

# Antrag auf Bewilligung einer Grundwasser- entnahme aus dem Fuhrberger Feld durch die Wasserwerke Elze-Berkhof und Fuhrberg mit den Fassungen Lindwedel, Berkhof und Fuhrberg

## **Teil B 3.2** **Bodenkundliches Gutachten** **(Teil Forst)**

September 2020

**Trinkwasser-  
gewinnung  
Hannover-Nord**



Niedersächsisches Forstplanungsamt  
Dez. III, Forst-GIS/Standortskartierung

## **Trinkwassergewinnung Hannover-Nord**

### **Antrag auf Bewilligung einer Grundwasserentnahme aus dem Fuhrberger Feld durch die Wasserwerke Elze-Berkhof und Fuhrberg mit den Fassungen Lindwedel, Berkhof und Fuhrberg**

### **Teil B 3.2: Bodenkundliches Fachgutachten Teil Forst**

**August 2020**

Dr. Marc Overbeck

## Inhalt

Vorbemerkungen.....	2
Methode.....	3
Datengrundlagen.....	4
Wald .....	4
Forstliche Standortskartierung.....	4
Modellierte Grundwasser-Flur-Abstände.....	5
Untersuchungsgebiet .....	5
Ergebnisse.....	6
Forstliche Standortskartierung.....	6
Vergleich und Analyse modellierter GW-Flur-Abstände hinsichtlich potenzieller Veränderungen der Standortstypen .....	11
Zusammenfassung und Diskussion.....	14
Ausblick.....	15
Anlagen.....	16
Literatur.....	16

## Vorbemerkungen

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens „Trinkwassergewinnung Hannover Nord“ (TWG Hannover Nord) soll das hier vorliegende Gutachten Grundlagen liefern, mit dem im Weiteren ökonomische Auswirkungen auf die Forstwirtschaft, wie z. B. eine Veränderung der Waldwachstumsleistung durch Grundwasserabsenkung in Folge der beantragten Grundwasserentnahme beschrieben und monetarisiert werden können. Weitere Belange, die durch eine angedachte Grundwasserentnahme betroffen sein könnten, wie beispielsweise Aspekte des Wald-Naturschutzes oder der Erholung im Wald, sind nicht Gegenstand dieses Gutachtens.

Bislang werden in Niedersachsen verschiedene Methoden angewendet, um im Rahmen von wasserrechtlichen Genehmigungsverfahren Auswirkungen von entnahmebedingten Grundwasserabsenkungen auf die Forstwirtschaft zu beschreiben.

Zu den forstlichen Beweissicherungsmethoden zählen sowohl aufwendige, bodenkundliche und waldwachstumskundliche Bonitur- und Messmethoden (Hillmann et al. 2009a, Hillmann et al. 2009b) als auch einfachere, weitgehend auf Bodenkenngrößen beruhende Ansätze (Raissi et al. 2009a, Raissi et al. 2009b).

Erfolgen Beweissicherungsverfahren erst nach mehrjähriger Grundwasserentnahme, werden umfassende dendrochronologische Untersuchungen erforderlich, wobei der Nachweis von Effekten der Grundwasserentnahme auf die Ertragskraft von Wäldern schwierig ist (Worbes u. Hillmann 2001). Bei zeitlichem Vorlauf geplanter Grundwasserentnahmen, die eine oberflächennahe Absenkung des Grundwassers erwarten lassen, kann ein bodenkundliches Gutachten erforderlich sein, mittels dem der Auswirkungsgrad einer Grundwasserabsenkung auf das pflanzenverfügbare Bodenwasser mittels eines Index beschrieben wird (Hillmann et al. 2009a). Um einen Bezug zu ertragskundlichen Kenngrößen herzustellen, schließt sich ein forstliches Beweissicherungsverfahren an (Hillmann et al. 2009b), indem die Anlage und periodische, über mehrere Jahre fortzuführende Aufnahme von Vergleichsflächenpaaren außerhalb und innerhalb des Absenkungsgebietes (sogenannte Weiserflächen) empfohlen wird. Wenige, gut untersuchte Weiserflächen sind jedoch nur bedingt geeignet, die Effekte einer Grundwasserabsenkung auf das Waldwachstum innerhalb eines gesamten Absenkungsgebietes umfassend zu beschreiben, da die für das Baumwachstum relevanten Einflussgrößen kleinräumig stark variieren können und die Vielzahl an möglichen Kombinationen und Wechselwirkungen dieser Einflussgrößen nur bedingt abgebildet werden können. Daher ist eine möglichst große Anzahl an Weiserflächenpaaren erforderlich, um statistisch abgesicherte Daten zu erhalten. Dies sowie die über mehrere Jahre erfolgende, arbeitsintensive Dokumentation führte in der Praxis zu sehr langwierigen und zeitaufwendigen Beweissicherungsverfahren, deren Ergebnisse in der Regel erst nach mehreren Jahren vorliegen und mit denen sich oftmals keine eindeutig der Grundwasserentnahme zuzuordnenden Effekte nachweisen lassen (Worbes u. Hillmann 2001), sodass Entschädigungsansprüche wie beispielsweise in den 1990er Jahren im Raum Fuhrberger Feld nicht anerkannt wurden (Bezirksregierung Hannover, 1990). Weiterhin ist eine Übertragung der Ergebnisse auf andere Absenkungsgebiete nicht zielführend, da die Effekte der Grundwasserabsenkung auf das Baumwachstum nicht von weiteren räumlich variierenden Einflussgrößen, wie Strahlung, Niederschlag oder Stoffeinträgen, getrennt werden können.

Einfachere Ansätze beruhen auf Schätzungen der effektiven Durchwurzelungstiefe von Forststandorten in Abhängigkeit von Baumart, Bestandesalter, Bodentyp/-art und Niederschlagssumme (Raissi et al. 2009a). Hierauf aufbauend erfolgt mittels eines Abschätzverfahrens unter Verwendung forstlicher Ertragstafeln eine Bilanzierung der zu erwartenden Minderzuwächse (Raissi et al. 2009b). Das von Raissi et al. (2009a, 2009b) beschriebene Verfahren greift auf weit gefasste Prädiktoren zurück, so wird beispielsweise der Boden ausschließlich in nur fünf Substratgruppen eingeteilt. Kleinstandörtliche Unterschiede lassen sich hiermit nicht abbilden. Da zudem nur der Wasserhaushalt betrachtet wird, Minderzuwächse jedoch auch durch andere für das Waldwachstum relevante Einflussgrößen verursacht werden können, sind auch hier eine Vielzahl an Weiserflächenpaaren notwendig, um die Effekte der Grundwasserabsenkung auf das

Baumwachstum von weiteren Einflussgrößen trennen zu können. Zudem ist dieses Verfahren nur geeignet, um Minderzuwächse, die durch einen verloren gegangenen Grundwasseranschluss entstanden sind, grob abzuschätzen.

Aufgrund dieser unbefriedigenden Situation bildete sich der Arbeitskreis „Forstertrag Hannover Nord“, dem Vertreter\*Innen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA), dem LBEG, der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK), der Forstbetriebsgemeinschaft Celler-Land, der Niedersächsischen Landesforsten (NLF) und der enercity AG angehören. Das Hauptziel war, eine einfache und operable Methode zu entwickeln, um Effekte einer Grundwasserentnahme auf die Forstwirtschaft zu beschreiben. Hierfür sollen Simulationsmodelle für Grundwasserströmung und Waldwachstum miteinander verknüpft werden, um Auswirkungen entnahmebedingter und damit standortsverändernder Grundwasserabsenkungen auf das Waldwachstum zu quantifizieren. Als Ergebnis dieser Arbeitsgruppe liegt ein noch nicht abschließend evaluierter methodischer Ansatz zur Ermittlung und Bewertung entnahmebedingter Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit von Forstflächen vor (Stüber et al. in präp.). Dieser Ansatz soll in dem hier vorliegenden Gutachten angewendet werden, um Grundlagen bereitzustellen, die nach abschließender Bewertung des methodischen Ansatzes durch den Arbeitskreis Forstertrag, im Rahmen des Durchführungsplans zur Beweissicherung genutzt werden sollen, um:

- a) Ertragseffekte unter Verwendung standortsensitiver Waldwachstumsmodelle zu quantifizieren.
- b) Risiken durch Trockenstress zu bewerten.
- c) Veränderungen standortsgerechter Baumartenzusammensetzungen zu dokumentieren.

Inhaltlich wurde der Rahmen für dieses Gutachten zwischen den beteiligten Wasserversorgern (enercity AG, Harzwasserwerke, Wasserverband Nordhannover) und dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) als beratende Fachbehörde abgestimmt.

Folgende Themen sind Gegenstand dieses Gutachtens:

- Es sollen die Waldflächen im Untersuchungsgebiet ermittelt und mit modellierten Grundwasserständen für zwei Zustände (NULL, PROGNOSE, s. u.) verschnitten werden.
- Die für Waldflächen vorliegenden Daten der forstlichen Standortskartierung sollen zusammengeführt und bewertet werden, der Umfang nicht standortskartierter Waldflächen soll ermittelt werden.
- Zwei Zustände (NULL und PROGNOSE) modellierter GW-Flur-Abstände sollen hinsichtlich ihrer Effekte auf den forstlichen Standortstyp beschrieben und analysiert werden.

## Methode

Der durch den Arbeitskreis Forstertrag erarbeitete methodische Ansatz sieht vor, dass aus modellierten Grundwasser (GW)-Flur-Abständen, Wasserhaushaltszahlen (WHZ) der forstlichen Standortskartierung (Anlage 1) abgeleitet werden. Diese werden im Weiteren als abgeleitete Wasserhaushaltszahlen (WHZa) bezeichnet und fließen in standortssensitive Waldwachstumsmodelle ein, womit Ertragsänderungen durch Grundwasserstandsänderungen quantifizierbar sind (Stüber et al. in präp.).

Mittels eines Grundwasserströmungsmodells werden entnahmebedingte Grundwasserabsenkungen für ein betroffenes Absenkungsgebiet quantifiziert. Hierbei kann die Differenz der Grundwasser-Flur-Abstände verschiedener Zustände abgebildet werden.



Basis dieses Ansatzes ist, dass die WHZ der niedersächsischen forstlichen Standortskartierung für grundwasserbeeinflusste Standorte Informationen zum mittleren Grundwasserstand in der Vegetationszeit enthält (Anlage 1). Mittels dieses Kennwerts ist eine Übersetzung modellierter GW-Flur-Abstände in eine WHZa möglich.

Waldwachstumsmodelle, die einen Standorts-/Leistungsbezug abbilden (z.B. Albert & Schmidt 2010, Fleck et al. 2015, Schmidt 2010, Schmidt et al. 2018), verwenden u. a. als Eingangsparameter die WHZ der forstlichen Standortskartierung. Kommt es durch Grundwasserentnahmen zu sich verändernden WHZ, ist es mit Hilfe dieser Modelle möglich, hierdurch induzierte Leistungsveränderungen zu quantifizieren.

In dem hier vorliegenden Gutachten sollen u. a. modellierte GW-Flur-Abstände verwendet werden, um Teilaspekte der forstlichen Standortskartierung abzuleiten. Daher ist im Vorfeld zu überprüfen, ob das verwendete Geländemodell und der Modellierungsansatz geeignet ist, die terrestrisch erhobenen Daten der forstlichen Standortskartierung hinsichtlich waldbaulicher, ertragskundlicher und arbeitstechnischer Aspekte hinreichend genau zu beschreiben und zu kalibrieren. Für das hier betrachtete Untersuchungsgebiet ist dies durch den Arbeitskreis Forstertrag in einer Projektarbeit unter Verwendung für das Kartierjahr modellierter GW-Flur-Abstände erfolgt (Stüber et al. in präp.). Da die Validierung und Kalibrierung für das Untersuchungsgebiet in dieser Projektarbeit noch mit vorläufigen Daten erfolgte, wurde zunächst der finale hier verwendete Datensatz mit dem vorläufigen Datensatz der Projektarbeit verglichen. Bei diesem Vergleich wurde offensichtlich, dass sich für den weit überwiegenden Teil des Untersuchungsgebiets keine oder wenn, nur geringfügig (< 25 cm) abweichende GW-Flur-Abstände ergeben. Nennenswerte Abweichungen liegen hauptsächlich im nordwestlichen Randbereich des Untersuchungsgebiets (Abb. 1), primär außerhalb standortskartierter Waldflächen. Einzelne Bereiche mit Abweichungen befinden sich in zentraler Lage, wobei es sich hierbei häufig um durch die Standortskartierung als GW-frei eingeschätzte Standorte handelt. Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass der in oben genannter Projektarbeit erarbeitete Ansatz bei Verwendung des finalen Datensatzes nicht zu anderen Ergebnissen geführt hätte. Insbesondere auch, da die Differenzen zwischen vorläufigem und finalen Datensatz meist geringer sind als die Spannbreiten der stratifizierten GW-Standorte (Tab. 5).

Ziel dieses Gutachtens ist es, u. a. Grundlagen zu liefern, die Effekte der Trinkwassergewinnung im Untersuchungsgebiet auf die Forstwirtschaft über Veränderungen des forstlichen Standorttyps bewerten zu können. Hierfür sollen Standortstypenveränderungen abgeleitet und dokumentiert werden, die sich aus den Differenzen der GW-Flur-Abstände verschiedener Zustände ergeben.

## Datengrundlagen

### Wald

Die Waldfläche wurde auf Grundlage der ATKIS-DLM Daten des Landesamts für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN, 2018) ermittelt, wobei die Vegetation der Kategorie 3, das heißt Wald ohne Moore, Heiden oder Unland/Brache, herangezogen wurde. Dieser Datensatz erfasst nicht alle Waldflächen im Untersuchungsgebiet. Beispielsweise fehlen aktuelle Erstaufforstungen oder Waldflächen, die im Zuge von Sukzession vornehmlich auf degenerierten Moorstandorten entstanden sind. Derartige Flächen müssen zu einem späteren Zeitpunkt ergänzt werden.

### Forstliche Standortskartierung

Für das Untersuchungsgebiet liegen umfassende Daten der forstlichen Standortskartierung vor (s. u.). Es wurden Daten der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK) mit Stand vom März 2019 (Privatwald) und Daten der Niedersächsischen Landesforsten (NLF) für den Landeswald mit Stand vom Februar 2020 verwendet.

Die Flächen im Untersuchungsgebiet (s. u.) wurden zwischen 1975 und 2017 kartiert. Der Landeswald wurde in drei Perioden kartiert. Der Bereich zwischen Hambühren und Wietze 1975, die Flächen zwischen Hambühren und Celle 2017 und der übrige Landeswald 1999. Der Privatwald wurde in der Zeit von 2005 bis 2016 standortskartiert (Stüber et al. in präp.). Aufgrund der schon lange andauernden Förderung von Trinkwasser (Meyer, 2020) und des langen Zeitraums, in dem die forstlichen Standortskartierungen durchgeführt wurden, muss davon ausgegangen werden, dass diese Kartierungen insbesondere hinsichtlich der Einschätzung des Wasserhaushalts nicht miteinander vergleichbar sind und insbesondere ältere Kartierungen nicht mehr den gegenwärtigen Wasserhaushalt treffend beschreiben. Auch kann davon ausgegangen werden, dass die Nährstoffansprache der Kartierung von 1975 durch die seitdem stattgefundenene Humusakkumulation und fortwährende Deposition verschiedener Stickstoffverbindungen aus heutiger Sicht leicht unterschätzt wurde.

### Modellierte Grundwasser-Flur-Abstände

Für das hier vorliegende Gutachten wurden modellierte GW-Flur-Abstände des Ingenieur-Büros H. H. Meyer (2020) mit einer Auflösung von 50 cm verwendet. Es wurden Daten für folgende Zustände miteinander verglichen:

- a) NULL (= Referenz); GW-Flur-Abstand **ohne** Entnahme durch die Fassungen Lindwedel, Berkhof, Fuhrberg, Wettmar und Ramlingen, jedoch **mit** sonstigen Grundwasserentnahmen im Untersuchungsgebiet.
- b) PROGNOSE; GW-Flur-Abstand wie a) unter Berücksichtigung der beantragten neuen Entnahmemenge für die unter a) genannten Fassungen, bei gleichbleibenden klimatischen Bedingungen.

Diese beiden Zustände beschreiben modellhafte Zustände der GW-Flur-Abstände ohne die unter a) beschriebene Trinkwassergewinnung sowie GW-Flur-Abstände, die sich im Rahmen der für die Zukunft beantragten Trinkwasserrförderung ergeben können. Diese beiden Zustände sind daher nicht geeignet, den gegenwärtigen oder den GW-Flur-Abstand zum Zeitpunkt der Standortskartierungen zu beschreiben. Sie dienen dazu, die maximalen Effekte der Trinkwassergewinnung auf den GW-Flur-Abstand abzubilden und hieraus Veränderungen des forstlichen Standortstyps abzuleiten.

Für das hier vorliegende Gutachten stehen in 50 cm Schritte klassifizierte modellierte GW-Flur-Abstände zur Verfügung (Meyer, 2020). Die Einteilung der WHZ aus der forstlichen Standortskartierung folgt einer hiermit nicht gänzlich kompatiblen Gruppierung, sodass eine direkte Zuordnung GW-Flur-Abstand zu WHZ hier nicht immer möglich war und daher näherungsweise erfolgte (Tab. 5), hinsichtlich waldbaulicher Entscheidungen jedoch eine sehr hohe Deckung aufweist. Die unterschiedliche Ansprache des GW-Standes zwischen dem Verfahren der Standortskartierung (Oberkante Kapillarsaum und Juli-Wert) und der GW-Modellierung (freies Wasser und Jahresmittelwert) wurde hierbei berücksichtigt. Bis auf eine Ausnahme konnten WHZ-Varianten (z. B. feucht, trocken) nicht berücksichtigt werden, da diese die Standorte mit einer Auflösung von 20 cm differenzieren, was mit den hier vorliegenden Modelldaten nicht abgebildet werden kann.

### Untersuchungsgebiet

Das hier betrachtete Untersuchungsgebiet (Abb.1) ist über die 25 cm Absenkungsisolinie NULL zu PROGNOSE (Meyer, 2020) zuzüglich einem Pufferbereich von 500 m definiert. Für die unten erörterte Fragestellung eines potenziellen Bedarfs ggf. zu ergänzender bzw. zu aktualisierender Standortdaten wurde der Bereich ohne Puffer betrachtet (25 cm Absenkungsisolinie NULL zu PROGNOSE), da innerhalb dieses Bereichs kaum nennenswerten Veränderungen zwischen den beiden Zuständen bestehen (Abb. 4).

Das Untersuchungsgebiet umfasst insgesamt 40.061 ha. Ohne den 500-m-Puffer reduziert sich dieses Gebiet auf 35.605 ha.

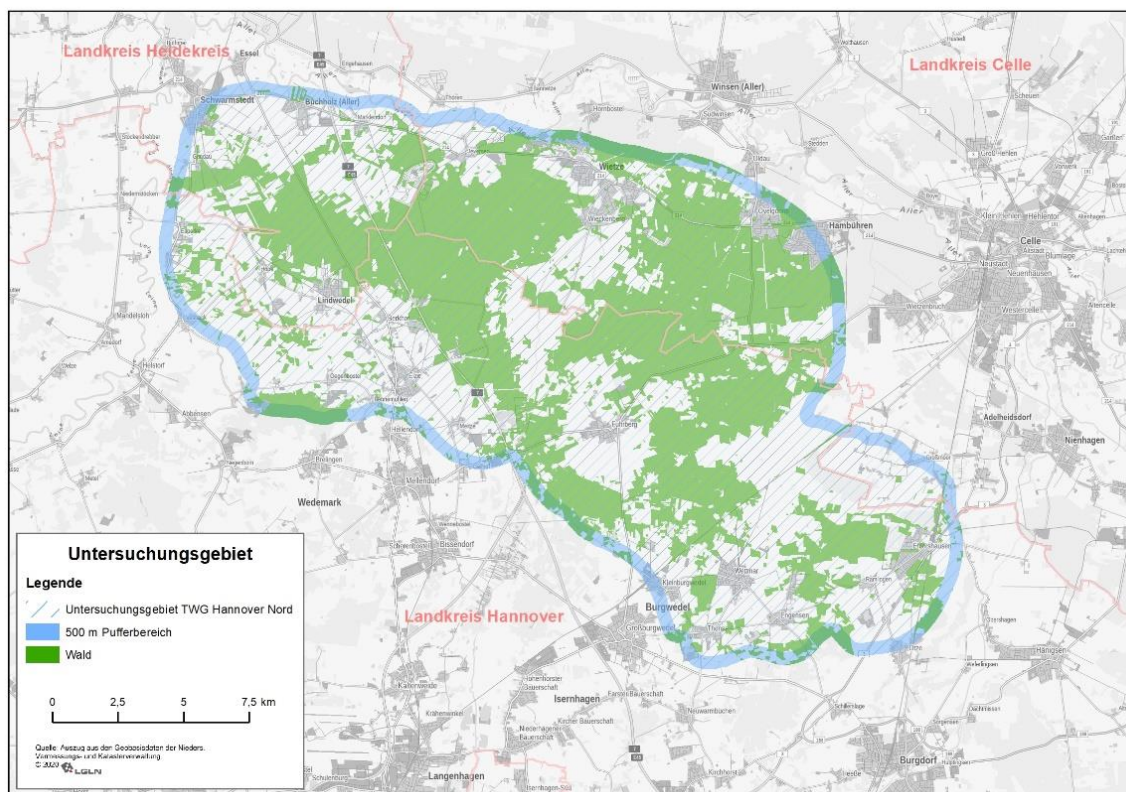


Abb. 1: Untersuchungsgebiet TWG Hannover Nord, 500 m Pufferbereich und Waldflächen.

## Ergebnisse

### Forstliche Standortskartierung

Im Folgenden wird die Systematik des forstlichen Standortstyps kurz beschrieben, das Untersuchungsgebiet auf Grundlage der standortkundlichen Daten charakterisiert und der potenzielle Bedarf an zu kartierenden Waldflächen näherungsweise ermittelt.

#### Forstlicher Standortstyp

Der Forstliche Standortstyp (Anlage 1) ist ein aus vier Zahlen bestehender Code, wobei die erste Zahl den Wasserhaushalt (WHZ), die zweite die Nährstoffeinschätzung (NZ), die dritte Zahl das bodenbildende Ausgangssubstrat und die vierte dieses Ausgangssubstrat näher charakterisiert. Mittels verschiedener Varianten sind Abstufungen und zusätzliche Informationen darstellbar.

Beispielsweise charakterisiert der Standortstyp „43.2.2.3“ einen mäßig sommertrockenen (43), schwach nährstoffversorgten (2) Standort aus unverlehmtten Sanden (2) mit Flugsandüberlagerung (3).

#### Standortsdaten

Im Untersuchungsgebiet (incl. Puffer) liegen mit rund 16.800 ha kartierter Waldfläche umfassende digital erfasste Standortdaten vor.



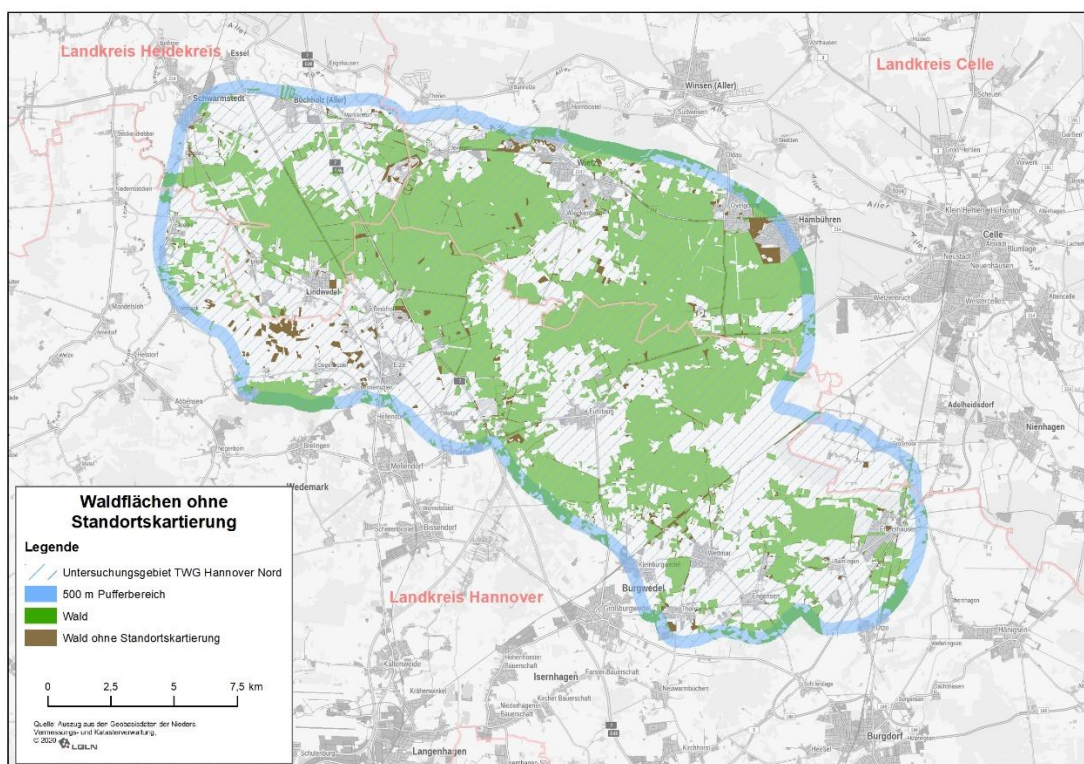


Abb. 2: Waldflächen ohne Standortkartierung (braun) im Untersuchungsgebiet (ohne Puffer) TWG Hannover Nord.

Das Untersuchungsgebiet ist laut Standortkartierung durch schwach bis mäßig nährstoffversorgte, überwiegend grundwasserbeeinflusste unverlehmtete Sande des Aller Urstromtals charakterisiert. Degenerierte Moore und grundwasserbeeinflusste Standorte (Wasserhaushaltszahl (WHZ) 31-35) umfassen rund 11.500 ha und dominieren mit knapp 70% Flächenanteil das Untersuchungsgebiet. Staustandorte (WHZ 37 und 38) spielen mit etwa 60 ha eine nur untergeordnete Rolle. GW-freie Standorte (WHZ 40-44) umfassen eine Fläche von rund 5.200 ha. Wobei es sich fast ausschließlich um mäßig frische und mäßig sommertrockene Standorte (WHZ 42, 43) handelt (Tab. 1). Bei den mäßig frischen Standorten (WHZ 42) überwiegt mit knapp 1.900 ha die trockenere Variante (42t).

Tab. 1: Auf Waldflächen im Untersuchungsgebiet vorkommende Wasserhaushaltsstufen (WHZ) nach Einschätzung der forstlichen Standortkartierung unter Verwendung des geländeökologischen Schätzrahmens (Anlage 1), sowie deren Flächenanteil.

WHZ	[ha]	[%]
31	286	1,7
32	118	0,7
33	1.873	11,2
34	3.348	19,9
35	5.881	35,0
37	54	0,3
38	11	0,1
40	4	0,0
41	165	1,0
42	3.494	20,8
43	1.540	9,2
44	22	0,1

Die Nährstoffeinschätzung ist überwiegend schwach (NZ 2, 2+; 7.200 ha) und mäßig (NZ 3-, 3; 8.000 ha) (Tab. 2), sodass das Untersuchungsgebiet auf rund 90% der Fläche von Standorten mit dieser Nährstoffeinschätzung geprägt wird.

Tab. 2: Auf Waldflächen im Untersuchungsgebiet vorkommende Stufen der Nährstoffansprache (NZ) nach Einschätzung der forstlichen Standortkartierung unter Verwendung des geländeökologischen Schätzrahmens, sowie der Flächenanteil grundwasserbeeinflusster (GW) stauwasserbeeinflusster (Stau) und Grundwasser freier (GW-frei) Standorte.

NZ	2	2+	3-	3	3+	4-	4	4+	5-	5	Summe [ha]
<b>GW [ha]</b>	1.589	2.539	3.967	2.209	882	69	119	103	8	10	<b>11.496</b>
<b>Stau [ha]</b>	0	1	0	0	9	12	42	1	0	0	<b>65</b>
<b>GW-frei [ha]</b>	1.119	1.937	999	833	213	28	87	6	4	0	<b>5.226</b>
<b>Summe [ha]</b>	<b>2.710</b>	<b>4.478</b>	<b>4.966</b>	<b>3.045</b>	<b>1.104</b>	<b>109</b>	<b>252</b>	<b>110</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>16.787</b>

Das bodenbildende Ausgangssubstrat wurde zum weit überwiegenden Teil (69%) den holozänen und spätpleistozänen Wasserabsätzen (Substratgruppe 5) zugeordnet (Tab. 3). Diese sind im Untersuchungsgebiet überwiegend fein und mittelsandig ausgeprägt und weniger schluffig/schlickig/lehmig. Nicht oder nicht nennenswert verlehnte Tal- und Schmelzwassersande (Substratgruppe 2) sind mit 21% ein weiteres prägendes Ausgangssubstrat. Schwach verlehnte (Deck)-Sande (Substratgruppe 3) sind mit 7% noch erwähnenswert.

Tab. 3: Auf Waldflächen im Untersuchungsgebiet vorkommende Substratgruppen nach Ansprache der forstlichen Standortkartierung unter Verwendung des geländeökologischen Schätzrahmens, sowie deren Flächenanteil.

Substratgruppe	Substrat Name	[ha]	[%]
1	Kiese	12	0,1
2	unverlehnte Sande	3.596	21,4
3	verlehnte Sande	1.220	7,3
4	Lehme	57	0,3
5	hol. Wasserabsätze	11.590	69,0
6	Auenlehme	81	0,5
7	Beckenabsätze	6	0,0
8	Geschiebemergel	0	0
9	Sandlöss	226	1,3

### Potenzieller Kartierungsbedarf

Um zukünftig für alle Waldflächen innerhalb des Untersuchungsgebiets waldbauliche Aussagen treffen zu können, ist es erforderlich, dass hierfür flächendeckende Standortdaten vorliegen.

Zur Ermittlung von Waldflächen ohne forstliche Standortkartierung wurde der Waldlayer des LGLN mit dem Layer der Standortdaten verschnitten. Hieraus wird ersichtlich, dass innerhalb des Untersuchungsgebiets (incl. Puffer) für den größten Teil der Waldflächen eine forstliche Standortkartierung vorliegt (Abb. 2): Von den 18.160 ha Wald sind mit etwa 16.800 ha rund 93 % der Waldfläche standortskartiert.

Ein potenzieller Kartierungsbedarf ergibt sich aus:

- a) bislang unkartierten Waldflächen im Untersuchungsgebiet, wobei hier nur der Bereich bis zur 25 cm Absenkungslinie (NULL zu PROGNOSE) ohne 500 m-Puffer betrachtet wird, und

- b) aus Flächen, die gemäß Standortkartierung als grundwasserbeeinflusste Standorte beschrieben wurden, aufgrund der prognostizierten Grundwasserentnahme jedoch nicht mehr in diese Kategorie fallen und hier eine neue Einschätzung des Wasserhaushalts, die sich an der nutzbaren Feldkapazität orientiert, sowie eine Anpassung der Nährstoffeinschätzung erforderlich wird.

Innerhalb des Bereichs der 25 cm Absenkungslinie (Untersuchungsgebiet excl. 500 m Puffer) befinden sich gemäß Gis-Analyse rund 1.100 ha Wald ohne forstliche Standortkartierung. Bei einer genaueren Betrachtung wird jedoch offensichtlich, dass diese häufig aus Kleinstflächen und linienhaften Strukturen bestehen (Abb. 2). Hier kann davon ausgegangen werden, dass es sich zum weit überwiegenden Teil um topologische Fehler (fehlende Kongruenz der verschnittenen Datensätze) sowie um Straßen (u. a. A7) und breitere Forstwege, sowie um Sonderflächen wie das Testgelände Contidrom bei Jeversen handelt. Es kann davon ausgegangen werden, dass für diese Flächen aus forstwirtschaftlicher Sicht in der Regel kein Kartierbedarf besteht. Diese Flächen umfassen rund 350 ha. Größere unkartierte Waldflächen befinden sich mit ca. 200 ha südlich von Lindwedel, sowie im Bereich Wietze und westlich von Hambühren mit jeweils rund 100 ha. Weitere rund 100 ha liegen diffus im Raum Fuhrberg.

Hieraus ergibt sich ein kalkulatorischer Kartierbedarf von bislang unkartierten Waldflächen von 500-750 ha.

Im Weiteren sollen Flächen identifiziert werden, die zum Zeitpunkt der Standortkartierung durch diese als grundwasserbeeinflusst eingeschätzt wurden (Wasserhaushaltszahlen 31-35), in Folge der Trinkwassergewinnung entsprechend dem PROGNOSE-Zustand jedoch nicht mehr als grundwasserbeeinflusst gelten (prognostizierter Grundwasser-Flur-Abstand >4 m, s. Tab.4). Diese Abgrenzung lehnt sich an den Ergebnissen der Arbeit von Steinmann (2015) an, in der eine Erschließung tiefliegender Bodenhorizonte bis 4 m nachgewiesen werden konnte. Auch konnten im Rahmen aktueller Standortkartierungen im Raum Cloppenburg lebende Feinwurzeln auf GW-Standorten bis 4 m nachgewiesen werden, sodass eine Ausweisung von GW-Standorten bei einem GW-Stand (Oberkante Kapillarsaum) von 4 m unter Geländeoberfläche angemessen erscheint.

Tab. 4: Grundwasserbeeinflusste Standorte (WHZ 31 bis 35) der forstlichen Standortkartierung, die entsprechend dem modellierten GW-Flur-Abstand (PROGNOSE-Zustand), zukünftig als grundwasserfreie Standorte gemäß Standortkartierung gelten.

WHZ	GW-Flur-Abstand [m]		[ha]	[%]
	PROGNOSE-Zustand			
31*	> 5.0		2,9	0,3
31*	4.5-5.0		1,8	0,2
31*	4.0-4.5		2,8	0,3
32	> 5.0		0,1	0,0
33	> 5.0		11,8	1,2
33	4.5-5.0		4,7	0,5
33	4.0-4.5		1,9	0,2
34	> 5.0		19,8	2,0
34	4.5-5.0		11,4	1,2
34	4.0-4.5		22,3	2,3
35	> 5.0		186,7	19,1
35	4.5-5.0		206,6	21,1
35	4.0-4.5		506,6	51,7
<b>Summe</b>			<b>979,4</b>	<b>100</b>

\*WHZ 31=Moorstandorte, in Abhängigkeit des Wasserstandes im Moor hier stark bis schwach GW-beeinflusst.



Auf Grundlage der hier verwendeten Daten kann davon ausgegangen werden, dass etwa 980 ha der durch die Standortkartierung als grundwasserbeeinflusst eingeschätzten Standorte durch Grundwasserabsenkung in Folge der Trinkwassergewinnung zukünftig als grundwasserfrei, entsprechend der Kriterien der forstlichen Standortkartierung, gelten.

Mit 900 ha (92%) sind hiervon zum weit überwiegenden Teil (gemäß Standortkartierung) schwach bis sehr schwach grundwasserbeeinflusste Standorte (WHZ=35) betroffen. Diese Flächen konzentrieren sich mit weitestgehend kompakten 370 ha nördlich von Lindwedel, diffus verteilten Flächen von insgesamt rund 210 ha westlich von Wietze und einem relativ kompakten Bereich von etwa 130 ha nördlich von Fuhrberg (Abb. 3).

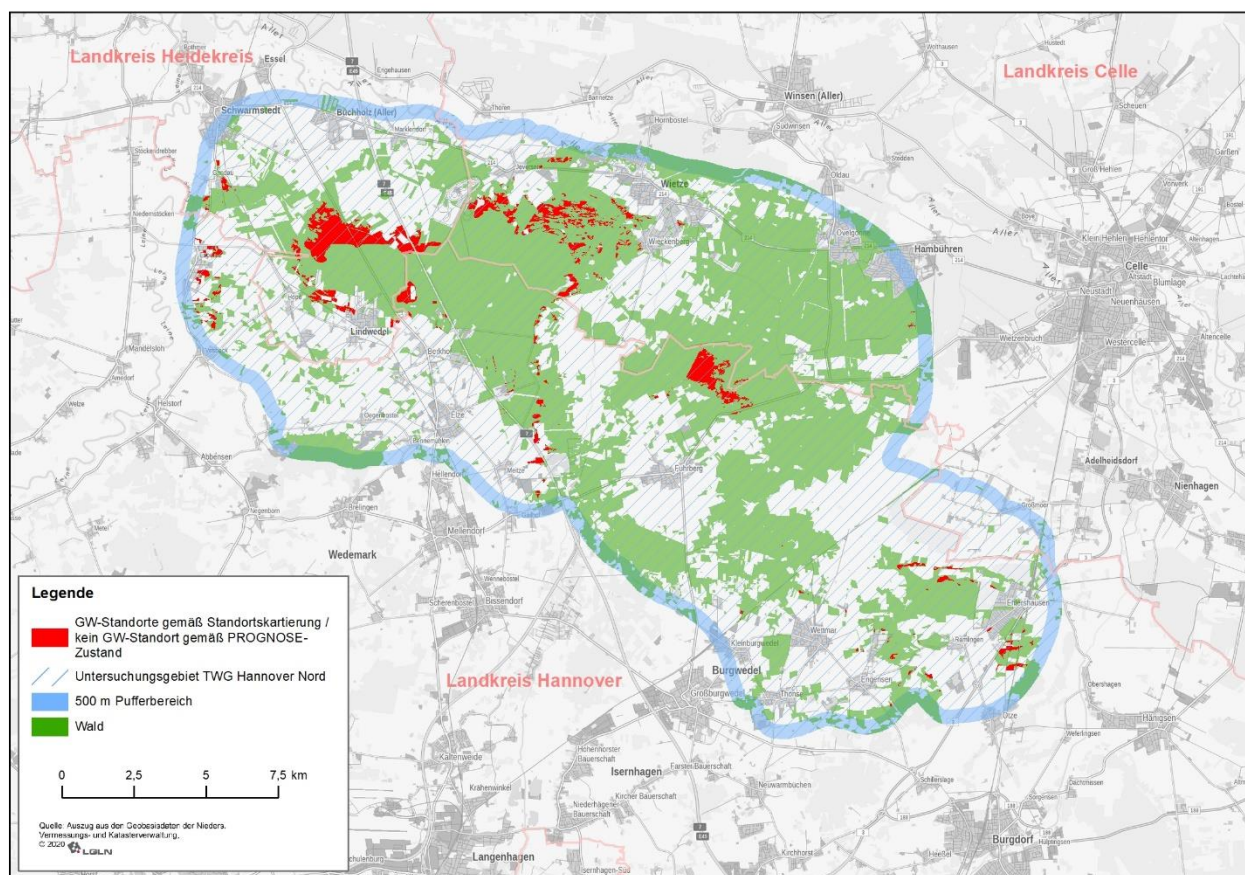


Abb. 3: Grundwasserstandorte gemäß Standortkartierung, die sich in Folge der Trinkwassergewinnung entsprechend des PROGNOSIS-Zustands zu grundwasserfreien Standorten entwickeln.

Nicht berücksichtigt hierbei sind potenzielle Grundwasserstandorte bislang unkartierter Waldflächen. Insgesamt ergibt sich hieraus ein kalkulatorischer Nachkartierungsbedarf von rund 1.500-1.700 ha. Da es sich hierbei häufig auch um kleine und schmale Flächen handelt, sollten Möglichkeiten der Interpolation und Arrondierung geprüft werden. Hierfür wäre eine weitergehende Analyse der Daten notwendig.



## Vergleich und Analyse modellierter GW-Flur-Abstände hinsichtlich potenzieller Veränderungen der Standortstypen

Die Effekte der Trinkwassergewinnung im Untersuchungsgebiet auf die Forstwirtschaft sollen über Veränderungen des forstlichen Standortstyps bewertet werden (siehe Ausblick). Hierfür werden in dem hier vorliegenden Gutachten Standortstypenveränderungen abgeleitet und dokumentiert, die sich aus den Differenzen der GW-Flur-Abstände zwischen den Zuständen NULL und PROGNOSE ergeben. Methodisch wurden Möglichkeiten für die Überführung von GW-Flur-Abständen in Wasserhaushaltszahlen der forstlichen Standortkartierung in der Projektarbeit „Grundwasserabsenkung unter Wald: Waldwachstumsreaktionen auf Grundwasserstandsänderungen“ (Stüber et al., in präp.) für das Untersuchungsgebiet beschrieben und validiert. Diese Methodik wird auf die hier verwendeten Modelldaten angewendet.

Da diese Modelldaten flächendeckend vorliegen, können Veränderungen bezüglich der Wasserhaushaltseinschätzung für die gesamte Waldfläche im Untersuchungsgebiet dargestellt werden.

Den aus der Grundwassermodellierung resultierenden GW-Flur-Abständen wurden Wasserhaushaltszahlen der forstlichen Standortkartierung (Anlage 1) zugeordnet und zu fünf verschiedenen Grundwasserstufen gruppiert (Tab. 5).

Tab. 5: Straten modellierter GW-Flur-Abstände, sowie die hieraus abgeleiteten Wasserhaushaltszahlen (WHZ<sub>a</sub>) gemäß der forstlichen Standortkartierung und deren Einteilung in Grundwasserstufen.

GW-Flur-Abstand [m]	WHZ <sub>a</sub>	WHZ <sub>a</sub> Name	GW-Stufe
< 0,5	32	sehr stark GW beeinflusst	0
>= 0,5 bis 1	33	stark GW beeinflusst	1
> 1 bis 2,5	34, 35	mäßig bis schwach GW beeinflusst	2
> 2,5 bis 4	35t	sehr schwach GW beeinflusst	3
> 4	42*	GW frei	4

\*WHZ 42 (mäßig frisch) wird hier als Dummy-Variable für alle GW-freien Standorte verwendet.

Die Einteilung der GW-Flur-Abstände erfolgte in fünf GW-Stufen (0 bis 4) und folgt waldbaulichen, arbeitstechnischen und ertragskundlichen Erkenntnissen.

**Die GW-Stufe 0** zeichnet sich durch sehr hoch anstehendes Grundwasser aus. Hier kann durch die geringe Bodenbelüftung von für das Baumwachstum im Regelfall wachstumshemmenden Bedingungen ausgegangen werden. Zudem stocken die Bestände hier tendenziell weniger stabil und die Bewirtschaftung ist durch weniger tragfähige Böden erschwert. Bei der im Untersuchungsgebiet überwiegend schwachen bis mäßigen Nährstoffausstattung der forstlichen Standorte handelt es sich hier um Standorte, auf denen eine nur extensiv zu betreibende Forstwirtschaft mit gelegentlicher Nutzung möglich ist. Das anbauwürdige standortgerechte Baumartenspektrum ist stark eingeschränkt. Daher erfolgte eine Abgrenzung zur stark Grundwasser beeinflussten **GW-Stufe 1**, die wiederum durch das abweichende empfohlene Baumartenspektrum und hinsichtlich zu vermutender ertragskundlicher Effekte von der mäßig bis schwach Grundwasser beeinflussten **GW-Stufe 2** abgegrenzt wurde. Durch die grundsätzlich ganzjährige Wasserverfügbarkeit bei hinreichender Bodenbelüftung ist die GW-Stufe 2 für das Baumartenwachstum und die Bewirtschaftung als günstig einzuschätzen. Ein breites Spektrum standortgerechter Baumarten bietet Forstbetrieben Flexibilität. Die **GW-Stufe 3** umfasst nur noch sehr schwach Grundwasser beeinflusste Standorte. Leistungsunterschiede zu ansonsten vergleichbaren GW-freien Standorten sind hier nach derzeitigem Stand des Arbeitskreis Forstertrag trotz der grundsätzlichen Wurzel-Erreichbarkeit des Grundwassers nicht zu erwarten. Hier ist noch zu klären, ob auf Standorten der GW-Stufe 3 gegenüber GW-freien Standorten ein etwas geringeres Anbaurisiko insbesondere hinsichtlich längerer Dürreperioden

besteht. Die **GW-Stufe 4** umfasst GW-freie Standorte und ist daher von den zuvor genannten Standorten zu unterscheiden. Hierunter fallen alle Standorte mit einem GW-Flur-Abstand von > 4 m (Steinmann, 2015). Eine GW-Absenkung führt hier zu keinerlei Veränderung hinsichtlich forstwirtschaftlicher Aspekte wie Leistung, Baumartenwahl und Risiko.

Bei einem Vergleich der modellierten Zustände NULL und PROGNOSE resultieren folgende Veränderungen der Grundwasserstufen (Tab. 6)

Tab. 6: Veränderungen der Grundwasserstufen (GW-Stufe) zwischen den Zuständen NULL und PROGNOSE, deren Zuordnung zu Veränderungsklassen und Flächenrelevanz.

Veränderungsklasse	GW-Stufe		WHZ <sub>a</sub>		[ha]	[%]
	NULL	PROGNOSE	NULL	PROGNOSE		
1	0	1	32	33	462	2,5
2	0	2	32	34, 35	1.717	9,4
3	0	3	32	35t	931	5,1
4	0	4	32	42	260	1,4
5	1	2	33	34, 35	2.202	12,1
6	1	3	33	35t	517	2,8
7	1	4	33	42	530	2,9
8	2	3	34, 35	35t	1.800	9,9
9	2	4	34, 35	42	2.181	12,0
10	3	4	35t	42	1.410	7,7
0	keine Veränderung				6.187	34,0

WHZ 42 (mäßig frisch) wird hier als Dummy-Variable für alle GW-freien Standorte verwendet.

Auf etwa 6.200 ha (34 %) ergeben sich innerhalb eines Szenariovergleichs (NULL- und PROGNOSE-Zustand) keine Veränderungen der GW-Stufen bzw. der zugeordneten WHZ<sub>a</sub> (Tab. 6; Veränderungsklasse 0). Hier sind keine messbaren Veränderungen forstwirtschaftlicher Parameter zu erwarten. Diese Bereiche konzentrieren sich in den Randbereichen des Untersuchungsgebiets und zwischen den Ortschaften Fuhrberg und Wettmar (Abb. 4). Dies unterstützt auch das Vorgehen potenzielle Nachkartierungen (s. o.) auf den Bereich des Untersuchungsgebiets ohne Puffer zu beschränken.

Auf den übrigen 12.000 ha (66 %) Waldfläche ergeben sich zwischen den Zuständen NULL und PROGNOSE Veränderungen des Wasserhaushalts, von denen davon auszugehen ist, dass sie sich hinsichtlich der Ertragskraft, des standortgerechten Baumartenspektrums oder einer Risikoeinschätzung bezüglich Trockenstress signifikant auswirken. Diese Effekte sollen zu einem späteren Zeitpunkt bewertet werden. Effekte auf die Ertragskraft von Waldflächen können mittels der Arbeiten von Albert und Schmidt (2010), Schmidt (2010) und Schmidt et al. (2018) quantifiziert werden.

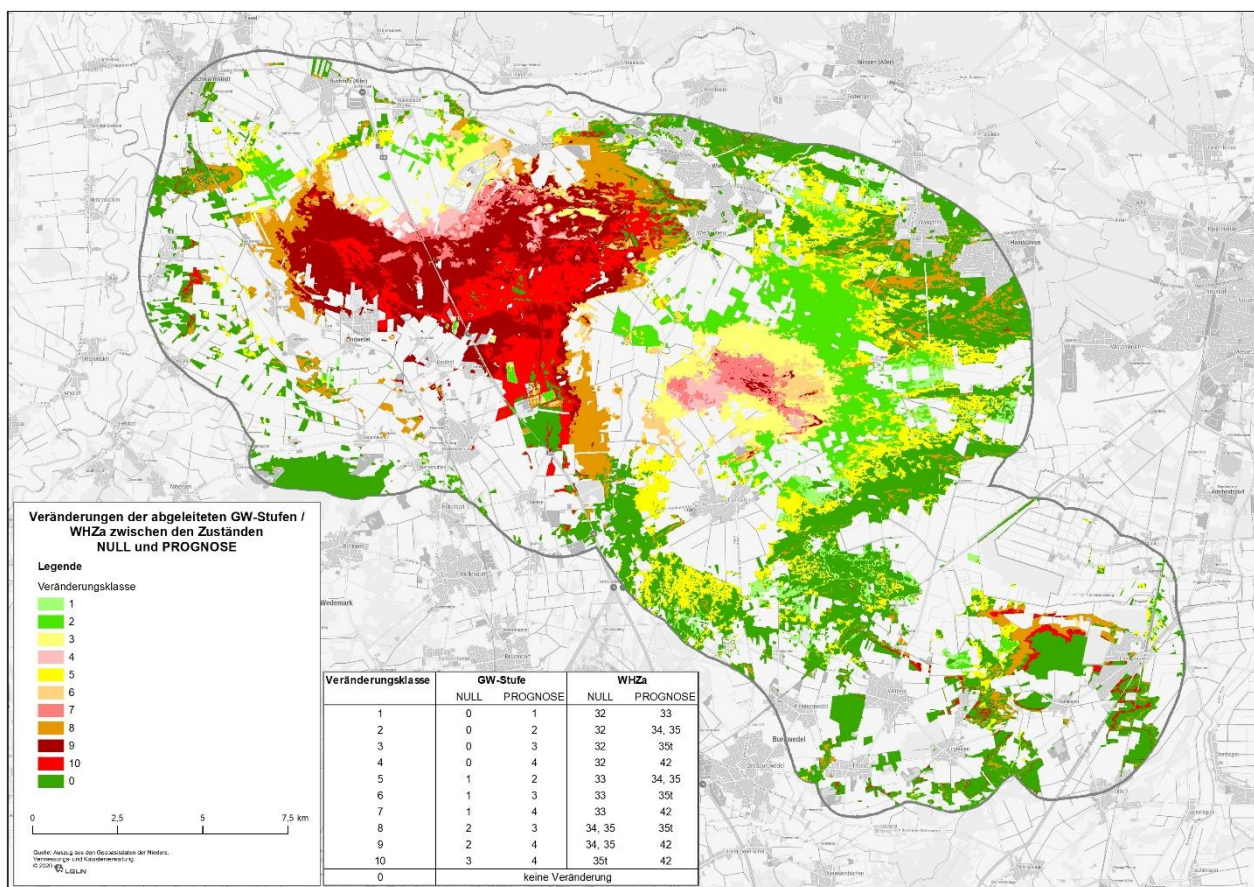


Abb. 4: Veränderungen der abgeleiteten GW-Stufen bzw. der abgeleiteten Wasserhaushaltszahlen (WHZa) zwischen den Zuständen NULL und PROGNOSE.

Im Folgenden werden hier Bereiche aufgezeigt, für die ein weitergehender Untersuchungsbedarf im Hinblick auf den zu erstellenden Durchführungsplan zur Beweissicherung (siehe unten) besteht:

Grundwasserbeeinflusste Standorte im NULL-Zustand verändern sich auf knapp 4.400 ha (24 %) zu grundwasserfreien Standorten innerhalb des Prognose-Zustands (Veränderungsklassen 4, 7, 9, 10; Tab. 6). Diese konzentrieren sich im Kern des Untersuchungsgebiets primär zwischen den Ortschaften Lindwedel, Buchholz, Wietze und Fuhrberg (Abb. 4). Da hier nicht mehr mit einer Nährstoffzuführung aus dem Grundwasser zu rechnen ist, wirkt sich die Grundwasserabsenkung auch auf die Nährstoffansprache der forstlichen Standortskartierung aus, die um eine halbe Stufe abgesenkt werden sollte, hierdurch ist von zusätzlichen Ertragseffekten bei der Anwendung eines standortsensitiven Waldwachstumsmodells (Schmidt, 2010) auszugehen. Neben ertragskundlichen Effekten (Veränderungsklasse 4, 7 und 9) sollte hier zudem die Möglichkeit für ein höheres Trockenstressrisiko für Waldflächen im PROGNOSE-Zustand und einem veränderten standortgerechten Baumartenspektrum untersucht werden.

Sehr stark GW-beeinflusste Standorte (GW-Stufe 0, WHZ<sub>a</sub> 32) im NULL-Zustand verändern sich auf knapp 2.200 ha (12 %) innerhalb des PROGNOSE-Zustands zu stark bis schwach GW-beeinflussten Standorten (GW-Stufe 1 und 2; WHZ<sub>a</sub> 33, 34, 35). Diese Flächen verteilen sich diffus im Untersuchungsgebiet, große zusammenhängende Flächen befinden sich zwischen Wulfshorst, Rixförde und Wietze (Abb. 4). Tendenziell kann hier von einem für die Forstwirtschaft positiven Effekt im PROGNOSE-Zustand ausgegangen werden (Veränderungsklassen 1 u. 2). In wie weit sich dies auf die Ertragskraft, das Windwurfrisiko und das Spektrum standortgerechter Baumarten auswirkt, bedarf weitergehender Untersuchungen.



Sehr stark grundwasserbeeinflusste Standorte (WHZ<sub>a</sub> 32, GW-Stufe 0) im NULL-Zustand entwickeln sich auf über 900 ha (5 %) zu sehr gering grundwasserbeeinflussten Standorten (WHZ<sub>a</sub> 35t, GW-Stufe 3) im PROGNOSE-Zustand (Veränderungsklasse 3). Diese Bereiche konzentrieren sich zwischen Fuhrberg und Wietze, sowie westlich von Jeversen. Hier kann von erheblichen Veränderungen hinsichtlich der Auswahl standortgerechter Baumarten ausgegangen werden. In wie weit sich dies auf die wirtschaftliche Lage von betroffenen Forstbetrieben und das Potenzial eines erhöhten Risikos durch Trockenstress auswirkt sollte analysiert werden.

Stark grundwasserbeeinflusste Standorte (WHZ<sub>a</sub> 33, GW-Stufe 1) im NULL-Zustand verändern sich auf rund 2.200 ha (12 %) zu mäßig bis schwach grundwasserbeeinflussten Standorten des PROGNOSE-Zustands (Veränderungsklasse 5). Dies könnte zu Ertragseffekten führen und sollte näher untersucht werden, wogegen durch das nach wie vor relativ hoch anstehende GW, nicht von messbaren Effekten hinsichtlich eines erhöhten Risikos durch Trockenstress auszugehen ist.

Die Veränderungsklassen 6 und 8 umfassen Standorte, die sich von stark bis gering grundwasserbeeinflussten Standorten (WHZ<sub>a</sub> 33, 34, 35; GW-Stufen 1 u. 2) im NULL-Zustand zu sehr gering grundwasserbeeinflussten Standorten (WHZ<sub>a</sub> 35t; PROGNOSE-Zustand) entwickeln. Diese Bereiche umfassen rund 2.300 ha (12 %) und bilden Schwerpunkte zwischen den Ortschaften Wietze und Jeversen, nördlich von Hope, nordöstlich der Autobahnabfahrt Mellendorf, sowie westlich von Rixförde. Ertragseffekte und die Möglichkeit eines erhöhten Risikos durch Trockenstress sollten hier näher untersucht werden.

Zusammenfassend kann vorbehaltlich der abschließenden Ergebnisse des Arbeitskreis Forstertrag davon ausgegangen werden, dass die simulierte Trinkwassergewinnung des Prognose-Zustands gegenüber dem NULL-Zustand auf rund 8.350 ha (46 %) keine oder tendenziell positive Effekte für die Forstwirtschaft erwarten lässt (Veränderungsklassen 0, 1, 2). Weiterhin kann nach derzeitigem Wissensstand davon ausgegangen werden, dass sich mittels standortssensitiver ertragskundlicher Modelle (Albert und Schmidt, 2010; Schmidt, 2010; Schmidt et al., 2018) für die Veränderungsklassen 5 bis 9 (7.230 ha; 40%) ertragskundliche Effekte abschätzen lassen.

Zudem sollte untersucht werden, in wie weit in den Veränderungsklassen 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10 (7.630 ha, 42%) ein erhöhtes Trockenstressrisiko aufgrund der Grundwasserentnahmen zu erwarten ist.

Ein abweichendes standortgerechtes Baumartenspektrum ergibt sich für rund 6.700 ha (37 %) in den Veränderungsklassen 1, 2, 3, 9 und 10.

Mittels weitergehender Untersuchungen sollte analysiert werden, wie sich diese Standortsveränderungen für betroffene Forstbetriebe ökonomisch auswirken.

## Zusammenfassung und Diskussion

Für das hier angewendete Verfahren erfolgte ein Abgleich, ob vorliegende digitale Geländemodelle und angewendete Modellierungsansätze geeignet sind, die forstliche Standortkartierung hinreichend präzise abzubilden. Zudem erfolgte eine gebietsspezifische Kalibrierung der GW-Flur-Abstände und WHZ (Stüber et al., in präp). Voraussetzung hierfür ist eine weitestgehend vollständig vorliegende Standortkartierung für Waldflächen innerhalb des Absenkungsgebiets. Hierauf aufbauend konnten Wasserhaushaltszahlen der forstlichen Standortkartierung (WHZ<sub>a</sub>) aus den modellierten GW-Flur-Abständen abgeleitet werden. Zudem wurden Veränderungen der WHZ<sub>a</sub> zwischen den NULL- und PROGNOSE-Zuständen sowie sich hieraus ergebende mögliche waldbauliche und ertragskundliche Effekte aufgezeigt. Bei den zum Teil deutlichen standortsökologischen Veränderungen zwischen diesen beiden Zuständen ist zu berücksichtigen, dass aufgrund der schon seit Jahrzehnten stattfindenden Grundwasserentnahme der NULL-Zustand einen Zustand beschreibt, der die Gegenwart nicht annähernd präzise abbildet. Um die Veränderungen, die sich aufgrund der beantragten Grundwasserentnahmen zum Status Quo ergeben zu



beschreiben, und damit auch gegenüber Dritten kommunizieren zu können, ist ein zusätzlicher Szenariovergleich IST zu PROGNOSE notwendig.

Für das im Weiteren angedachte Verfahren können diese abgeleiteten WHZa als Eingangsparameter in standortssensitiven Waldwachstumsmodellen genutzt werden, um über deren Veränderung Ertragseffekte zu quantifizieren. Hierfür ist angedacht, das standortssensitive Waldwachstumsmodell von Schmidt (2010) zu verwenden. Dieses Modell wurde mit Daten aus dem gesamten Bundesgebiet parametrisiert und ist daher auch gebietsunabhängig bundesweit verwendbar, es bedarf lediglich einer lokalen Kalibrierung. Zudem ist dieses Modell geeignet, Ertragseffekte, die sich aus Standortsveränderungen ergeben, von weiteren beeinflussenden Faktoren zu trennen, sodass die reinen Ertragseffekte, die sich aus Grundwasserstandsänderungen ergeben, quantifiziert werden können.

Durch das hier erfolgte und im Weiteren angedachte Vorgehen kann auf ein aufwendiges Beweissicherungsverfahren und die damit verbundene Anlage und dauerhafte Untersuchung von Weiserflächenpaaren verzichtet werden. Dieses Verfahren stellt damit einen wesentlichen Beitrag zur Verfahrensvereinfachung in Genehmigungsverfahren da und dient damit auch der Reduzierung des Verwaltungsaufwands.

Zudem können zu erwartende ertragskundliche Effekte auf das Baumwachstum schon im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens ermittelt und Waldeigentümer informiert werden, was der Transparenz und Akzeptanz innerhalb von Genehmigungsverfahren zuträglich sein kann.

## Ausblick

Die im Folgenden aufgeführten Themen sind im Rahmen des Durchführungsplans zur Beweissicherung zu bearbeiten:

- Durchführung, ggf. Digitalisierung und Anpassung der forstlichen Standortskartierung gemäß des in dem hier vorliegenden Gutachten ermittelten Bedarfs.
- Das Standort-Leistungs-Modell (Schmidt, 2010) anhand von Erhebungen vergleichbarer Waldflächen zu kalibrieren.
- Ermittlung ertragskundlicher Effekte für die in dem hier vorliegenden Gutachten ermittelten Veränderungsklassen unter Verwendung des o. g. Modells (Schmidt, 2010).
- Szenariovergleich IST zu PROGNOSE.
- Monetarisierung der ertragskundlichen Effekte.
- Bewertung eines durch die GW-Entnahme veränderten Spektrums standortgemäßer Baumarten.
- Bewertung eines durch die GW-Entnahme veränderten Risikos für eine Waldbewirtschaftung.
- Ergänzung von Waldflächen, die durch die Daten des LGLN (2018) nicht erfasst wurden.
- Zuordnung der für das Untersuchungsgebiet kumulativ berechneten Absenkungen und der sich hieraus ergebenden forstwirtschaftlichen Effekte zu den Fassungen der beteiligten Wasserversorger.

## Anlagen

1. Forstliche Standortskartierung, ökologisches Rahmenschema und Variantenschlüssel

## Literatur

- Albert, M. & M. Schmidt (2010):** Climate-sensitive modelling of site-productivity relationships for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and common beech (*Fagus sylvatica* L.). *For. Ecol. Manage.*, 259, (4): 739-749.
- Bezirksregierung Hannover (1990):** Bescheid über die Bewilligung eines Grundwasserentnahmerechts zugunsten der Stadtwerke Hannover AG im Raum Fuhrberger Feld.
- Hillmann, M., Meesenburg, H., Raissi, F., Worbes, M. (2009a):** Geofakten 15, Auswirkungen von Grundwasserentnahmen auf die forstliche Nutzung, Teil 1 Rechtliche Rahmenbedingungen und Voruntersuchungen, LBEG, 3. Auflage.
- Hillmann, M., Meesenburg, H., Raissi, F., Worbes, M. (2009b):** Geofakten 16, Auswirkungen von Grundwasserentnahmen auf die forstliche Nutzung, Teil 2 Forstliches Beweissicherungsverfahren, LBEG, 3. Auflage.
- LGLN (2018):** Objektart 43002 AX\_Wald, ATKIS Basis-DLM, abgeleitet aus der Digitalen Topographischen Karte 1:10000/1:25000. [https://www.lgln.niedersachsen.de/startseite/geodaten\\_karten/topographische\\_geodaten\\_aus\\_atkis/dlm/digitale-landschaftsmodelle-dlm-atkis-144141.html](https://www.lgln.niedersachsen.de/startseite/geodaten_karten/topographische_geodaten_aus_atkis/dlm/digitale-landschaftsmodelle-dlm-atkis-144141.html).
- Meyer, H.-H. (2020):** Antrag auf Bewilligung einer Grundwasserentnahme aus dem Fuhrberger Feld (Fassungen Lindwedel, Berkhof und Fuhrberg) – Teil B2: Geohydrologisches Gutachten. Ing.-Büro H.-H. Meyer, Bad Nenndorf (15.07.2020).
- Raissi, F., Müller, U., Meesenburg, H. (2009a):** Geofakten 9, Ermittlung der effektiven Durchwurzelungstiefe von Forststandorten, LBEG, 4. Auflage.
- Raissi, F., Weustink, A., Müller, U., Nix, T. Meesenburg, H., Rasper, M. (2009b):** Geofakten 19, Durchführungspläne für die Beweissicherung zum Bewilligungsbescheid zur Entnahme von Grundwasser, LBEG, 5. Auflage.
- Schmidt, M. (2010):** Ein standortsensitives, longitudinales Höhen-Durchmesser-Modell als eine Lösung für das Standort-Leistungs-Problem in Deutschland. Tagungsband der Jahrestagung der Sektion Ertragskunde im DVFFA vom 17.-19.05.2010 in Körbecke, S. 131-152
- Schmidt, M., R. Nuske, B. Ahrends (2018):** Standortsensitive Wachstumsfunktionen zur Abschätzung des zukünftigen Wachstumspotentials von Waldbeständen und Einzelbäumen unter Klimawandel. In: Klädtke, J. & U. Kohnle: Tagungsband zur Jahrestagung der Sektion Ertragskunde im DVFFA vom 14. -16. 05. 2018, Víglaš/Slowakei. [http://sektionertragskunde.fvabw.de/2018/14\\_Schmidt.pdf](http://sektionertragskunde.fvabw.de/2018/14_Schmidt.pdf). S. 121-140.
- Steinmann, V. (2015):** Tiefendurchwurzelung von Waldbäumen auf quartären Standorten im Norddeutschen Tiefland, Masterarbeit an der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen.
- Stüber, V., Schmidt, M., Ahrends, B., Zander, O., Schulte, V., Wixwat, T., Heumann S., Hillmann, M., Hansen, T. (in präp.):** Grundwasserabsenkung unter Wald: Waldwachstumsreaktionen auf Grundwasserstandsänderungen, Projektarbeit eneracity AG.
- Worbes, M., Hillmann, M. (2001):** Jahrringe zeigen Absenkungen des Grundwassers im Norddeutschen Flachland. *AFZ-Der Wald* 4/2001, S. 190-192.