

# Analyse langjähriger Veränderungen der Flurabstände des oberflächennahen Grundwassers in der gesamten Waldfläche Brandenburgs

Dr. Stephan Hannappel<sup>1</sup> & Prof. Dr. Ing. Winfried Riek<sup>2</sup>

<sup>1</sup> HYDOR Consult GmbH, Am Borsigturm 40, 13507 Berlin, [hannappel@hydor.de](mailto:hannappel@hydor.de)

<sup>2</sup> Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde & Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (FH) [Winfried.Riek@ife-brandenburg.de](mailto:Winfried.Riek@ife-brandenburg.de)



## Einführung

Ziel war es, die Grundwasserflurabstände des oberflächennahen und ungespannten Grundwassers in Brandenburg für die forstlich genutzten Flächen unter Berücksichtigung klimatischer Einflüsse zu ermitteln, um damit forstökologische Fragestellungen zukünftig optimal bearbeiten zu können. Für die gesamte Landesfläche Brandenburgs wurde davon ausgegangen, dass das oberflächennahe Grundwasser innerhalb der Lockergesteine des nordostdeutschen Tieflandes hydraulisch großräumig verbunden ist.

Die Arbeiten wurden im Auftrag des Landeskompetenzzentrums Forst Eberswalde durchgeführt (Hannappel & Riek 2011), wo entsprechende Angaben für die Wasserhaushaltsmodellierung und Neuordnung der Forstlichen Wachstumsgebiete Brandenburgs benötigt werden. Sie sind dort eingebunden in das Projekt „Regionalisierung standortsbezogener Kennwerte unter besonderer Berücksichtigung von Klimaszenarien zur Ableitung dynamischer Wachstumsräume“ (RIEK 2010).

Die Kenntnis der Grundwasserflurabstände ist forstökologisch von großer Bedeutung. Sie ermöglicht z. B. eine Einschätzung, an welchen Standorten das Grundwasser Einfluss auf das Wachstum und die Vitalität der Bestände hat. Dieser Einfluss hängt von der artspezifischen Durchwurzelungstiefe der Vegetation und vom kapillaren Aufstiegsvermögen als Funktion der physikalischen Bodeneigenschaften und somit maßgeblich von der Bodenart ab (RIEK 2001). Der sog. „Grenzflurabstand“, bei dem Grundwasser - je nach Baumart - für die Pflanze nutzbar ist, kann bis zu vier Meter betragen. Vor allem in Feuchtböden ist die Vegetation in ihrem Wasserbedarf auf die kontinuierliche und weitgehend gleich bleibende Nachlieferung aus dem Grundwasser angewiesen. Der Terminbezug ist bei der Ermittlung des Flurabstandes ebenso wie bei der Bestimmung der Grundwasseroberfläche eine unverzichtbare Größe, da das Grundwasser in Brandenburg klimatisch bedingt saisonal und überjährlich um mehrere Dezimeter bis Meter schwanken kann.

## Methodisches Vorgehen zur Ermittlung der Flurabstände

Im norddeutschen Lockergesteinsgebiet ist der „Flurabstand“ des Grundwassers nach der DIN 4049 der lotrechte Höhenunterschied zwischen der Geländeoberkante und der „Grundwasseroberfläche“ des obersten Grundwasserleiters. Wird der Grundwasserleiter von schlecht durchlässigen, bindigen Schichten (Grundwasserhemmen, wie z. B. Geschiebemergel) so überlagert, dass das Grundwasser nicht so hoch ansteigen kann, wie es seinem hydrostatischen Druck entspricht, liegt „gespanntes Grundwasser“ vor. Hier ist der Grundwasserflurabstand (im Folgenden vereinfacht: „Flurabstand“) der lotrechte Höhenunterschied zwischen der Geländeoberkante und der Unterseite des grundwasserhemmenden Geschiebemergels, der den Grundwasserleiter überlagert. Diese Gebiete wurden nicht bearbeitet, da die bedeckten und gespannten Grundwasserleiter nicht zur Wasserversorgung der Bäume beitragen können.

In Brandenburg sind derzeit etwa 37 % der Landesfläche von 29.640 km<sup>2</sup> mit Wald bedeckt. Die bearbeitete, etwa 10.917 km<sup>2</sup> große Waldfläche ist in sehr unregelmäßigen Clustern und mit einer großen räumlichen Heterogenität über die gesamte Landesfläche verteilt. Die Berechnung der Flurabstände für die Waldfläche erfolgte rasterpunktbezogen. Hierzu wurden diejenigen Punkte im 100 x 100 m-Raster ermittelt, für welche auf der Forstgrundkarte der Landesforstverwaltung Holzboflächen ausgewiesen ist.

Um die Reproduzierbarkeit zu gewährleisten, wurden Daten aller verfügbaren Grundwassermessstellen und Pegel an oberirdischen Gewässern des hydrologischen Messdienstes des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) verwendet und durch Hilfspunktstellen ergänzt. Insgesamt waren das etwa 4900 Grundwassermessstellen und 430 Pegel an oberirdischen Gewässern. Hierin enthalten sind jeweils auch Archivdaten von aktuell durch das LUGV nicht mehr beobachteten Messstellen, die durch statistisch begründete Analogieschlüsse ergänzt wurden. Zudem wurden Grundwasserdaten des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR) mit in die Auswertung einbezogen. Neben terminbezogen gemessenen Grundwasserständen und Pegelständen der oberirdischen Gewässer wurden in großem Umfang auch solche ohne Terminbezug in die Bearbeitung integriert, die auf die gesuchten Zeiträume mittels eines statistischen Verfahrens transformiert wurden.

Zur räumlichen Interpolation der Grundwasserstände mit geostatistischen Verfahren wurden alle verfügbaren Grundwasserdaten - auch außerhalb der Waldflächen - herangezogen und die Grundwassergleichnisse zeitraumbezogen berechnet. Danach wurden die Flurabstände anhand des Verschnittes der Grundwassergleichnisse mit der Geländeoberfläche des digitalen Geländehöhenmodells ermittelt. Abschließend wurden diese auf die Waldflächen ausgeschnitten und für diese die Flächenanteile innerhalb bestimmter Flurabstandsklassen errechnet.

## Hydrologisch typische Zeiträume

Die für die klimatischen Einflüsse typischen Zeiträume mit hydrologisch signifikant unterschiedlichem Verhalten wurden anhand einer statistischen Analyse auf Basis von langjährig beobachteter Grundwassermessstellen ermittelt. Ausgewählt werden sollten zur Abdeckung der „interannuellen“ (gesamtzeitraumbezogenen) bzw. „intraannuellen“ (innerjährlichen) Schwankungsbreiten jeweils ausgewählte Trocken- und Feuchtzeiträume mit minimalen bzw. maximalen Flurabständen. Um die in den verschiedenen Regionen und Höhenlagen des Landes gemessenen Grundwasserstände untereinander vergleichen und in Beziehung setzen zu können, war es notwendig, eine höhenunabhängige Standardisierung der Messwerte vorzunehmen. Erst mit diesen Werten kann das Ziel der Identifizierung von hydrologisch und klimatisch typischen Hoch- und Niedrigwasserzeiträumen erreicht werden.

Dies erfolgte methodisch durch die „doppelte Mittelwertbildung“. Dazu wurde für jede Messstelle - unabhängig von der Länge der Messreihe - der arithmetische Mittelwert des Grundwasserstandes im absoluten Höhenystem (Meter ü. NN) ermittelt. Anschließend wurden von diesem Mittelwert die terminbezogen vorliegenden Messwerte subtrahiert. Abschließend werden alle in der Zeitreihe vorkommenden Tages- bzw. Terminwerte - also mindestens der 1., 8., 15. und 22. Tag des Monats - messstellenbezogen mit den Abweichungsbeträgen belegt und pro Termin von allen Messstellen der Mittelwert der Abweichungen ermittelt. Dieser gibt Auskunft darüber, wie sich die Grundwasserstände langfristig entwickelt haben.

Zur Festlegung der gesuchten Zeiträume wurden die Abweichungsbeträge von 759 Messstellen mit kompletten Messwerten von 1960 bis 2008 herangezogen. Abb. 1 zeigt im zeitlichen Verlauf dazu die mittlere Ganglinie (blaue Kurve) sowie den linearen, für Brandenburg typischen Trend (rote Linie) mit den hieraus abgeleiteten vier Zeiträumen. Tab. 1 dokumentiert dazu die - nach „Niederung“ mit zumeist unbedeckten und „Hochfläche“ mit zumeist bedeckten Grundwasserleitern - differenzierten und die gesamten absoluten Abweichungsbeträge.

Der langjährige Vergleich zeigt, dass die Grundwasserstände in den letzten vier Jahrzehnten im April 1970 am höchsten und im Oktober 2006 am niedrigsten lagen. Abb. 2 zeigt die Flurabstände im April 2008 und Abb. 3 die saisonbereinigten Differenzen zwischen April 1970 und April 2008 in Meter, jeweils für alle Gebiete in Brandenburg mit ungespanntem Grundwasser, also auch die nicht forstlich genutzten Bereiche, z. B. im Oderbruch.

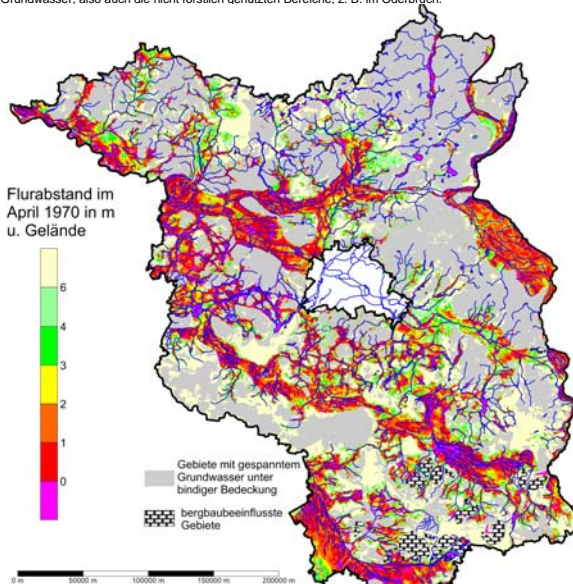


Abb. 2: Flurabstände des oberflächennahen ungespannten Grundwassers in Brandenburg im April 1970 in Meter unter Gelände

Tab. 1: Abweichungen der typischen Stichzeiträume für Hoch- und Niedrigwasser

Monatsbezogener Zeitraum	Klimatische bzw. hydrologische Charakteristik	Abweichungsbetrag Niederung	Abweichungsbetrag Hochfläche	Abweichungsbetrag gesamt
April 1970	Interannuelles Hochwasser	0,55 m	0,66 m	0,63 m
Oktober 2006	Interannuelles Niedrigwasser	-0,32 m	-0,42 m	-0,39 m
April 2008	Intraannuelles Hochwasser	0,30 m	0,10 m	0,16 m
Oktober 2008	Intraannuelles Niedrigwasser	-0,20 m	-0,26 m	-0,24 m

Tab. 2 zeigt die aufsummierten prozentualen Flächenanteile bei aufsteigenden Flurabstandsklassen, also jeweils niedrigeren Grundwasserständen. In der Intervallklasse „> 6 Meter“ sind alle höheren Werte zusammengefasst. Die in den Waldflächen über ungespanntem ermittelten Anteile wurden auf die gesamte Waldfläche hochgerechnet. Flächen mit gespanntem Grundwasser wurden in die Klasse „> 6 Meter“ eingerechnet.

Tab. 2: Flächenanteile von Flurabstandsintervallklassen pro Zeitraum an der gesamten Waldfläche

Prozentuale Anteile an der gesamten Waldfläche	April 1970	Oktober 2006	April 2008
< 1 m Flurabstand	8,3	3,6	5,8
< 2 m (aufsummiert)	17,4	11,0	14,6
< 3 m (aufsummiert)	25,3	19,7	22,8
< 4 m (aufsummiert)	31,2	26,6	29,1
< 5 m (aufsummiert)	35,8	31,9	33,8
< 6 m (aufsummiert)	39,7	36,0	37,7
> 6 m Flurabstand	60,3	64,0	62,3

Die charakteristischen hydrologischen Zusammenhänge der vier typischen Zeiträume sind auch in dieser Zusammenstellung sehr gut erkennbar. Die beiden intraannuellen Zeiträume ordnen sich jeweils zwischen die interannuellen Zeiträume mit den größeren Spannweiten des Grundwasserstandes ein.

Im April 1970, dem Zeitpunkt mit den deutlich höchsten Grundwasserständen, haben 8,3 % aller Standorte im Wald einen Flurabstand von weniger als 1 m. Das ist mehr als doppelt so viel wie im Oktober 2006 (3,6 %), dem Zeitpunkt mit den niedrigsten Grundwasserständen innerhalb des untersuchten Zeitraums. Bei den aufsummierten Flächenanteilen für die Klasse „< 2 m“ mindert sich dieses Verhältnis bereits ab, hier betragen die Anteile 17,4 % im April 1970 und 11,0 % im Oktober 2006. Bei den Klassen „< 3 m“ bis „< 6 m“ liegen die Flächenanteile aller vier Zeiträume relativ nahe beieinander, das sind die intermediären Flurabstandsklassen mit jeweils wechselnden Flächenanteilen pro Zeitraum und Tiefenhorizont. Erst ab der Klasse „> 6 m“, also den höheren Flurabständen mit für die Bäume eindeutig nicht mehr erreichbarem Grundwasser, kehren sich die Flächenanteile eindeutig um; hier erreicht der Zeitraum Oktober 2006 die größten und der April 1970 die niedrigsten Anteile.

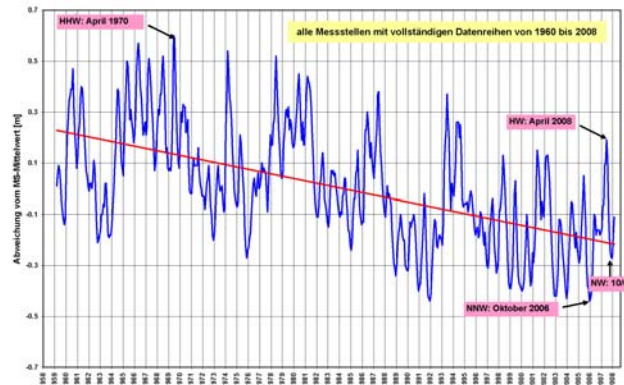


Abb. 1: Identifizierung der typischen Stichzeiträume für Hoch- und Niedrigwasser

Die terminbezogenen Unterschiede (s. Abb. 1) liegen durchschnittlich bei 0,40 Meter absoluter Differenz im Vergleich von April 1970 zu April 2008, also einem durchschnittlichem saisonbereinigtem Abfall von 1,1 cm/Jahr. Bei dieser Analyse muss jedoch zwischen verschiedenen hydrogeologischen Lagerungspositionen unterschieden werden, da in den Niederungen die Differenzen geringer (0,68 cm/Jahr) und im Bereich von Hochflächen in den Neubildungsgebieten noch etwas höher liegen (1,3 cm/Jahr). Regional können zudem stark abweichende Werte auftreten. Für die beiden Zeiträume wurden die Flurabstände räumlich hoch aufgelöst berechnet und landesweit für ungespannte Grundwasser miteinander verglichen. Der Vergleich dokumentiert für einige Landesteile die dort bekannten Tendenzen des langjährigen Wasserhaushaltes (z. B. absinkende Grundwasserstände in der Schorfheide) und liefert erstmals landesweit eine statistisch abgesicherte Grundlage für effektive Anpassungsmaßnahmen.

## Literatur

- HANNAPPEL, S. & W. RIEK (2011): Berechnung des Flurabstandes des oberflächennahen Grundwassers der Waldfläche Brandenburgs für hydrologisch typische Zeiträume. - Hydrologie & Wasserbewirtschaftung, Heft 1/11, 55. Jg. S. 42-49, Koblenz.  
 RIEK, W. (2001): Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen auf das Zuwachsverhalten der Kiefer. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie, 35 (4), 207-210.  
 RIEK, W. (2010): Regionale und standortsbezogene Unterschiede zu den Auswirkungen des Klimawandels. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. 44, S. 38-48, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (Hrsg.)

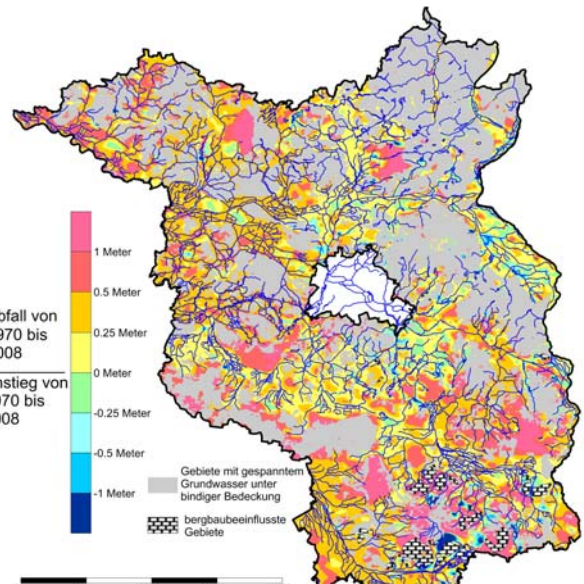


Abb. 3: Differenzen der Flurabstände zwischen April 1970 und April 2008 in Meter