



Geofakten 19

■ Boden, Wasser, Baugrund

Durchführungspläne für die Beweissicherung zum Bewilligungsbescheid zur Entnahme von Grundwasser

5. Auflage

Raissi, F., Weustink, A., Müller, U., Nix, T., Meesenburg, H. & Rasper, M.

September 2009

Die Auswirkungen von Grundwasserentnahmen auf den Bodenwasserhaushalt und auf die Bodennutzung sollten durch ein geeignetes Beweissicherungsverfahren ermittelt werden. In einem Beweissicherungsdurchführungsplan müssen je nach Bodennutzung konkrete Schritte beschrieben werden, um nachhaltig negative Wirkungen auf den Bodenwasserhaushalt und die Vegetation zu ermitteln und angemessen auszugleichen oder zu entschädigen.

Grundwasserentnahme, Grundwasserabsenkung, Beweissicherungsverfahren, Durchführungspläne: Hydrogeologie, Bodenkunde, Land- und Forstwirtschaft, naturschutzrechtliche Belange, Beweissicherung Fließgewässer und Bauwerke.

1. Allgemeines

In der Regel werden mit der Erteilung der Bewilligung für die Grundwasserentnahme Auflagen verbunden. Hierdurch sollen u. a. auch Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf die Umwelt festgestellt und ggf. angemessen ausgeglichen oder entschädigt werden (NWG 2007; DVWK 1986; JOSOPAIT, RAISSI & ECKL 2009; RAISSI & MÜLLER 2009a, 2009b; RAISSI, MÜLLER & MEESENBURG 2009; MÜLLER & RAISSI 2002; HILLMANN et al. 2009a, 2009b, ECKL & RAISSI 2009).

Vorgaben dazu werden im wasserrechtlichen Bescheid oder in einem speziellen Durchführungsplan für die Grundwasserbeweissicherung geregelt. Dem Wasserversorger (Wasserrechtsinhaber) können Verpflichtungen auferlegt werden. Dazu gehören im Regelfall Grundwassermessung, Installation von Betriebsstundenzählern, Wasserstandsmessungen in Entnahmebrunnen und Grundwassermessstellen, Niederschlags- und Lysimetermessungen, Erweiterung und Optimierung des Grundwassermessstellennetzes, hydrologische Untersuchungen zum Wasserstand und (Basis-)Abfluss, Ermittlung von Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf Land- und Forstwirtschaft, grundwasserabhängige Biotope, Altbaumbestände und Hecken sowie Einzelbaumbestände. Es kann aber auch zweckmäßig sein, die Fließgewässer (Fischbestand und Gewässerlimnologie) sowie Gebäudebeweissicherungen mit aufzunehmen.

Die vorgenannte Aufzählung möglicher Beweissicherungsmaßnahmen wird den Erfordernissen des Einzelfalls der Wasserentnahme angepasst werden müssen. Die durchzuführenden Untersuchungen sollen so konzipiert sein, dass sie gesicherte Aussagen (aus wasserwirtschaftlicher, hydrogeologischer, bodenkundlicher und land- und forstwirtschaftlicher Sicht im Hinblick auf den Naturschutz sowie für andere potenziell Betroffene und Einwender) ermöglichen. Dazu gehören die Erarbeitung von Konzepten für die Grundwasserbeweissicherung aus hydrogeologischer, bodenkundlicher, land- und forstwirtschaftlicher sowie pflanzensoziologischer Sicht.

2. Grundlagen

Die folgende Zusammenstellung wurde auf Grundlage langjähriger Erfahrungen zu Wasserrechtsverfahren in niedersächsischen Lockergesteinsgebieten abgeleitet (s. Abb. 1). Als Grundlage für eine Beweissicherung ist die hydrogeologische und bodenkundliche Situation zu betrachten. Im Mittelpunkt steht die Frage, ob eine Grundwasserabsenkung stattgefunden hat und wie hoch ihr Ausmaß ist.

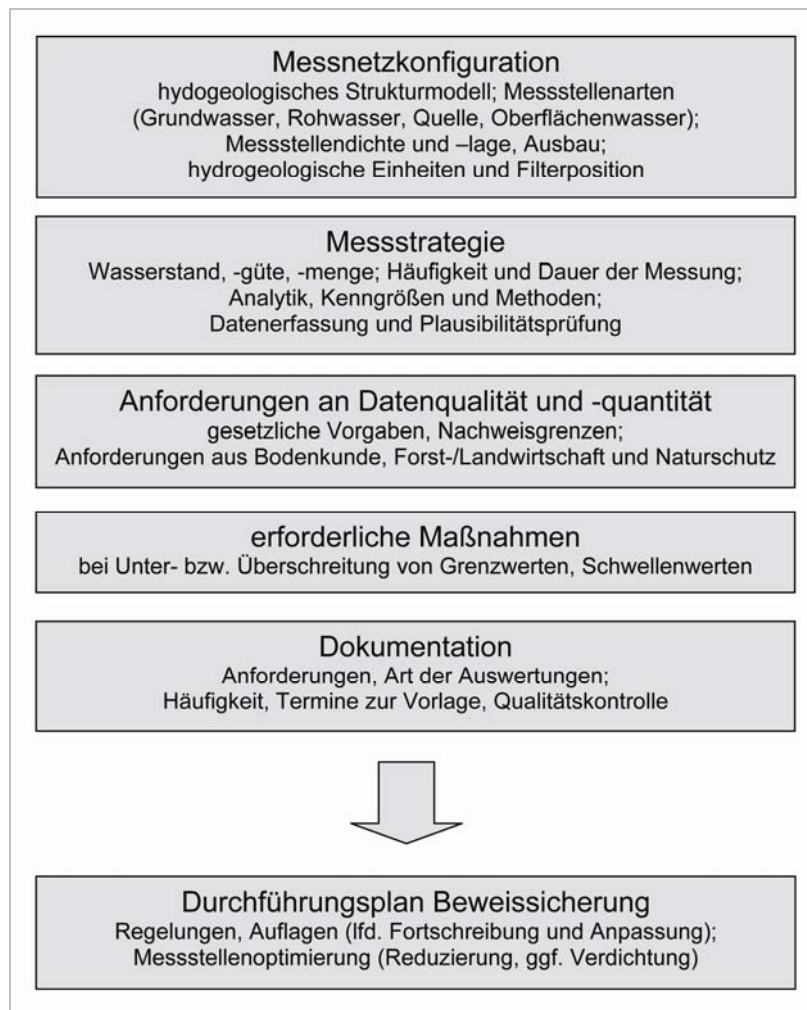


Abb. 1: Hinweise zur Aufstellung des Durchführungsplanes (modifiziert nach BUWAL 2004).

2.1 Hydrogeologie

Die Ermittlung von Grundwasserstandsveränderungen sollte durch einen Vergleich der aktuellen Grundwasserstände (aktuelle Grundwassergleichkarte des entnahmebedingten Förderzustandes) mit dem Nullzustand (unbeeinflusster Zustand ohne Grundwasserentnahme) mittels Grundwasserdifferenzplänen erfolgen.

Zur Erfassung der größten vorkommenden Grundwasserabsenkung in der Umgebung einer Fassungsanlage werden Betriebsspiegelpläne, die der genehmigten maximalen Tages- und/oder Jahresentnahmemenge entsprechen (Prognosezustand), einem Ruhewasserspiegelplan (Nullzustand) gegenüber gestellt. Dabei ist das Bild des Absenkungstrichters mittels Absenkungsplänen (Differenzplänen) darzustellen. Die Zeit, bis sich der Absenkungstrichter im Fall einer größeren Grundwasserentnahmemenge ausreichend ausgebildet hat („quasi stationär“), kann im Extremfall einige Jahre betragen. Ein Absenkungstrichter gilt im

Allgemeinen als vollständig ausgebildet, wenn der zu erwartende Restabsenkungsbetrag ≤ 10 cm ist. Die Zeitspanne bis zum Erreichen des Beharrungszustandes kann aus bereits durchgeführten Pumpversuchen abgeschätzt werden.

Der Betriebsspiegelplan der größten Grundwasserentnahmemenge (Prognosezustand) sollte zu einem Zeitpunkt niedriger Grundwasserstände ermittelt werden. Es ist auch möglich, Betriebsspiegelpläne klimabereinigt darzustellen, indem durch die Heranziehung vieljähriger Messreihen unbeeinflusster Vergleichsmessstellen die einzelnen Wasserstandswerte der Pläne auf mittlere Grundwasserstände (außerhalb der Absenkung) korrigiert werden.

Klimatische Unterschiede im Grundwassergewinnungsgebiet können durch geeignete Referenzmessstellen mit langjährigen Beobachtungszeiträumen und deren Auswertung mit statistischen Verfahren berücksichtigt werden. Für die Ermittlung von Veränderungen wird der Zeitraum des

höchsten Wasserbedarfs der Pflanzen (z. B. im Juni) und damit der höchsten Auswirkungen auf den Pflanzenertrag gewählt. Eine weitere Möglichkeit der Auswertung ergibt sich bei Betrachtung des Zeitraums des niedrigsten Grundwasserstandes und höchster Wasserentnahme.

Die vorhandenen Daten sollen eine Interpretation der Grundwasserfließrichtung, des Ausmaßes und der Reichweite der Grundwasserabsenkung und Aussagen zur Grundwasserbeschaffenheit ermöglichen. Für die Beweissicherung ist es erforderlich, dass der räumliche Aussagebereich über den Absenkungsbereich hinausgeht.

Es ist ganz entscheidend, den maßgeblichen Vergleichszustand zugrunde zu legen. Die unterschiedlichen Rechtsauffassungen der ehemaligen Bezirksregierungen über den maßgeblichen Vergleichszustand im Rahmen der Grundwasserentnahme (neuer Antrag, erweiterte Entnahme oder Verlängerung einer bestehenden Grundwasserentnahme) sind inzwischen durch das Niedersächsische Umweltministerium eindeutig geregelt worden (NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM 2004). Demnach ist der maßgebende Bezugszustand bei der Beantragung von Wasserrechten für private Nutzungen (Land- und Forstwirtschaft) der so genannte Nullzustand gegenüber dem Prognosezustand.

2.2 Bodenkunde

Eine Grundwasserentnahme als Eingriff in die Landschaft kann mit nachteiligen Auswirkungen auf die Vegetation, insbesondere auf den Ertrag land- und forstwirtschaftlicher Nutzpflanzen verbunden sein. Eine bodenkundliche Beweissicherung stellt den Nullzustand vor der Grundwasserentnahme fest. Auch können vegetationsökologische Aufnahmen auf Dauergrünland und in Waldbeständen durchaus zweckmäßig sein (s. DIN 19686, DIN 2003).

Die Abgrenzung des Bearbeitungsgebietes erfolgt durch die hydrogeologische Ermittlung und Festsetzung des Absenkungsgebietes (s. JOSOPAIT, RAISSI & ECKL 2009). Zunächst werden die bodenhydrologischen Verhältnisse und die Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf die Vegetation innerhalb des Absenkungstrichters festgestellt (s. RAISSI & MÜLLER 2009b). Als Bemessungsgrundlage zur Beurteilung der Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf Land- und Forstwirtschaft gilt die Situation vor der Grundwasserentnahme (auch bei erweiterter Bewilligung). Deshalb sollten bei der Bewertung der Auswirkungen (Beweissiche-

rung) die entnahmebedingten Grundwasserabsenkungen im Vergleich zum Nullzustand (für den Zustand ohne Entnahme) ermittelt und dargestellt werden (s. Kap. 2.1).

An Hand der Bodenmerkmale ist es möglich, eine relativ genaue Ermittlung der Grundwasserverhältnisse vor der Absenkung zu rekonstruieren, und dann ursprüngliche und zu erwartende Grundwasserstände bodenhydrologisch zu bewerten (RAISSI & MÜLLER 2009a).

2.2.1 Ermittlung der Grundwasseramplitude

Ein wichtiger Parameter für die Beurteilung der Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen durch Grundwasserentnahme ist die Grundwasseramplitude. Die Ermittlung und Abschätzung der Grundwasseramplitude als Eingangsgröße ist ein unerlässlicher Kennwert für die Bewertung des Bodenwasserhaushalts, z. B. als Kenngröße zum kapillaren Aufstieg (KA), der kapillaren Aufstiegsrate (KR) und des Grenzflurabstands. Neben den aktuellen Grundwasserstandangaben ist es zweckmäßig, die langjährigen Grundwasseramplituden anzugeben.

In der Regel lässt sich die Grundwasserschwan- kung in gut zeichnenden Böden an der Ober- und Untergrenze des Go-Horizontes ablesen und in typischen Grundwasseramplituden darstellen (s. AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005). Die Merkmale des Go-Horizontes bleiben in der Regel auch bei Grundwasserabsenkungen erhalten. Ein weiteres Merkmal für die Bestimmung der Grundwasseramplitude ist die Obergrenze des Gr-Horizontes, der ebenfalls bei guten Zeichneigenschaften des Bodens abgebildet ist. Die Größe der Grundwasseramplitude in Böden hängt im Wesentlichen vom vorherrschenden Grundwasserregime und dem Substrat (Wasserleitfähigkeit) ab. In der Regel kann von ca. 1 m Grundwasseramplitude im Boden ausgegangen werden. Die typischen Grundwasserverläufe können allerdings je nach Boden- substrat und regionalen Klimaverhältnissen abweichen.

Aufgrund umfangreicher Bodenkartierungen und langjähriger Beobachtungen in Bodenregionen mit unterschiedlichen Substraten konnten typische Abweichungen festgestellt werden. Das Ergebnis einer systematischen Auswertung von Bodenprofilen aus der Profildatenbank des NIBIS[®] ist in Tabelle 1 (GEHRT & RAISSI 2008) dargestellt. Die hier angegebenen Grundwasseramplituden gelten nur für die jeweils grundwasserbeeinflussten Böden innerhalb der Bodenregion.

Tab. 1: Mittlere Grundwasseramplituden [dm] in Abhängigkeit von Bodenregion und Bodenartengruppen.

Bodenlandschaft Niedersachsens (aggregiert) ^{***}	Bodenregion	mittlere Grundwasseramplitude [dm]
Verbreitungsgebiete lehmiger Sedimente	Geest	8
	Bergvorland	12
	Bergland	10
Verbreitungsgebiete der Löss- und Sandlöss-gebiete	Geest	12
	Bergvorland	16
	Bergland	12
Verbreitungsgebiete der Marschensedimente	Küstenholozän (Inseln und Marschen)	4
		8
Verbreitungsgebiete der Karbonatgesteine	Bergvorland	8
Verbreitungsgebiete der Torfe	in allen Bodenregionen	2–6*
Verbreitungsgebiete der Niederterrassen- und Auensedimente	Flusslandschaften	10
	Geest	10
	Bergvorland	10
	Bergland	10
Verbreitungsgebiete der sandigen Sedimente ^{****}	Küstenholozän (Inseln)	4
	Geest	8
	Bergvorland und Bergland	10
Verbreitungsgebiete der Tonsteine	Bergvorland und Bergland	2–6**

* in Abhängigkeit von der Entwässerungsmaßnahme

** in Abhängigkeit von der Tiefenlage des Tonsteins

*** die Benennung erfolgt in Anlehnung an die konventionell festgelegte Bezeichnung der Bodenlandschaften Niedersachsens

**** außerhalb der Auen, Niederterrassen und Marschen

Bei der Ableitung von Grundwasseramplituden sollte berücksichtigt werden, dass der Witterungsverlauf eines Jahres den Beginn des Sickerwasserflusses und die Menge des Sickerwassers beeinflusst. Damit werden auch der Grundwasseranstieg und der Grundwasserabfall in erheblichem Maße durch Klima- und Witterungsverlauf gesteuert.

2.2.2 Beurteilung von Grundwasserständen

In der Regel wird der kapillare Aufstieg auf der Basis des mittleren Grundwasserniedrigstandes berechnet (MNGW). Bei der Beurteilung der standörtlichen Grundwasserverhältnisse mit kurzen Vegetationszeiträumen (z. B. Getreideanbau) ist zu empfehlen, zusätzlich eine Berechnung auf Grundlage des mittleren Grundwasserstandes (MGW) durchzuführen. Der mittlere Grundwasserstand ist aus Tabellen (s. AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005) bzw. Bodenmerkmalen abzuleiten; er liegt ungefähr in der Mitte des Go-Horizontes.

In Tabelle 2 sind die Grundwasserstände aufgeführt, die bei unterschiedlichen Bodennutzungen herangezogen werden können.

Tab. 2: Grundwassermerkmale als Parameter zur Berechnung der standörtlichen Grundwasserverhältnisse.

Bodennutzung/ Vegetationszeit	Grundwasserstände		
	MHW	MGW	MNGW
	Obergrenze Go	Mitte Go	Obergrenze Gr
Getreidebau / 15.05.–14.07.	❖	❖	❖
Hackfrucht / 15.06.–14.09.	❖		❖
Grünland / 15.05.–14.09.	❖		❖
Forst / 01.05.–30.09.	❖		❖

3. Beweissicherung

3.1 Beweissicherung Grundwasser, Gewässer und Bauwerke

3.1.1 Grundwasser

Um förderbedingte Grundwasserabsenkungen nachzuweisen, ist ein ausreichendes Netz von geeigneten Grundwassermessstellen erforderlich, die bereits vor Inbetriebnahme der Brunnen über einen ausreichenden Zeitraum, mindestens jedoch über ein Jahr, ein- bis zweimal monatlich gemessen wurden. Diese Daten ermöglichen die Erarbeitung eines Grundwassergleichenplans für den unbeeinflussten Zustand (Nullzustand). Nach Inbetriebnahme der Brunnen wird aus den Daten der gleichen Messstellen ein Betriebsspiegelplan entwickelt.

Die Differenz der Standrohrspiegelhöhen zwischen Förderzustand (Istzustand) und ohne Entnahme (Nullzustand) wird ermittelt. Der entstehende Grundwasserdifferenzenplan zeigt die flächenmäßige Ausdehnung (die Reichweite) und die Grundwasserabsenkungsbeträge (das Ausmaß) der entstandenen Grundwasserabsenkungen, die ausschließlich auf die Förderung zurückzuführen sind. Die durch Entnahme bedingten Grundwasserabsenkungen müssen unter Verwendung des dargestellten Istzustandes unter der Berücksichtigung klimatischer und entwässerungsbedingter Veränderungen ermittelt werden.

Bei erweiterter Bewilligung sollte der Versuch unternommen werden, die bereits eingetretenen Veränderungen sowie deren Auswirkungen auf die oberflächennahen Grundwasserstände darzustellen und zu bewerten. Für die Darstellung des Nullzustandes (ohne Entnahme) können ältere Unterlagen herangezogen werden. Ist dies nicht mehr möglich, muss der Nullzustand anhand geeigneter Vergleichsmessstellen aus der Umgebung abgeschätzt werden. Diese Abschätzung sollte durch einen Bodenkundler im Gelände überprüft werden.

In Einzelfällen kann auch die Erstellung eines numerischen Grundwasserströmungsmodells sinnvoll sein (NEUSS & DÖRHÖFER 2000, GEOINFORMETRIC 2004, KADEN et al. 2004). Das Grundwassermodell wird auf der Grundlage des Hydrogeologischen Strukturmodells aufgestellt (vgl. FH-DGG 1999) und anhand der im Gelände gemessenen Daten der Stichtagsmessungen (MNGW) über den Vergleich von im Gelände gemessenen und mit dem Modell berechneten Standrohrspiegelhöhen kalibriert (vgl. KADEN et al. 2004). Auf der Grundlage der Kalibrierung wird die Grund-

wasserförderung für das Wasserwerk im Modell abgeschaltet, um den Nullzustand (ohne Entnahme) zu rekonstruieren.

Mit Hilfe eines Modells können auch Prognosezustände, z. B. bei der Erhöhung der Grundwasserentnahme, erstellt werden. Durch den Vergleich mit dem Nullzustand entsteht ein entsprechender Differenzenplan. Der Differenzenplan zeigt die potenzielle zusätzliche förderbedingte Grundwasserabsenkung gegenüber dem Istzustand durch eine weitere Mehrentnahme (Erhöhung des Wasserrechts).

3.1.2 Gewässer

Grundwasserentnahmen können je nach Ausmaß und Reichweite Veränderungen im Fließverhalten von stehenden und fließenden Gewässern herbeiführen. Ist die Beweissicherung auch auf die Frage der Beeinträchtigungsmöglichkeit von oberirdischen Gewässern gerichtet, müssen die Standorte und Filterpositionen einiger Grundwassermessstellen dieser Aufgabenstellung besonders angepasst sein. Bei der Überwachung der Grundwasserverhältnisse in der Umgebung von Seen, insbesondere Baggerseen, sind Messstellen vor allem oberstrom und unterstrom der Seen anzuordnen, wo am ehesten mit Wasserstandsänderungen zu rechnen ist. Auch in unmittelbarer Nähe von Fließgewässern (Talauen) können flache Grundwassermessstellen zur Beurteilung der Situation notwendig werden.

Infolge von Grundwasserabsenkungen des oberflächennahen Grundwassers kann sich der Abfluss in den Oberflächengewässern mehr oder weniger reduzieren. Die Abflussminderungen können den Lebensraum der aquatischen Fauna und Flora erheblich beeinträchtigen.

ELSHOLZ & BERGER (1998) nennen im Rahmen der Beschreibung der Gebietswasserhaushalte für die 32 hydrologischen Landschaften Niedersachsens gebietstypische Richtwerte für Niederschlag, Abfluss (s. Tab. 3) und Verdunstung auf der Grundlage einer umfassenden Bestandsaufnahme und Auswertung von Messdaten verfügbarer Oberflächenwasserpegel in Niedersachsen. Die gebietstypischen Abflusshöhen können als Plausibilitätsgrenzwerte für den Gebietswasserhaushalt der relativ großen Räume angesehen werden. Sie beinhalten in vielen Gebieten allerdings bereits vorhandene, z. T. sehr große Grundwasserentnahmen. In vielen Teilgebieten dieser Landschaften, vor allem in den höher gelegenen Einzugsgebieten, sind die Abflusshöhen aber meist wesent-

lich kleiner, da ein großer Teil des neu gebildeten Grundwassers erst im weiteren Abstrom dem Vorfluter zufließt. Da die Entnahmemengen im Verhältnis zum Grundwasserabstrom meist klein sind, können Beeinflussungen des Abflussverhaltens nur in kleinen Einzugsgebieten eindeutig erkannt werden, in denen die Entnahmemenge im Verhältnis zum Abfluss relativ groß ist.

Bei einer andauernden Unterschreitung des Oberflächenwasserabflusses von den gebietstypischen Richtwerten ist eine Beeinflussung des Abflussregimes als Folge einer Grundwasserentnahme zu vermuten. Hier werden im Rahmen der Beweissicherung weitergehende Untersuchungen zur Überwachung des Oberflächenwasserabflusses und abflussstatistische Auswertungen auf der Grundlage mehrjähriger Messreihen (gewässerkundliche Hauptzahlen im Gewässerkundlichen Jahrbuch) empfohlen.

Tab. 3: Abflüsse in den hydrologischen Landschaften Niedersachsens, gebietstypische Richtwerte aus Mittelwerten der Reihe 1972–1995 (ELSHOLZ & BERGER 1998).

Hydrologische Landschaften	gebietstypischer Abfluss [mm]/a	
	Schwankungen von	bis
Altmark	110	130
Börde	130	150
Drawehn	130	170
Ostbraunschweig	160	180
Ostheide	170	200
Weser-Aller-Geest	200	220
Moorgeest	210	240
Nordostheide	190	240
Calenberger Vorland	210	240
Wildeshauser Geest	220	250
Obere Hunte	240	260
Obere Leine	200	270
Bourtanger Moor	270	290
Harzvorland	250	300
Carumer Geest	280	300
Hümling	290	310
Löninger Höhen	290	310
Südheide	270	320
Emsland	300	320
Nordheide	290	330
Wümme-Geest	300	330
Wesermünder Geest	290	330
Dwergter Geest	310	330
Zevener Geest	290	340
Friesische Geest	300	340
Ith-Hils-Bergland	300	350
Vechte	310	350
Osnabrücker Bergland	310	420
Weserberge	340	460
Solling	370	490
Harzrand	390	640
Oberharz	660	1000

Je nach hydrogeologischer und wasserwirtschaftlicher Situation sollte der Trockenwetterabfluss (Basisabfluss) aus ökologischen Gründen nicht vermindert werden. Die Abflussverhältnisse in den niedersächsischen (Küsten-)Marschen sind bei starker Überprägung (z. B. durch Entwässerung, Zuwässerung, Kanalisierung, Tideschwankungen usw.) bezüglich der Abflusshöhe gesondert zu betrachten.

3.1.3 Bauwerke

Grundwasserspiegelabsenkung

Eine Grundwasserentnahme mit der daraus resultierenden Grundwasserabsenkung kann in den entwässerten Bodenschichten Setzungen oder Setzungsunterschiede initiieren. Über die Fundamentierung – beispielsweise Einzel-, Streifen- oder Plattenfundamente – werden diese Setzungen oder Setzungsunterschiede in die Bausubstanz eingetragen. Tiefgründungen, wie Pfahlgründungen etc., können durch Setzungen überbelastet werden, wenn an den Pfählen negative Mantelreibung aktiviert wird. Hölzerne Fundamentteile, wie beispielsweise historische Holzpfähle, werden – wenn sie nicht mehr von Grundwasser umgeben sind – zersetzt. In größeren Setzungsmulden treten zudem Pressungen und Zerrungen auf, so dass Verkehrswege, Versorgungsleitungen etc. Zwangsspannungen ausgesetzt sind, die zu Schäden bis hin zum Bruch führen können.

Setzungen durch eine Absenkung der Grundwasseroberfläche sind zum einen auf eine Zusatzbelastung des Korngerüsts durch fehlenden Auftrieb (insbesondere in nichtbindigen Sedimenten wie Sanden etc.) und zum anderen auf das Schrumpfen bindiger Böden (Ton, Schluff etc.) durch mit abnehmendem Wassergehalt zunehmende Kapillarspannung zurückzuführen. Maßgebend für eine Einschätzung der Setzungen in nichtbindigen Sedimenten sind die Schichtmächtigkeit, der Steifemodul sowie das Absenkungsmaß der Grundwasseroberfläche. Das Ausmaß von Setzungen in bindigen Sedimenten ist hingegen abhängig von der Schichtmächtigkeit, der Wassergehaltsabnahme und dem Porenanteil. Von diesen Grundlagen ausgehend lassen sich folgende allgemeingültige Zusammenhänge formulieren:

- Organische/organogene Böden (Mudde, Torf etc.) reagieren auf ein Absinken des Grundwasserspiegels äußerst sensibel. Setzungen sind abhängig vom Grundwasserabsenkungsbetrag und können mehrere Zentimeter bis Dezimeter betragen.
- Bindige Böden (Lehm, Löss, Ton etc.) reagieren auf ein Absinken des Grundwasserspiegels sensibel. Das Ausmaß der Schrumpfsetzungen kann aus dem linearen Anteil der Schrumpfkurve und der zu erwartenden Wassergehaltsänderung abgeschätzt werden. Setzungen sind abhängig vom Grundwasserabsenkungsbetrag und können mehrere Zentimeter bis Dezimeter betragen.

- In bindigen Böden sowie im Überlagerungsfall (nichtbindige Böden über bindigen Böden und bindige Böden über nichtbindigen Böden) sind Gebäudeschäden durch Schrumpfsetzungen insbesondere dann zu erwarten, wenn die Grundwasseroberfläche unter die Untergrenze bindiger Schichten absinkt und/oder der kapillare Aufstieg die Wassergehaltsabnahme des Bodens nicht mehr ausgleichen kann.
- Nichtbindige, mitteldicht- bis dichtgelagerte Böden (Sand, Kies etc.) reagieren auf ein Absinken des Grundwasserspiegels unsensibel. Das Ausmaß der Setzungen aufgrund des fehlenden Auftriebs ist gering. Stärkere Setzungen aufgrund fehlenden Auftriebs sind in locker gelagerten, nichtbindigen Böden (Sand etc.) zu erwarten.
- In Festgesteinen ist das Ausmaß von Setzungen durch ein Absinken des Grundwasserspiegels zu vernachlässigen. Allerdings sind die Auswirkungen überlagernder bindiger oder nichtbindiger Böden oder ein möglicherweise zu Hebungen führender Kristallisationsdruck (Gips etc.) zu beachten.
- Bei großem Grundwasserflurabstand sind geringere Setzungen als bei kleinem Grundwasserflurabstand zu erwarten.
- Liegt das Absenkmaß innerhalb der langjährigen jahreszeitlichen Schwankungsbreite des Grundwasserspiegels, d. h. unterschreitet der sich durch das Absinken der Grundwasseroberfläche einstellende maximale Flurabstand nicht den langjährigen natürlich vorhandenen Flurabstand, so sind die betroffenen Bauwerke nicht zusätzlich gefährdet.

Die Setzungsempfindlichkeit eines Bauwerks im Einwirkungsbereich einer Grundwasserentnahme ist in erster Linie von der Steifigkeit des Baumaterials und der Konstruktion abhängig. Ein schlaffes Bauwerk schmiegt sich der entstehenden Setzungsmulde an. Ein biegesteifes Bauwerk ist bestrebt, Setzungsunterschiede und Setzungen durch die Verlagerung von Spannungen auszugleichen. Für die Bewertung der Auswirkungen von Setzungen in Grundwasserabsenkungsbereichen sind dementsprechend weniger die vertikalen Gesamtsetzungen als die zu erwartenden Setzungsunterschiede – beispielsweise durch einen variablen geologischen Untergrunderbau mit Rinnenfüllungen etc. – entscheidend. Ein starres Bauwerk erzwingt in solchen Fällen nicht unbedingt gleichmäßige Setzungen; es können Schiefstellungen auftreten.

Als für die Bausubstanz zulässige Setzungen oder Setzungsunterschiede werden Verformungen bezeichnet, die bauwerksverträglich sind – d. h. den Verwendungszweck nicht beeinträchtigen. Bauwerksverträgliche Verformungen garantieren jedoch nicht zwangsläufig Rissfreiheit. Bauwerke für die eine Rissfreiheit zu gewährleisten ist – „weiße Wannen“, Flüssigkeitsbehälter, Wasserbecken etc. – erfordern eine gesonderte Betrachtung.

Sind – durch eine geotechnisch sachverständige Bewertung des Absenkmaßes und der räumlichen Ausdehnung des Absenktrichters, der Schichtmächtigkeit, des Schrumpfverhaltens, der Lagerungsdichte etc. – negative Auswirkungen auf den vorhandenen Gebäudebestand und die sonstige bautechnische Infrastruktur nicht auszuschließen, wird empfohlen, ein geotechnisches Gutachten erstellen zu lassen. Der geotechnische Gutachter prüft, ob die vorgesehene Grundwasserentnahme zu Deformationen am vorhandenen Bestand von Gebäuden und bautechnischer Infrastruktur führt (HERTH & ARNDTS 1985; DGGT 1997, 2004).

Wenn die zu erwartenden Deformationen über das zulässige, tolerable Ausmaß hinausgehen – d. h. den Verwendungszweck beeinträchtigende Schäden an Gebäuden, Versorgungsleitungen und/oder Verkehrswegen zu erwarten sind – ist aus bautechnischer Sicht die geplante Grundwasserentnahme in der vorgesehenen Form nicht zulässig. Die geplante Grundwasserentnahmemenge und damit der entstehende Absenktrichter sind zu reduzieren, so dass kritische Baugrundareale nicht unzulässig beeinträchtigt werden.

Sind auf der Grundlage des geotechnischen Gutachtens Setzungsauswirkungen auf den vorhandenen Gebäudebestand und die sonstige bautechnische Infrastruktur nicht auszuschließen, wird empfohlen, ein Beweissicherungsverfahren durchzuführen.

Grundwasserspiegelanstieg

Wird die Wasserentnahme reduziert oder eingestellt, steigt der Grundwasserspiegel wieder an. Die Folge können u. a. Vernässungsschäden an Gebäuden oder Infrastruktur (Kanalisationen etc.) sein, da Geländehebungen oder Geländesenkungen beim Wiederanstieg des Grundwassers nicht reziprok zum Absenkungsprozess erfolgen. Folgende allgemeingültige Zusammenhänge lassen sich formulieren:

- Setzungen durch Absenkung der Grundwasseroberfläche entstehen in bindigen Sedimenten (Ton etc.) allmählich, in nichtbindigen Se-

dimenten (Sand etc.) sehr schnell nach Grundwasserspiegelsenkung und dem Erreichen eines Beharrungszustandes. Nach Reduzierung/Einstellung der Grundwasserentnahme und Wiederanstieg der Grundwasseroberfläche auftretende Geländehebungen – infolge zunehmenden Auftriebs, Quellung etc. – erreichen lediglich 1–10 % (Tone > 10 %) der vorausgegangenen Geländesetzungen (PRINZ 2006).

- Lokal auftretende organische Einlagerungen – Torf, Mudde etc. – zersetzen sich bei der Grundwasserabsenkung durch Einwirkung des zutretenden Sauerstoffs und bilden ein poröses Gefüge, welches unter Eigenlast – durch Wegfall des Auftriebs – oder zusätzliche Auflast konsolidiert. Beim Wiederanstieg des Grundwassers nimmt dieses organische Material viel Wasser auf, die entstehenden Hebungen sind jedoch deutlich geringer als die durch eine Grundwasserabsenkung verursachten Setzungen.
- Insbesondere in Lössböden, locker gelagerten Sanden etc. – sind infolge der Vernässung beim Wiederanstieg des Grundwasserspiegels Setzungen oder Sackungen zu erwarten. Ursache betragsmäßig gravierender Sackungen ist der Verlust „scheinbarer Kohäsion“ (Oberflächenspannung an Kornberührungspunkten) und/oder eine Schwächung beziehungsweise Zerstörung interpartikularer Bindungen (Zementierung, Schichtsilikatbrücken). Sackungen können in locker gelagerten, Sanden oder Löss deutlich größer als die abgeschätzten rein kompressiven Setzungen sein (FEESER, PETH & KOCH 2001).
- Zur Bewertung möglicher Bodendeformationen ist neben einer Vernässung durch den Anstieg des Grundwasserspiegels auch die Vernässung durch Aufstieg von Kapillarwasser zu berücksichtigen. In trockenen, locker gelagerten, nichtbindigen Sedimenten führt beispielsweise eine erste kapillare Durchfeuchtung zu erheblichen Sackungen, wohingegen nach wiederholter Vernässung deutlich geringere Sackungen auftreten (GRIMMER 2006).

Aus den dargestellten Zusammenhängen ergeben sich drei wesentliche – beim Wiederanstieg des Grundwasserspiegels zu beachtende – Szenarien:

- Beim Wiederanstieg des Grundwasserspiegels gerät das Korngerüst unter Auftrieb. Hebungen in wiederbenetzten, mitteldicht- bis dicht gelagerten Sanden sowie Hebungen durch das Quellen von Ton, Schluff etc. sind in der Regel

geringer als die vorausgegangenen Setzungen. Eine Schädigung der Bausubstanz ist nicht zu erwarten.

- Wurde die Geländeoberfläche durch Setzungen organischer Böden etc. im Zuge der Grundwasserabsenkung dauerhaft abgesenkt, sind beim Grundwasserwiederanstieg direkte Vernässungsschäden (nasse Keller, aufschwimmende Fundamente etc.) sowohl im Altgebäudebestand als auch bei Neubebauung zu beachten. Infolge der Geländesenkung stellt sich der ansteigende Grundwasserspiegel lokal oberhalb der Geländeoberfläche oder mit geringem Flurabstand ein. In Kellerräumen oder Untergeschoßen kann aufgrund der relativen Hochlage des Grundwasserspiegels Wasser oder Feuchtigkeit eindringen.
- In Lössböden oder locker gelagerten Sanden können infolge einer Vernässung durch Grundwasserspiegelwiederanstieg oder Kapillarseraufstieg erneute Setzungen/Sackungen und somit weitergehende Bauwerksschäden (s. o.) oder direkte Vernässungsschäden verursacht werden. Maßgebend für die Größenordnung der Setzungen/Sackungen sind bodenphysikalische Faktoren wie Korngröße und Korngrößenverteilung, Kornform, Dichte und Porenzahl, Wassergehalt sowie äußere Faktoren wie Auflastspannung und Zeitpunkt der Benetzung (erstmalig oder wiederholt). Basierend auf Laborversuchen werden für Lössboden unter Auflast relative Sackungen von bis zu 7,75 % und für belastete Donaukiese relative Sackungen von bis zu 5,23 % beschrieben (in GRIMMER 2006).

Die aufgeführten Zusammenhänge sind bereits bei der Planung/Genehmigung einer Grundwasserentnahme zu berücksichtigen. Sind auf der Grundlage des geotechnischen Gutachtens (s. o.) beim Grundwasserwiederanstieg weitere Einwirkungen auf den vorhandenen Gebäudebestand und die sonstige bautechnische Infrastruktur nicht auszuschließen, wird empfohlen, ein Beweissicherungsverfahren durchzuführen.

Beweissicherung

Die Beweissicherung von Bauwerken baut auf einer detaillierten Bestandsaufnahme auf. Bauwerksart, Gründungsart (Flach- oder Tiefgründung, historische Gründungsverfahren, Unterkellerung), Vorschäden, besondere Anforderungen an den Verwendungszweck etc. sind zu erfassen. Betroffene Bauwerke sind in angepasste Empfindlichkeitskategorien einzuordnen (beispielsweise historische Gründung, Flachgründung, Tiefgründung) und im Hinblick auf ihre geologische Gründungssituation und ihre Lage im Grundwasserabsenkungs-/Grundwasserwiederanstiegsbereich (beispielsweise bindige Sedimente/zentral, bindige Sedimente/randlich etc.) zu klassifizieren. Die Gefährdung eines Bauwerks ist als Summenparameter der Empfindlichkeit des Bauwerks gegenüber Deformationen, der geologischen Gründungssituation und der Lage des Bauwerks im Grundwasserabsenkungs-/Grundwasserwiederanstiegsbereich zu bestimmen.

Zur Beweissicherung der vorhandenen Bausubstanz sind durch den Gutachter vor Beginn der Grundwasserentnahme Vermessungsmarken, Gipsmarken, Rissmonitore etc. an Gebäuden, Versorgungsleitungen und Verkehrswegen zu setzen. Beobachtungspunkte sind einzurichten und über den Zeitraum der Grundwasserentnahme sowie des Grundwasserwiederanstiegs regelmäßig einzumessen. Es ist zu beachten, dass Vermessungsmarken etc. und Beobachtungspunkte sowohl in durch die Grundwasserentnahme beeinflussten als auch durch die Grundwasserentnahme nicht beeinflussten Bereichen gesetzt werden.

Durch Grundwassermessstellen ist der Verlauf der Absenkkurve des Absenktrichters nachzuweisen. Abweichungen des tatsächlich beobachteten Absenktrichters vom theoretisch modellierten Absenktrichter sowie jahreszeitliche Schwankungen der Grundwasseroberfläche sind zu dokumentieren und im Hinblick auf resultierende Setzungen und eine Änderung/Erweiterung des Beweissicherungsbereiches zu bewerten.

3.2 Beweissicherung Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Naturschutz

3.2.1 Landwirtschaft

Kann eine Beeinflussung der Vegetation in einem Absenkungsbereich nicht von vornherein ausgeschlossen werden, muss dies überprüft werden. Als Anhaltspunkt für die Festlegung des Untersuchungsgebietes kann in erster Annäherung die 2–3 m-Grundwasserflurabstandslinie herangezogen werden. Die genaue Abgrenzung und Ermittlung des standortspezifischen Grenzflurabstandes wird in einem bodenkundlichen Beweissicherungsgutachten vorgenommen (RAISSI & MÜLLER 2009b, ECKL & RAISSI 2009).

Die Berechnung der Absenkungslinien (± 1 dm Genauigkeit) der Situation „Istentnahme“ gegenüber der Situation „Nullentnahme ohne Förderung“ für das obere Grundwasserstockwerk ist für alle Bodennutzungsarten notwendig (s. ECKL & RAISSI 2009).

Auf jährlich zu ermittelnde Absenkungstrichter kann unter Umständen verzichtet werden, wenn

- die klimatische Wasserbilanz für die Vegetationsperiode kein Defizit aufweist (z. B. in einem feuchten Jahr),
- durch Ermittlung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers ($W_{pfl} = nFKWe + \text{kapillarer Aufstieg}$) kein Bedarf an kapillar aufsteigendem Grundwasser besteht.

Für trockene Jahre gelten die o. g. Kriterien nicht. Daher wird empfohlen, für das obere Grundwasserstockwerk die Differenz zwischen dem aktuellen Förderzustand innerhalb der Vegetationszeit (Juni/Juli) und dem Zustand ohne Entnahme zu ermitteln (s. Kap. 2.1 und 3.1.1). Für die übrigen Feuchttjahre werden als Bezugspunkt die Mittelwerte des Kalenderjahres herangezogen. Die Vegetation reagiert auf Änderungen der Niederschlagsverteilung erst mit Verzögerung.

Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum sind jährlich zu bewerten (Abb. 2). Ertragsbeeinträchtigungen können in der Regel in Prozent der ortsüblichen Erträge ermittelt werden (RAISSI & MÜLLER 2009b).

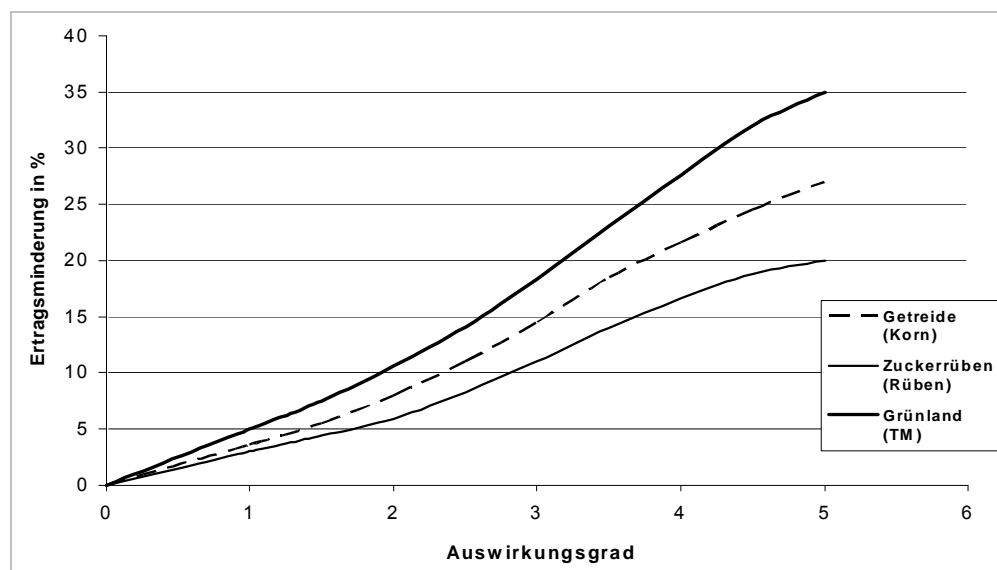


Abb. 2: Abschätzung der Ertragsminderung durch Grundwasserabsenkungen (RAISSI & MÜLLER 2009b).

Bei sehr hohem Auswirkungsgrad (Stufe 5) bewegen sich die Mindererträge z. B. um ca. 27 % bei Getreide, ca. 20 % bei Hackfrüchten und ca. 35 % bei Grünland.

3.2.2 Forstwirtschaft

Als Anhaltspunkt für die Festlegung des Untersuchungsgebietes kann die 5 m-Grundwasserflurabstandslinie herangezogen werden. Die genaue Abgrenzung der betroffenen Forstflächen wird im bodenkundlichen Gutachten zur Beweissicherung nach Vorgaben der KA 4 bzw. KA 5 (AD-HOC-AG BODEN 1994, 2005) und RAISSI, MÜLLER & MEESENBURG (2009) hinsichtlich des Grenzflurabstandes vorgenommen.

Falls auf Grundlage der örtlichen Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für die forstliche Vegetationsperiode zwischen Anfang Mai bis Ende September (HILLMANN et al. 2009a, 2009b) ein klimatisches Wasserbilanzdefizit festgestellt wird und die Grundwassertiefstände (MNGW) vor der

Grundwasserentnahme oberhalb des Grenzflurabstandes gelegen haben, sollte eine forstliche Beweissicherung für potenziell beeinträchtigunggefährdet eingestufte Waldbestände angeordnet werden. Ein monetärer Ausgleich kann entweder auf Basis des entnahmebedingten Holzzuwachsverlustes in Festmetern zu marktüblichen Preisen oder auf Basis einer Pauschalentschädigungsregelung erfolgen.

Nach Auswertung von Klimadaten der Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für den Zeitraum 1961–1990 (forstliche Vegetationsperiode zwischen Mitte April bis Mitte September) lassen sich im Mittel folgende klimatische Wasserbilanzdefizite ableiten (Tab. 4):

Tab. 4: Mittleres klimatisches Wasserbilanzdefizit für ausgewählte Klimastationen des DWD.

DWD-Klimastation	klimatisches Wasserbilanzdefizit/ forstliche Vegetationsperiode [mm]
Friesoythe, Dörpen, Bremervörde, Teufelsmoor und Bad Harzburg	< 20
Löningen, Jork, Oldenburg, Osnabrück, Holzminden und Unterlüß	21–40
Lingen, Nordhorn, Soltau, Rotenburg, Bremen, Hildesheim und Hameln	41–70
Diepholz, Nienburg, Hannover, Uelzen und Celle	71–90
Göttingen, Lüneburg und Helmstedt	91–120
Lüchow	155

Für die Küsten- und Harzregionen besteht kein Defizit. Die nach dem klimatischen Wasserbilanzdefizit fehlende Menge kann entweder über das Speichervermögen der Böden (nFK) abgedeckt werden oder aber auch zusätzlich über den kapillaren Aufstieg aus dem Grundwasser bei grundwassernahen Standorten. In der Regel reicht das Wasserspeichervermögen der Waldböden aus, um ein klimatisches Wasserbilanzdefizit bis zu 80 mm abzudecken.

Nach der forstlichen Ertragstafel (SCHÖBER 1987) kann auf grundwasserfreien Sandstandorten in Kiefernbeständen ein Holzzuwachs von bis zu sechs Festmetern pro Jahr und ha und auf grundwassernahen Sandstandorten von maximal neun Festmetern pro Jahr und ha zum Zeitpunkt der Zuwachskulmination im Alter von 25–45 Jahren erzielt werden. Demnach ist als möglicher Eckwert für Minderzuwächse durch Grundwasserabsenkung auf Böden mit ehemaligem Grundwasseranschluss und optimaler Wasserversorgung von ~ 30 % auszugehen. Die finanzielle Ertragsminderung kann jedoch u. a. durch Verschiebung der Sortimentsstruktur höher ausfallen (s. Abb. 3).

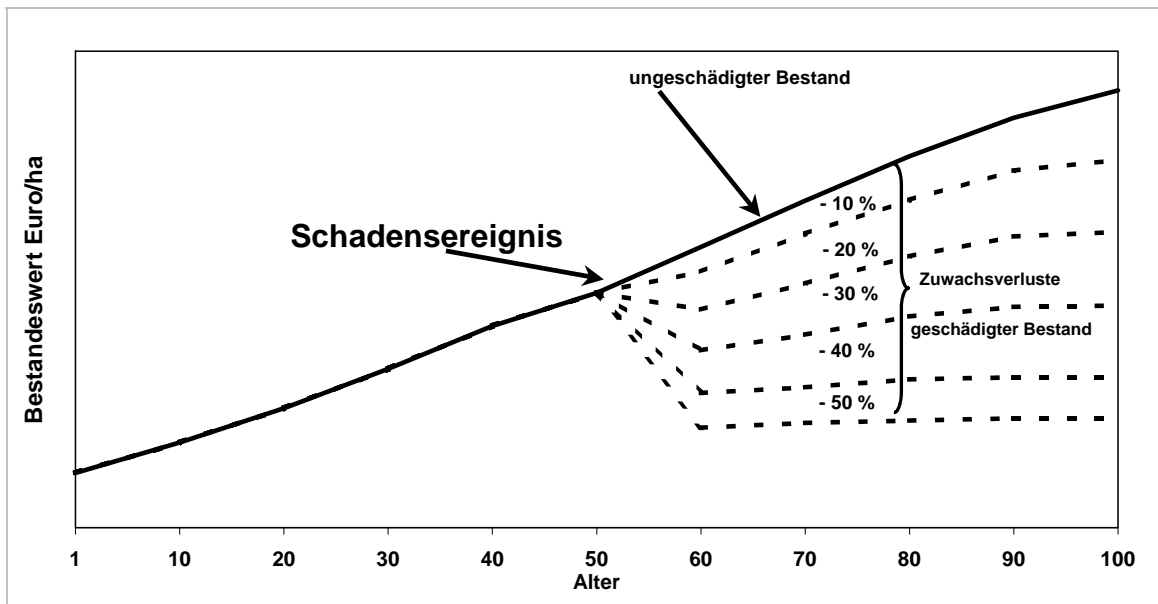


Abb. 3: Bestandserwartungswerte in Abhängigkeit vom Bestandsalter bei ungestörtem Wachstum eines Fichtenbestandes (obere Kurve) bzw. bei gestörtem Wachstum als Folge der Grundwasserentnahme, z. B. beginnend im Alter 50. Mit den unterschiedlichen Auswirkungsgraden gehen entsprechende Zuwachsverluste [in %] einher (HILLMANN et al. 2009b).

3.2.3 Naturschutz

Bei Grundwasserneuerschließungen ist der Zustand von Natur und Landschaft ohne Entnahme zu ermitteln (vgl. RASPER 2004). Für den Zustand mit zukünftiger Grundwasserentnahme kann auf der Basis der hydrogeologischen Einschätzung eine Prognose der Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft erstellt werden.

Bei der Bewilligung einer bereits bestehenden Entnahme wird der Zustand mit Entnahme ermittelt. Soweit die Entnahmemenge geändert wird oder Aussagen über den Zustand von Natur und Landschaft ohne die bisherige Entnahme notwendig sind, muss ebenfalls eine Prognose erstellt werden.

Durch Grundwasserentnahme bedingte Veränderungen wertvoller Biotope sollten u. a. durch Vegetationsaufnahmen dokumentiert und Vorschläge zu Minderung der Schäden gemacht werden. Bei empfindlichen Biotoptypen lassen sich jedoch einmal eingetretene Schäden kaum wieder rückgängig machen (z. B. Mineralisierung von entwässertem Niedermoortorf). Erforderliche Auflagen und Maßnahmen zum Ausgleich möglicher Beeinträchtigungen sollten daher vor der Bewilligung festgelegt werden. Dazu gehören die

- Erfassung und Bewertung des Zustandes von Natur und Landschaft (RASPER 2004),

- Prognose der möglichen Beeinträchtigungen der Belange von Naturschutz und Landschaftspflege,
- Prüfung der Möglichkeiten zur Vermeidung von Beeinträchtigungen,
- Festlegung erforderlicher Auflagen und Maßnahmen zum Ausgleich.
- Festlegung erforderlicher Auflagen und Maßnahmen zur Kompensation (Ausgleich, Ersatz, Ersatzzahlung) im Sinne der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung, s. ECKL & RAISSI (2009).

4. Durchführungspläne

4.1 Durchführungsplan Grundwasser

Eine Festlegung der Arbeitsschritte in einem fortzuschreibenden Durchführungsplan Hydrogeologie und Wasserwirtschaft (Datenerfassung und -aufbereitung, Messturnus, Berichtsturnus und Abgabetermine) erfolgt im wasserrechtlichen Genehmigungsbescheid. Vorab ist zu klären (s. Abb. 1), welche Fragestellungen mit welchen Methoden beurteilt werden sollen, welche fachtechnischen Sicherheiten erforderlich sind und welche Messgrößen im Rahmen der Beweissicherung wie häufig und über welchen Zeitraum zu erfassen sind (MÜLLER 1998).

Der erforderliche Untersuchungsumfang ist abhängig von der Reichweite und dem Ausmaß der

voraussichtlichen Grundwasserabsenkung (Modellprognose) und der Beeinträchtigung mittelbar betroffener Umweltbereiche. Die im Durchführungsplan genannten Untersuchungen werden so lange durchgeführt, bis sich der Absenkungstrichter ausreichend ausgebildet hat.

Für die im Durchführungsplan genannten Auflagen zur Abschätzung des Auswirkungsgrades von Grundwasserentnahmen werden in der Regel folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Messung und Auswertung der Grundwasserstände (Monats-, Tageswerte), Ermittlung der Wasserstände und Abflüsse in Fließ- und Stillgewässern (i. d. R. Sommerhalbjahr, Basisabfluss) und der Klimadaten (Witterungsverhältnisse),
- jährliche Auswertung der Grundwasserganglinien, Darstellung von Extremwerten und der (Druck-)Spiegelschwankungen,
- Erstellung der Grundwassergleichenpläne für das obere Grundwasserstockwerk für den Vegetationszeitraum und zur Ermittlung der Grundwasserfließrichtung,
- Bei vorhandener Grundwasserstockwerkstrennung gilt das auch für das untere Grundwasserstockwerk, jedoch werden hier im Regelfall mittlere Wasserstände zur Ermittlung der Grundwasserfließrichtung und des Einzugsgebietes ausreichen.
- Eine Erstellung der Grundwasserdifferenzpläne kann je nach Grundwasserkörper entweder eine jährliche oder eine drei- bis fünfjährige Ermittlung erforderlich machen. Die Berechnung der Differenzpläne erfolgt durch Vergleich des Istzustandes gegenüber dem Nullzustand zur Darstellung der förderbedingten Absenkung.
- Erstellung der Grundwasserflurabstandspläne für die Vegetationsperiode,
- jährliche Qualitätsanalyse des Rohwassers einzelner Förderbrunnen und der Vorfeldmessstellen (NWG 2007),
- Auswertungen zur Güteentwicklung des Rohwassers (5, 10, 15... Jahre) zur Überwachung der langfristig gewinnbaren Wassermenge,
- Beurteilung der Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf die Grundwasserbeschaffenheit,
- Um Einschränkungen der Grundwasserfördermenge wegen Veränderungen der Grundwasserqualität zu vermeiden, sollten zusätzliche, anlagenbezogene Grundwasseruntersuchun-

gen zu Wasser gefährdenden Stoffen (kontaminierte Standorte, Altlasten) mit einbezogen werden.

- Bei Grundwasserförderungen im Nahbereich von Süß-Salzwassergrenzen (Küstenversalzung oder Tiefenversalzung) werden in Ergänzung der Rohwasseruntersuchungen einzelner Förderbrunnen auch qualitative Untersuchungen zur Grundwasserversalzung (Ca/Mg-Verhältnis, elektrische Leitfähigkeit) an Sondermessstellen zur Erfassung einer eventuell nutzungsbedingten (durch Druckentlastung initiierten) Verschiebung des hydrostatischen Gleichgewichtes (Salz-/Süßwasser) im halbjährlichen Rhythmus, im Regelfall im unteren Grundwasserstockwerk der Grundwasserförderung, erforderlich sein.

Im Rahmen der im Durchführungsplan genannten Grundwasserbeweissicherungsmaßnahmen können ggf. Veränderungen und Optimierungen der Messstellen vorgenommen werden. In Wassergewinnungsgebieten großer Entnahmemengen und großer Messstellendichte wird der Beobachtungsumfang mit Erkenntnisgewinn der fortschreitenden Messungen (durch die Erstellung von Grundwassergleichenkarten) gegebenenfalls reduziert werden. Eine Optimierung von Messnetzen mit großer Messstellenanzahl kann mittels statistischer Verfahren (vgl. LAWA 2000) erreicht werden. Wegen unvermeidlicher Unsicherheiten von Rechenergebnissen und vor allem aus wasserrechtlicher Sicht (Grundwasserbeweissicherungen dienen der Beweisführung von Tatsachen) dürfen Grundwasserstandsmessungen dabei aber nicht durch mathematische Berechnungen ersetzt werden.

Auf Grundlage des kalibrierten Grundwassermodells sind Bereiche herauszustellen, die intensivere und engräumigere Wasserstandsmessungen (z. B. bei Wechselwirkungen Grundwasser/Oberflächengewässer) erfordern. Je nach Region und spezieller Situation des Wassergewinnungsgebietes hat die Optimierung/Anpassung des Durchführungsplans Hydrogeologie und Wasserwirtschaft in Abstimmung mit den beteiligten Stellen der wasserrechtlichen Genehmigung zu erfolgen. Die Auswertungen der Ergebnisse der in den Auflagen formulierten Untersuchungen haben zeitnah (Kalendarjahr, hydrologisches Sommer-/Winterhalbjahr) zu erfolgen.

Die Überwachung und die Auswirkungen der Grundwasserentnahme werden in einem Jahresbericht dokumentiert. Die Berichtsvorlage sollte zu festen Terminen erfolgen. Die o. g. Auswertungen

der Grundwasserbeweissicherungsmessungen beinhalten auch eine Erfassung sämtlicher Erhebungen und Messungen in Datenbanken. Eine Überprüfung der Messungen wird anhand der Modell- und Prognoseberechnungen des hydrogeologischen Gutachtens vorgenommen. Für die Datenweitergabe und das Berichtswesen sind bereits bei der Auftragsvergabe Absprachen bezüglich Datenhaltung und der Austauschformate mit den zuständigen Stellen der wasserrechtlichen Genehmigung, Fachbehörden und den Gutachterbüros zu treffen. Thematische Grundwasserkarten werden im Regelfall als digitale, GIS-orientierte Information weitergegeben.

4.2 Durchführungsplan Gewässer

Die Arbeitsschritte werden in einem fortzuschreibenden Durchführungsplan Gewässer (Datenerfassung und -aufbereitung, Messturnus, Berichtsturnus und Abgabetermine) festgelegt. Es werden in der Regel folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Erfassen der durch die Grundwasserentnahme möglicherweise betroffenen Oberflächengewässer und Quelfassungen innerhalb des Absenkungsgebietes,
- Auswahl und Festlegung von geeigneten Referenzgewässern,
- regelmäßige Abflussmessungen-/ Wasserstandsmessungen an Fließgewässerabschnitten zur Ermittlung der Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf das Gewässersystem,
- Wasserstandsmessungen durch Latten- und Schreibpegel in Fischteichen und Stillgewässern,
- biologische Bestandsuntersuchungen (Fische, Makrozoobenthos, Makrophyten) in den Fließgewässern an verschiedenen Gewässerabschnitten,
- Auswertung der Abflussmessungen, z. B. in Bezug auf den Basisabfluss,
- gegebenenfalls Festlegung eines ökologisch begründeten Mindestwasserabflusses.

4.3 Durchführungsplan Bauwerke

Die Arbeitsschritte werden in einem fortzuschreibenden Durchführungsplan Bautechnische Beweissicherung (Datenerfassung und -aufbereitung, Messturnus, Berichtsturnus und Abgabetermine) festgelegt. Es sind in der Regel folgende Maßnahmen durchzuführen:

- Definition von Empfindlichkeitskategorien für Bauwerke,
- Kategorisierung der geologischen Gründungssituation und der Lage von Bauwerken im Grundwasserabsenkungs-/Grundwasserwiederanstiegsbereich,
- Festlegung von Gefährdungsbereichen,
- bautechnische Bestandsaufnahme bestehender Bauwerke im Einflussbereich der förderbedingten Grundwasserabsenkung,
- Setzen der Vermessungsmarken, Gipsmarken, Rissmonitore, Beobachtungspegel etc.,
- Erfassung und Dokumentation der Messergebnisse (Absenkmaß, Setzungen etc.),
- fortlaufende Dokumentation und Bewertung der Setzungsschäden,
- Bewertung der vorhandenen und sich entwickelnden Schädigungs- bzw. Gefährdungssituation,
- prüffähige und zeitgerechte Überstellung der Ergebnisse an die Genehmigungsbehörde.

4.4 Durchführungsplan Landwirtschaft

Die Arbeitsschritte werden in einem fortzuschreibenden Durchführungsplan Land- und Forstwirtschaft (Datenerfassung und -aufbereitung, Messturnus, Berichtsturnus und Abgabetermine) festgelegt. Grundlage ist die Ermittlung und kartenmäßige Darstellung der bereits eingetretenen förderbedingten Grundwasserabsenkungen.

Es werden in der Regel folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Berechnungen der Grundwasserabsenkungslinie (± 1 dm Genauigkeit): Istzustand gegenüber dem Nullzustand ohne Entnahme für das obere Grundwasserstockwerk, z. B. mit einem Grundwassermodell,
- Einrichtung und Messungen von flachen Grundwassermessstellen (Ablesung in vierzehntägigem Turnus innerhalb der Vegetationsperiode),
- Messung und Auswertung der DWD-Klimadaten (Niederschlag, Verdunstung, klimatische Wasserbilanz (KWB) während der Vegetationszeit),
- Ermittlung und Festlegung der Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf den Bodenwasserhaushalt bei landwirtschaftlicher Bodennutzung (s. Kap. 3.2),

- Bewertung der betroffenen Flächen auf der Grundlage der Absenkungslinie,
- Bewertung des Auswirkungsgrades der entnahmebedingten Grundwasserabsenkungen (RAISSI & MÜLLER 2009b),
- Ausgleich der entnahmebedingten Mindererträge im Schadensjahr (RAISSI & MÜLLER 2009b).

Bei häufigen Änderungen der Entnahmesituation im Bewilligungszeitrahmen kann auf jährliche Untersuchungen und Bewertungen verzichtet werden, wenn eine maximale Absenkung (höchste Reichweite der Grundwasserabsenkung bei KWB-Defizit der Trockenjahre) zu Grunde gelegt wird.

4.5 Durchführungsplan Forstwirtschaft

Die Arbeitsschritte werden in einem fortzuschreibenden Durchführungsplan Forstwirtschaft (Datenerfassung und -aufbereitung, Messturnus, Berichtsturnus und Abgabetermine) festgelegt (s. Kap. 4.4). Grundlage ist die Ermittlung und kartenmäßige Darstellung der bereits eingetretenen förderbedingten Grundwasserabsenkungen.

Es werden in der Regel folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Erfassung von Wallhecken und Altbaumbeständen (z. B. Hofeichen),
- Einrichtung und Messungen von flachen Grundwassermessstellen für die Abschätzung des Wasserhaushaltes der Waldbestände in vierzehntägigem Turnus,
- Messung und Auswertung der DWD-Klimadaten (Niederschlag, Verdunstung, klimatische Wasserbilanz während der Vegetationszeit),
- Analyse der Zuwachsunterschiede innerhalb und außerhalb des Absenkungsgebietes,
- Festlegung der Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf den Wasserhaushalt der Wälder (s. Kap. 3.2),
- Ausgleich der entnahmebedingten Zuwachsmindererträge im Schadensjahr (HILLMANN et al. 2009b).

Bei häufigen Änderungen der Entnahmesituation im Bewilligungszeitrahmen kann auf jährliche Untersuchungen und Bewertungen verzichtet werden, wenn eine maximale Absenkung (höchste Reichweite der Grundwasserabsenkung bei KWB-Defizit der Trockenjahre) zu Grunde gelegt wird.

4.6 Durchführungsplan Naturschutz

Die Arbeitsschritte werden in einem fortzuschreibenden Durchführungsplan Naturschutz (Datenerfassung und -aufbereitung, Messturnus, Berichtsturnus und Abgabetermine) festgelegt. Grundlage ist die Ermittlung und kartenmäßige Darstellung der bereits eingetretenen förderbedingten Grundwasserabsenkungen.

Es werden in der Regel folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Messung und Auswertung der DWD-Klimadaten (Niederschlag, Verdunstung),
- Auswertung der Ergebnisse von Dauerbeobachtungsflächen,
- Messung von Lattenpegeln sowie flachen Grundwassermessstellen,
- Feststellung der Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf den Wasserhaushalt und auf die Belange von Naturschutz und Landschaftspflege,
- Durchführung von Erfolgskontrollen.

Im Anschluss an das behördliche Zulassungsverfahren zur Grundwasserentnahme sollten im Rahmen der Beweissicherung Erfolgskontrollen (Erstellung/Funktion) der festgelegten Auflagen und Maßnahmen durchgeführt werden. Die Erstellungskontrolle dient der Überprüfung, ob die notwendigen Maßnahmen zeit- und sachgerecht durchgeführt wurden. Sie ist immer erforderlich. Die Funktionskontrolle soll überprüfen, ob durch die Maßnahmen auch das gewünschte Ziel erreicht wurde bzw. wird. Funktionskontrollen sind nicht generell erforderlich.

Bei bestehenden Entnahmerechten, die erneut bewilligt werden, sind die Grundwasserentnahmen ohne Mengenänderung keine Eingriffe nach NNatG.

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.
- BNATSCHG (2002): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege vom 25.03.2002. – BGBl I 2002: 1193.
- BUWAL – SCHWEIZERISCHES BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT (2004): Wegleitung Grundwasserschutz. – Vollzug Umwelt, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 141 S.; Bern.
- DGGT – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOTECHNIK E. V. (1997): Geotechnik historischer Bauwerke und Naturdenkmäler - Empfehlungen Nr. 1. – Z. Bau-technik **74**.
- DGGT – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOTECHNIK E. V. (2004): Geotechnik historischer Bauwerke und Naturdenkmäler - Empfehlungen Nr. 2. – Z. Bau-technik **81**.
- DIN – DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V. (2003): DIN 19686 - Vegetationsökologische Datenerhebung für Aufgaben im Bereich der Landeskultur. – 13 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).
- ECKL, H. & RAISSI, F. (2009): Leitfaden für hydrogeologische und bodenkundliche Fachgutachten bei Wasserrechtsverfahren in Niedersachsen. – GeoBerichte **15**: 99 S., 39 Abb., 10 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).
- ELSHOLZ, M. & BERGER, H. (1998): Hydrologische Landschaften im Raum Niedersachsen - Oberirdische Gewässer. – 26 S.; Hildesheim (NLÖ) [Unveröff.].
- FEESER, V., PETH, S. & KOCH, A. (2001): Löß-Sackung. Ursachen - experimentelle Bestimmung - Bewertung - Prävention. – Geotechnik **24** (2): 107–116; Essen.
- FH-DGG – FACHSEKTION HYDROGEOLOGIE IN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN (1999): Hydrogeologische Modelle. Ein Leitfaden für Auftraggeber, Ingenieurbüros und Fachbehörden. – Hydrogeologische Beiträge **10**, 36 S., 5 Abb., 2 Tab.; Hannover.
- GEHRT, E. & RAISSI, F. (2008): Grundwasseramplituden in Bodenlandschaften Niedersachsens. – 2. Aufl., Geofakten **20**: 8 S., 5 Abb., 1 Tab.; Hannover (LBEG).
- GEOLINFORMETRIC (2004): Durchführungsplan für die Beweissicherung zum Bewilligungsbescheid WW Grumsmühlen. – Hildesheim [Unveröff.].
- GRIMMER, S. (2006): Sackungsprozesse in natürlichen Lockergesteinsfolgen infolge Grundwasserwiederanstiegs. – 134 S., XV Bl.; Halle <<http://sundoc.bibliothek.uni-halle.de/diss-online/06/06H152/index.htm>>.
- HERTH, W. & ARNDTS, E. (1985): Theorie und Praxis der Grundwasserabsenkung von baugrundbedingten Rissen und Verformungen an historischen Bauwerken. – Berlin (Ernst & Sohn).
- HILLMANN, M., MEESENBURG, H., RAISSI, F. & WOR-BES, M. (2009a): 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).
- HILLMANN, M., MEESENBURG, H., RAISSI, F. & WOR-BES, M. (2009b): 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).
- KADEN, S., LUO, J., SCHOLTKA, M. & NEUSS, M. (2004): 3D-Simulation von Grundwasserströmungs- und Schadstofftransportprozessen in Wasserschutzgebieten - Referenzvorhaben Wasserschutzgebiet Woxdorf, Niedersachsen. – Arb.-H. Wasser 2004/1, 71 S., 21 Abb., 14 Tab.; Hannover (NLfB).
- LAWA – LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (2000): Empfehlungen zur Optimierung des Grundwasserdienstes (quantitativ). – Empfehlungen Grund- und Trinkwasser der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, 36 S.; Schwerin (Selbstverlag).
- MÜLLER, O. (1998): Überlegungen zur Beweissicherung bei Grundwasserentnahmen. – Wasser & Boden **2/1998**: 34–36; Hamburg (Parey).
- MÜLLER, U. (2004): Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NI-BIS®). – 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).
- NEUSS, M. & DÖRHÖFER, G. (2000): Hinweise zur Anwendung numerischer Modelle bei der Beurteilung hydrogeologischer Sachverhalte und Prognosen in Niedersachsen. – Geofakten 8, 10 S., 4 Abb., 1 Tab.; Hannover (NLfB).
- NIBIS® (2008): <<http://www.lbeg.niedersachsen.de> > Service > Profildatenbank>, Stand: Juli 2008.
- NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (2004): Protokoll mit Erlasscharakter vom 10.05.2004. – Az. 26-02261/01; Hannover.
- NNATG (1994): Niedersächsisches Naturschutzgesetz vom 11. April 1994. – Nds. GVBl.: 155, 267; Hannover.
- NWG (2007): Niedersächsisches Wassergesetz in der Fassung vom 25. Juli 2007.– NdsGVBl.: 345.
- PAPE, W.-P. VON (2003): Höchste Grundwasserstände im Hessischen Ried als Planungskriterium für Bauwerke. – Jahresbericht 2003 des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie: 45–52; Wiesbaden.
- PRINZ, H. & STRAUSS, R. (2006): Abriss der Ingenieurgeologie. – 4. Aufl., 674 S., 399 Abb. ; Stuttgart (Spektrum).
- 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. & MEESENBERG, H. (2009): Ermittlung der effektiven Durchwurzelungstiefe von Forststandorten. – 4. Aufl., Geofakten 9: 7 S., 1 Abb., 8 Tab.; Hannover (LBEG).
- RASPER, M. (2004): Hinweise zur Berücksichtigung von Naturschutz und Landschaftspflege bei Grundwasserentnahmen. – Inform. d. Naturschutz Niedersachsens 24, Nr. 4: 199–230; Hildesheim.
- SCHOBER, R. (1987): Ertragstabellen wichtiger Baumarten. – 3. Aufl.; Frankfurt/M. (Sauerländer).

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 2005 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
- Andree Weustink, Tel.: 0511/ 643-2493
mail: Andree.Weustink@lbeg.niedersachsen.de
- Dr. Udo Müller, Tel.: 0511/ 643-3594
mail: Udo.Mueller@lbeg.niedersachsen.de
- Dr.-Ing. Thomas Nix, Tel.: 0511/ 643-3422
mail: Thomas.Nix@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>
- Manfred Rasper, Tel.: 0511/ 3034-3309
mail: manfred.rasper@nlwkn-h.niedersachsen.de
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz (NLWKN)
- Naturschutzinformation -
Göttinger Chaussee 76, 30453 Hannover
Internet: <http://www.nlwkn-h.niedersachsen.de>