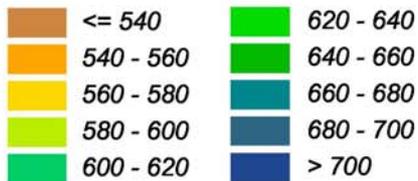
Niederschlag

vieljähriges Mittel der Reihe 1961/90



0 10 20 30 40 km

mm/a



 Einzugsgebietsgrenzen

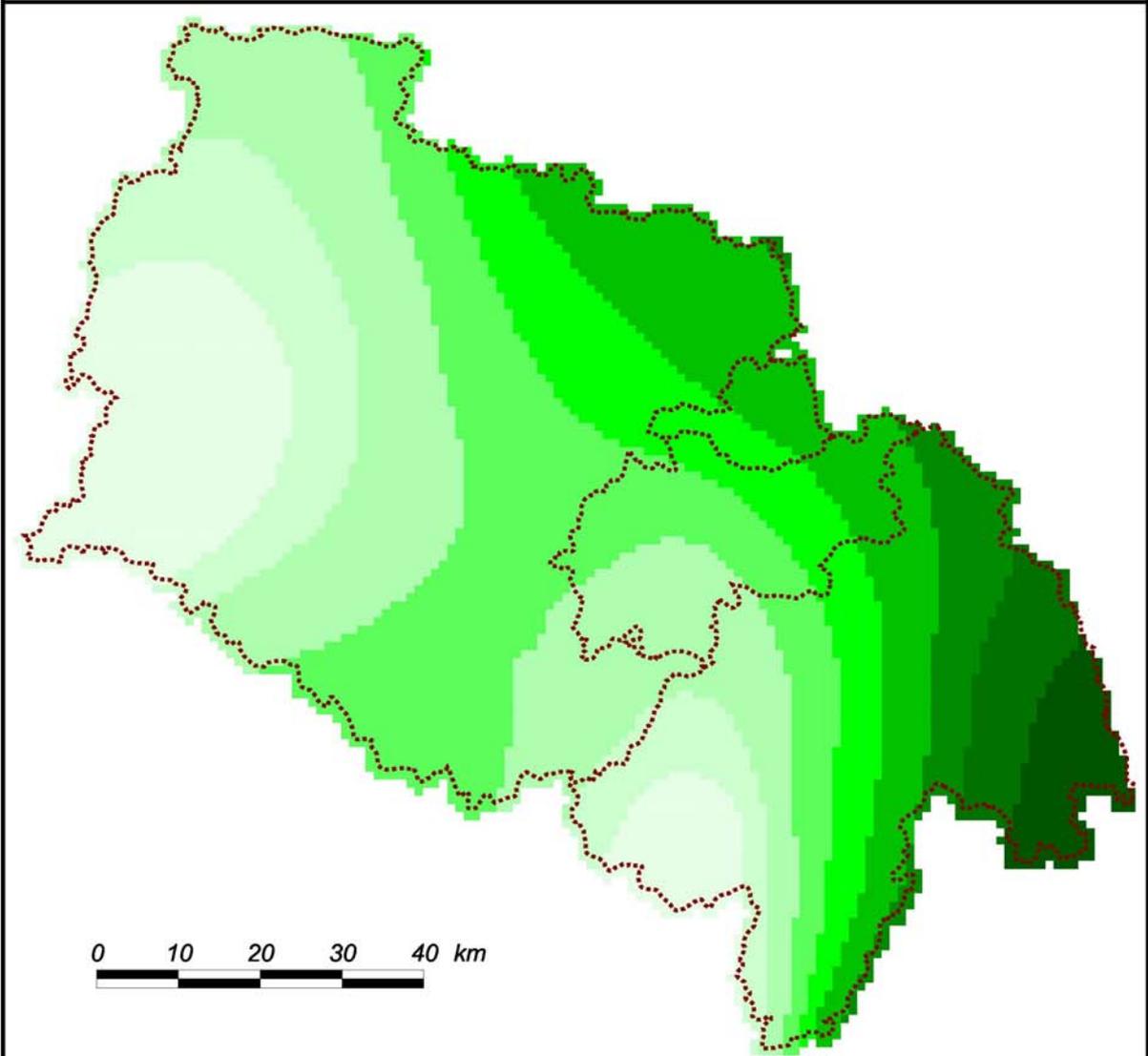
Datengrundlage:

Mittlere Jahreswerte des Niederschlags,
(Reihe 1961/90) im Raster 1 km x 1 km
Bereitgestellt vom Deutschen Wetterdienst,
Geschäftsfeld Hydrometeorologie.

Zentrum für Agrarlandschafts- und
Landnutzungsforschung  e.V.

Abb. 9: Räumliche Verteilung der mittleren jährlichen Niederschlagshöhen

potenzielle Evapotranspiration



0 10 20 30 40 km

mm/a			
	<= 581		612 - 621
	582 - 591		622 - 631
	592 - 601		632 - 641
	602 - 611		642 - 651
			> 652

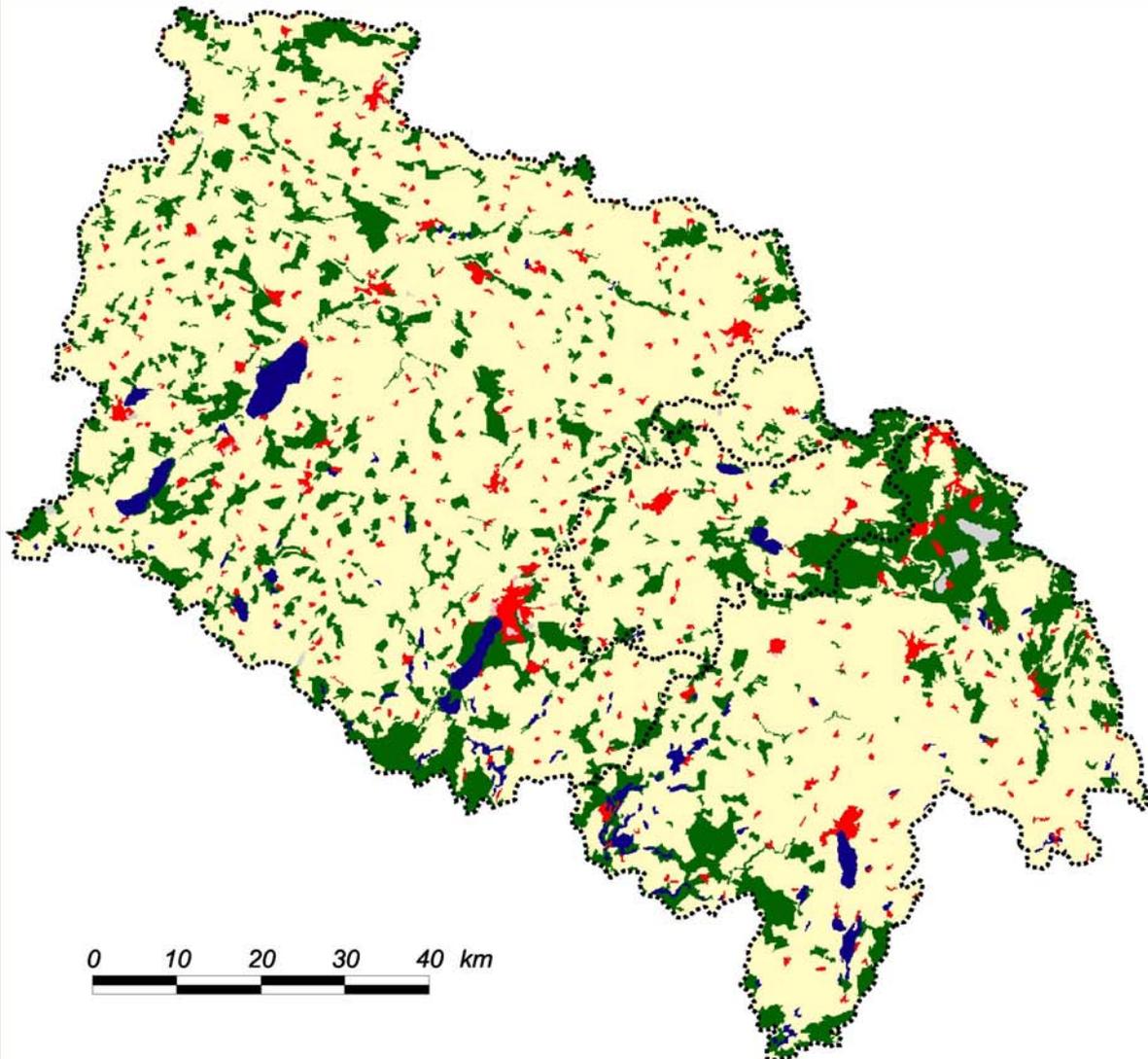
 Einzugsgebietsgrenzen

Datengrundlage: Kortüm (1965)

Zentrum für Agrarlandschafts- und
Landnutzungsforschung  e.V.

Abb. 10: Räumliche Verteilung der potenziellen Evapotranspiration

Landnutzung



- Landwirtschaft
- Wald
- Siedlung
- Siedlung/Gärten
- Gewässer
- Devastierung

 Einzugsgebietsgrenzen

Datengrundlage:

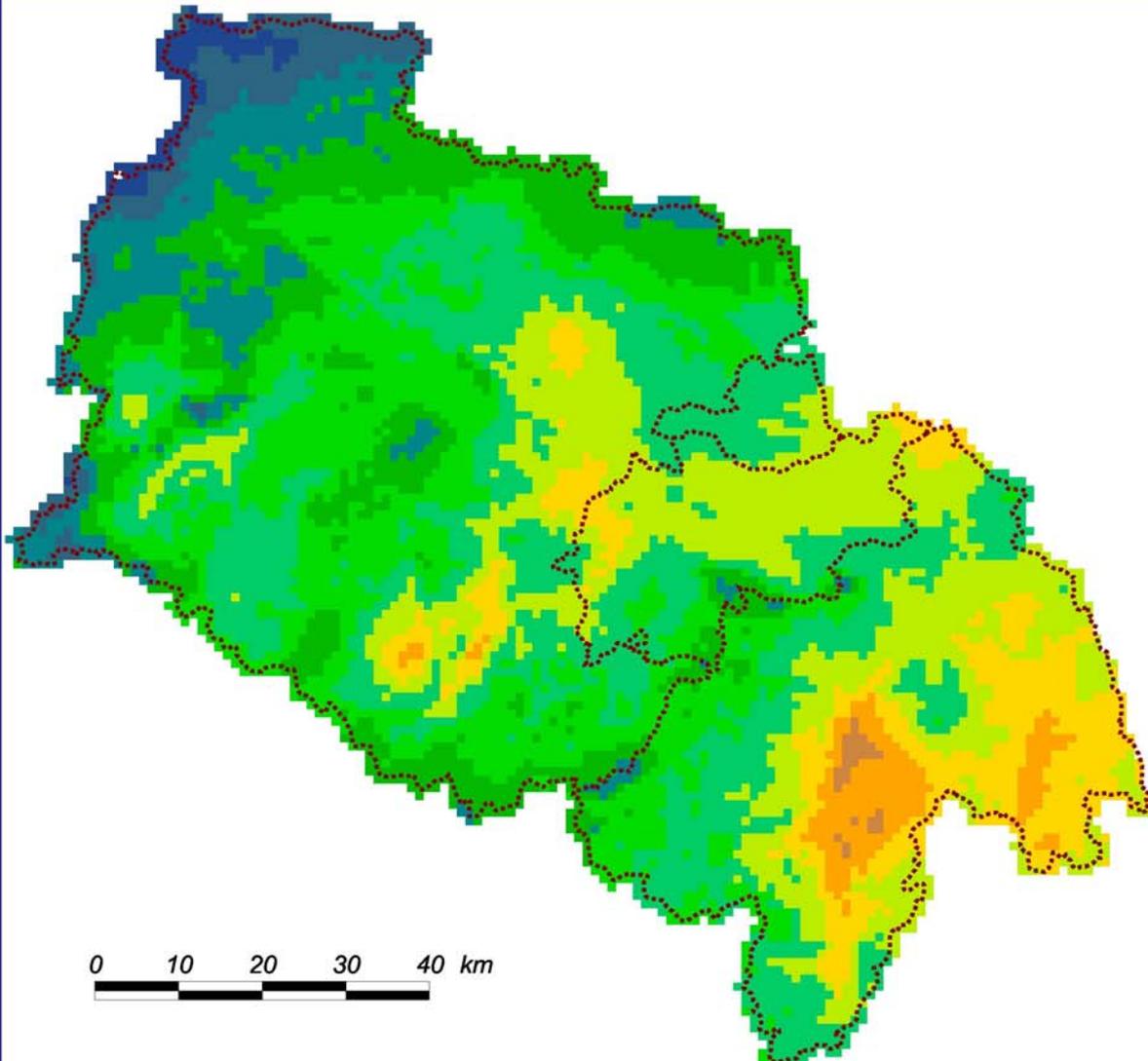
Daten zur Bodenbedeckung für die
Bundesrepublik Deutschland, 1996

Zentrum für Agrarlandschafts- und
Landnutzungsforschung  e.V.

Abb. 11: Räumliche Verteilung der Landnutzung

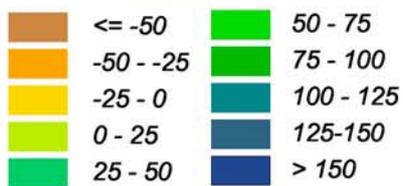
Klimatische Wasserbilanz

vieljähriges Mittel der Reihe 1961/90



0 10 20 30 40 km

mm/a



 Einzugsgebietsgrenzen

Datengrundlage:

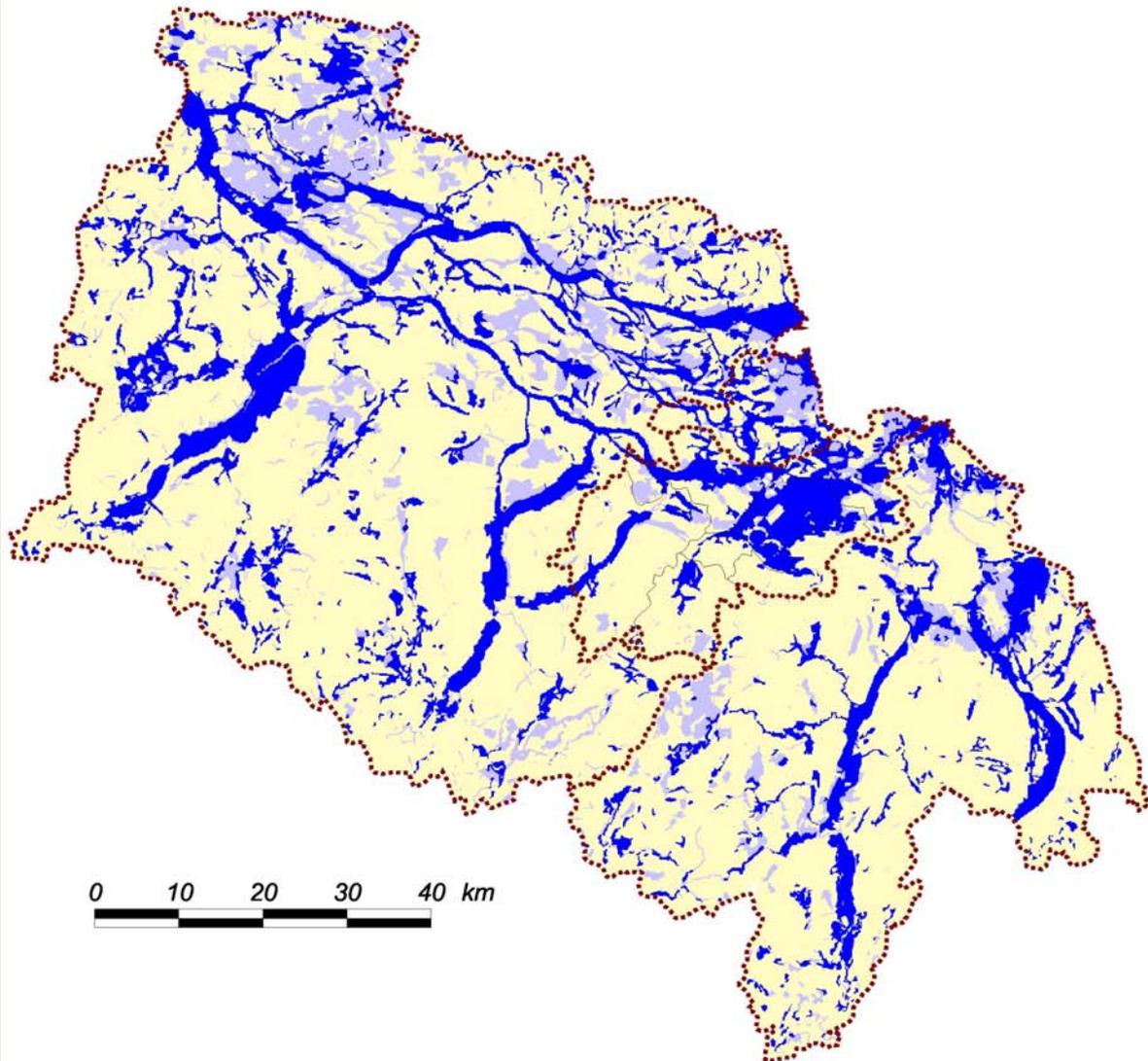
Mittlere Jahreswerte des Niederschlags,
(Reihe 1961/90) im Raster 1 km x 1 km
Bereitgestellt vom Deutschen Wetterdienst,
Geschäftsfeld Hydrometeorologie.

Kortüm, 1966

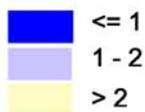
Zentrum für Agrarlandschafts- und
Landnutzungsforschung  e.V.

Abb. 12: Klimatische Wasserbilanz

Grundwasserflurabstand



m



 Einzugsgebietsgrenzen

Datengrundlage:

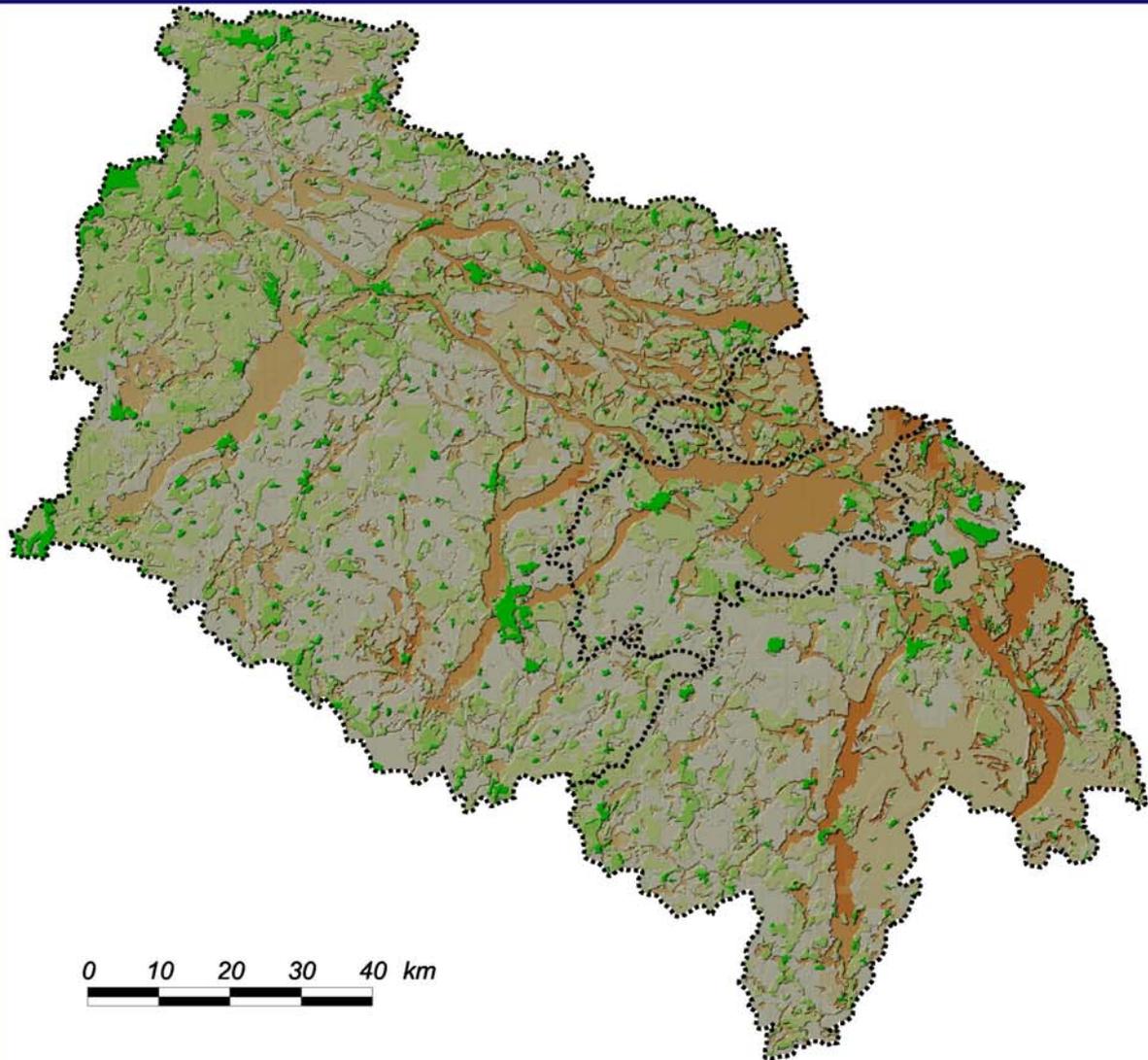
- <= 1,5 m: Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung, 1981
- > 1,5m: Hydrogeologisches Kartenwerk der DDR
1 : 50 000, 1987
Digitales Geländemodell 1 : 25 000, 2000

Zentrum für Agrarlandschafts- und
Landnutzungsforschung  e.V.

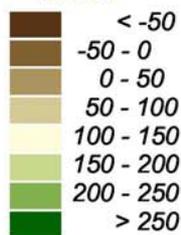
Abb. 13: Räumliche Verteilung des Grundwasserflurabstandes in Klassen
Klasseneinteilung: <= 1 m; 1-2 m; > 2 m

Gesamtabfluss

vieljähriges Mittel der Reihe 1961/90



mm/a



Einzugsgebietsgrenzen

Modellgrundlage:

Abflussbildungsmodell (ABIMO), 1997

Datengrundlage:

Mittlere Jahreswerte des Niederschlags, bereitgestellt vom Deutschen Wetterdienst, Geschäftsfeld Hydrometeorologie.

Mittlere Jahreswerte der Verdunstung (Kortüm, 1966)

Daten zur Bodenbedeckung für die Bundesrepublik Deutschland, 1996

Grundwasserflurabstand

nutzbare Feldkapazität für Standortregionaltypen

Zentrum für Agrarlandschafts- und
Landnutzungsforschung e.V.

Abb. 14: Langjähriger mittlerer Gesamtabfluss in den Einzugsgebieten der Ucker, Peene, Zarow und Poetterbeck

4.3 Einfluss von Boden und Landnutzung auf die Abflusshöhe

4.3.1 Boden

Mit 64,3 % der Fläche dominieren die lehmigen und tonigen Bodenbildungen D4, D5 und D6 Standorte im Untersuchungsgebiet, wobei der Flächenanteil toniger Substrate (D6) mit 2,6 % gering ist (Abb. 15). Detailergebnisse für Einzugsgebiete und Grundwasserstandsklassen sind in Tabelle 18 zusammengestellt. Tieflehmstandorte haben einen Flächenanteil von 11 %. Der Anteil sandiger Substrate D1 und D2 beträgt 8,2 %. Moorstandorte kommen zu etwa 15 % vor. Mehr als die Hälfte der Standorte sind hydromorph, d.h. grund-, stau- oder haftnässebeeinflusst.

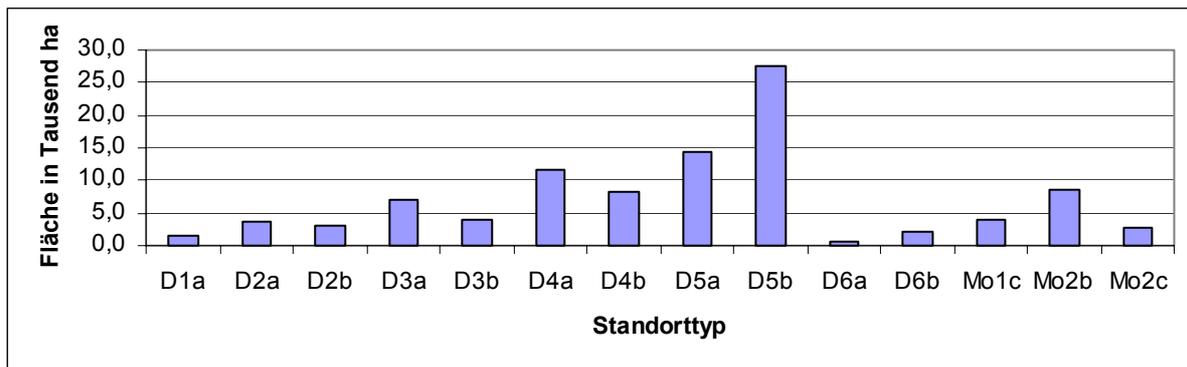


Abb. 15: Flächenanteil der Standorttypen in den Einzugsgebieten der Ucker, Peene, Zarow und Poetterbeck

Zu erkennen ist, dass mit Zunahme lehmiger und toniger Bodenbildungen, von D1 nach D6, die Abflusshöhen abnehmen (Abb. 16, Detailergebnisse für Einzugsgebiete und Grundwasserstandsklassen siehe Tabelle 19).

Die größten Abflüsse werden mit 214 mm a^{-1} und 212 mm a^{-1} auf den anhydromorphen sandigen Standorten (D1a und D2a) gebildet. Aufgrund des geringen Flächenumfanges beeinflussen sie den Gebietsabfluss jedoch nur in geringem Umfang. Mit etwas über 100 mm a^{-1} beträgt die Abflusshöhe auf den D5 und D6 Standorten nur etwa 50 % von denen mit sandigen Substraten. Die Moore wechseln zwischen Grundwasserzehrung (Mo1c -22 mm a^{-1}) und geringen Abflusshöhen (Mo2b und Mo2c: 5 bis 6 mm a^{-1}). Bei den Mineralböden wird deutlich, dass bei vergleichbarem Substrat unter hydromorphen Bedingungen (z.B. D2b) die Abflussbildung geringer ist als unter anhydromorphen Verhältnissen (D2a). Mit zunehmendem Tongehalt der Böden von D3 bis D6 verringern sich diese Unterschiede.

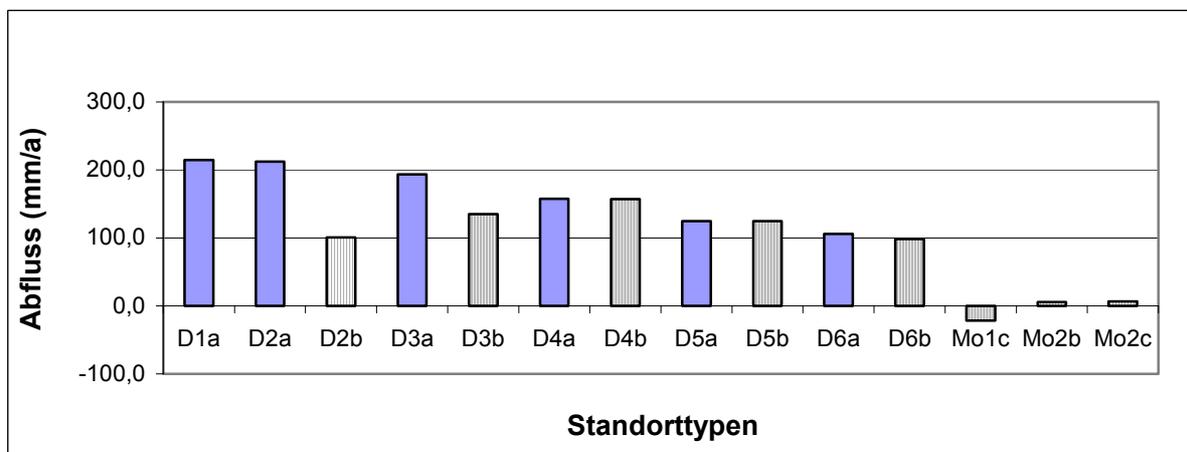


Abb. 16: Gesamtabflusshöhe in Abhängigkeit von den Standorttypen

Den Gesamtabfluss der Substrattypen zeigt Abbildung 17 (Detailergebnisse für Teileinzugsgebiete und Grundwasserklassen siehe Tabelle 20). Von den insgesamt 810 Mio. m³ Abfluss aus dem Untersuchungsgebiet werden 560 Mio. m³, das entspricht etwa 70 % vom Gesamtabfluss, auf den lehmigen D-Standorten (D4 und D5) gebildet. 16 % (131 Mio. m³) fließen aus den Tieflehmstandorten (D3) ab und nur etwa 10 % versickern auf den Sandstandorten. Die Moorstandorte tragen nicht zum Abfluss bei. Zehrung (6,3 Mio. m³) und Abfluss (4,7 Mio. m³) heben sich nahezu gegeneinander auf.

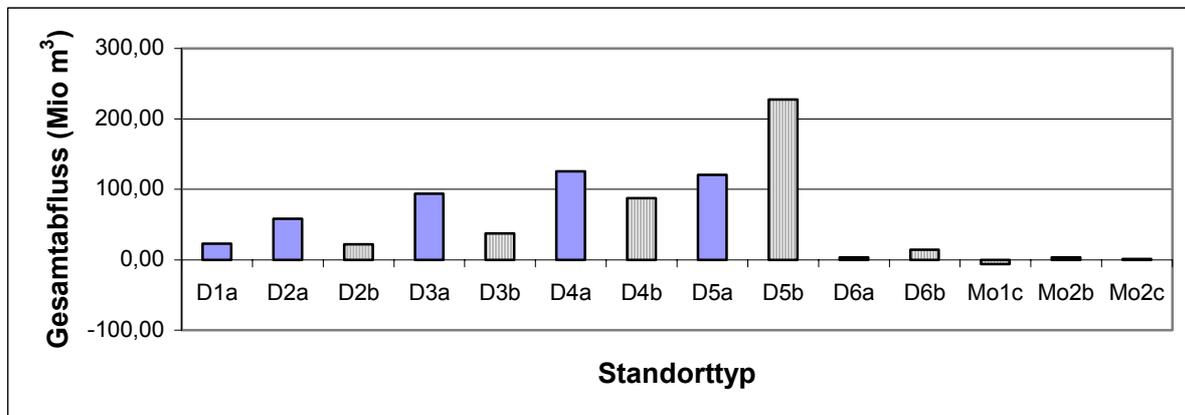


Abb. 17: Gesamtabfluss der Standorttypen in Mio. m³ in den Einzugsgebieten der Ucker, Peene, Zarow und Poetterbeck

Tab. 18: Flächen der Standorttypen in km² im Einzugsgebiet der Peene, Ucker, Zarow und Poetterbeck

Einzugsgebiete		Flächen der Standorttypen in km ² für Grundwasserflurabstandsklassen in m															
		D-Standorte															
		D1a	D2a	D2b				D3a	D3b				D4a	D4b			
Teileinzugsgebiete				<1	1-2	>2	Summe		<1	1-2	>2	Summe		<1	1-2	>2	Summe
Peene		32,8	162,2	50,3	9,1	16,9	76,2	278,6	39,9	52,1	63,8	155,7	506	30,6	80,4	295,6	406,6
	Tollense	13,4	46,2	4,1	4,4	3,8	12,3	120,0	6,0	10,3	14,2	30,5	160	4,1	20,4	60,1	84,6
	Trebel	4,5	38,7	28,2	0,6	5,4	34,1	37,1	15,9	6,5	30,1	52,6	58	6,8	21,3	136,3	164,4
	Peene1	3,9	39,1	3,0	1,8	4,0	8,8	55,7	3,3	4,3	6,2	13,9	108	4,4	8,9	70,3	83,6
	Peene2	11,1	38,2	15,0	2,3	3,7	21,0	65,8	14,6	30,9	13,2	58,7	180	15,3	29,8	28,9	74,0
Ucker		29,9	49,6	45,5	9,3	7,3	62,1	119,9	13,1	7,0	37,8	58,0	228	9,2	18,9	67,8	95,9
	Ucker	20,2	35,4	20,6	4,5	5,3	30,3	78,7	8,6	7,0	11,9	27,4	168	3,1	18,1	65,6	86,8
	Pegel_PW	13,0	28,5	1,6	4,2	1,7	7,5	70,2	1,0	6,1	8,9	16,1	162	3,0	17,4	64,5	84,9
	Randow	9,7	14,1	25,0	4,8	2,0	31,8	41,2	4,6	0,1	25,9	30,6	60	6,1	0,9	2,1	9,1
Zarow		19,3	21,6	33,6	10,1	4,2	47,9	47,7	5,5	3,3	18,2	27,1	29	5,1	7,7	16,6	29,5
	Golmer Mühlbach	1,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	4	4,8	6,1	1,8	12,8
Poetterbeck		10,5	16,8	5,8	3,8	3,5	13,1	12,3	7,9	1,8	9,2	18,9	4	2,6	1,9	0,1	4,6
Alle		92	250	135	32	32	199	459	66	64	129	260	767	47	109	380	537

Einzugsgebiete		Flächen der Standorttypen in km ² für Grundwasserflurabstandsklassen in m															
		D-Standorte										Mo-Standorte					Gesamt
		D5a	D5b				D6a	D6b				Mo1c	Mo2b	Mo2c			
	<1	1-2	>2	Summe		<1	1-2	>2	Summe			<1	>1	Summe			
Peene		480	137	314,5	813,5	1264,9	16	5,0	49,1	23,1	77,2	67,9	396,6	106,4	13	119,4	4039,8
	Tollense	258	21,1	78,9	380,1	480,1	10	4,1	12,8	9,7	26,6	13,4	121,7	12,3	6	18,2	1395,6
	Trebel	27	70,8	103,9	60,1	234,8	0	0,5	24,9	0,9	26,3	5,6	77,4	36,5	2	38,8	799,3
	Peene1	149	5,3	49,9	320,4	375,6	5	0,2	4,3	6,2	10,7	20,0	108,4	27,8	2	29,7	1011,1
	Peene2	46	39,7	81,8	52,9	174,4	0	0,2	7,0	6,4	13,5	28,9	89,2	29,9	3	32,7	833,8
Ucker		381	5,9	29,6	367,5	403,1	17	0,5	24,9	13,1	38,5	124,7	62,9	61,8	2	63,5	1733,7
	Ucker	285	3,1	28,9	304,0	335,9	7	0,2	24,9	11,9	36,9	53,1	53,2	36,3	1	37,5	1255,4
	Pegel_PW	277	3,0	28,4	299,4	330,9	7	0,2	24,9	11,9	36,9	32,4	39,1	28,1	1	29,1	1135,0
	Randow	96	2,9	0,7	63,5	67,1	9	0,3	0,0	1,2	1,5	71,6	9,7	25,6	0	26,0	478,3
Zarow		76	7,0	8,3	79,6	94,9	0	0,0	5,3	0,2	5,5	55,5	94,2	0,2	0	0,3	548,6
	Golmer Mühlbach	27	0,3	1,7	31,7	33,8	0	0,0	3,4	0,1	3,6	0,0	0,9	0,0	0	0,0	92,7
Poetterbeck		0	6,5	4,5	0,7	11,6	0	3,3	13,5	0,1	16,8	21,6	14,4	0,2	0	0,3	144,7
Alle		937	156	357	1261	1775	32	9	93	36	138	270	568	169	15	184	6467

Tab. 19: Gesamtabfluss für Standorttypen in mm a⁻¹ für Grundwasserabstandsklassen

Einzugsgebiete		Gesamtabflusshöhe für Standorttypen in mm a ⁻¹ für Grundwasserflurabstandsklassen in m															
		D-Standorte															
		D1a	D2a	D2b				D3a	D3b				D4a	D4b			
Teileinzugsgebiete				<1	1-2	>2	Mittel		<1	1-2	>2	Mittel		<1	1-2	>2	Mittel
Peene		237,7	221,8	45,3	197,8	170,5	91,2	201,6	64,5	158,0	165,9	137,3	163,6	51,3	129,6	190,3	167,8
	Tollense	233,7	208,3	11,5	212,2	200,5	141,3	192,6	111,5	121,5	166,1	140,3	161,1	57,5	120,0	172,8	154,5
	Trebel	261,6	250,0	67,4	55,0	113,8	74,6	230,5	101,7	195,6	162,1	148,0	192,0	144,0	149,2	217,0	205,2
	Peene1	240,7	235,5	74,1	211,6	216,0	166,5	217,8	66,6	196,4	184,6	160,0	172,1	79,1	174,3	180,5	174,5
	Peene2	231,9	195,8	7,2	193,6	174,2	57,1	187,9	4,3	156,8	165,7	120,8	151,8	0,7	108,9	124,4	92,5
Ucker		214,1	204,5	143,9	75,5	193,7	139,5	180,1	4,1	164,0	184,2	140,9	143,0	-29,4	140,2	145,5	127,7
	Ucker	226,4	217,6	124,0	221,7	204,3	152,4	189,6	45,4	164,0	191,4	138,8	151,2	72,6	142,3	147,1	143,4
	Pegel_PW	234,8	221,5	11,4	223,8	202,5	173,3	191,0	-24,1	172,6	191,8	170,8	151,4	69,7	143,7	146,8	143,5
	Randow	188,5	171,4	160,3	-59,3	165,7	127,2	161,9	-73,1	160,1	180,9	142,8	120,2	-80,9	96,5	94,9	-23,2
Zarow		218,1	192,1	58,7	59,4	173,9	68,9	190,4	89,7	157,6	165,8	149,3	159,2	20,7	108,3	164,6	124,8
	Golmer Mühlbach	235,6	227,1					226,5					188,8	18,7	121,3	168,2	89,1
Poetterbeck		216,2	188,9	102,3	126,0	209,3	138,0	182,2	-9,9	-13,6	171,6	77,8	124,4	-6,4	33,6	12,7	10,7
Alle		223,6	213,6	84,3	110,8	180,6	104,0	194,3	45,8	153,7	171,7	135,0	157,1	29,2	128,3	181,1	156,9

Einzugsgebiete		Gesamtabflusshöhe für Standorte in mm a ⁻¹ für Grundwasserflurabstandsklassen in m														Gesamt-mittel	
		D-Standorte							Mo-Standorte								
		D5a	D5b				D6a	D6b				Mo1c	Mo2b	Mo2c			
Teileinzugsgebiete			<1	1-2	>2	Mittel		<1	1-2	>2	Mittel			<1	>1	Mittel	
Peene		141,1	90,1	117,0	140,7	129,3	124,9	13,2	102,2	108,0	98,1	17,1	16,2	32,1	117,6	37,1	131,7
	Tollense	136,5	40,1	105,6	132,8	124,3	124,7	-8,1	88,1	99,6	77,5	-6,1	-11,0	14,1	163,4	51,9	127,9
	Trebel	162,0	111,5	131,5	162,5	133,4	124,7	116,7	117,5	133,4	118,0	86,5	60,0	60,2	52,2	60,2	151,2
	Peene1	151,4	88,1	130,1	149,5	146,1	126,2	112,3	88,9	142,3	120,1	51,1	36,1	41,0	31,8	41,2	143,0
	Peene2	120,5	78,5	101,5	119,1	101,6	116,4	90,2	81,5	84,1	82,8	-9,2	-9,1	-3,0	4,1	-2,1	105,7
Ucker		100,8	48,6	73,0	113,9	109,9	87,7	81,1	114,2	95,3	107,3	-50,0	-41,4	-56,8	-32,3	-56,6	101,3
	Ucker	106,8	33,6	73,2	121,2	116,2	92,0	107,7	114,2	100,9	109,9	-21,3	-35,8	-49,0	-31,5	-48,6	113,8
	Pegel_PW	106,9	34,8	75,1	121,4	116,7	92,0	107,7	114,2	100,9	109,9	-17,6	-33,2	-55,6	-28,8	-55,0	117,2
	Randow	82,7	64,6	66,4	78,9	78,1	84,5	63,0		42,1	46,0	-71,4	-73,1	-67,9	-73,4	-68,1	68,6
Zarow		132,4	14,3	85,3	128,2	116,1		78,8	105,2	111,5	105,2	-21,9	-18,1	-7,8		-7,3	94,5
	Golmer Mühlbach	142,6	93,2	37,2	136,6	131,0			119,7	119,6	119,7		50,6				140,4
Poetterbeck		142,0	72,9	93,2	108,5	82,8		29,4	75,3	77,5	66,4	-19,6	-23,8	-36,7	-36,7	-36,7	88,3
Alle		123,9	84,4	112,3	132,1	123,9	105,4	23,3	101,7	103,4	97,1	-24,9	3,0	-0,6	107,8	4,5	119,4

Tab. 20: Gesamtabfluss für Standorttypen in Mio. m³ für Grundwasserflurabstandsklassen

Einzugsgebiete		Gesamtabfluss für Standorttypen in Mio m ³ für Grundwasserflurabstandsklassen in m															
		D-Standorte															
		D1a	D2a	D2b				D3a	D3b				D4a	D4b			
Teileinzugsgebiete			<1	1-2	>2	Summe		<1	1-2	>2	Summe		<1	1-2	>2	Summe	
Peene		7,8	36,0	2,28	1,79	2,88	6,95	56,2	2,57	8,23	10,58	21,38	82,7	1,57	10,42	56,25	68,24
	Tollense	3,1	9,6	0,05	0,94	0,76	1,74	23,1	0,67	1,25	2,36	4,28	25,8	0,24	2,45	10,38	13,07
	Trebel	1,2	9,7	1,90	0,03	0,62	2,55	8,6	1,62	1,28	4,88	7,78	11,1	0,98	3,18	29,58	33,73
	Peene1	0,9	9,2	0,22	0,37	0,86	1,46	12,1	0,22	0,85	1,15	2,22	18,5	0,35	1,55	12,69	14,59
	Peene2	2,6	7,5	0,11	0,45	0,64	1,20	12,4	0,06	4,85	2,18	7,09	27,3	0,01	3,25	3,59	6,85
Ucker		6,4	10,1	6,55	0,70	1,41	8,66	21,6	0,05	1,15	6,96	8,17	32,6	-0,27	2,66	9,86	12,24
	Ucker	4,6	7,7	2,55	0,99	1,08	4,62	14,9	0,39	1,14	2,27	3,80	25,3	0,22	2,58	9,65	12,45
	Pegel_PW	3,1	6,3	0,02	0,94	0,34	1,30	13,4	-0,02	1,06	1,71	2,74	24,5	0,21	2,50	9,47	12,17
	Randow	1,8	2,4	4,00	-0,29	0,33	4,04	6,7	-0,33	0,01	4,69	4,37	7,2	-0,49	0,08	0,20	-0,21
Zarow		4,2	4,2	1,97	0,60	0,73	3,30	9,1	0,50	0,53	3,02	4,04	4,7	0,11	0,83	2,74	3,68
	Golmer Mühlbach	0,2	0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,8	0,09	0,74	0,31	1,14
Poetterbeck		2,3	3,2	0,59	0,48	0,74	1,81	2,2	-0,08	-0,02	1,57	1,47	0,5	-0,02	0,06	0,00	0,05
Alle		20,7	53,4	11,39	3,58	5,75	20,72	89,1	3,04	9,88	22,13	35,06	120,5	1,39	13,98	68,84	84,21

Einzugsgebiete		Gesamtabfluss für Standorttypen in Mio m ³ für Grundwasserflurabstandsklassen in m															
		D-Standorte										Mo-Standorte					Gesamt
		D5a	D5b				D6a	D6b				Mo1c	Mo2b	Mo2c			
Teileinzugsgebiete	<1	1-2	>2	Summe		<1	1-2	>2	Summe			<1	>1	Summe			
Peene		67,7	12,3	36,78	114,46	163,57	1,9	0,07	5,01	2,50	7,58	1,2	6,5	3,42	1,0	4,44	532,16
	Tollense	35,2	0,84	8,33	50,49	59,67	1,2	-0,03	1,13	0,96	2,06	-0,1	-1,3	0,17	0,8	0,95	178,53
	Trebel	4,4	7,90	13,66	9,77	31,33	0,0	0,06	2,93	0,12	3,11	0,5	4,7	2,19	0,1	2,33	120,86
	Peene1	22,6	0,47	6,49	47,90	54,85	0,6	0,02	0,39	0,88	1,29	1,0	3,9	1,14	0,1	1,22	144,62
	Peene2	5,5	3,12	8,30	6,30	17,72	0,1	0,02	0,57	0,54	1,12	-0,3	-0,8	-0,09	0,0	-0,07	88,15
Ucker		38,4	0,29	2,16	41,85	44,30	1,5	0,04	2,84	1,25	4,13	-6,2	-2,6	-3,51	-0,1	-3,59	175,68
	Ucker	30,4	0,10	2,11	36,83	39,05	0,7	0,02	2,84	1,20	4,06	-1,1	-1,9	-1,78	0,0	-1,82	142,84
	Pegel_PW	29,6	0,11	2,13	36,36	38,60	0,7	0,02	2,84	1,20	4,06	-0,6	-1,3	-1,56	0,0	-1,60	133,05
	Randow	7,9	0,19	0,05	5,01	5,25	0,8	0,02	0,00	0,05	0,07	-5,1	-0,7	-1,74	0,0	-1,77	32,83
Zarow		10,0	0,10	0,70	10,21	11,02	0,0	0,00	0,56	0,02	0,58	-1,2	-1,7	0,00	0,0	0,00	51,84
	Golmer Mühlbach	3,9	0,03	0,06	4,33	4,43	0,0	0,00	0,41	0,02	0,43	0,0	0,0	0,00	0,0	0,00	13,01
Poetterbeck		0,0	0,47	0,42	0,07	0,96	0,0	0,10	1,01	0,01	1,12	-0,4	-0,3	-0,01	0,0	-0,01	12,78
Alle		116,1	13,2	40,07	166,59	219,85	3,4	0,20	9,43	3,77	13,40	-6,7	1,9	-0,11	0,9	0,83	772,45

4.3.2 Einfluss der Bodenvariabilität

Zur Prüfung der Bedeutung des Bodens und der Bodenvariabilität für den Gebietsabfluss wurde die Abflussberechnung wiederholt. Dabei ist unterstellt worden, dass ausschließlich der Substratflächentyp Sand (s) im Untersuchungsgebiet vorkommt. Die nutzbare Feldkapazität wurde mit 8 Vol.-% berücksichtigt.

Ein Vergleich der Ergebnisse aus beiden Abflussberechnungen (Tabelle 21) macht den Einfluss des Bodens auf den Gebietsabfluss deutlich. Unter obiger Annahme wird der Abfluss im Gesamtgebiet um 35 % überschätzt, bei einer Variation in den Teileinzugsgebieten zwischen 23 und 45 %.

Tab. 21: *Ergebnis der Berechnung der Abflusshöhen mit ABIMO mit natürlicher Bodenvariabilität und der Annahme ausschließlich Sand im Untersuchungsgebiet*

Einzugsgebiete		R	R_Sand	Differenz
		ABIMO	ABIMO	
Teileinzugsgebiete		1961/90 mm a ⁻¹	1961/90 mm a ⁻¹	%
Peene		131,0	176,52	34.75
	Tollense	126,7	172,65	36.26
	Trebel	149,8	192,53	28.52
	Peene1	139,1	183,40	31.85
	Peene2	108,8	157,95	45.17
Ucker		102,9	140,37	36.42
	Ucker	112,7	154,05	36.69
	Pegel Pasewalk	117,2	170,58	45.54
	Randow	77,6	104,75	34.98
Zarow		95,7	117,71	23.00
	Golmer Mühlbach	155,7	224,65	44.28
Poetterbeck		88,2	114,75	30,10
Gesamtgebiet		119,0	159,80	34,29

R mittlere Gesamtabflusshöhe nach ABIMO (Tabelle 17)

R_Sand mittlere Gesamtabflusshöhe nach ABIMO mit Sand als ausschließlichem Substrat

4.3.3 Landnutzung im Gebietsmittel

Auf den agrarisch genutzten Flächen werden im Mittel 119 mm a⁻¹ Abfluss gebildet (Abb. 18). In Abhängigkeit vom Grundwasserstand sind jedoch sehr große Unterschiede vorhanden (Tab. 22). Auf den grundwasserfernen Standorten versickern im Mittel 154 mm a⁻¹. Wegen erhöhter Transpiration wirken die grundwassernahen Bereiche (Grundwasserstand < 1 m) als Zehrgebiete.

Während es auf diesen Standorten in den westlichen Gebietsteilen noch zu einer geringen Abflussbildung kommt, entstehen in den östlichen Gebietsteilen infolge des bereits erwähnten Niederschlagsgefälles Abflussdefizite von mehr als 50 mm a⁻¹. Im Gebietsmittel beträgt das Defizit dann insgesamt -2,7 mm a⁻¹. Auf Waldstandorten wird im Vergleich zu den landwirtschaftlichen Standorten weit weniger als die Hälfte (52 mm a⁻¹) Abfluss gebildet. Die Variabilität der Abflusshöhe ist in Abhängigkeit von der Grundwasserabstandsklasse jedoch ähnlich groß wie auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen. Bei Grundwasserflurabständen > 2 m fließen danach 61 mm a⁻¹ ab, während die Abflusshöhe in der Grundwasserklasse < 1 m auf 6 mm a⁻¹ zurückgeht. Die größten Abflusshöhen treten in bebauten Arealen (276 mm a⁻¹) und bei devastierten Flächen (319 mm a⁻¹) auf, die unter „Sonstige“ fallen. Aufgrund des geringen Flächenumfanges beeinflussen sie den Gebietsabfluss aber nur in geringem Umfang.

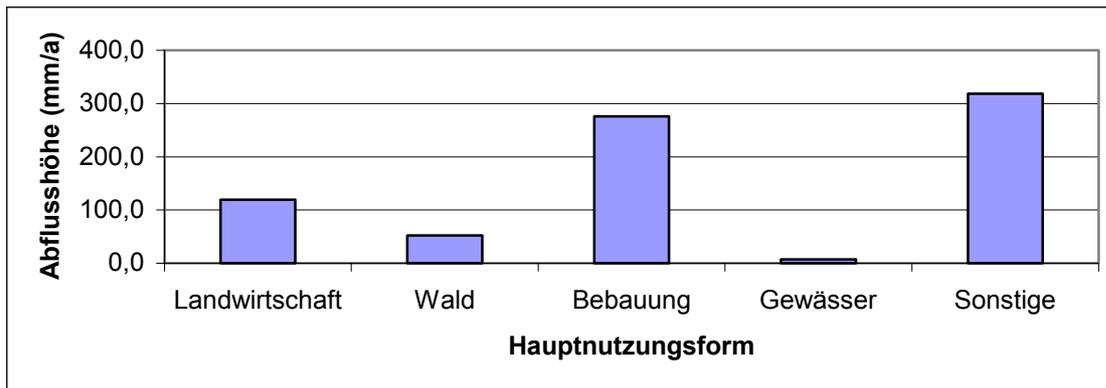


Abb. 18: *Mittlere Abflusshöhe für Hauptnutzungsformen im Einzugsgebiet der Ucker, Peene, Zarow und Poetterbeck.*

Dominierend für den Gebietsabfluss (934 Mio. m³) sind mit 83 % die Abflüsse aus den agrarisch genutzten Flächen (Abb. 19).

Eine detaillierte Zusammenstellung der Abflussanteile für Einzugsgebiete und Grundwasserstandsklassen zeigt Tabelle 23.

Etwa 8 % entfallen jeweils auf Wald und Bebauung. Der Abflussanteil aus den offenen Gewässern beträgt 0,1 % und auf Sonstiges entfallen etwa 1 %.

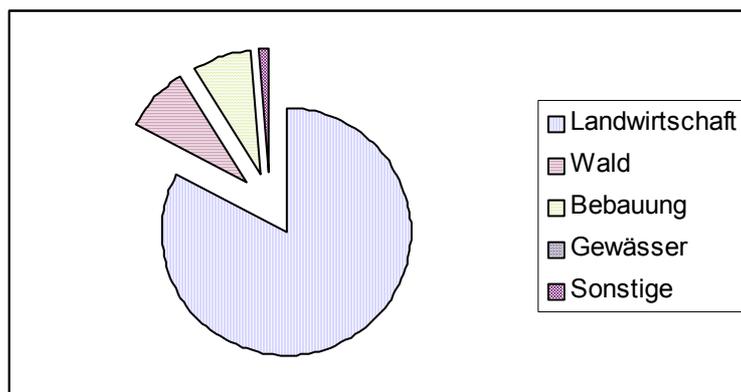


Abb. 19: *Anteil der Hauptnutzungsformen am Gebietsabfluss im Einzugsgebiet der Ucker, Peene, Zarow und Poetterbeck*

Tab. 22: Abflusshöhe für Hauptnutzungsformen für Grundwasserabstandsklassen in den nordostdeutschen Einzugsgebieten Peene, Ucker, Zarow und Poetterbeck

Einzugsgebiete		Gesamtabfluss für Hauptnutzungsformen in mm a ⁻¹ für Grundwasserflurabstandsklassen in m																	
		Landwirtschaft				Wald				Bebauung				Gewässer	Sonstige				Mittel
Teileinzugsgebiete		<1	1-2	>2	Mittel	<1	1-2	>2	Mittel	<1	1-2	>2	Mittel	Mittel	<1	1-2	>2	Mittel	Mittel
Peene		20,8	123,1	163,2	131,7	25,1	35,0	72,3	64,0	207,0	288,2	296,1	287,0	15,5	62,8	202,7	293,8	261,5	123,8
	Tollense	-7,3	116,9	151,5	127,9	2,3	21,0	61,2	55,0	193,0	287,1	287,5	281,5	1,6	48,1	199,1	251,1	224,9	117,9
	Trebel	61,6	136,9	202,6	151,2	63,9	59,2	90,1	81,9	246,7	291,3	329,8	309,9	98,0	96,4	198,9	329,0	234,2	142,8
	Peene1	40,2	135,2	165,9	143,0	32,3	46,5	84,5	77,6	222,5	306,5	303,7	298,8	25,4	90,1	224,4	363,5	351,7	131,5
	Peene2	-9,4	102,3	153,5	105,7	-7,5	-4,5	50,0	30,3	194,3	274,5	288,2	272,5	-9,1	75,0	0,0	213,0	175,1	104,9
Ucker		-49,6	139,5	132,4	101,3	-23,1	-12,6	49,0	40,0	152,8	268,8	268,2	253,8	-3,3	-40,8	342,6	360,5	359,1	91,9
	Ucker	-33,5	129,6	138,0	113,8	-3,0	1,0	57,7	50,0	151,8	267,0	271,7	255,7	5,1	0,0	233,0	347,8	347,3	101,8
	Pegel_PW	-33,9	116,8	137,5	118,1	17,8	33,2	68,5	63,7	168,7	259,7	271,1	262,4	5,1	0,0	233,0	377,3	231,6	109,2
	Randow	-71,1	179,1	115,5	68,6	-61,3	-46,6	27,4	15,5	155,9	275,8	258,6	248,4	-71,9	-40,8	354,2	364,4	362,6	66,1
Zarow		-17,6	157,9	156,5	94,5	-27,9	-33,1	48,9	33,5	182,0	287,2	284,3	272,6	-12,8	0,0	0,0	352,7	352,7	85,4
	Golmer Mühlbach	24,6	119,7	171,6	153,1	57,0	46,7	77,9	75,7	203,3	322,2	317,6	305,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	148,9
Poetterbeck		-21,9	112,9	181,0	88,3	-24,9	-29,1	38,8	18,0	177,6	261,4	287,2	261,5	-28,6	0,0	0,0	377,3	377,3	82,9
Alle		-2,9	128,1	154,0	119,4	5,9	11,8	61,1	51,9	184,6	282,2	286,8	275,7	6,9	58,5	218,0	336,4	318,7	110,5

Tab. 23: Gesamtabfluss für Hauptnutzungsformen für Grundwasserflurabstandsklassen in den nordostdeutschen Einzugsgebieten Peene, Ucker, Zarow und Poetterbeck

Einzugsgebiete		Gesamtabflussanteil für Hauptnutzungsformen in m ³ für Grundwasserflurabstandsklassen in m																	
		Landwirtschaft				Wald				Bebauung				Gewässer	Sonstige				Summe
Teileinzugsgebiete		<1	1-2	>2	Summe	<1	1-2	>2	Summe	<1	1-2	>2	Summe	Summe	<1	1-2	>2	Summe	Summe
Peene		15,80	59,09	457,27	532,16	2,13	2,56	47,34	52,03	2,96	6,21	36,78	45,95	1,61	0,08	0,27	2,94	3,28	635,03
	Tollense	-1,34	12,69	167,17	178,53	0,04	0,50	17,15	17,69	0,76	1,49	15,31	17,56	0,06	0,04	0,03	1,41	1,47	215,31
	Trebel	12,07	27,96	80,82	120,86	1,69	1,37	10,98	14,03	0,56	1,79	4,26	6,62	0,01	0,03	0,19	0,25	0,47	141,98
	Peene1	7,00	5,42	132,21	144,62	0,58	0,74	16,11	17,43	0,52	1,20	9,27	11,00	1,56	0,01	0,04	1,22	1,27	175,89
	Peene2	-1,93	13,01	77,07	88,15	-0,17	-0,05	3,10	2,89	1,11	1,72	7,94	10,77	-0,02	0,01	0,00	0,06	0,07	101,86
Ucker		-14,94	18,49	172,13	175,68	-0,75	-0,49	22,10	20,86	1,49	2,45	15,88	19,82	-0,22	0,00	0,06	5,96	6,02	222,16
	Ucker	-5,76	13,73	134,87	142,84	-0,06	0,03	18,53	18,50	1,13	1,94	11,76	14,83	0,31	0,00	0,00	1,35	1,35	177,83
	Pegel_PW	-4,00	10,14	127,88	134,02	0,19	0,47	13,36	14,02	0,48	1,15	8,79	10,42	0,31	0,00	0,00	0,16	0,10	158,86
	Randow	-9,18	4,76	37,26	32,83	-0,69	-0,51	3,56	2,36	0,36	0,51	4,12	4,99	-0,52	0,00	0,05	4,62	4,67	44,33
Zarow		-3,45	7,55	47,73	51,84	-0,45	-0,48	6,23	5,30	0,47	0,76	4,80	6,03	-0,13	0,00	0,00	0,11	0,11	63,14
	Golmer Mühlbach	0,26	9,42	0,61	14,19	0,00	0,43	0,06	0,76	0,05	0,54	0,07	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,60
Poetterbeck		-1,20	3,87	10,10	12,78	-0,11	-0,07	0,57	0,39	0,07	0,27	0,37	0,71	-0,01	0,00	0,00	0,19	0,19	14,05
Alle		-3,78	89,00	687,23	772,45	0,82	1,52	76,24	78,58	4,99	9,68	57,83	72,50	1,25	0,08	0,32	9,20	9,60	934,39

5 Schlussfolgerungen

Die erarbeiteten bodenhydrologischen Kennwerte sind als Richtwerte für Modellrechnungen des Bodenwasserhaushaltes für Gebiete Nordost- und Mitteldeutschlands konzipiert worden. Ihre prinzipielle Eignung wird im Anwendungsbeispiel gezeigt. Sofern möglich, sollten sie bei jeglicher Anwendung regionalspezifisch überprüft und ggf. untersetzt werden.

Mit der Festlegung, die Feldkapazität für anhydromorphe Böden nicht bei pF 1,8 (Bodenkundliche Kartieranleitung, 1994), sondern bei pF 2 zu definieren, wurde dem Umstand Rechnung getragen, dass im niederschlagsarmen ostdeutschen Tiefland die Böden im Frühjahr nicht immer aufgesättigt sind. Dadurch ergeben sich gegenüber den bisherigen Angaben von BACHMANN UND HARTGE (1991), RIECK UND RENGER (1992) und denen der Bodenkundlichen Kartieranleitung (1994) häufig niedrigere Werte. Eine gute Übereinstimmung ergab sich mit den regionalspezifischen nFK Werten von VETTERLEIN IN KÖPKE (1985).

Die nutzbare Feldkapazität der Böden ist unter dem Einfluss von Grund- bzw. Stauwasser höher als bei grundwasserfernen Bedingungen. Bei reinen Sandböden führt der Grundwassereinfluss fast zur Verdoppelung der nFK. Auf Lehm- und Tonböden wirken sich die veränderten hydrologischen Verhältnisse in geringerem Umfang auf die nutzbare Feldkapazität aus. Der unterschiedliche Einfluss von Grund- und Stauwasser bei sandigen und lehmig, tonigen Böden resultiert aus dem Verlauf der pF-Kurve. Sandige Böden besitzen einen höheren Grobporenanteil, der bei grundwasserfernen Bedingungen entwässert ist. Unter Grundwassereinfluss ist dieser Porenanteil aber teilweise noch wassergefüllt und damit pflanzennutzbar (SCHINDLER, 1983; MÜLLER UND TILLE, 1990).

Die nFK Werte für 10 dm sind Vergleichswerte für Böden. Die Unterschiede zwischen den Bodenarten sind teilweise gering. Die pflanzenbauliche Standortdifferenzierung ergibt sich hauptsächlich aus der Berücksichtigung der Durchwurzelungs- und der Bodenwasserentnahmetiefe. Diesem Gesichtspunkt wurde mit der Ableitung von nutzbaren Feldkapazitätswerten für die effektive Durchwurzelungstiefe (nFKWe) Rechnung getragen. Die Erarbeitung pflanzenspezifischer Ausschöpfungstiefen ermöglicht zukünftig eine weitere Qualifizierung.

Auf Grund- und Stauwasserstandorten kann das Wasserdargebot durch kapillaren Wasseraufstieg wesentlich erweitert werden. Bei einer komplexen hydrologischen Standortbeurteilung ist diese Wasserhaushaltskomponente zu berücksichtigen.

Das Flächentypenkonzept hat sich bei der Beurteilung von Standorteignungen (Anbau- und Bewirtschaftungseignung) und Gefährdungen (Erosionsgefährdung, Verdichtungsneigung), bei der Durchführung von Standortvergleichen und bei der rechnergestützten Ableitung von thematischen Karten für unterschiedliche Bezugsflächen bewährt (LIEBEROTH U.A., 1983, THIÈRE U.A. 1991,1999, THIÈRE UND ALTERMANN, 1998). Flächentypen sind ein wichtiges Hilfsmittel zur Transformation punktbezogener Bodendaten auf Flächen.

Zur Beurteilung weiterer standortabhängiger Bodenpotenziale sowie für standortbezogene ökonomische Bewertungen ist das Flächentypenkonzept ausbaufähig. Das für die Auswertung der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung entwickelte Aggregierungs- und Beurteilungskonzept ist in analoger Weise auch auf der Basis der gegenwärtig verbindlichen Standortkundlichen Nomenklaturen anwendbar. Da die MMK für die landwirtschaftliche Nutzfläche der Neuen Bundesländer als flächendeckende Kartierung vorliegt, sind methodische Arbeiten zu ihrer Nutzung und Auswertung auch aus heutiger Sicht von Bedeutung. Die Ausweisung von Flächentypen über das Gebiet der neuen Bundesländer hinaus wäre sinnvoll.

Durch die Abstraktion von Standortmerkmalen zu Flächentypen wird die Mannigfaltigkeit der Vergesellschaftungen von Standortelementen überschaubar und für den Nutzer rationell interpretierbar. Gegenüber der Anwendung des Dominanzprinzips wird durch die Flächentypen jeweils der Merkmalsverband bei der Kennzeichnung und Beurteilung berücksichtigt. Kartierungseinheiten unterschiedlicher Maßstäbe sowie unterschiedliche Nutzflächeneinheiten können mit Hilfe der Flächentypen inhaltlich gekennzeichnet, vergleichbar beurteilt und bewertet werden. Zur Qualifizierung der Hangneigungsflächentypen können heute digitale Geländemodelle genutzt werden.

Die erarbeiteten Bodendaten können als Grundlage weiterer thematischer Übersichtskarten für die nachhaltige Nutzung und den Schutz unserer Böden dienen. Standortliche Ertrags- und Gefährdungspotenziale sollten auf dieser Basis besser abschätzbar sein.

Die Anwendung der Bodendaten für die modellgestützte Quantifizierung der Abflussbildung in den Einzugsgebieten der Ucker, Peene, Zarow und Poetterbeck erbrachte eine gute Übereinstimmung mit dem ermittelten mittleren Durchfluss der Ucker am Pegel Pasewalk. Aus der Modellrechnung zeigte sich bei einer insgesamt geringen Abflussbildung der große Beitrag der agrarisch genutzten Flächen zum Gebietsabfluss. Den größten Anteil nehmen auf diesen Flächen mit über 60 % lehmige Bodenbildungen (Standorttypen D4 und D5) ein. Auf ihnen wird etwa 70 % des Gebietsabflusses gebildet.

Zusammenfassung

Für landwirtschaftlich genutzte Böden und Waldstandorte der Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen wurden bodenhydrologische Kennwerte abgeleitet und zur Abflussberechnung in einem Beispielsgebiet Nordostdeutschlands angewendet. Für die Beurteilung und den Vergleich heterogener, landwirtschaftlich genutzter Bodenflächen wurde eine Aggregation der Flächeninhalte nach dem Flächentypenkonzept vorgenommen.

Für ausgewählte Substrattypen der vorkommenden Bodenformen wurden typische Bodenartenabfolgen für pleistozäne Sedimente, Auensedimente, organogene Sedimente, Löss und Verwitterungsmaterial aus Festgestein, in vier Tiefenbereichen 0 - 3, 3 - 6, 6 - 10 und 10 - 15dm festgelegt. Zur Kennzeichnung der prozentualen Verteilung der Substrattypen in ihrer natürlichen Vergesellschaftung wurden insgesamt 99 Substratflächentypen gebildet.

Für Substrate der geologischen Herkünfte wurden Wasserretentions- und hydraulische Leitfähigkeitsfunktionen angegeben. Auf deren Basis wurden für Substrattypen, Substratflächentypen und Standortregionaltypen der Bundesländer Brandenburg, Sachsen, Mecklenburg Vorpommern, Sachsen Anhalt und Thüringen die bodenhydrologischen Kennwerte FK, nFK, nFKWe und PWP abgeleitet. Dabei wurde zwischen an-, halb- und vollhydromorphen Bedingungen unterschieden.

Für Waldstandorte wurden neben den Parameter der Wasserretentionsfunktion für Substrate auch Speicher Kennwerte für Waldauflagehorizonte angegeben.

Die Bodendaten wurden erfolgreich angewendet für eine Abflussberechnung mit dem Modell ABIMO in den Einzugsgebieten der Ucker, Peene Zarow und Poetterbeck.

Summary

Soil hydrological parameters are estimated for agricultural used sites and forest sites of the Federal States Brandenburg, Saxony, Mecklenburg-Western Pomerania, Saxony-Anhalt and Thuringia. These data were applied for the discharge calculation in a test area in North-East Germany. An aggregation of soil properties of agricultural used sites was carried out for the evaluation and the comparison of heterogeneous area soil data based on a site specific concept.

Typical soil sequences for pleistocene, alluvial, organic, aeolian sediments as well as weathering soils were determined for typical substrate types of the existing soil series in the stratification of 0 - 3, 3 - 6, 6 - 10 and 10 - 15dm. 99 areal substrate types were classified to characterize the spatial variability of soils.

Water retention and hydraulic conductivity functions were derived for the substrates of different parent material, and the soil hydrological parameters field capacity (FK), wilting point (PWP), plant-available field capacity (nFK), and plant-available field capacity of the root zone (nFKWe) were estimated for the substrate types, areal substrate types and regional site types of the federal states of Brandenburg, Saxony, Mecklenburg-Western Pomerania, Saxony-Anhalt und Thuringia. It was distinguished

between hydromorphic, semi hydromorphic and nonhydromorphic conditions. The climatic conditions of North-East Germany were considered.

Beside water retention parameters of forest sites, water storage properties of leaf cover horizons were estimated.

The soil data were successfully used for the water balance calculation with the model ABIMO in the catchments of the Ucker, Peene, Zarow and Poetterbeck.

Literatur

- ALTERMANN M., D. KÜHN UND J. THIÈRE (1998). Zuordnung der Körnungsarten gemäß TGL 24300 in die Bodenartenansprache nach KA4. Unveröffentlicht.
- ARBEITSGRUPPE BODEN der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Auflage; Hannover (als KA 4 zitiert).
- BACHMANN J. UND HARTGE K.H. (1991): Die Berechnung von Wasserspannungskurven aus Primärdaten- Ein Methodenvergleich. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 155. 109-114.
- BAGROV, N.A. (1953): O srednem mnogoletnem isparenii s poverkhnosti sushi. Meteorologija i gidrologija, 10.
- BEHRENDT A., MUNDEL G., SCHALITZ G. UND D. HÖLZEL (1996): 25 Jahre Lysimeterforschung in Paulinenaue und Neukonzipierung der Untersuchungen. ZALF Bericht 26, 6-27.
- DANNOWSKI, R., J. STEIDL, W. MIODUSZEWSKI & I. KAJEWSKI (2002): Modelling subsurface nonpoint source nitrogen emissions into the Odra River. Proc. Int. Conf. „Agricultural Effects on Ground and Surface Waters“, 1.10.-4.10.2000, Wageningen, The Netherlands. In: IAHS Publ. 273 „Agricult. Effects on Ground and Surface Waters“.
- DURNER, 1994: DURNER, W. 1994. Hydraulic conductivity estimation for soils with heterogeneous pore structure. Water Resour. Res. 30, 211-223
- DWD (1999): Mittlere Jahres- und Halbjahreswerte von Niederschlag, Lufttemperatur und Gras-Referenzverdunstung (Reihe 1961/90) im Raster 1 km x 1 km. Bereitgestellt vom Deutschen Wetterdienst, Geschäftsfeld Hydrometeorologie.
- GLUGLA, G. & G. FÜRTIG (1997): Berechnung langjähriger Mittelwerte des Wasserhaushalts für den Lockergesteinsbereich. Dokumentation zur Anwendung des Rechenprogramms ABIMO. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Außenstelle Berlin, Februar 1997, 19 S. + Anh.
- KÖPKE V. (Hrsg. 1985): Anleitung zur hydrologischen Standortaufnahme. Ingenieurbüro für Meliorationen Bad Freienwalde. 69 S.
- KORTÜM, F. (1965): Beiträge zum Wärmehaushalt und zur Energetik der Atmosphäre. Forschungsbericht, Geophysikalisches Institut Karl-Marx-Universität Leipzig, unveröffentlicht.
- LIEBEROTH I., DUNKELGOLD P., GUNIA W UND J. THIÈRE (1983): Auswertrichtlinie MMK. Stand 1983. AdL der DDR. FZB Müncheberg. Eberswalde-Finow. 55 S.
- LILLY, A., WÖSTEN, J.H.M., NEMES, A. UND LE BAS, C. (1997): The development and use of the HYPRES database in Europe. Workshop: Characterization and measurement of the hydraulic properties of unsaturated porous media. Riverside, 22-24 Oktober. 1283-1294.
- LUA (2000): Flächendeckende Modellierung von Wasserhaushaltsgrößen für das Land Brandenburg. In: Landesumweltamt Brandenburg, Studien- und Tagungsberichte; Bd. 27.
- LUA, 2003: Landesumweltamt Brandenburg (LUA) „Handlungsanleitung Bodenschutz“. 2. ergänzte Auflage, im Druck
- LUCKNER, L., M. TH. VAN GENUCHTEN UND D. R.NIELSEN (1989): A consistent set of parametric models for the two-phase flow of immiscible fluids in the subsurface. Water Resour. Res. 25: 2187-2193.
- MUALEM, Y. 1976: A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. Water Resour. Res., 12(3), 513-522.
- MÜLLER G., (1980): Bodenkunde. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin. 392 S.
- MÜLLER L. UND P. TILLE (1990): Ertrag eines meliorationsbedürftigen heterogenen Alluvialstandortes in Abhängigkeit von Substrat und Wasserregime. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk., Berlin 34, 2, 103-112.
- MUNDEL G. (1982): Untersuchungen über die Evapotranspiration von Grasland auf Grundwasserstandorten. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk., Berlin 26, 8, 507-513.

- PETELKAU, H. (1983): Ursachen, Entstehung und Prinzipien zur Einschränkung von Bodenstrukturschäden. Tag. Ber. Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR. Berlin. Bd. 215. 39-48.
- RAWLS W. J. UND D. L. BRAKENSIEK, 1985: Prediction of soil water properties for hydrologic modelling. In: E. Jones und T. J. Ward (Editors). Watershed Management in the Eighties . Proc. Symp. ASCE. Denver: CO. 30. April-2 Mai 1985. ASCE. New York. 293-299.
- REFSGAARD, J.C, B. STORM UND V. P. SINGH, 1995: MIKE SHE. In: Computer-models-of-watershed-hydrology. Water Resources Publications. Colorado (USA). 809-846.
- RENGER, M., UND O. STREBEL (1980): Jährliche Grundwasserneubildung in Abhängigkeit von Bodennutzung und Bodeneigenschaften. Wasser und Boden, Hamburg und Berlin 8, S. 362-366.
- RIEK W., WESSOLEK G., RENGER M. UND M. FACKLAM (1992): Ableitung bodenphysikalischer Basisdaten auf der Grundlage von bodenkundlichen Labordatenbanken. Im Auftrag der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover. Endbericht.
- SCHINDLER, U. (1980): Ein Schnellverfahren zur Messung der Wasserleitfähigkeit im teilgesättigten Boden an Stechzylinderproben. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd., Berlin 24, 1, 1-7.
- SCHINDLER, U. (1983): Untersuchungen zum entwässerbaren Porenvolumen und zur nutzbaren Feldkapazität grundwasserbeeinflusster Auenböden und Hinweise zur Regulierung des Wasserhaushaltes im Frühjahr. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd., Berlin 27, 6, 351-360.
- SCHINDLER, U., MÜLLER, L UND F. EULENSTEIN, (1996): Investigations in the discharge process out of the root zone at sandy arable soils in pleistocene landscapes. Arch. Acker- Pfl. Boden, 40. 263 - 269.
- SCHINDLER, U., MÜLLER, L. UND W. SCHÄFER (1999): Entwicklung der physikalischen und hydrologischen Eigenschaften einer Tiefpflug- Sanddeckkultur. Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung. 40. 1-7.
- SCHMIDT R. UND R. DIEMANN (1974): Richtlinie für die mittelmaßstäbige landwirtschaftliche Standortkartierung. AdL der DDR, Inst. für Bodenkunde Eberswalde. 84 S.
- SCHMIDT R. UND R. DIEMANN (Hrsg. 1981): Erläuterungen zur Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung. FZB Müncheberg. 78 S.
- SCHMIDT, W. (1989): Untersuchungen zur Bestimmung des Verformungsverhaltens von Torfen und Mudden und der dafür maßgeblichen Bodenkennwerte., Humboldt Univ. Berlin, Habil-Schrift Berlin (1989)
- TEEPE, R., DILLING, H. UND F. BEESE (2003): Estimating water retention curves of forest soils from soil texture and bulk density. J. of Plant Nutrition and Soil Science. 166(1). 111-119.
- THIERE J. UND R. SCHMIDT (1979): Kriterien von Flächentypen bei der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK). Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd. Berlin 23. 9. 529-537.
- THIERE J., ALTERMANN M., LIEBEROTH I. UND D. RAU (1991): Zur Beurteilung landwirtschaftlicher Nutzflächen nach technologisch wirksamen Standortbedingungen. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd. Berlin 35.3. 171-183.
- THIERE J., ALTERMANN M., SCHINDLER U. UND M. STEININGER (1999): Nutzung der Flächentypen zur Transformation von Bodenparametern. Mitt. Deutsch. Bodenkd. Ges. 91(2). 1128-1131.
- THIERE J. UND M. ALTERMANN (1998): Das Flächentypenkonzept – eine Methode zur Aggregation von Bodendaten. Mitt. Deutsch. Bodenkd. Ges. 88. 463-466.
- VERECKEN, H., J. MAES, J. FEYEN UND P. DARIUS, (1989): Estimating the soil moisture retention characteristic from texture, bulk density and carbon content. Soil Sc.148(6). 389-403.
- VAN DER WAYDBRINK, W. (1972): Naturwissenschaftliche Grundlagen für die Meliorationsplanung, optimale Nutzung und Kennzeichnung von Standortleistungstypen auf den Niedermooren. Wissenschaftlich-technische Informationen für das Meliorationswesen, Heft 15, Hrsg. Ingenieurbüro für Meliorationen 1972
- VAN GENUCHTEN, M. TH., 1980: A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 44, 892-898.
- WEISE, K. (1978): Katalog zur hydrologischen Kennzeichnung von Bodenformen im Jungpleistozän der DDR. AdL der DDR, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit, Bereich Bodenkunde Eberswalde. 42 S.
- ZACHARIAS S. UND BOHNE K. (1997): Replacing the field capacity concept by an internal drainage approach. Sciences of Soils. Rel. 2.

Danksagung

An dieser Arbeit waren weitere Mitarbeiterinnen des ZALF Müncheberg sowie Fachkollegen des ZALF und weiterer Einrichtungen beteiligt.

Herr Nico Zindler hat durch sorgfältige Datenerhebung im Gelände sowie durch Labormessungen die maßgebliche Grundlage für die umfangreiche Datenbasis geschaffen. Frau Dipl. Ing (FH) Ute Moritz unterstützte die Datenerhebung und das Datenmanagement. Frau Dipl. Ing. Sabine Fritsche hat großen Anteil an der GIS-Bearbeitung sowie an der Auswertung und Visualisierung der Modellergebnisse.

Herr Dr. Altermann (Büro für Bodenbewertung Sachsen-Anhalt), Herr Prof. Dr. Schultz-Sternberg (LUA Brandenburg), Frau Prof. Dr. M. Frielinghaus (ZALF) und Herr Dr. Eulenstein (ZALF) gaben wertvolle fachliche Hinweise und Anregungen.

Das Landesumweltamt Brandenburg (LUA) ermöglichte den Druck des Materials.

**Ministerium für Landwirtschaft,
Umweltschutz und Raumordnung
des Landes Brandenburg**

Landesumweltamt Brandenburg
Referat Öffentlichkeitsarbeit

Berliner Straße 21-25
14467 Potsdam
Tel: (03 31) 23 23 259
Fax: (03 31) 29 21 08
E-Mail: info@lua.brandenburg.de
www.brandenburg.de/lua