



Geofakten 9

■ Boden

Ermittlung der effektiven Durchwurzelungstiefe von Forststandorten

4. Auflage

Raissi, F., Müller, U. & Meesenburg, H.

September 2009

Da die Ableitung der effektiven Durchwurzelungstiefe (We) bei forstwirtschaftlich genutzten Böden noch nicht geregelt ist, kann die Beurteilung der Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen auf Waldbestände nur unzureichend bewertet werden. Auf Grundlage einer Literaturrecherche wird hier ein Vorschlag zur Ableitung der effektiven Durchwurzelungstiefe in Abhängigkeit von Boden und Klima erarbeitet.

Waldböden, Waldbestände, Bodenwasserhaushalt, effektive Durchwurzelungstiefe, Grundwasserabsenkung.

Allgemeines

Der Zusammenhang zwischen Pflanzenwachstum und Bodenwasserhaushalt wird in diversen Publikationen beschrieben (u. a. MULL 1987, RENGER, WESSOLEK & RIEK 1996, BRECHTEL & LEHNHARDT 1982). Im Rahmen von Beweissicherungsverfahren ist deshalb eine Ableitung der den Bodenwasserhaushalt beschreibenden Kenngrößen notwendig. Ein zentraler Kennwert hierfür ist die effektive Durchwurzelungstiefe (We). Der Bodenkennwert We wird als die potenzielle Ausschöpftiefe von pflanzenverfügbarem Bodenwasser (nFK) verstanden, das durch Pflanzenwurzeln in Trockenjahren dem Boden maximal entzogen werden kann (AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005).

Während bei einjährigen Kulturpflanzen die Abschätzung der effektiven Durchwurzelungstiefe (We) und, daraus resultierend, die Beurteilung der Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen geregelt ist (RAISSI & MÜLLER 2009b; MÜLLER & RAISSI 2002; AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005), gilt dies für forstwirtschaftlich genutzte Böden noch nicht. Zwischenzeitlich legten MEESENBURG et al. (2004) eine umfangreiche Zusammenfassung der vorhandenen Untersuchungen zur Durchwurzelung von Forststandorten vor.

Voraussetzungen für Ertrags- bzw. Zuwachsbeeinträchtigungen land- und forstwirtschaftlicher Nutzpflanzen durch Grundwasserabsenkungen sind dann gegeben, wenn eine wachstumswirksame Wassernachlieferung aus dem Grundwasser in der Vegetationszeit durch Grundwasserabsenkung verringert wird.

Eine Größe bei der Beurteilung der Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen ist hier die effektive Durchwurzelungstiefe (We) und, davon ausge-

hend, die Berechnung der kapillar aufsteigenden Wassermenge bzw. deren Reduzierung. Die ursächlichen Zusammenhänge sind in den Geofakten 5 und 6 (RAISSI & MÜLLER 2009a und b) beschrieben.

- In der Regel ist die Ermittlung der Durchwurzelungstiefe bei den einzelnen Baumarten wesentlich schwieriger, als bei den einjährigen Kulturpflanzen, da die Durchwurzelungstiefe vom Alter der Bäume abhängt.
- Bei langsam erfolgender Grundwasserabsenkung kann bei jungen Baumbeständen davon ausgegangen werden, dass die Bäume sich an die neue Situation anpassen und zur Ausbildung einer tiefer gehenden Durchwurzelung in der Lage sind (RENGER, WESSOLEK & RIEK 1996).

Ableitung der effektiven Durchwurzelungstiefe (We) von Waldstandorten

Für die Ableitung der We von Waldstandorten existieren verschiedene, z. T. unveröffentlichte Vorschläge, die hier zusammengetragen wurden. Aus diesen Angaben werden eine Tabelle und ein Nomogramm erstellt, aus denen die We in Abhängigkeit von Baumalter und Bodenart abgeleitet werden kann.

1. Nach AD-HOC-AG BODEN (1994) gilt:

$$We_{\text{Forst}} = We_{\text{Acker}} + 20 \%$$

In der Regel reicht die Hauptwurzelmasse bis ca. 10 dm Tiefe (10–13 dm).

2. Nach AD-HOC-AG BODEN (2005) gilt:

$$We_{\text{Laubbäume}} = We_{\text{Acker}} + 50 \%$$

3. Nach DVWK (1996) wird je nach Boden bzw. Standort, Baumart und Baumalter folgende We angegeben (Tab. 1):

Tab. 1: Mittlere effektive Durchwurzelungstiefen [dm] in Abhängigkeit von Baumart, Baumalter und Ausgangsgestein nach DVWK (1996).

| Boden/ Baumarten | Aufforstung (0–15 Jahre) | mittlere Bestände (15–45 Jahre) | Altbestände (> 45 Jahre) |
|---|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Böden aus Lockergestein/ Tiefwurzler Kiefer, Buche, Eiche | 3–10 | 10–20 | 20–25 |
| Böden über Festgestein/ Flachwurzler Birke, Fichte | 3–7 ¹⁾ | 7–12 ¹⁾ | > 12 ¹⁾ |

¹⁾ maximal bis zur Tiefe des anstehenden unzerklüfteten Festgesteins

4. Nach MÜLLER (2004) werden für die We_{Forst} von Festgesteinsböden je nach Klüftigkeit folgende Angaben gemacht (Tab. 2):

Tab. 2: Mittlere effektive Durchwurzelungstiefen [dm] von Festgesteinsböden in Abhängigkeit von der Klüftigkeit nach MÜLLER (2004).

| C-Horizont | stark zerklüftet | schwach zerklüftet |
|------------|------------------|--------------------|
| < 4 dm | 5–8 (Ø 6,5) | 4–6 (Ø 5) |
| > 4 dm | 8–10 (Ø 9) | 6–8 (Ø 7) |

5. HEINZE (1995) hat aufgrund von Untersuchungen für verschiedene Baumarten Durchwurzelungskoeffizienten (k_1 – k_3) aufgestellt. Die We_{Forst} wird hier mit einem Regressionsmodell ermittelt:

$$We_{\text{Forst}} = 1,57 - 0,0294 * \text{Tiefe} + 0,183 * k + 0,0608 * nFK + 0,034 * LK.$$

Es lässt sich z. B. für Kiefernbestände (Alter > 40 Jahre, $k = 3$) je nach Bodenart folgende We angeben (Tab. 3):

Tab. 3: Mittlere effektive Durchwurzelungstiefen [dm] in Abhängigkeit von der Bodenart.

| Bodenarten | mSfs | SI3 | Lts | Ut3 | Tu4 | Tu2 |
|---------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| We_{Forst} | 12 | 12,5 | 10 | 12 | 10 | 9,5 |

6. Nach GELDMACHER (1993) wurde je nach Baumart, Alter, Bodenart und Grundwasser-Verhältnissen die We_{Forst} und gleichzeitig die „tiefste Lage der Wasserscheide“ ermittelt (Tab. 4):

Tab. 4: Mittlere effektive Durchwurzelungstiefen [dm] und tiefste Lage der Wasserscheide in Abhängigkeit von Baumalter, Baumart, Bodenart und Grundwassereinfluss nach GELDMACHER (1993).

| Baumart / Alter | Bodenart | GW-Verhältnisse [dm] u. GOF (April–Oktober 1992) | We | „tiefste Lage der Wasserscheide“ Tiefe der vegetationsbedingten Bodenwasserentzüge |
|-------------------------|----------|--|------|--|
| Hainbuche / 40 Jahre | mSfs | 22–30 | 20 | 26 |
| Rotbuche / 100 Jahre | mSfs | 19–25 | 12 | 20 |
| Kiefer / 80 Jahre | fS–mS | 25–28 | 22 | 26 |
| Kiefer / 8 Jahre | mSfs | – | 10 | 15 |
| Schwarzpappel / 8 Jahre | mSfs/SI3 | 20–25 | 11 | 14 |
| Schwarzpappel / 8 Jahre | mSfs | – | 9,5 | 18 |
| Schwarzpappel / 8 Jahre | fS–mS | 14–17 | 7 | 14 |
| Bergahorn / 8 Jahre | fS–mS | 17–20 | 11 | 14 |

Die unterste Grenze der Durchwurzelungstiefe ist der Grundwasserstand (ausgenommen: Erle und Stieleiche). Bei Stauwasserböden gilt die Obergrenze des Sd-Horizontes (Ld4) zusätzlich 1 dm als unterste Grenze der maximalen Durchwurzelungstiefe.

7. LEHNARDT & BRECHTEL (1980) unterscheiden die Durchwurzelungstiefen von Forstbeständen nach Baumarten und Altersklassen auf Böden aus Lockersedimenten mit und ohne Grundwassereinfluss wie folgt (Tab. 5):

Tab. 5: Mittlere effektive Durchwurzelungstiefen [dm] in Abhängigkeit von Baumalter, Baumart, Bodenart und Grundwassereinfluss nach LEHNARDT & BRECHTEL (1980).

| Boden- und Grundwasserverhältnisse | Baumart | Baumalter | | |
|--|------------|--------------------------|-------|--------|
| | | 40 | 40–80 | 80 |
| ohne Grundwassereinfluss Flugsande, Terrassensande, sandige Lehme | Buche | – | 10–12 | – |
| | Fichte | bis 5 | – | – |
| | Kiefer | – | – | 5–18 |
| | Lärche | – | – | 18–25 |
| Hochflutablagerungen, Lehme, Tone | Buche | – | 5–10 | 8–18 |
| | Stieleiche | 10–11 | 9–10 | – |
| | Erle | bis 17 | – | – |
| | Fichte | – | bis 4 | – |
| | Kiefer | – | bis 9 | – |
| | Lärche | – | – | bis 28 |
| mit Grundwassereinfluss Grundwasserstände bis 15 dm | Buche | – | – | 5–12 |
| | Stieleiche | – | – | 7–9 |
| | Pappel | – | – | bis 10 |
| | Fichte | je nach Grundwasserstand | | |
| | Kiefer | – | – | 7–11 |
| Böden mit tieferen Grundwasserständen, Grundwasser abgesenkt | Buche | – | – | 12–30 |
| | Stieleiche | – | – | 15–30 |
| | Erle | – | 16–18 | – |
| | Kiefer | – | – | bis 30 |

8. Weiterhin wurden von LEHNARDT & BRECHTEL (1983, 1985) auf grundwasserabgesenkten Waldstandorten in der Rhein-Main-Ebene (Hessisches Ried) bei unterschiedlicher Bestockung im Durchschnitt Schöpftiefen (Grenzflurabstände) von 20 bis zu 24 dm festgestellt.

Ein eindeutiger Unterschied zwischen den Baumarten und Altersklassen konnte nicht ermittelt werden. Unterschiede wurden auf Bo-

den- und Niederschlagsverhältnisse zurückgeführt.

9. Nach dem Geländeökologischen Schätzrahmen Flachland (NIEDERSÄCHSISCHES FORSTPLANUNGSAMT 2000) wird die mögliche Durchwurzelungstiefe (DW-Tiefe) in Abhängigkeit von Geländewasserhaushalt wie folgt beschrieben (Tab. 6):

Tab. 6: Durchwurzelungstiefe in Abhängigkeit vom Geländewasserhaushalt nach NIEDERSÄCHSISCHES FORSTPLANUNGSAMT (2000).

| Grundwasserbeeinflussung | mittlerer Grundwassertiefstand [dm] u. GOF | maximal mögliche DW-Tiefe ¹⁾ [dm] |
|--------------------------|--|--|
| sehr stark | 3–6 | 3–6 |
| stark | 6–10 | 6–10 |
| mäßig | 10–15 | 10–15 |
| schwach bis sehr schwach | 15–20 (30) | 15–20 (30) |

¹⁾ ausgenommen Erle und Stieleiche

Als Hauptdurchwurzelungsraum wird der Bereich angesehen, in dem sich 70–80 % aller Wurzeln befinden (ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG 1996).

10. RIEK (1989) hat in seinen Untersuchungen die Bodenartenschichtung in vier Typenklassen unterteilt, jeweils durch eine nFK-Tiefenkurve charakterisiert und in Abhängigkeit vom Baumalter theoretische Wurzelprofile abgeleitet (Tab. 7):

Tab. 7: Tiefengradient der Durchwurzelungsintensität nach RIEK (1989).

| Typen/Klassen | Bodenartenschichtung bis 30 dm Tiefe | Baumalter | | |
|---------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | < 50 Jahre | 50–100 Jahre | > 100 Jahre |
| A | bis 30 dm Sand | 8 dm (18) | 8 dm (18) | 8 dm (18) |
| B | schluffige Schichten in 10–20 dm Tiefe; hydro. Anreiz auf das Wurzel-Tiefenwachstum | (20) | 8 dm (20) | 8 dm (20) |
| C | schluffig-lehmige Schichten mit hydro. Reiz tiefer 20 dm | 8 dm (18) | 8 dm (30) | 8 dm (30) |
| D | schluffig-lehmige Schichten in 10–20 dm und tiefer als 20 dm | (20) | (30) | 8 dm (30) |

ca. 8 dm Tiefe deutet auf die Grenze des durchschnittlichen Hauptwurzelraumes (maximale Durchwurzelungstiefe)

11. Im Großraum Berlin wurden Feinwurzelprofile und die Ausschöpfung der nutzbaren Feldkapazität (nFK) von Kiefernbeständen gemessen (RIEK 1995). Danach lässt sich feststellen, dass die Durchwurzelungsintensität im Oberboden am höchsten ist und die nFK voll ausgeschöpft werden kann. In einer Tiefe von 5–10 dm reduziert sich die Intensität der Durchwurzelung, und es werden nur 50–70 % der nFK ausgeschöpft. In einer Tiefe von 10–20 dm reduziert sich dieser Wert in der Regel auf unter 30 %.

Es wurden maximale Durchwurzelungstiefen von 20–22 dm und z. T. eine Zunahme der Durchwurzelungsintensität im Unterboden beobachtet. Dies wurde auf Lehmänder zurückgeführt.

12. Verschiedene Autoren (RIEK & WESSOLEK 1994, RIEK 1995, WESSOLEK 1989 und BENECKE 1988) haben auf grundwasserbeeinflussten Sandstandorten den Zusammenhang zwischen Grundwasserstand und Transpirationsleistung von Altkiefern beschrieben. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass bei einem Grundwasserflurabstand > 20–25 dm u. GOF von einer erhöhten Evapotranspiration ausgegangen werden kann.

Aus diesen Aussagen lässt sich ableiten, dass maximale Durchwurzelungstiefen bei Altkiefern zwischen 10–15 dm auf Mittelsand und bis zu 18 dm auf Feinsand (zuzüglich kapillarer Aufstieg von ca. 10–12 dm) beziffert werden können.

13. GERKE (1987) konnte für einen Buchenbestand auf zerklüftetem Kalkgestein eine Wasseraufnahme der Bäume bis in 30 dm Tiefe feststellen.

14. HERTEL (1999) fand in verschiedenen Buchenbeständen Durchwurzelungstiefen bis 30 dm. In einem Bestand auf sandigem Substrat fand sich ein sekundäres Maximum der Wurzeldichte in 26 dm Tiefe.

Tab. 8: Effektive Durchwurzelungstiefe (We) bei mehrjährigen forstlichen Nutzpflanzen. Als unterste Grenze der We gilt der Grundwassertiefstand (MNGW) bzw. die Obergrenze des Stauhizontes / $S_d > L_d 4$.

| Bodenarten | Baumarten | Aufforstung < 15 Jahre | mittlere Bestände 15–45 Jahre | Altbestände > 45–80 (100) Jahre |
|----------------------------------|---|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Sande (Ss) | Kiefer, Buche, Eiche, Lärche, Schwarzpappel, Bergahorn | 7–10 | 11–15 | 15–20 |
| Lehme (L) | | 8–11 | 12–16 | 16–21 |
| Schluffe (U) | | 12–15 | 16–20 | 20–25 |
| Tone (T) | | 8–10 | 10–12 | 12–15 |
| Festgestein (X, G) ¹⁾ | Fichte, Birke | 6 | 8 | 10 |

¹⁾ in Abhängigkeit vom Zerklüftungsgrad stark unterschiedliche We

Trotz vieler standörtlicher sowie baumarten- und altersspezifischer Unterschiede ist eine Vereinheitlichung der Abschätzung der We_{Forst} notwendig, um gleiche Grundlagen für die Bewertung der Auswirkungen von Grundwasserentnahmen (landwirtschaftliche Kulturen s. RAISSI & MÜLLER 2009a und 2009b) heranzuziehen. Dadurch wird eine Vergleichbarkeit der Vorgehensweise möglich.

Die vielfältigen Angaben wurden in Tabelle 8 zusammengefasst. Diese Tabelle ist sicherlich nicht endgültig, da in Teilbereichen noch Handlungs- und Abstimmungsbedarf besteht. Aus diesem Grund kann die Tabelle bei Bedarf fortgeführt werden.

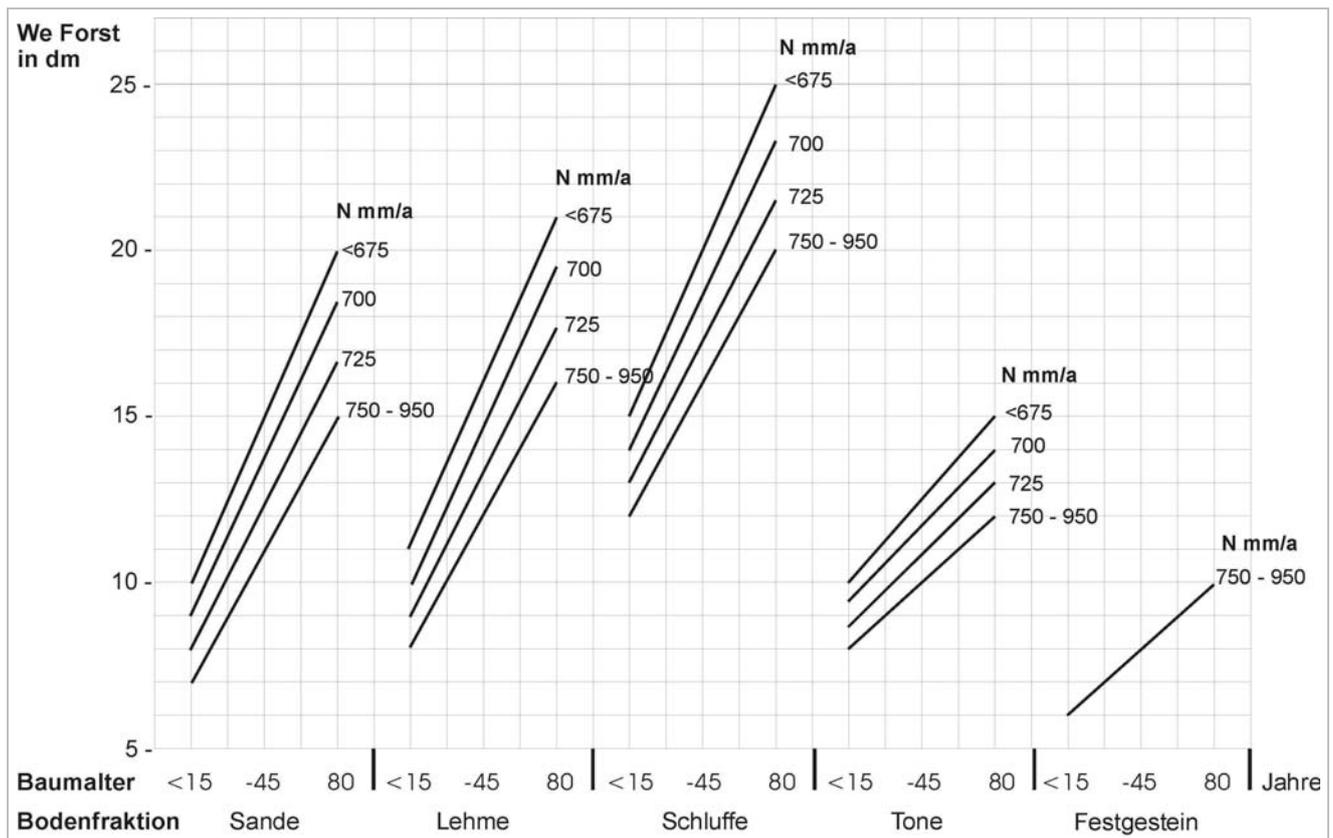


Abb. 1: Nomogramm zur Ermittlung der effektiven Durchwurzelungstiefe in Waldbeständen (We_{Forst}) in Abhängigkeit von Niederschlagsmenge, Baumalter und Bodenart.

In Abbildung 1 sind We-Spannen angegeben, die in Abhängigkeit vom Jahresniederschlag weiter differenziert werden können (ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG 1996).

Wenn im Laufe der Hauptvegetationsperiode (Wald: Mitte April bis Mitte September) die pflanzenverfügbare Bodenwassermenge im Wurzelraum 50 % der nFKWe unterschreitet, ist mit einer Einschränkung der Transpiration zurechnen. Ob ein Bedarf an kapillar aufsteigendem Wasser besteht, zeigt der Vergleich der nFKWe mit dem klimatisch bedingten Wasserbilanzdefizit:

$nFKWe/2$ wird mit dem klimatisch bedingten Wasserbilanzdefizit (KWB) innerhalb der Vegetationszeit (v) verglichen. Ein zusätzlicher Wasserbedarf aus dem Grundwasser besteht, wenn $nFKWe/2 < KWB_v$ (HILLMANN et al. 2009).

Literatur

AD-HOC-AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4). – 4. Aufl., 392 S.; Hannover.

AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S.; Hannover.

ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG (1996): Forstliche Standortsaufnahme: Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. – 5. Aufl.; Eching (IHW).

BENECKE, P. (1988): Wald und Grundwasser. – Allg. Forst- u. J.-Ztg. **160**: 21–27.

BRECHTEL, H. M. & LEHNARDT, F. (1982): Einfluss der Grundwasserabsenkung auf Waldstandorten. – DVWK-Fortbildungslehrgang Grundwasser in Darmstadt.

DVWK - DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. – Merkblatt **238**; Bonn.

GELDMACHER, K. (1993): Effektiver Wurzelraum und pflanzenverfügbares Bodenwasser charakteristischer Böden und Nutzungen in Berlin. – Diplomarbeit am Fachbereich 14, Technische Universität Berlin [Unveröff.].

GERKE, H. (1987): Untersuchungen zum Wasserhaushalt eines Kalkbuchenwald-Ökosystems und zur Wasserbewegung in flachgründigen Böden und im durchwurzelteten Kalkgestein als Grundlage zur Modellentwicklung. – Ber. Forschungszentrum Waldökosysteme/Waldsterben **A 27**.

HEINZE (1995): Entwicklung einer Auswertungsmethode zur Abschätzung der effektiven Durchwurzelungstiefe an Forststandorten aus vorhandenen Labordaten. – Gutachten im Auftrag der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover [Unveröff.].

HERTEL, D. (1999): Das Feinwurzelsystem von Rein- und Mischbeständen der Rotbuche: Struktur, Dynamik und interspezifische Konkurrenz. – Diss. Botanicae **317**; Berlin.

HILLMANN, M., MEESENBURG, H., RAISSI, F. & WORBES, M. (2009): Auswirkungen von Grundwasserentnahmen auf die forstliche Nutzung, Teil 1: Rechtliche Rahmenbedingungen und Voruntersuchungen. – unter Mitarbeit von BÖTTCHER, A., GUERICKE, M., HAAS, W., HAASE, H., PINZ, K., WINKELMANN, L., KRIEGER, K.-H., MÜLLER, U. & ROSENBERG, A.; 3. Aufl., Geofakten **15**: 8 S., 4 Abb., 2 Tab.; Hannover (LBEG).

JOSOPAIT, V., RAISSI, F. & ECKL, H. (2009): Hydrogeologische und bodenkundliche Anforderungen an Wasserrechtsanträge zur Grundwasserentnahme. – 4. Aufl., Geofakten **1**: 7 S., 4 Abb.; Hannover (LBEG).

LEHNARDT, F. & BRECHTEL, H. M. (1980): Durchwurzelungs- und Schöpftiefen von Waldbeständen verschiedener Baumarten und Altersklassen bei unterschiedlichen Standortverhältnissen. – Allg. Forst- u. J.-Ztg., 151. Jg., **6/7**: 120–127. Frankfurt.

LEHNARDT, F. & BRECHTEL, H. M. (1983): Ergebnisse von Bodenwasserhaushalts-Untersuchungen auf grundwasserabgesenkten Waldstandorten des Lockersedimentbereiches in der Rhein-Main-Ebene, Hessisches Ried. – Z. dt. geol. Ges. **134**: 701–721; Hannover.

LEHNARDT, F. & BRECHTEL, H. M. (1985): Schöpftiefe und effektiv nutzbare Bodenwasserspeicherung der wichtigsten Bodeneinheiten von grundwasserabgesenkten Waldstandorten im Hessischen Ried. – Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung **26**: 138–149; Berlin.

MEESENBURG, H., JACOBSEN, C., KHANNA, P. K. & MEIWES, K. J. (2004): Abschätzung der effektiven Durchwurzelungstiefe für Waldböden. – Vorstudie, Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Abt. Umweltkontrolle, 36 S.; Göttingen [Unveröff.].

MULL, R. (Hrsg.) (1987): Anthropogene Einflüsse auf den Bodenwasserhaushalt. – 110 S.; Weinheim (VCH).

- MÜLLER, U. (2004): Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®). – 7. erweiterte und ergänzte Auflage, Arb.-H. Boden 2004/2: 409 S., 3 Abb., 405 Tab.; Hannover (NLfB).
- MÜLLER, U. & RAISSI, F. (2002): Arbeitshilfe für bodenkundliche Stellungnahmen und Gutachten im Rahmen der Grundwassernutzung. – mit Beiträgen von HÖPER, H., SCHÄFER, W. & KUES, J., Arb.-H. Boden 2002/2: 49 S., 10 Abb., 13 Tab.; Hannover (NLfB).
- MÜLLER, U., SCHÄFER, W. & RAISSI, F. (2000): Das Fachsystem Boden als Instrument der bodenkundlichen Beratung. – Arb.-H. Wasser 2000/1: 107–115; Hannover.
- NIEDERSÄCHSISCHES FORSTPLANUNGSAMT (2000): Forstliche Standortaufnahme - Geländeökologischer Schätzrahmen. Anwendungsbereich: Pleistozänes (Diluviales) Flachland. – Wolfenbüttel.
- RAISSI, F. & MÜLLER, U. (2009a): Bodenkundliche Ermittlungen von Grundwasserabsenkungen im Gelände – Erfassung und Abschätzung der anteiligen Grundwasserabsenkungsbeträge durch Grundwasserentnahme und Entwässerungsmaßnahmen. – 3. Aufl., Geofakten 5: 6 S., 4 Abb.; Hannover (LBEG).
- RAISSI, F. & MÜLLER, U. (2009b): Auswirkungen von Grundwasserentnahmen auf die Bodennutzung - Landwirtschaftliche Beweissicherungsverfahren. – 3. Aufl., Geofakten 6: 6 S., 6 Abb.; Hannover (LBEG).
- RENGER, M., WESSOLEK, G. & RIEK, W. (1996): Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf Land- und Forstwirtschaft. – Niedersächsische Akademie der Geowissenschaften 11, 98 S.; Hannover.
- RIEK, W. (1989): Beziehung zwischen bodenökologischen Parametern und neuartigen Waldschäden am Beispiel der Kiefer. – Diplomarbeit am Fachbereich 14, Technische Universität Berlin [Unveröff.].
- RIEK, W. (1995): Standorteigenschaften, Wachstumsleistung und Schädigung von Kiefern- und Eichenforsten im Berliner Raum. – Bodenökologie und Bodengenese 16, Technische Universität Berlin.
- RIEK, W. & WESSOLEK, G. (1994): Wasserhaushalt - Zuwachsverhalten von Kiefern und Eichen im Raum Berlin. – Bodenökologie und Bodengenese 14, Technische Universität Berlin.
- WESSOLEK, G. (1989): Einsatz von Wasserhaushalts- und Photosynthesemodellen in der Ökosystemanalyse. – Landschaftsentwicklung und Umweltforschung 61, Technische Universität Berlin.

Impressum:

Die Geofakten werden vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) herausgegeben und erscheinen unregelmäßig bei Bedarf. Der Bezug beim LBEG ist kostenlos.

Die bisher erschienenen Geofakten können unter <http://www.lbeg.niedersachsen.de> abgerufen werden.

© LBEG Hannover 2009

Nachdruck nur gegen Belegexemplar an:

Redaktion Geofakten
Landesamt für Bergbau,
Energie und Geologie
Postfach 510153, 30631 Hannover
Tel.: 0511/ 643 3588

Version: 10.09.2009

Die erste Auflage dieses Textes ist 2001 im damaligen Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung erschienen, die zweite Auflage im Juli 2008 und die dritte Auflage im Januar 2009 im LBEG.

Autoren

- Dr. Farhad Raissi, Tel.: 0511/ 643 3581
mail: Farhad.Raissi@lbeg.niedersachsen.de
- Dr. Udo Müller, Tel.: 0511/ 643 3594
mail: Udo.Mueller@lbeg.niedersachsen.de
Landesamt für Bergbau,
Energie und Geologie
Stilleweg 2, 30655 Hannover
Internet: <http://www.lbeg.niedersachsen.de>
- Dr. Henning Meesenburg, Tel.: 0551/ 69401 170
mail: Henning.Meesenburg@nw-fva.de
Nordwestdeutsche Forstliche
Versuchsanstalt,
Abteilung Umweltkontrolle,
Sachgebiet Intensives Umweltmonitoring,
Grätzelstr. 2, 37079 Göttingen
Internet: <http://www.nw-fva.de>