



Geofakten 15

■ **Boden, Wasser**

Auswirkungen von Grundwasserentnahmen auf die forstliche Nutzung

Teil 1: Rechtliche Rahmenbedingungen und Voruntersuchungen

3. Auflage

Hillmann, M., Meesenburg, H., Raissi, F. & Worbes, M.

unter Mitarbeit von Böttcher, A., Guericke, M., Haas, W., Haase, H., Pinz, K., Winkelmann, L., Krieger, K.-H., Müller, U. & Rosenberg, A.

September 2009

Die Auswirkungen von Grundwasserentnahmen auf den Bodenwasserhaushalt, das Wachstum und die Vitalität von Wäldern sind durch ein geeignetes Beweissicherungsverfahren zu ermitteln. Die forstliche Beweissicherung muss konkrete Schritte beschreiben, um nachhaltig negative Wirkungen auf den Bodenwasserhaushalt, die Bodenvegetation sowie die langfristige forstliche Produktion zu ermitteln und angemessen auszugleichen oder zu entschädigen.

Grundwasserentnahme, Grundwasserabsenkung, Bodenwasserhaushalt, forstliche Nutzung, Informationsgrundlagen, hydrogeologisches Gutachten, bodenkundliches Gutachten.

1. Allgemeines

Die Ausführungen gliedern sich in

Teil 1: Rechtliche Rahmenbedingungen und Voruntersuchungen (Geofakten 15) und

Teil 2: Forstliches Beweissicherungsverfahren (Geofakten 16, HILLMANN et al. 2009).

1.1 Problematik der Grundwasserentnahme in Waldgebieten

Aufgrund des zunehmenden Bedarfs an Trink- und Brauchwasser sahen sich in den 70er und 80er Jahren viele Städte und Landkreise Niedersachsens mit Problemen hinsichtlich ihrer Wasserversorgung konfrontiert. Eine Erweiterung bestehender Anlagen sowie eine Erschließung neuer Entnahmegebiete war erforderlich, um den steigenden Bedarf langfristig decken zu können.

Bewaldete Grundwasserentnahmegebiete gelten im Vergleich mit häufig durch Pflanzenschutz- und Düngemittel behandelten landwirtschaftlich genutzten Flächen als Liefergebiete sauberen Trinkwassers. Daher wurden zahlreiche Wassergewinnungsanlagen vorrangig in bewaldeten Gebieten eingerichtet.

Derzeit werden etwa 606 000 ha Landesfläche als Wasserschutz- und Wassergewinnungsgebiete in Anspruch genommen. Davon sind ca. 40 % mit Wald bestockt (s. Tab. 1).

Tab. 1: Wassergewinnung in Waldflächen Niedersachsens (einschließlich Talsperren; NFV 2004).

Wasserschutzgebiete (einschließlich WSG im Verfahren)	davon Wald		
	ha	ha	%
Schutzzone 1	18 229	8 734	48
Schutzzone 2	52 089	29 793	57
Schutzzone 3	535 839	205 552	38
WSG Summe	606 157	244 079	40

Die Entnahme von Grundwasser (GW) kann negative Auswirkungen auf die Ökosystemkompartimente Boden und Vegetation haben. Weiter gehende Hinweise zu diesem Thema sind u. a. bei RENGER et al. (1984), MULL (1987), RENGER, WESSOLEK & RIEK (1996) und RAISSI & MÜLLER (2009a, b) zu finden. Je nach Höhe der geförderten Grundwassermenge verursachen die Entnahmebrunnen eine unterschiedliche Absenkung des Grundwassers. In Abhängigkeit von den hydrogeologischen Gegebenheiten bildet sich im Umkreis jedes Brunnens ein charakteristischer Entnahmetrichter (s. Abb. 1).

Bei einer Nutzung oberflächennaher Grundwasservorkommen ergibt sich eine direkte Beeinflussung des für das Pflanzenwachstum bedeutenden Bodenwasserhaushaltes. Bei gegebenen hydraulischen Verbindungen kann auch eine Grundwasserentnahme aus tieferen Stockwerken Absenkungen des Grundwasserstandes der darüber liegenden Stockwerke bewirken.

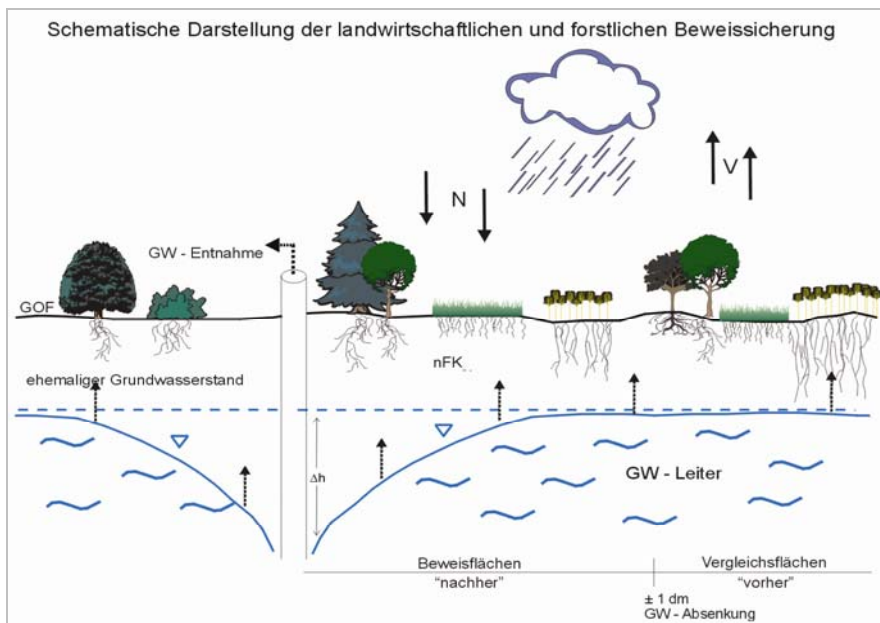


Abb. 1: Schematische Darstellung der Änderung des Grundwasserflurabstandes durch Grundwasserentnahme (Absenkungstrichter) und Lage der Beweis- ($\Delta h > 1$ dm GW-Absenkung) und Vergleichsflächen ($\Delta h < 1$ dm GW-Absenkung) (nach MÜLLER & RAISSI 2002).

Eine entscheidende Rolle für das Wachstum des Waldes spielen die Nährstoffausstattung und das Wasserhaltevermögen des Bodens, die Durchwurzelbarkeit des Substrates sowie das Niederschlagsangebot in der Hauptwachstumszeit (ADHOC-AG BODEN 1994, 2005; ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG 1996). Je nach Baumart, Alter, Bestandesaufbau, Vitalität, Durchwurzelungstiefe und Lage des Kapillarsaumes sind Waldbestände in unterschiedlichem Maße betroffen.

Mit den Änderungen des Bodenwasserhaushaltes ändern sich auch die Eigenschaften des Bodens. Hierzu zählen z. B. Bodengefüge, Lagerungsdichte sowie Durchwurzelbarkeit (s. RAISSI, MÜLLER & MEESENBURG 2009). Darüber hinaus kann sich auch eine Verschlechterung¹ der Nährstoffverfügbarkeit und eine Abnahme der biologischen Aktivität im Boden ergeben. Eine unzureichende Wasserversorgung führt zu Defiziten bei der Nettoassimilation (Aufbau von Biomasse) und bewirkt ungünstigere klimatische Bedingungen im Kronenraum, da die Luftfeuchte sinkt und die Lufttemperatur steigt.

In Waldökosystemen mit Grundwasseranschluss, in denen der GW-Flurabstand in der Regel kleiner als 5 m ist, wird der Wasserhaushalt des Waldes durch den Niederschlag, den kapillaren Aufstieg

aus dem Grundwasser und die Evapotranspiration bestimmt. Bei einer Absenkung des Grundwassers wird die Rate des kapillaren Aufstiegs aus dem Grundwasser verringert. Eine Minderung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers ist die Folge, die auch zu einer Verknappung der Nährstoffverfügbarkeit führen kann.

Waldökosysteme besitzen bis zu einem gewissen Grad die Fähigkeit zur Selbstregulation. Auswirkungen der Wasserentnahme treten zum Teil erst mit einer zeitlichen Verzögerung in Erscheinung und äußern sich z. B. in einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber biotischen und abiotischen Schadeinwirkungen.

Die vorliegende Anleitung beschreibt den Stand der forstlichen Beweissicherung und soll einheitliche Empfehlungen zur Wahl und zum Ablauf geeigneter Verfahren geben. Damit wird der Forderung des Waldprogramms Niedersachsen entsprochen, ein forstökologisches Beweissicherungsverfahren zu entwickeln (NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN 1999).

1.2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die Entnahme von Grundwasser ist eine Gewässernutzung im Sinne des Niedersächsischen Wassergesetzes (NWG) in der Fassung vom 25. Juli 2007 und bedarf als solche einer behördlichen Erlaubnis oder Bewilligung (§ 3 NWG).

¹ Bei sehr hoch anstehendem Grundwasser (grundnasse und grundfeuchte Standorte) kann eine Absenkung des Wasserstandes eine Verbesserung der Wachstumsbedingungen bedeuten.

In den Antragsunterlagen zur Erteilung eines Wasserrechtes auf Grundwasserentnahme (i. d. R. Erlaubnis nach § 10 oder Bewilligung nach § 13 NWG) sind die derzeitige Situation sowie die künftigen Veränderungen durch die Grundwasserentnahme und die Auswirkungen auf die verschiedenen Umweltkompartimente darzulegen. In Abhängigkeit von der Entnahmemenge wird zusätzlich eine Umweltverträglichkeitsprüfung notwendig.

Wenn im Laufe des Verfahrens nicht alle Auswirkungen auf die Umwelt abschließend zu beurteilen und zu bescheiden sind, kann die verfahrensführende Behörde entsprechende Beweissicherungskonzepte mit Maßnahmen zur Beobachtung und Feststellung des Zustandes vor, während oder nach der Benutzung anordnen (s. NWG §§ 5, 30). Ergeben sich im Laufe der Beweissicherung neue Erkenntnisse, sollte das Beweissicherungsprogramm aktualisiert und angepasst werden. Regelmäßige Zwischenauswertungen sind zu empfehlen. Die Kosten der Beweissicherungsprogramme hat der Antragsteller zu tragen.

Eingetretene Vermögensschäden sind angemessen auszugleichen. Art und Maß der Entschädigung ist in § 55 NWG geregelt.

Durch die Maßnahmen der Beweissicherung sollen mögliche Veränderungen des Grundwasserhaushaltes festgestellt werden, die durch die Grundwasserförderung verursacht werden. Sollten durch das angeordnete Beweissicherungsverfahren Beeinträchtigungen festgestellt werden, die ursächlich im Zusammenhang mit der Grundwasserentnahme stehen, ist insoweit das Nachverfahren gemäß § 15 Abs. 1 NWG durchzuführen, d. h. es bleibt die Entscheidung über die Einwendungen, da sich zur Zeit nicht feststellen lässt, ob und in welchem Maße nachteilige Wirkungen eintreten werden, einem späteren Verfahren vorbehalten, in dem ggf. über deswegen festzusetzende Auflagen und Entschädigungen entschieden wird.

Nicht vollkommen auszuschließende nachteilige Einflüsse der beantragten Maßnahme auf den Grundwasserhaushalt stehen einer Erteilung der Bewilligung bzw. Erlaubnis nicht entgegen, wenn zum Zeitpunkt der Entscheidung nicht feststellbar ist, ob und in welchem Maße die nachteiligen Wirkungen eintreten werden. Dieses gilt auch, wenn die Auswirkungen durch Auflagen weder verhütet noch ausgeglichen werden können. Auch hier ist die Entscheidung über die deswegen festzusetzenden Auflagen und Entschädigungen einem späteren Verfahren vorbehalten (§ 15 Abs. 1 NWG).

2. Verfahrensablauf

Sind Hinweise auf mögliche Beeinträchtigungen gegeben, sollte ein Beweissicherungsverfahren eingeleitet werden. Falls durch die Erkundung festgestellt wird, dass Waldflächen durch die Grundwasserförderung betroffen sind, wird nach folgenden Ablaufschema verfahren (s. Abb. 2):

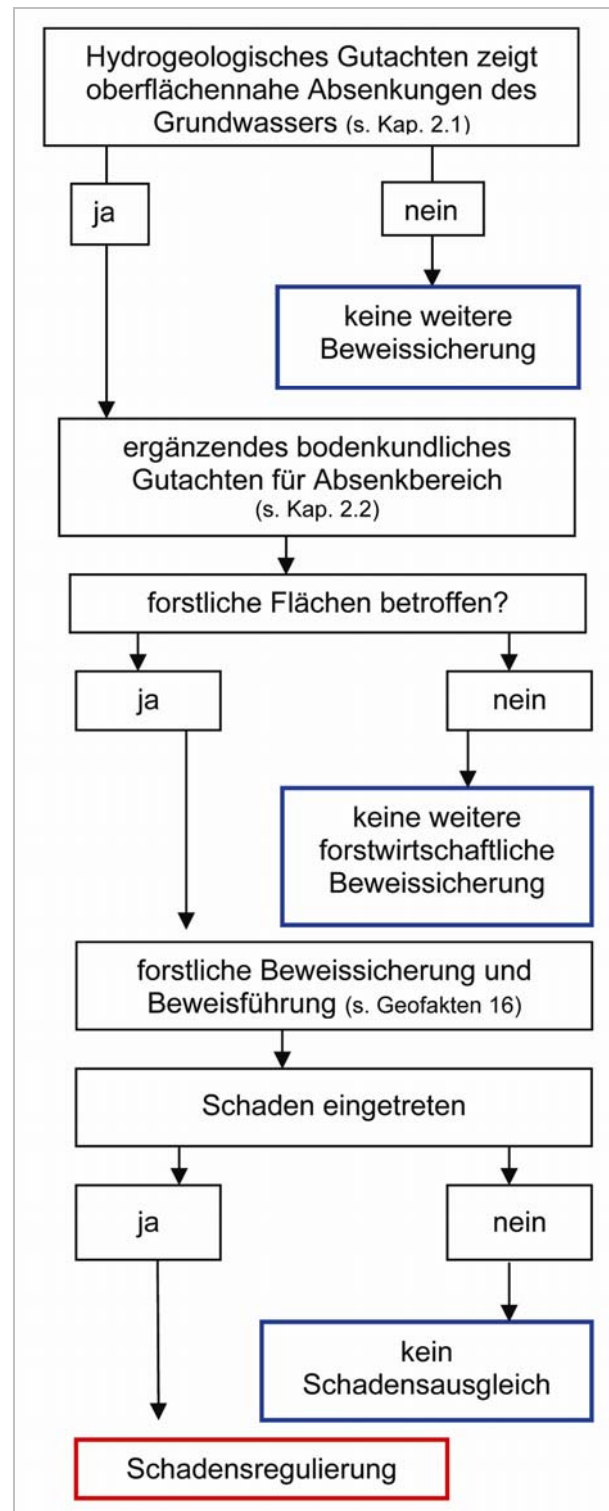


Abb. 2: Ablaufschema für eine forstliche Beweissicherung.

Die Erkundung der Einflüsse durch eine GW-Entnahme beinhaltet ein hydrogeologisches Gutachten, in dem u. a. der Grundwasserflurabstand ermittelt wird. In begründeten Fällen sollte ein bodenkundliches Gutachten die klimatische Wasserbilanz und den Wasserbedarf der Waldbestände ermitteln. Als Ergebnis der Erkundung sind Waldflächen auszuweisen, in denen eine Beeinträchtigung des Wasserhaushaltes durch GW-Absenkung möglich ist und eine forstliche Beweissicherung durchgeführt werden sollte.

2.1 Hydrogeologisches Gutachten

Die Abgrenzung des Bearbeitungsgebietes erfolgt zuerst durch die hydrogeologische Festsetzung des maximalen Absenkungsgebietes bei der beantragten maximalen Entnahmemenge („worst case“).

Der Absenkungsbereich (vgl. Abb. 2 in den Geofakten 1; JOSOPAIT, RAISSI & ECKL 2009) und der Absenkungsbetrag müssen im hydrogeologischen Gutachten dargestellt werden. Nur für diesen Bereich sind die Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt (Gliederungspunkte B4 und B5 in den Geofakten 1) zu beurteilen (Abb. 1).

In den GeoFakten 1 werden die Anforderungen an Wasserrechtsanträge zur Grundwasserentnahme formuliert. Im Rahmen der Prognose der entnahmebedingten Veränderungen ist demnach auch der Flurabstand als Grundlage zur Abschätzung der Grundwasserentnahme auf Ökologie und Nutzungen zu berücksichtigen (DVWK 1986, DVGW 2008).

2.2 Bodenkundliches Beweissicherungsgutachten

Falls aufgrund der hydrogeologischen Untersuchungen nicht mit Sicherheit auszuschließen ist, dass durch die Grundwasserentnahme Änderungen im Bodenwasserhaushalt hervorgerufen werden, ist ein bodenkundliches Beweissicherungsgutachten auf der Grundlage einer großmaßstäblichen Erhebung zu erarbeiten (Abb. 3).

Die Auswirkungen auf die forstliche Nutzung durch die GW-Entnahme gegenüber dem natürlichen Zustand sind durch einen Vergleich vor und nach dem GW-Eingriff zu überprüfen.

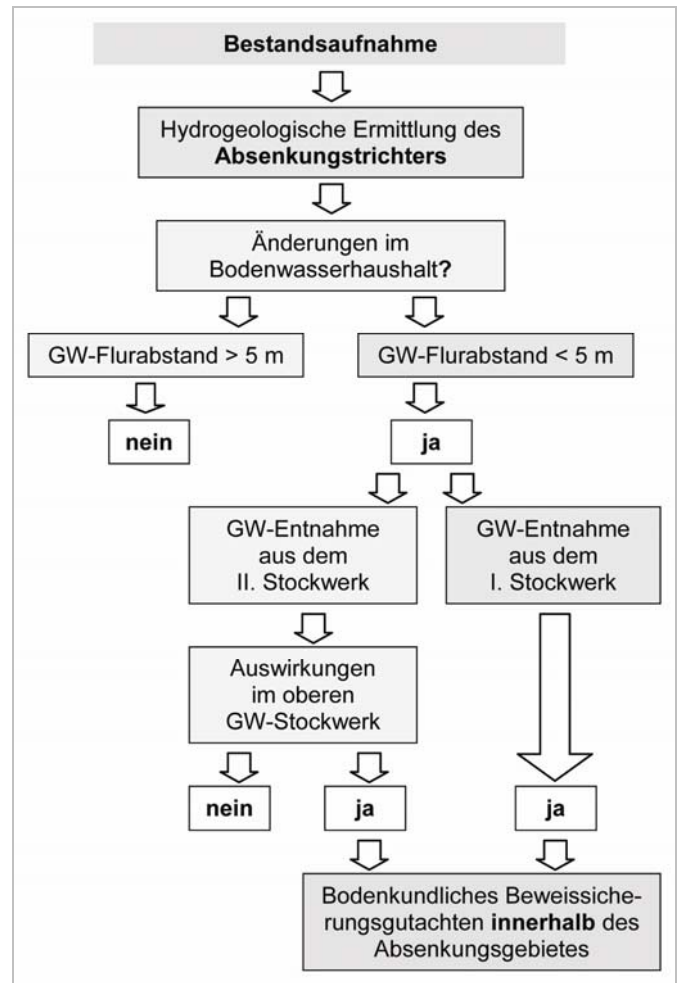


Abb. 3: Notwendige Bestandsaufnahme vor der Erstellung eines bodenkundlichen Beweissicherungsgutachtens (nach RAISSI & MÜLLER 2009b).

2.2.1 Unterlagen für das bodenkundliche Beweissicherungsgutachten

Neben bodenkundlicher Kartierung sowie Sichtung und Auswertung vorhandener Archivunterlagen werden die notwendigen Daten für die Ermittlung der klimatischen Wasserbilanz beispielsweise beim Deutschen Wetterdienst (DWD) bezogen. Dabei sollte möglichst auf regionalisierte Daten zurückgegriffen werden (MÜLLER & RAISSI 2002). Das maßgebliche Verfahren zur Verdunstungsberechnung ist die Gras-Referenzverdunstung, die nutzungs- (Baumart und –alter) und bodenspezifisch ermittelt wird (ATV-DVWK 2002).

Für ein bodenkundliches Beweissicherungsgutachten werden u. a. auch forstlich relevante Unterlagen ausgewertet (s. Tab. 2).

Tab. 2: Forstlich relevante Unterlagen für bodenkundliche Beweissicherungsgutachten (nach MÜLLER & RAISSI 2002, ergänzt).

Informationsunterlagen	Maßstab	Bezugsquelle
Forstliche Standortskarte	1 : 10 000	NLF ¹ , LBEG ² , LWK Nds. ³
Forstliche Betriebskarte	1 : 10 000	NLF, LWK Nds.
Bodenübersichtskarte BÜK 50	1 : 50 000	LBEG
Bodenkarte BK 25	1 : 25 000	LBEG
Bodenkarte auf Grundlage der Bodenschätzung DGK 5B	1 : 5 000	Katasterämter, LBEG
Grundwasserabsenkungsbereich	wechselnd	Landkreise, LBEG
Grundwasserflurabstandspläne	wechselnd	Landkreise, LBEG
Hydrologischer Atlas von Deutschland	1 : 2 000 000	BfG ⁴ , IHF ⁵ NLWKN ⁶

¹ Niedersächsische Landesforsten

² Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

³ Landwirtschaftskammer Niedersachsen

⁴ Bundesanstalt für Gewässerkunde

⁵ Institut für Hydrologie Freiburg

⁶ Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

2.2.2 Kennwerte des Bodenwasserhaushaltes

In einem bodenkundlichen Beweissicherungsgutachten müssen vorrangig die Kenngrößen erfasst werden, die den Bodenwasserhaushalt von Waldstandorten kennzeichnen (s. MÜLLER 2004):

- effektive Durchwurzelungstiefe W_e
Die effektive Durchwurzelungstiefe W_e kann in Abhängigkeit von Bodenarten, Niederschlagsmenge und Bestandesalter nach RAISSI, MÜLLER & MEESENBURG (2009) geschätzt werden.
- nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes $nFKW_e$ (s. MÜLLER 2004, AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005)
- kapillare Aufstiegsrate aus dem Grundwasser KR (s. MÜLLER 2004, AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005)
- kapillare Aufstiegshöhe aus dem Grundwasser KA (s. MÜLLER 2004, AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005)
- Grenzflurabstand GFA_b (s. MÜLLER 2004, AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005)
- pflanzenverfügbares Bodenwasser W_{pfl} (s. MÜLLER 2004, AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005)

Die bodenkundliche Ansprache sollte folgende Merkmale umfassen: Horizontabfolge, Bodenart, Skelettgehalt, Humusgehalt, Lagerungsdichte sowie Merkmale für Grund- oder Stauwassereinfluss (MÜLLER & RAISSI 2002). Aus diesen Merkmalen können die oben genannten Kenngrößen zum Bodenwasserhaushalt abgeleitet werden (AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005; MÜLLER 2004).

2.3 Abschätzung des Auswirkungsgrades von Grundwasserentnahmen

Im bodenkundlichen Beweissicherungsgutachten wird für den gesamten Absenkungsbereich abgeschätzt, ob die vorhandenen Waldbestände unter unbeeinflussten Bedingungen (vor der GW-Entnahme) Anschluss an das Grundwasser haben (Abb. 4). Für die Flächen mit GW-Anschluss wird dann geprüft, ob der Bodenwasserspeicher allein jederzeit eine ausreichende Wasserversorgung der Waldbestände gewährleisten kann. Dort, wo dies der Fall ist, benötigen die Bäume kein zusätzliches Wasser aus dem Grundwasser und können dementsprechend nicht durch eine GW-Absenkung beeinträchtigt werden. Der Wasserbedarf der Waldbestände ergibt sich aus der Verdunstung bei uneingeschränkter Wasserversorgung. Von uneingeschränkter Wasserversorgung kann ausgegangen werden, wenn die Menge an pflanzenverfügbarem Bodenwasser 50 % der nutzbaren Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes ($nFKW_e$) nicht unterschreitet. Bei Unterschreitung dieses Grenzwertes muss mit einer Einschränkung der Verdunstung gerechnet werden (RENGER, STREBEL & GIESEL 1974; RENGER & STREBEL 1982; GRANIER et al. 1999; ATV-DVWK 2002). Ob der Bodenwasserspeicher für die Verdunstung ausreicht, kann durch die Abschätzung der klimatischen Wasserbilanz (Niederschlag minus Verdunstung) während der Vegetationszeit (KWB_v) ermittelt werden. Als Vegetationszeit wird der Zeitraum zwischen dem 01.05. und 30.09. festgelegt. Überschreitet das klimatische Wasserbilanzdefizit während der Vegetationszeit 50 % der nutzbaren Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes

(nFKWe), so besteht ein zusätzlicher Bedarf an kapillar aufsteigendem Wasser aus dem Grundwasser. Dies Verfahren setzt voraus, dass der Bodenwasserspeicher zu Beginn der Vegetationszeit bis zur Feldkapazität gefüllt ist. Ist dies nicht der Fall, so muss das Defizit bis zum Erreichen der Feldkapazität zusätzlich zum klimatischen Wasserbilanzdefizit addiert werden.

Wenn ein Bedarf an kapillar aufsteigendem Wasser aus dem Grundwasser besteht, wird die Menge an pflanzenverfügbarem Bodenwasser (Wpfl) vor und nach der GW-Absenkung abgeschätzt (s. RAISSI & MÜLLER 2009b, MÜLLER 2004). Der Auswirkungsgrad der GW-Absenkung wird als Differenz zwischen dem pflanzenverfügbaren Bodenwasser (Wpfl) vor und nach der GW-Absenkung (ΔW_{pfl}) ermittelt. Diese wird in Beziehung zu dem pflanzenverfügbaren Bodenwasser (Wpfl) vor der GW-Absenkung gesetzt (MÜLLER 2004). Der Auswirkungsgrad wird für die maximale GW-Absenkung für Normaljahre (Median des Betrachtungszeitraumes), für Trockenjahre und feuchte Jahre (jeweils 20 %-Perzentil) eines mindestens dreißigjährigen Zeitraums ermittelt. Dies ermöglicht dann eine Festlegung des Umfangs eines forstlichen Beweissicherungsverfahrens.

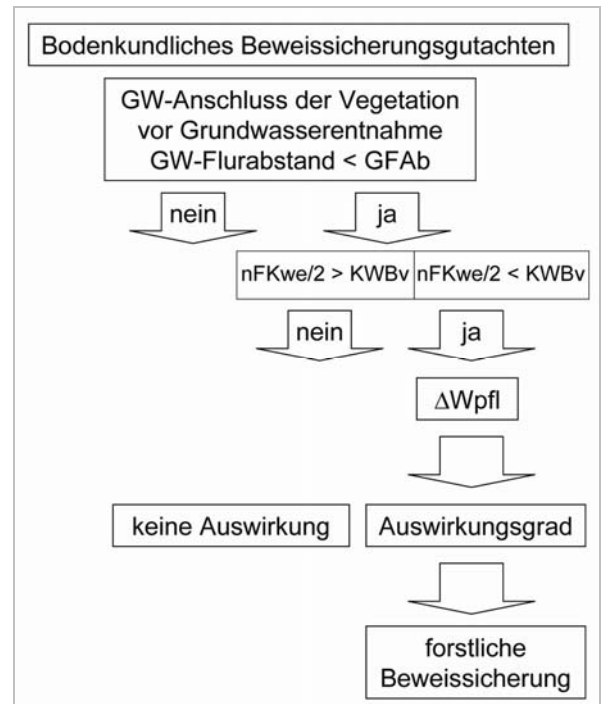


Abb. 4: Ablaufschema für ein bodenkundliches Beweissicherungsverfahren (nach RAISSI & MÜLLER 2009b, modifiziert).

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).
- ATV-DVWK - DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL (2002): Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. – Merkblatt **M 504** (GFA, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik, Anhang D1); Hennef.
- DIN 4049 (1994): Hydrologie, Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie. – 80 S.; Berlin (Beuth).
- DVGW – Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (2008): Beweissicherungs- und Bewertungsverfahren für Grundwasserentnahmen. – Arbeitsblatt **W 150**; Bonn.
- DVWK - DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1986): Beweissicherung bei Eingriffen in den Bodenwasserhaushalt von Vegetationsstandorten. – Merkblatt **208** 24 S.; Hamburg (Parey).
- GRANIER, A., BRÉDA, N., BIRON, P. & VILLETTE, S. (1999): A lumped water balance model to evaluate duration and intensity of drought constraints in forest stands. – *J. Hydrol.* **116**: 269–283.
- HILLMANN, M., MEESENBURG, H., RAISSI, F. & WORBES, M. (2009): Auswirkungen von Grundwasserentnahmen auf die forstliche Nutzung, Teil 2: Forstliches Beweissicherungsverfahren. – 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* **16**: 9 S., 5 Abb.; Hannover (LBEG).
- JOSOPAIT, V., RAISSI, F. & ECKL, H. (2009): Hydrogeologische und bodenkundliche Anforderungen an Wasserrechtsanträge zur Grundwasserentnahme. – 4. Aufl., *Geofakten* **1**: 6 S., 4 Abb.; Hannover (LBEG).
- 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).
- MULL, R. (Hrsg.) (1987): Anthropogene Einflüsse auf den Bodenwasserhaushalt. – 110 S.; Weinheim (VCH).
- NFV (2004): Wassergewinnung in Waldflächen Niedersachsens. – Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt [Unveröff.].
- NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1999): Waldprogramm Niedersachsen. – Schriftenreihe Waldentwicklung in Niedersachsen **3**; Wolfenbüttel.
- NWG (2007): Niedersächsisches Wassergesetz in der Fassung vom 25. Juli 2007.– *NdsGVBl.*: 345.
- 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).
- RAISSI, F., MÜLLER, U. & MEESENBURG, H. (2009): Ermittlung der effektiven Durchwurzelungstiefe von Forststandorten. – 4. Aufl., *Geofakten* **9**: 7 S., 1 Abb., 8 Tab.; Hannover (LBEG).
- RENGER, M. & STREBEL, O. (1982): Beregnungsbedürftigkeit der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Niedersachsen. – *Geol. Jb.* **F 13**; Hannover.
- RENGER, M., STREBEL, O., SPONAGEL, H. & WESOLEK, G. (1984): Einfluß von Grundwasserabsenkungen auf den Pflanzenertrag landwirtschaftlich genutzter Flächen. – *Wasser und Boden* **10**: 499–502.
- RENGER, M., WESOLEK, G. & RIEK, W. (1996): Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf Land- und Forstwirtschaft. – *Niedersächsische Akademie der Geowissenschaften* **11**, 98 S.; Hannover.

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: 16.09.2009

Die erste Auflage dieses Textes ist 2004 im damaligen Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung erschienen, die zweite Auflage im Juli 2008 im LBEG.

Autoren

- Martin Hillmann, Tel.: 0511/ 3665-1441,
mail: Martin.Hillmann@lwk-niedersachsen.de
Landwirtschaftskammer Hannover
Johannsenstr. 10, 30159 Hannover
Internet: <http://www.lwk-niedersachsen.de>
- Dr. Henning Meesenburg, Tel.: 0551/ 69 401-170,
mail: Henning.Meesenburg@nw-fva.de
Nordwestdeutsche Forstliche
Versuchsanstalt, Abteilung Umweltkontrolle,
Sachgebiet Intensives Umweltmonitoring,
Grätzelstr. 2, 37079 Göttingen
Internet: <http://www.nw-fva.de>
- Dr. Farhad Raissi, Tel.: 0511/ 643-3581,
mail: Farhad.Raissi@lbeg.niedersachsen.de
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
Stilleweg 2, 30655 Hannover
Internet: <http://www.lbeg.niedersachsen.de>
- PD Dr. Martin Worbes, Tel.: 0551/ 399-504,
mail: mworbes@gwdg.de
Institut für Tropischen Pflanzenbau
Grisebachstr. 6, 37077 Göttingen
Internet: <http://www.gwdg.de>
- Andreas Böttcher, Tel.: 05135/ 9297-14,
mail: Andreas.Boettcher@nfa-fuhrberg.niedersachsen.de
Niedersächsisches Forstamt Fuhrberg
Funktionsstelle Waldökologie und Waldnaturschutz
Am Försterkamp 3, 30938 Fuhrberg
Internet: <http://www.nfa-fuhrberg.niedersachsen.de>
- Prof. Dr. Martin Guericke, Tel.: 03334/ 65-457,
mail: martin.guericke@fh-eberswalde.de
Fachhochschule Eberswalde – Waldcampus
Alfred-Möller-Str. 1, 16225 Eberswalde
Internet: <http://www.fh-eberswalde.de>
- Walter Haas
ehemals Bezirksregierung Hannover
- Henry Haase, Tel.: 05194/ 9894-12,
mail: Henry.Haase@nfa-sellhorn.niedersachsen.de
Niedersächsisches Forstamt Sellhorn
Sellhorn 1, 29646 Bispingen
- Dr. Katharina Pinz, Tel.: 04131/ 8545-271,
mail: Katharina.Pinz@nlwkn-lg-niedersachsen.de
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz
Adolph-Kolping-Str. 6, 21337 Lüneburg
Internet: <http://www.nlwkn-lg-niedersachsen.de>
- Lutz Winkelmann, Tel.: 0511/ 3665-1447,
mail: Lutz.Winkelmann@lwk-niedersachsen.de
Landwirtschaftskammer Hannover
Johannsenstr. 10, 30159 Hannover
Internet: <http://www.lwk-niedersachsen.de>
- Dr. Kurt-Heiner Krieger, Tel.: 0511/ 643-2485,
mail: Kurt-Heiner.Krieger@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. Alexander Rosenberg, Tel.: 0441/ 801-704,
mail: a.rosenberg@lwk-niedersachsen.de
Landwirtschaftskammer Weser-Ems
Mars-la-Tour-Str. 1-3, 26121 Oldenburg
Internet: <http://www.lwk-niedersachsen.de>