

Tagungsbeitrag zu:

Jahrestagung der DBG, Kommission II

Titel der Tagung:

„Böden verstehen – Böden nutzen - Böden fit machen“

Veranstalter:

Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft

Termin und Ort: 03. - 09.09.2011, Berlin**Berichte der DBG** (nicht begutachtete online Publikation) <http://www.dbges.de>**Bedeutung der nutzbaren Feldkapazität forstlicher Standorte für die Wasserversorgung der Forsten bei sich ändernden Klimabedingungen***Horst Ringe¹, Nicole Wellbrock¹, Daniel Ziche¹, Lutz Hilbrig¹, Marieanna Holzhausen¹***Zusammenfassung**

Das Institut für Waldökologie und Waldinventuren in Eberswalde führt die bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald durch. Von ca. 2000 Punkten werden Daten zu den Standortbedingungen, zum Waldbestand und zum Boden erhoben. Diese reichen in Quantität und Qualität für komplexe Landschaftswasserhaushaltsmodelle nicht aus. Deshalb ist es das Ziel aus den vorhandenen Daten ein eigenes Modell zu entwickeln.

Das Modell umfasst die Komponenten Verdunstung, pflanzenverfügbares Wasser und den lateralen Abfluss. Zur Schätzung der Verdunstung wird auf eine empirische Gleichung von *Renger und Wessolek (1996)* zurückgegriffen bzw. eine Modifikation nach *Wessolek et al. (2008)* genutzt.

Für das pflanzenverfügbare Wasser wird die

nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum ermittelt, bei Grundwassereinfluss der Kapillaraufstieg, welcher auf die Höhe der potentiellen Evapotranspiration begrenzt wird. *Hennings et al. (2000)* geben Quotienten zwischen Gesamt- und Grundwasserabfluss an. Für die Differenz zwischen Gesamt- und Grundwasserabfluss wird angenommen, dass diese den lateralen Abfluss darstellt.

In einem weiteren Schritt wird dieses Modell, mit dem Ziel Vorhersagen für die zukünftige Wasserversorgung der Bestände zu tätigen, angewendet. Mit dem prognostizierten Klimawandel werden sich die Niederschlagsverhältnisse in Menge und Verteilung regional unterschiedlich verändern. Es wird erwartet, dass die Auswirkungen auf die Wasserversorgung der Bäume wesentlich von der Höhe der Feldkapazität im Wurzelraum abhängig ist.

Schlüsselworte: Bodenzustandserhebung, Wald, Wasserhaushaltsmodell, nutzbare Feldkapazität, Klimawandel

Einleitung

Das Institut für Waldökologie und Waldinventuren des von Thünen-Instituts in Eberswalde führt die nunmehr zweite bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II) durch. Dabei werden in einem 8 * 8 km Raster an ca. 2000 Punkten u. a. Daten zur Lage des Aufnahmepunktes (z.B. Exposition, Hangneigung), zur Charakterisierung des Bestandes (z.B. Art u. Alter der Bestockung) und insbesondere zum Boden (z.B. detaillierte Profilbeschreibung, bodenphysikalische Größen wie Textur, Trockenrohddichte, Grobbodenanteil) erhoben. Insgesamt stehen eine Vielzahl an Daten von einer Vielzahl an Standorten zur Verfügung.

Angesichts der prognostizierten Klimaveränderungen insbesondere hinsichtlich der regional unterschiedlichen Änderungen der Nie-

¹ Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Waldökologie und Waldinventuren, Alfred-Möller-Str. 1, 16225 Eberswalde, Tel.: 03334 / 3820-323 Fax: 0334 / 3820-354
E-Mail: horst.ringe@vti.bund.de

erschlagsmenge und -verteilung in Deutschland wurde überlegt, Simulationen mit einem komplexen Landschaftswasserhaushaltsmodell durchzuführen. Jedoch ist die Datengrundlage hierfür in Qualität und Quantität nicht ausreichend. Deshalb wird ein eigenes Modell basierend auf dem vorhandenen Datenbestand entwickelt.

Das Modell

Das Modell umfasst die Komponenten Verdunstung, pflanzenverfügbares Wasser und lateraler Abfluss.

Der Deutsche Wetterdienst stellt langjährige Aufzeichnungen seiner Klimastationen zur Verfügung. Diese werden durch das Institut für Waldökologie und -inventuren regionalisiert, z. B. mit dem Interpolationsverfahren Kriging beim Niederschlag.

Verdunstung

Renger und Wessolek (1996) entwickelten eine empirische Gleichung zur Ermittlung der realen Verdunstung von ebenen Flächen. Sie beinhaltet neben dem pflanzenverfügbaren Wasser, halbjährliche Niederschlagsmengen und die potentielle Evapotranspiration nach Haude. Diese basiert auf täglichen Messungen der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte um 14 Uhr.

Mit landnutzungsabhängigen Koeffizienten kann z. B. zwischen Laub- und Nadelwäldern differenziert werden.

$$V_e = a_i \cdot N_{Wi} + b_i \cdot N_{So} + c_i \cdot \log(W_{pfi}) + d_i \cdot Et_{pot} + e_i$$

V_e = Jahresverdunstung ebener Standort

N_{Wi} = Niederschlagshöhe Winterhalbjahr

N_{So} = Niederschlagshöhe Sommerhalbjahr

W_{pfi} = pflanzenverfügbares Wasser

Et_{pot} = potentielle Verdunstung nach Haude

a_i, b_i, c_i, d_i, e_i = landnutzungsabhängige Koeffizienten

Bei reliefiertem Gelände ist der Einfluss von Hangneigung und Exposition auf die Höhe der einfallenden Strahlungsenergie und damit auf die Verdunstung zu berücksichtigen. Hierfür wird eine in Wessolek et al. (2008) vorgestellte Gleichung (basierend auf Junghans 1969) benutzt.

$$V_r = V_e \cdot f(\alpha, \varphi)$$

$$\text{mit } f(\alpha, \varphi) = 0,0023 \cdot \varphi + 0,015 \cdot \varphi \cdot \sin(\alpha - 90) + 1$$

V_r = Jahresverdunstung bei reliefiertem Standort

φ = Hangneigung in Grad

α = Hangexposition in Grad bezogen auf Nord

Pflanzenverfügbares Wasser

Die Pflanzen beziehen ihr Wasser aus der nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum und bei Grundwasser nahen Standorten zusätzlich aus dem Kapillaraufstieg.

Effektiver Wurzelraum

Die Größe des effektiven Wurzelraumes wurde in Anlehnung an Raissi et al. (2009, vgl. Tab. 8) festgelegt. Dort wird die Ausdehnung des Wurzelraumes in Abhängigkeit von der Bodenartenhauptgruppe, der Baumart und dem Bestandesalter beschrieben.

Die Werte gelten nur, wenn keine Begrenzungen des Wurzelraumes auftreten, wie Festgestein oder ein hoher Grobbodenanteil, Grundwasser oder Stauhohizonte. In diesen Fällen wurden die Grenzen des Wurzelraumes entweder auf den Beginn des mC-Horizontes, oder des Gr-Horizontes oder auf die untere Tiefe des Gor-Horizontes gelegt. Weitere Begrenzungen waren ein Grobbodenanteil von > 75 Vol% oder ein alleiniger

Sd-Horizont; jedoch keine Misch- oder Übergangshorizonte mit Sd.

Nutzbare Feldkapazität

An etlichen Standorten wurden volumenge-rechte Bodenproben entnommen, so dass Trockenrohdichten (TRD) ermittelt werden konnten. Jedoch liegen für die BZE-Punkte keine pF-Kurven vor. Deshalb ist eine Schätzung der nutzbaren Feldkapazität unumgänglich. Teepe *et al.* (2003) haben detaillierte pF-Kurven ausschließlich von Waldböden erstellt. Die TRD und die Textur wurden dazu in 5 bzw. 10 Klassen eingeteilt. Für jede Textur- und TRD-Klasse liegt ein Wert für die nFK vor, dazu der mittlere C-Gehalt.

Wenn keine Werte für die TRD vorliegen, sondern nur die Bodenart aus der Profilbeschreibung bekannt ist, wird auf die Angaben zur nutzbaren Feldkapazität in der Kartieranleitung (*Ad-hoc-AG Boden 2005, vgl. Tab. 70*) zurückgegriffen.

Kapillarer Aufstieg

Kapillarer Aufstieg kann nur für Standorte angenommen werden, bei denen die Profilbeschreibung Grundwasser beeinflusste Horizonte (G*-Horizonte) aufführt.

Im ersten Schritt wird die Lage der Grundwasser-oberfläche (GWO) ermittelt. Dies geschieht anhand der Horizontbezeichnungen (Gr, Gor, Go bzw. Mischhorizonte mit Gr, Gor, Go), wobei die obere bzw. die untere Horizontgrenze als GWO ausgewählt wird bzw. bei Mischhorizonten pauschal eine bestimmte Entfernung angenommen wird.

Als kapillare Aufstiegshöhe wird die Entfernung zwischen GWO und der halben Ausdehnung des effektiven Wurzelraumes gewählt.

Die Menge an kapillarem Aufstiegswasser wird in Anlehnung an *DIN 4220 2008-11 (2008)* geschätzt. Dort sind die täglichen Mengen in Abhängigkeit von Entfernungsstufen angegeben. Für eine bessere Handhabbarkeit wurden die Tabellenwerte in eine Ex-

ponentialfunktion überführt, was einfache Berechnungen für „beliebige“ Entfernungen ermöglicht.

Die Hauptwachstumszeit für Wald liegt in Deutschland durchschnittlich bei 120 Tagen, dieser Zeitraum entspricht der Dauer, in dem mit Kapillaraufstieg zu rechnen ist (*Bundesanstalt für Gewässerkunde, 2003*).

Zur Vermeidung einer Überschätzung des Kapillaraufstiegs wird dieser auf die Höhe der potentiellen Evapotranspiration (nach Haude) begrenzt.

Lateraler Abfluss

Hennings et al. (2000) geben den Quotienten aus jährlichem Gesamtabfluss und grundwasserbürtigem Abfluss an. Die Differenz zwischen den beiden Abflüssen bilden oberirdischer und lateraler Abfluss. Es wird angenommen, dass die Menge an oberirdischem Abfluss in den meisten Wäldern vernachlässigbar ist, so dass die Differenz den lateralen Abfluss darstellt.

Zur Ermittlung des obigen Quotienten werden entweder die Grundwasser-, Stauwasserstufe oder die Hangneigung benötigt. Treten an einem Standort gleichzeitig Grundwasser- und Staunässeinfluss auf, dominiert die Grundwasserstufe. Die Hangneigung wird nur dann als Kriterium herangezogen, wenn Grundwasser- und/oder Staunässeinfluss fehlen.

Die Grundwasserstufe wird über die mittlere Entfernung der Obergrenze des Gr- oder Go-Horizontes zur Bodenoberfläche ermittelt (*Hennings et al. 2000*). Zur Bestimmung der Staunässestufe wurden die Beschreibungen der einzelnen Stufen nach dem *HLUG (2000)* herangezogen. Dabei wurden als Kriterien insbesondere die Tiefe des S-Horizontes, die Art des S-Horizontes, die Horizontabfolge und die bodentypologische Einordnung verwendet.

Ausblick

Nach der Fertigstellung und Überprüfung des Modells soll dieses für die BZE-Punkte angewendet werden. Zunächst werden für das Modell Klimadaten der zurückliegenden Jahrzehnte verwendet, anschließend Daten aus einem Szenario, wie es der Klimawandel hervorbringen könnte. Als Folge des Klimawandels werden sich die Niederschlagsverhältnisse in Abhängigkeit von der Region zum Teil deutlich verändern. Sommerniederschläge werden tendenziell zurückgehen, trockene Phasen werden häufiger und länger werden, dagegen könnten Winter- und Starkniederschlagsereignisse zunehmen. Es ist zu erwarten, dass die Menge an pflanzenverfügbarem Wasser, die ein Standort zur Verfügung stellen kann, eine entscheidende Größe sein wird, wie sich der Klimawandel auf die Wasserversorgung der Wälder auswirken wird. Dabei wird der Höhe der nutzbaren Feldkapazität im Wurzelraum eine entscheidende Bedeutung zukommen.

Danksagung

Die Autoren danken dem Deutschen Wetterdienst für die Bereitstellung umfangreicher Klimadaten.

Literatur

Ad-hoc-AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Aufl., Bundesanstalt für Geowissenschaften u. Rohstoffe, Hannover.
Bundesanstalt für Gewässerkunde (2003): Wasserhaushaltsverfahren zur Berechnung vieljähriger Mittelwerte der tatsächlichen Verdunstung und des Gesamtabflusses. BFG-Bericht Nr. 1342, Koblenz.
DIN 4220 2008-11 (2008): Bodenkundliche Standortbeurteilung – Kennzeichnung,

Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten. Beuth, Berlin.

Hennings, V. (2000): Methodendokumentation Bodenkunde: Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden. Geologisches Jahrbuch, Sonderhefte Reihe G - Heft SG 1.

HLUG (2000): Staunässestufen. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Bearbeiter Thomas Vorderbrügge. http://www.hlug.de/static/medien/boden/fisbo/bodenviwer/hilfe/30409_STAUNAESS.html.

Junghans, H. (1969): Sonnenscheindauer und Strahlungsempfang geneigter Ebenen. Abhandlungen des Meteorologischen Dienstes der Deutschen Demokratischen Republik Nr. 85, Band XI.

Raissi, F., Müller, U. u. H. Meesenburg (2009): Ermittlung der effektiven Durchwurzelungstiefe von Forststandorten. Geofakten 9, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.

Renger, M. u. G. Wessolek (1996): Berechnung der Verdunstungsjahresnummern einzelner Jahre. In: DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft Heft 238.

Teepe, R., Dilling, H. u. F. Beese (2003): Estimating water retention curves of forest soils from soil texture and bulk density. J. Plant Nutr. Soil Sci. 116, 111-119.

Wessolek, G., W.H.M. Duijnsveld u. S. Trinks (2008): Hydro-pedotransfer functions (HPTFs) for predicting annual percolation rate on a regional scale. Journal of Hydrology 356, 17-27.