



Bericht

Wasserwald AP 6: Versickerungswirksamkeit von Grundwasseranreicherungsmaßnahmen aus hydrogeologischer Sicht

Auftraggeber: **Landwirtschaftskammer Niedersachsen**
Johannssenstrasse 10
30159 Hannover

Bearbeitung: **CONSULAQUA • Hildesheim**
Geo-Infometric
Gropiusstraße 3
31137 Hildesheim

Bearbeiter:
Dipl. - Geogr. Jan Hohlbein (JHohlbein@consulaqua.de)
Dipl. - Geol. Michael Bruns (m.bruns@geo-infometric.de)

Projekt: 52767

Hildesheim, im Mai 2015

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG | 4 |
| 2 | ABGRENZUNG DES UNTERSUCHUNGSGEGENSTANDES | 5 |
| 2.1 | Untersuchungsgebiet | 5 |
| 2.2 | Untersuchungsgegenstand | 7 |
| 3 | DATENGRUNDLAGEN | 8 |
| 4 | ENTWICKLUNG EINES BEWERTUNGSVERFAHRENS | 9 |
| 4.1 | Allgemeine Beschreibung | 9 |
| 4.2 | Beschreibung geologisches 3D Strukturmodell Teilgebiet 1 | 10 |
| 4.3 | Erstellung eines geologischen 3D Strukturmodells Teilgebiet 2..... | 11 |
| 4.4 | Erstellung eines Grundwassergleichenplans für den Zielaquifer | 12 |
| 4.5 | Beschreibung der Auswertung und methodische Anleitung | 13 |
| 4.5.1 | Auswertung Bodenkarte BUEK 50 | 13 |
| 4.5.2 | Auswertung Geologische Karte GK 25 | 13 |
| 4.5.3 | Verteilung und die Mächtigkeit der Grundwasserhemmer aus dem geologischen 3D Strukturmodell | 14 |
| 4.5.4 | Auswertung der Mächtigkeit der ungesättigten Zone | 15 |
| 4.6 | Gesamtbewertung der Versickerungswirksamkeit | 16 |
| 5 | ERGEBNISSE..... | 17 |
| 6 | VERSICKERUNGSWIRKSAMKEIT MIT DER ZEIT | 20 |
| 7 | MENGENMÄßIGE VERSICKERUNGSWIRKSAMKEIT..... | 23 |
| 8 | KOSTENSCHÄTZUNG FÜR VERGLEICHBARE VORHABEN | 24 |
| 9 | DISKUSSION: BETRACHTUNG DES ABFLUSSGESCHEHENS IN DEN OBERFLÄCHENGEWÄSSERN..... | 26 |
| 10 | ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG DER ÜBERTRAGBARKEIT AUF VERGLEICHBARE GEBIETE | 27 |
| 11 | ABBILDUNGEN UND TABELLEN | 30 |
| 12 | LITERATUR..... | 30 |
| 13 | ANLAGENVERZEICHNIS | 31 |

ABKÜRZUNGEN

| | |
|-------------|--|
| AQ | Aquifer (Grundwasserleiter) |
| AT | Aquitard (Grundwasserhemmer) |
| BUEK 50 | Bodenübersichtskarte im Maßstab 1 : 50.000 |
| CAH | CONSULAQUA Hildesheim Geo-Infometric, Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH |
| GIS | Geographisches Informationssystem |
| GLD | Gewässerkundlicher Landesdienst |
| GWL | Grundwasserleiter |
| GWN | Grundwasserneubildung |
| H | Grundwasserhemmer (Aquitard) |
| HUEK 200 | Hydrogeologische Übersichtskarte im Maßstab 1 : 200.000 |
| k_f -Wert | Durchlässigkeitsbeiwert |
| L | Grundwasserleiter (Aquifer) |
| LBEG | Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie |
| LGLN | Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen |
| NLWKN | Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz |
| WRRL | EG-Wasserrahmenrichtlinie |

1 VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Das Projekt „Wasserwald“ baut auf den Ergebnissen der Studie „Auswirkungen von Klimawandel und Waldbaustrategien auf das Grundwasserdargebot im Privatwald der niedersächsischen Ostheide“ (UDATA, 2013) aus dem Forschungsverbund KLIMZUG-NORD auf. Die Studie zeigte, dass durch gezielten Waldumbau (von Nadel- zu Laubholz) die Grundwasserneubildung unter Wald standortspezifisch um 38 bis 160 mm/a gesteigert und dadurch der Gebietswasserhaushalt der östlichen Lüneburger Heide („Ostheide“) langfristig positiv beeinflusst werden kann.

Vor diesem Hintergrund ist das Ziel des Projekts Wasserwald die nachhaltige Erhöhung der Grundwasserneubildung unter Wald und damit die Schaffung zusätzlicher Dargebotsmengen. Dadurch würden zukünftige höhere Grundwasserentnahmen z.B. für die Feldberegnung möglich. Eine zusätzliche Beeinträchtigung des bereits angespannten Gebietswasserhaushalts könnte damit vermieden werden.

Im Rahmen des Projektes soll ein praktikables Anrechnungssystem entwickelt und in die Praxis eingeführt werden, um Anreize für den großflächigen Umbau der mono-strukturierten Kiefernforste in klimaangepasste, ökologisch hochwertige Mischwälder zu ermöglichen.

Im zusätzlich in das Projekt aufgenommenen Arbeitspaket 6 soll an zwei unterschiedlich gelagerten Fallbeispielen eine hydrogeologische Bewertung der potenziellen Waldumbau Standorte hinsichtlich ihrer Versickerungseignung erfolgen. Dazu soll in einem ersten Teilgebiet, in dem bereits eine hohe Dichte an hydrogeologisch relevanten Daten und Informationen vorliegt, ein Bewertungsverfahren erarbeitet werden und diese Methodik in einem zweiten Teilgebiet, in dem nur wenige ausgewertete Informationen vorliegen, angewandt und erprobt werden.

Das Ergebnis soll eine flächenhafte Standortbewertung sein, ob eine durch Waldumbau gesteigerte Grundwasserneubildung dem Zielaquifer zugutekommt. Als Zielaquifer wird dabei der im Vorwege festgelegte Aquifer verstanden, aus dem die hauptsächlichen Entnahmen für die Beregnung stattfinden. Die Ergebnisdarstellung erfolgt in Form einer 4-farbigen Karte („Ampelkarte“). Sie soll als Planungsgrundlage und Entscheidungshilfe für Landwirte, Verbände und nicht zuletzt auch für Behörden verstanden werden. Die Bewertungsmethodik soll so aufgebaut sein, dass sie sich einfach auf weitere Anwendungsgebiete übertragen lässt. Außerdem soll ein grober Kostenrahmen für die Bearbeitung weiterer Gebiete mit den erarbeiteten Verfahren aufgestellt werden.

Darüberhinaus sollen sowohl die zeitliche als auch die mengenmäßige Versickerungswirksamkeit von Grundwasseranreicherungsmaßnahmen im AP 6 geklärt werden.

Auf Grundlage der Verdingungsunterlagen zur Ausschreibung vom 07.11.2014 und des Angebots vom 21.11.2014 wurde CONSULAQUA Hildesheim Geo-Infometric am 01.12.2014 von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen mit der Bearbeitung des Arbeitspakets 6 beauftragt. Der vereinbarte abschließende Untersuchungsbericht wird hiermit vorgelegt.

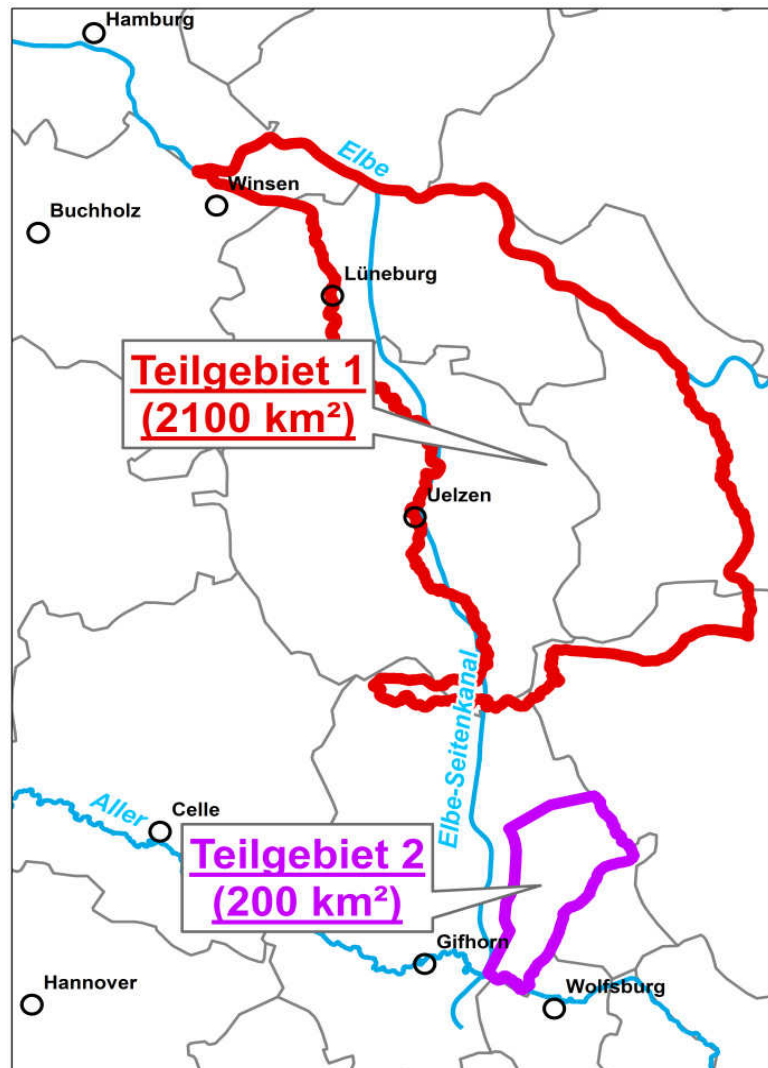


Abbildung 1: Lage der beiden untersuchten Teilgebiete

2 ABGRENZUNG DES UNTERSUCHUNGSGEGENSTANDES

2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt im Nordosten des Landes Niedersachsen zwischen den Flüssen Elbe und Aller. Es untergliedert sich grundsätzlich in zwei unterschiedliche Teilgebiete (Abbildung 1).

Teilgebiet 1

Das Teilgebiet 1 liegt im äußersten Nordosten von Niedersachsen und wird von den Flüssen Ilmenau im Westen und der Elbe im Norden sowie der Bundeslandgrenze zwischen

Niedersachsen und Sachsen-Anhalt begrenzt. Das Gebiet liegt hauptsächlich in den niedersächsischen Landkreisen Uelzen, Lüneburg und Lüchow-Dannenberg. Im äußersten Norden ist ein Teil des Landkreises Harburg, im Süden ist ein Teil des Landkreises Gifhorn sowie des Landkreises Salzwedel in Sachsen-Anhalt enthalten. Es hat eine Größe von ca. 2100 km² und umfasst im Wesentlichen die Grundwasserkörper „Ilmenau Lockergestein rechts“ und „Jeetzel Lockergestein links“. Für das Teilgebiet 1 liegen, u.a. aus zwei Forschungsprojekten („No Regret“ (LWK, 2008) und „AQUARIUS – Dem Wasser kluge Wege ebnen“ (LWK, 2012)), umfangreiche Grundlagendaten, wie z.B. ein geologisches 3D Untergrundmodell und ein numerisches Grundwasserströmungsmodell, vor.

Die Lage der Grundwasserdruckfläche für den Zielaquifer im Teilgebiet 1 wurde im AQUARIUS-Projekt mit Hilfe des Grundwasserströmungsmodells berechnet und konnte für diese Arbeiten verwendet werden. Außerdem war die exakte Verbreitung und Mächtigkeit der Grundwasserhemmer oberhalb des Zielaquifers aus dem geologischen 3D Untergrundmodell bekannt.

Teilgebiet 2

Das Teilgebiet 2 liegt im Osten von Niedersachsen und wird von den Flüssen Aller im Süden, der Kleinen Aller im Osten und der Ohre im Nordosten begrenzt. Das Gebiet liegt vollständig im niedersächsischen Landkreis Gifhorn. Es hat eine Größe von ca. 200 km² und umfasst vorwiegend den Grundwasserkörper „Ise Lockergestein links“ und im Norden zu einem kleineren Teil den Grundwasserkörper „Ohre-Tanger 1“. Für das Teilgebiet 2 lagen vor Bearbeitungsbeginn relativ wenige hydrogeologisch ausgewertete Daten und Informationen vor.

Als Gebietskulisse wurde seitens der LWK das Wuchsgebiet Ost-Heide innerhalb des Grundwasserkörpers Ise Lockergestein links vorgegeben. Für die Abgrenzung des Gebiets wurden zudem folgende Kriterien berücksichtigt:

- Große Waldgebiete, möglichst Privatwald, überwiegend Nadelgehölz
- Flächen mit zukünftig hohem potenziellem Beregnungsbedarf (nach WettReg (LBEG, GeoBerichte 13, 2009))
- Hydrogeologische Abgrenzung über Grundwasserscheiden bzw. Gewässer auf Grundlage der HUEK 200 (Lage der Grundwasseroberfläche): Feldberegnung soll im Grundwasserabstrom der Waldflächen liegen. Die Einhaltung dieser Reihenfolge ist wesentlich, damit das in Waldgebieten zusätzlich gewonnene Grundwasser für die Beregnung wirksam sein kann.
- Möglichst einheitliche Aquifer-/Grundwasserhemmer-Gliederung, ohne umfangreiche Stauchungsgebiete
- Eine ausreichende geologische Informationsdichte (Bohrungen/Schnitte) muss vorhanden sein
- Eine Pufferzone von etwa drei Kilometern um den Elbe-Seitenkanal (ESK) wird mit Kanalwasser beregnet. Das Zielgebiet sollte daher mindestens diesen Abstand zum ESK haben.

Das Teilgebiet 2 erfüllt die gestellten Anforderungen. Zudem ist die Erreichung des in der WRRL geforderten guten Zustands des Grundwasserdargebots im Grundwasserkörper „Ise Lockergestein links“ gefährdet (FFG Weser, 2005). Zeitgleich steigt der Bedarf an Beregnungswasser ständig. Waldumbau könnte hier also einen Beitrag zur Entlastung der Dargebotssituation leisten.

Die Lage und der Umfang des Teilgebiets 2 wurde abschließend am 26.01.2015 mit allen Beteiligten (LWK, GLD und CAH) abgestimmt und festgelegt.

2.2 Untersuchungsgegenstand

Entsprechend der Projektfragestellung soll die Versickerungswirksamkeit von Grundwasseranreicherungsmaßnahmen aus hydrogeologischer Sicht betrachtet werden. Zentraler Gegenstand der Betrachtung sind damit im Allgemeinen die Grundwasserleiter im Untersuchungsgebiet und im Speziellen die Wirksamkeit der zusätzlichen Sickerwassermengen durch eine gesteigerte Grundwasserneubildung für den Zielaquifer. Im Sinne des angedachten „robusten Ansatzes“, der bewusst auf eine umfangreiche numerische Grundwassermodellierung verzichtet und eine einfache Übertragbarkeit auf andere Untersuchungsgebiete gewährleistet, wird dabei gemäß Projektvorgabe ausschließlich der vertikale Wirkungspfad zwischen der Geländeoberfläche und der Grundwasseroberfläche betrachtet.

Als Bewertungsgegenstand wurde für das Teilgebiet 1 der Zielaquifer AQ3 (entsprechend der Nomenklatur aus dem geologischen 3D Strukturmodell AQUARIUS, vgl. Kap. 4.2) festgelegt, da dies der oberste, flächendeckend verbreitete und weitestgehend grundwassererfüllte Grundwasserleiter ist. Zudem wird mehr als die Hälfte der Grundwasserentnahmen für Feldberegnungszwecke aus diesem Aquifer entnommen (LWK, 2012).

Für das Teilgebiet 2 wurde der Grundwasserleiter GWL1 (vgl. Kap. 4.3) als Bewertungsgegenstand festgelegt, da hier zurzeit der überwiegende Teil der Grundwasserentnahmen für Feldberegnungszwecke stattfindet (LWK am 16.03.2015, bestätigt durch alle Beteiligten am 24.04.2015 in Hannover).

Zentrale Fragestellung des Projekts ist die Versickerungswirksamkeit von Grundwasseranreicherungsmaßnahmen an einem Standort. Insbesondere steht jedoch die Steigerung der Grundwasserneubildung durch Waldumbau im Fokus. Und hier sind wiederum die Auswertungen für Nadelwaldflächen in Privatbesitz von vorrangigem Interesse. Da die meisten Privatwaldbesitzer in der Landwirtschaftskammer organisiert sind, wurde in Abstimmung mit der LWK (01.04.2015) die Fläche des privaten Nadelwaldes wie folgt definiert:

Im Teilgebiet 1 werden die Forstinventurdaten der Ostheide (Stand 2011) verwendet und nur die Bestandstypen Kiefer und Fichte herangezogen. Insgesamt werden dadurch ca. 42.100 ha (96% Kiefer und 4% Fichte) Privatwaldfläche bei der Bewertung berücksichtigt.

Im Teilgebiet 2 wird die forstliche Datenbank der LWK WaldKat (Stand 2015) verwendet und ebenfalls nur die Bestandstypen Kiefer und Fichte herangezogen. Insgesamt werden dadurch ca. 6.900 ha (95% Kiefer und 5% Fichte) Privatwaldfläche bei der Bewertung berücksichtigt.

3 DATENGRUNDLAGEN

Für die Projektbearbeitung wurden ausschließlich amtliche und bereits vorhandene Daten verwendet. Die Durchführung von neuen Bohrungen oder Grundwassermessungen war nicht vorgesehen. Im Einzelnen wurden folgende Daten verwendet:

- Bodenkundliche Karte 1 : 50.000 (BUEK 50, Bereitstellung durch LBEG)
- Geologische Karte 1 : 25.000 (GK 25, Bereitstellung durch LBEG)
- Digitales Geländemodell (DGM 5, Bereitstellung durch LGLN)
- Topographische Karten (Bereitstellung durch LGLN)
- Gewässernetz (Bereitstellung durch NLWKN)
- Hydrogeologische Übersichtskarte 1 : 200.000, (HUEK 200, Lage der Grundwasseroberfläche, Bereitstellung durch LBEG)
- Grundwassermessstellen und Grundwasserstandsdaten von 2004 bis 2013 (Bereitstellung durch NLWKN)
- Bohrungen mit freigegebenen Schichtenverzeichnissen (Bereitstellung durch LBEG)
- (Hydro-) Geologische Schnitte (Bereitstellung durch LBEG)
- Forstinventurdaten Ostheide Stand 2011 (Bereitstellung durch die LWK)
- Auszug aus der Forstdatenbank WaldKat Stand 07.01.2015 und 05.02.2015 (Bereitstellung durch die LWK)

Für das Teilgebiet 1 konnte darüber hinaus auf die Ergebnisse des Projektes „AQUARIUS – Dem Wasser kluge Wege ebnen“ zugegriffen werden. Verwendet wurden folgende Informationen bzw. Datensätze:

- Modellberechnete Lage der Grundwasserdruckfläche (mittlerer Zustand 2005 bis 2009)
- Vollständiges geologisches 3D Strukturmodell mit Lage und Mächtigkeit aller relevanten Grundwasserleiter und Grundwasserhemmer oberhalb des Zielaquifers AQ3
- Hydraulische Durchlässigkeit (k_f -Werte) aller relevanten Grundwasserleiter und Grundwasserhemmer oberhalb des Zielaquifers AQ3

4 ENTWICKLUNG EINES BEWERTUNGSVERFAHRENS

4.1 Allgemeine Beschreibung

Zur Bewertung der Versickerungswirksamkeit müssen im Allgemeinen die Eigenschaften des Untergrundes zwischen Geländeoberfläche und der Grundwasserdruckfläche untersucht werden. Mit den vorliegenden, umfangreichen Daten innerhalb des Teilgebiets 1 wurde das im Folgenden beschriebene Verfahren erarbeitet, um potenzielle Waldumbaustandorte hinsichtlich ihrer Versickerungseignung hydrogeologisch zu bewerten. Es wurde mit den Projektbeteiligten abgestimmt (19.01.2015 in Hildesheim) und anschließend im Teilgebiet 2 angewendet und erprobt.

In jeweils separaten Einzelbetrachtungen werden vier Eingangsgrößen bewertet und anschließend in einer summarischen Gesamtbewertung aggregiert. Die Bewertung der Eingangsparameter erfolgt in einem 4-stufigen System: 0 Punkte steht dabei für „nicht geeignet“, der höchste Wert 3 Punkt steht für „sehr geeignet“. Anschließend werden die Punkte an jedem Standort aufaddiert, wobei ein Standort immer mit dem Wert 0 („nicht geeignet“) bewertet wird, wenn mindestens einer der Eingangsparameter den Wert 0 erhalten hat. Bei der Gesamtbewertung kann ein Standort maximal 12 Punkte (4 x 3) erreichen.

Die vier Eingangsparameter sind:

- 1) die Bodenkarte (BUEK 50): Hier werden die obersten 2 m unterhalb der Geländeoberfläche bewertet. Aus dem Bodentypen wird abgeleitet, ob es sich um stau- und/oder grundwasserbeeinflusste Böden handelt, die nicht für Versickerungsmaßnahmen geeignet sind.
- 2) die Geologische Karte (GK 25): In der Geologischen Karte werden unterhalb der Geländeoberfläche anstehenden Sedimente/Gesteine betrachtet. Für die Auswertung wird petrographisch nach Grundwasserleitern und Grundwasserstauern unterschieden.
- 3) die Verteilung und die Mächtigkeit der Grundwasserhemmer aus dem geologischen 3D Strukturmodell: Hier werden die im geologischen Strukturmodell ausgewiesenen grundwasserhemmenden Schichten oberhalb des Zielaquifers bewertet. Dabei geht sowohl die Verbreitung der Hemmer als auch deren Mächtigkeit in die Bewertung ein. Für das Teilgebiet 1 ist der Zielaquifer der AQ3 mit den darüber liegenden Schichten AQ1 und AQ2 (beides Grundwasserleiter) sowie den stockwerk-trennenden Grundwasserhemmern (AT1 und AT2). Für das Teilgebiet 2 ist der Zielaquifer der GWL1. Darüber kommt lokal ein Deckhemmer H0 vor.
- 4) die Mächtigkeit der ungesättigten Zone: Die ungesättigte Zone umfasst nach DIN 4049-3 „den Gesteinskörper der zum Betrachtungszeitraum nicht vollständig mit Wasser erfüllt ist“, oder allgemein den Porenraum zwischen der Geländeoberfläche und der Grundwasserdruckfläche des obersten Grundwasserstockwerks. Hier wird jedoch, abweichend von der Begrifflichkeit nach DIN, der Abstand zwischen der Geländeoberfläche und der Grundwasserdruckfläche des Zielaquifers verstanden.

4.2 Beschreibung geologisches 3D Strukturmodell Teilgebiet 1

Für das Teilgebiet 1 konnte auf das geologische 3D Strukturmodell aus dem Projekt AQUARIUS zugegriffen werden. Die vollständige Modelldokumentation befindet sich im Abschlussbericht des AQUARIUS-Projekts (CAH, 2012). Hier sollen lediglich die Struktureinheiten kurz wiedergegeben werden.

Insgesamt umfasst das Strukturmodell in Teilgebiet 1 elf Struktureinheiten – sieben aus dem Quartär und vier aus dem Tertiär. Modellbasis stellen die Sedimente des miozänen Glimmertons dar. Für dieses Projekt sind allerdings nur die quartären Einheiten von Bedeutung, weshalb hier die tertiären Schichteinheiten nicht näher aufgeführt werden.

Die Einteilung der Einheiten orientierte sich am hydrostratigraphischen Standardprofil für Niedersachsen. Hierbei werden gering wasserleitfähige Sedimente (z. B. Tone, Schluffe, Geschiebemergel) als Hemmer (Kurzzeichen H), gut wasserleitfähige Sedimente (z. B. Sande, Kiese) als Leiter (Kurzzeichen L) eingestuft. Das Standardprofil berücksichtigt ferner sehr stark stratigraphische Gesichtspunkte.

Bei der Bezeichnung der Schichteinheiten des hydrogeologischen 3D Strukturmodells wurde folgende Nomenklatur verwandt: gering wasserleitfähige Sedimente werden als Aquitard (Kurzzeichen AT), gut wasserdurchlässige Sedimente als Aquifer (Kurzzeichen AQ) bezeichnet.

Nachfolgende Tabelle zeigt in einer Übersicht den schematischen Aufbau des hydrogeologischen 3D Strukturmodells im Teilgebiet 1:

Tabelle 1: Schematischer Aufbau Strukturmodell im Teilgebiet 1 (roter Rahmen = Zielaquifer)

| | Nomenklatur LBEG "Hydrostratigraphische Gliederung Niedersachsens" (GeoFakten 8 bzw. 21) | Hydrogeologisches Modell Bezeichnung der Schichteinheiten |
|---------------------|---|--|
| Quartär | L1 / 1.1 - 1.3 | AQ1 |
| | H2 / 2.1 . 2.2 | AT1 |
| | L2 | AQ2 |
| | H3 / 3.1 - 3.2 | AT2 |
| | L3 | AQ3 |
| | H4 / 4.1 - 4-2 | AT3 |
| | L4 / 4.1 L4.2 / HL 4.2 | AQ4 |
| Quartärbasis | | |

4.3 Erstellung eines geologischen 3D Strukturmodells Teilgebiet 2

Ein geologisches Strukturmodell ist Voraussetzung für eine fundierte hydrogeologische Standortbewertung. Insbesondere die Bewertung der beiden Eingangsparameter „Verteilung und Mächtigkeit der Grundwasserhemmer“ und „Mächtigkeit der ungesättigten Zone“ ist ohne ein Strukturmodell nicht möglich. Da für das Teilgebiet 2 noch kein solches Modell existiert, war es notwendig ein geologisches 3D Strukturmodell aufzubauen. Prinzipiell ist es im Sinne der Fragestellung ausreichend, die Basis des Zielaquifers als Basis des Strukturmodells zu wählen. Für das Teilgebiet 2 wurde aber die Quartärbasis, die gleichzeitig auch Basis des zweiten Grundwasserleiters (GWL2) ist, verwendet, da zum Zeitpunkt der Bearbeitung die Festlegung des Zielaquifers noch nicht erfolgt war.

Den schematischen Aufbau des geologischen 3D Strukturmodells gibt folgende Abbildung wieder.

Tabelle 2: Schematischer Aufbau Strukturmodell im Teilgebiet 2 (roter Rahmen = Zielaquifer)

| Einheit Modell | Nomenklatur LBEG "Hydrostratigraphische Gliederung Niedersachsens" (GeoFakten 8 bzw. 21) | Beschreibung |
|---------------------|--|---|
| H0 | H1-H3.1 | Drenthe2-Grundmoränen sowie teilweise jüngere grundwasserhemmende Ablagerungen (Mudden, Torfe, limnische Ablagerungen) |
| L1 (GWL1) | L0-L2 | Holozäne, warthezeitliche und saalezeitliche Ablagerungen (Schmelzwasserablagerungen, Flussschotter, Flussterrassenablagerungen, Flugsande, etc.) |
| H1 | H3.2-H4 | Drenthe1-Grundmoränen sowie teilweise elsterzeitliche Grundmoränen und Beckenschluffe |
| L2 (GWL2) | L3-L4 | saalezeitliche bis altpleistozäne Ablagerungen (Schmelzwasserablagerungen, Flussschotter, Flussterrassenablagerungen, Rinnensedimente, etc.) |
| Quartärbasis | | |

Für die Erstellung des Strukturmodells standen ca. 2.200 Bohrungen aus dem Bohrdatenarchiv des LBEG zur Verfügung. Neben Bohrungen aus dem Modellgebiet selbst, standen auch Bohrungen aus dem weiteren Umfeld (erweitertes Anfragegebiet mit ca. 500 km² Größe) zur Verfügung. Darüber hinaus wurden die geologischen Schnitte des LBEG sowie die Geologische Karte 1 : 25.000 bei der Auswertung mit berücksichtigt. Die punktuellen Informationen der Bohrprofile wurden geologisch interpretiert und zu lithologisch zusammengehörigen Schichten zusammengefasst. Anschließend wurden die Ober- bzw. Unterkanten der geologischen Strukturen interpoliert. Der Aufbau der geologischen

Strukturen wurde anhand von 17 eigenen Schnittlagen kontrolliert. Dazu wurden die Bohrungen und die interpolierten Schichten mit Hilfe der Software GeODin als Vertikalschnitte dargestellt und die Lage der Schichtgrenzen mit den petrographisch-stratigraphischen Informationen der Bohrungen abgeglichen. Die Lage der verwendeten Bohrungen und die Lage der Schnittlinien sind in Anlage 1 dokumentiert.

Im Allgemeinen liefert das fertige Strukturmodell 3-dimensionale Informationen über den Aufbau des Untergrundes und im Speziellen über die Verbreitung und die Mächtigkeit von grundwasserhemmenden Schichten. Das Ergebnis ist anhand von drei ausgewählten Schnitten in Anlage 2 dokumentiert.

Im Sinne der Fragestellung ist ein besonderes Augenmerk auf die genaue Verbreitung der Hemmer zu achten. Da das Vorkommen von Hemmern oberhalb des Zielaquifers entweder zum Ergebnis „nicht geeignet“ oder zu einer Abstufung in der Bewertung führt, ist die Verwendung von möglichst vielen Informationen ratsam. Ein vereinfachtes Strukturmodell, welches z.B. nur unter Verwendung von wenigen ausgesuchten Bohrungen erstellt wurde, würde hier zu deutlich unsichereren (oder falschen) Ergebnissen führen, als ein umfangreiches Strukturmodell. Wird ein Zielaquifer gewählt, der unterhalb der in Nordost-Niedersachsen fast flächenhaft verbreiteten Drenthemoräne liegt, so ist es erforderlich, geologische Fenster in dieser Moräne so gut wie möglich abzubilden.

4.4 Erstellung eines Grundwassergleichenplans für den Zielaquifer

Ein Grundwassergleichenplan gibt die Höhenlage der Oberfläche der interpolierten Standrohrspiegelhöhen wieder (Grundwasserdruckfläche). Er ist Grundlage für die Berechnung der ungesättigten Zone, die im vierten Eingangsparameter bewertet wird.

Für die Erstellung des Gleichenplans wurden die mittleren Grundwasserstände der Jahre 2004 bis 2013 aller verfügbaren Grundwassermessstellen im Teilgebiet 2 ausgewertet. Für jede Messstelle erfolgte zuerst eine Zuordnung in welchem Grundwasserleiter die Messstelle verfiltert ist. Das geologische Strukturmodell lieferte hierzu eine wichtige Bewertungsgrundlage. Außerdem wurde die HUEK 200 ergänzend herangezogen: Zum einen, um mehrfach verfilterte Grundwassermessstellen den jeweiligen Grundwasserleitern zuzuordnen und zum anderen, um in Bereichen ohne Grundwassermessstellen die Höhe der Grundwasserdruckfläche abschätzen zu können. Für die Interpolation der Standrohrspiegelhöhen wurden anschließend nur Messstellen verwendet, die im Zielaquifer verfiltert sind, ergänzt um Informationen aus der HUEK 200. Der dadurch erzeugte Grundwassergleichplan ist in Anlage 3 dokumentiert.

Die Erstellung eines korrekten Grundwassergleichenplans kann in der Praxis dadurch erschwert werden, dass die Messstellendichte in einigen Regionen Niedersachsens sehr gering ist. Zudem sollten nur Messstellen berücksichtigt werden, die im Zielaquifer verfiltert sind und die für die Fragestellung repräsentative Messwerte liefern. Es empfiehlt sich daher bei der Festlegung eines Untersuchungsgebiets die Anzahl und Lage von verfügbaren bzw. repräsentativen Grundwassermessstellen mit zu berücksichtigen.

4.5 Beschreibung der Auswertung und methodische Anleitung

4.5.1 **Auswertung Bodenkarte BUEK 50**

Hier werden die obersten 2 m unterhalb der Geländeoberfläche bewertet. Aus dem Bodentypen wird abgeleitet, ob es sich um Stau- und/oder grundwasserbeeinflusste Böden handelt, die nicht für Versickerungsmaßnahmen geeignet sind. Als Indizien für oberflächennahe Stauer werden die Bodentypen Pseudogley (S) und Hochmoor (HH) angesehen. Alle in der Bodenkarte vermerkten Flächen mit diesen Bodentypen werden selektiert und auskartiert.

Weiterhin gehen die grundwasserbeeinflussten Bodentypen wie Gley (G), Niedermoor (HN), Marschen (M) und Auenböden (AB) auskartiert und in die Bewertung aufgenommen, da durch ihr Vorkommen abgeleitet wird, dass Grund- oder Stauwasser oberflächennah ansteht.

Bei der Wertigkeit wird zudem unterschieden zwischen Normbodentyp und Mischformen mit einem anderen Bodentyp.

Bewertung Boden:

| | |
|--|--------------------------|
| Auenböden, Marschböden, Moorböden, sowie Gleye und Pseudogleye | Wert: 0 (nicht geeignet) |
| Gley- und Pseudogley-Mischböden (Haupttyp: Gley oder Pseudogley) | Wert: 1 (mäßig geeignet) |
| Gley- und Pseudogley-Mischböden (Untertyp: Gley oder Pseudogley) | Wert: 2 (geeignet) |
| alle anderen Bodentypen | Wert: 3 (sehr geeignet) |

4.5.2 **Auswertung Geologische Karte GK 25**

In der Geologischen Karte werden unterhalb der Geländeoberfläche anstehende Sedimente/Gesteine dargestellt. Für die Auswertung wird petrographisch nach Grundwasserleitern und Grundwasserstauern unterschieden.

Das Attributfeld „Schichten“ in der digitalen Geologischen Karte GK 25 des LBEG enthält aggregierte Informationen zu Stratigraphie, Petrographie und Genese. Dieses Feld wurde im Rahmen einer GIS-Bearbeitung ausgelesen und die vorhandene Information über Abfragen hinsichtlich der Durchlässigkeit der oberflächennah anstehenden Sedimente bewertet. Dabei wurde in erste Linie die Petrographie berücksichtigt, aber im Zweifelsfalle wurden auch stratigraphische oder genetische Informationen mit verarbeitet.

Bewertung Geologie:

| | |
|--------|--------------------------|
| Hemmer | Wert: 0 (nicht geeignet) |
| Leiter | Wert: 3 (sehr geeignet) |

4.5.3 Verteilung und die Mächtigkeit der Grundwasserhemmer aus dem geologischen 3D Strukturmodell

Hier werden die im geologischen Strukturmodell ausgewiesenen grundwasserhemmenden Schichten oberhalb des Zielaquifers bewertet. Dabei geht sowohl die Verbreitung der Hemmer als auch deren Mächtigkeit in die Bewertung ein.

Teilgebiet 1

Das Strukturmodell des AQUARIUS-Modells liefert alle benötigten Informationen zur Verbreitung und Mächtigkeit von Grundwasserhemmern oberhalb des Zielaquifers AQ3. Im Teilgebiet 1 sind es die beiden lokal vorkommenden Grundwasserhemmer AT1 und AT2.

Für die Bewertung wird zuerst der oberste Grundwasserhemmer berücksichtigt. Dabei wurden in Anlehnung an die Auswertung des LBEG zum Schutzpotential der Grundwasserüberdeckung (LBEG, 1982) für die Mächtigkeiten des oberflächennahen Grundwasserhemmers AT1 folgende Abstufungen gewählt:

Bewertung Hemmer (Teilgebiet 1):

| | |
|---|--------------------------|
| Hemmer AT1 > 5 m mächtig | Wert: 0 (nicht geeignet) |
| Hemmer AT1 zwischen 1 m und 5 m mächtig | Wert: 1 (mäßig geeignet) |
| Hemmer AT1 < 1 m mächtig | Wert: 2 (geeignet) |
| kein Hemmer AT1 vorhanden | Wert: 3 (sehr geeignet) |

Da oberhalb des Zielaquifers AQ3 aber zwei Grundwasserhemmer vorkommen können, wird im nächsten Bearbeitungsschritt nach folgendem Bewertungsschema vorgegangen:

Kommt AT1 vor, so wird die Fläche je nach Mächtigkeit des AT1 mit 0 bis 2 Punkten bewertet (siehe oben). Fehlt der AT1, so wird das Vorkommen von AT2 geprüft. Kommt AT2 vor und ist dieser oberflächennah anzutreffen (weniger als 5 m Grundwasserleiter-Überdeckung), so wird er bewertet wie der AT1. Kommt AT2 vor, ist aber erst tiefer im Untergrund anzutreffen (mehr als 5 m Grundwasserleiter-Überdeckung), so wird von der ursprünglichen Bewertung (AT1 nicht vorhanden = 3 Punkte) ein Punkt abgezogen und – unabhängig von der Mächtigkeit des AT2 – die Fläche mit 2 Punkten bewertet. Dieser Herangehensweise liegt die Annahme zugrunde, dass die zusätzlichen Sickerwassermengen durch Waldumbau in einen oberen, relativ mächtigen Grundwasserleiter gelangen, somit „im System“ sind. Das Grundwasser gelangt dann zwar nicht unmittelbar, auf direktem Wege in den Zielaquifer, erreicht ihn aber schließlich. Ein Ausschluss solcher Flächen erscheint daher nicht gerechtfertigt.

Fehlen beide Grundwasserhemmer, so wird die Fläche insgesamt mit 3 Punkten bewertet.

Die Gesamtbewertung aller Hemmer (AT ges) oberhalb des Zielaquifers wird im nachfolgenden Schema zusammengefasst.

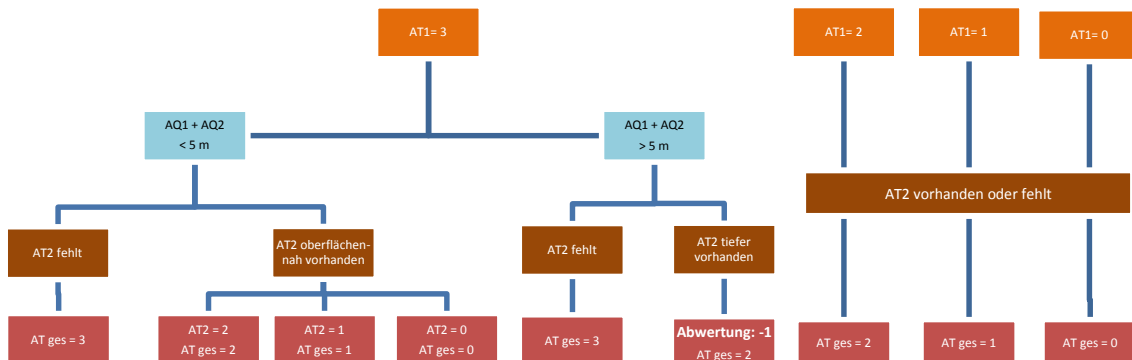


Abbildung 2: Bewertungsschema „Hemmer im Strukturmodell“ für zwei Grundwasserhemmer oberhalb des Zielaquifers

Teilgebiet 2

Im Teilgebiet 2 werden alle benötigten Informationen zur Verbreitung und Mächtigkeit von Grundwasserhemmern oberhalb des Zielaquifers GWL1 aus dem erstellten Strukturmodell abgeleitet. Oberhalb des GWL1 kommt stellenweisen der Grundwasserhemmer H0 vor.

Analog zum Bewertungsschema des AT1 im Teilgebiet 1 erfolgt die Bewertung des Hemmers H0 folgendermaßen:

Bewertung Hemmer (Teilgebiet 2):

| | |
|--|--------------------------|
| Hemmer H0 > 5 m mächtig | Wert: 0 (nicht geeignet) |
| Hemmer H0 zwischen 1 m und 5 m mächtig | Wert: 1 (mäßig geeignet) |
| Hemmer H0 < 1 m mächtig | Wert: 2 (geeignet) |
| kein Hemmer H0 vorhanden | Wert: 3 (sehr geeignet) |

Eine Berücksichtigung eines Grundwasserhemmers unterhalb des Zielaquifers GWL1 ist nicht notwendig.

4.5.4 Auswertung der Mächtigkeit der ungesättigten Zone

Es wird angesetzt, dass eine geringe Mächtigkeiten (< 3m) der ungesättigten Zone¹ von Nachteil für die Versickerungswirksamkeit ist. Als Grund wird hier zum einen die Gefahr von Vernässung gesehen und zum anderen wird ein Teil des zusätzlich versickernden Wassers durch Kapillaraufstieg und Verdunstung, sowie durch Aufnahme durch Pflanzen wieder

¹ Definition siehe Seite 9 (Mächtigkeit der ungesättigten Zone...)

schnell aus dem System genommen. Zudem treten geringe Mächtigkeiten der ungesättigten Zone vor allem in Gewässernähe auf, wenn die Gewässer einen hydraulischen Kontakt zum Grundwasser haben. In einem solchen Falle würde die zusätzliche Sickerwassermenge zeitnah als erhöhter Abfluss über die Fließgewässer wieder abgeführt.

Sehr große Mächtigkeiten der ungesättigten Zone werden ebenfalls als (geringer) Nachteil für die Versickerungswirksamkeit bewertet, da hier aufgrund der langen Fließwege im Porenraum mit längeren Fließzeiten zu rechnen ist und auch die Dispersion eine zunehmende Rolle spielt. Hierdurch kommt es zu einem abgepufferten Effekt des Sickerwasserzustroms sowie zu erhöhten Unsicherheiten in der Bewertung, ob das Sickerwasser tatsächlich dem Zielaquifer zugutekommt. Großen Grundwasserüberdeckungen (> 30 m) wird daher der Wert 2 („geeignet“) zugeordnet.

Folgende Bewertung wird angesetzt:

Bewertung Mächtigkeit ungesättigte Zone:

| | |
|--|--------------------------|
| Mächtigkeit der ungesättigten Zone < 3 m | Wert: 0 (nicht geeignet) |
| Mächtigkeit der ungesättigten Zone zwischen 3 m und 30 m | Wert: 3 (sehr geeignet) |
| Mächtigkeit der ungesättigten Zone > 30 m | Wert: 2 (geeignet) |

4.6 Gesamtbewertung der Versickerungswirksamkeit

Für die hydrogeologische Gesamtbewertung der Versickerungswirksamkeit von grundwasseranreichernden Maßnahmen an einem Standort werden die Einzelbewertungen der vier Eingangsparameter aufaddiert. Ein Standort wird jedoch immer mit dem Wert 0 (nicht geeignet) bewertet, wenn mindestens einer der Eingangsparameter den Wert 0 erhalten hat.

Für die Gesamtbewertung werden alle Informationen auf ein Bewertungsraster von 200x200 m Größe übertragen. Die räumliche Auflösung dieser Bewertung orientiert sich an den Eingangsdaten. Eine noch feinere Aufschlüsselung würde eine Genauigkeit suggerieren, die nicht durch die Eingangsdaten abgesichert ist.

Nach der Addition der Einzelparameter können im besten Falle 12 Punkte an einem Standort erreicht werden. Dann würden also alle vier bewerteten Eingangsdaten eine sehr gute Eignung hinsichtlich der Versickerungswirksamkeit anzeigen. Der geringste Wert, der – abgesehen von 0 Punkten – vorkommen kann ist der Wert 7 (Boden: 1 Punkt, Geologie: 3 Punkte, Strukturmodell Hemmer: 1 Punkt, Mächtigkeit der ungesättigten Zone: 2 Punkte). Folgende Unterteilung für die Gesamtbewertung wurde gewählt:

Gesamtbewertung Standorteignung für grundwasseranreichernde Maßnahmen:

| | | |
|--------------|----------------|-----------------------------|
| 0 Punkte | nicht geeignet | rote Flächensignatur |
| 7-9 Punkte | mäßig geeignet | gelb-orange Flächensignatur |
| 10-11 Punkte | geeignet | hellgrüne Flächensignatur |
| 12 Punkte | sehr geeignet | dunkelgrüne Flächensignatur |

5 ERGEBNISSE

Die Ergebnisse stellen eine flächenhafte Standortbewertung dar, ob eine durch Waldumbau gesteigerte Grundwasserneubildung dem Zielaquifer zugutekommt. Die Ergebnisdarstellung erfolgt in Form einer 4-farbigen Karte („Ampelkarte“). Sie soll als Planungsgrundlage und Entscheidungshilfe für Landwirte, Verbände und nicht zuletzt auch für Behörden verstanden werden.

In den Anlagen 4 und 5 sind die Ergebniskarten für jeden Einzelparameter sowohl als flächenhafte Darstellung über das gesamte jeweilige Teilgebiet, als auch als flächenhafte Darstellung nur für die sich in Privatbesitz befindlichen Nadelwaldflächen dokumentiert. Zudem sind dort auch die Gesamtergebnisse je Teilgebiet dokumentiert (Anlagen 4.5 und 4.10 sowie Anlagen 5.5 und 5.10).

An dieser Stelle wird auf eine ausführliche Beschreibung der Einzelergebnisse verzichtet und ausschließlich kurz auf die Gesamtergebnisse eingegangen. Die detaillierten Ergebnisse werden zudem dem Auftraggeber als shape Dateien bereitgestellt.

Teilgebiet 1 (Anlagen 4.5 und 4.10)

Im Teilgebiet 1 sind etwa 60 % der Gesamtfläche aus hydrogeologischer Sicht nicht für Grundwasseranreicherungsmaßnahmen geeignet (Tabelle 3). Knapp 35 % der Gesamtfläche können hingegen mindestens als „geeignet“ eingestuft werden. Für die Fragestellung relevanter ist die Bewertung der Nadelwaldflächen in Privatbesitz. Hier sind etwa 30 % (ca. 13.000 ha) aus hydrogeologischer Sicht nicht für Waldumbaumaßnahmen geeignet, etwa 60 % (ca. 26.800 ha) sind als „geeignet“ oder „sehr geeignet“ eingestuft worden.

Tabelle 3: Gesamtergebnis Teilgebiet 1

| Bewertung | Gesamtfläche | | privater Nadelwald | |
|------------------------|----------------|---------------|--------------------|---------------|
| | Fläche [ha] | Prozent | Fläche [ha] | Prozent |
| 0 (nicht geeignet) | 125.801 | 58,3% | 12.960 | 30,7% |
| 7 – 9 (mäßig geeignet) | 13.544 | 6,3% | 2.389 | 5,7% |
| 10 – 11 (geeignet) | 56.271 | 26,1% | 19.122 | 45,3% |
| 12 (sehr geeignet) | 20.227 | 9,4% | 7.703 | 18,3% |
| Gesamtfläche | 215.843 | 100,0% | 42.174 | 100,0% |

Vor allem die Niederungsbereiche an Elbe, Ilmenau, Jeetzel, Wipperau und Dumme fallen aufgrund des geringen Abstandes zwischen der Geländeoberfläche und der Grundwasserdrukfläche des Zielaquifers weg. Dagegen sind die oft bewaldeten Hochlagen des Drawehn häufig gut geeignet.

Betrachtet man die Ursache für die Einstufung eines Standortes als „nicht geeignet“, so ergibt sich ein differenziertes Bild (vgl. Tabelle 4). Beim Lesen der Tabelle ist zu beachten, dass auch Mehrfachnennungen vorkommen können, d.h. eine Fläche kann sowohl aufgrund von ungünstigen Bodeneigenschaften als auch aufgrund einer gering mächtigen ungesättigten Zone als ungeeignet eingestuft werden. Die Summe der Fläche der Einzelparameter muss demnach immer mindestens so groß sein wie die der gesamten ungeeigneten Fläche. In der Regel wird sie aber größer sein.

Tabelle 4: Ursachen für Bewertung "nicht geeignet" im Teilgebiet 1 (Mehrfachnennung möglich)

| Einzelparameter | Gesamtfläche | | privater Nadelwald | |
|-------------------------------|--------------|---------|--------------------|---------|
| | Fläche [ha] | Prozent | Fläche [ha] | Prozent |
| Bodenkarte | 57.385 | 26,6% | 1.374 | 3,3% |
| Geologische Karte | 60.892 | 28,2% | 1.729 | 4,1% |
| Hemmer im Strukturmodell | 62.808 | 29,1% | 9.021 | 21,4% |
| Mächtigkeit ungesättigte Zone | 61.994 | 28,7% | 2.825 | 6,7% |

Tabelle 4 zeigt, dass die einzelnen Ausschlusskriterien bei der Gesamtfläche relativ gleichmäßig verteilt sind (zwischen ca. 27 – 29%). Betrachtet man ausschließlich private Nadelwaldflächen, so ist der Einzelparameter „Hemmer im Strukturmodell“ der deutlich häufigste Ausschlussgrund für eine Eignung. Hier verhindern teilweise mächtige Geschiebemergelablagerungen, dass die durch Waldumbau erzeugte zusätzliche Grundwasserneubildung den Zielaquifer auf direktem Wege erreichen kann.

Teilgebiet 2 (Anlagen 5.5 und 5.10)

Im Teilgebiet 2 sind etwa 45 % der Gesamtfläche aus hydrogeologischer Sicht nicht für Grundwasseranreicherungsmaßnahmen geeignet (Tabelle 5). Knapp 55 % der Gesamtfläche können hingegen mindestens als „geeignet“ eingestuft werden. Für die Fragestellung relevanter ist die Bewertung der Nadelwaldflächen in Privatbesitz. Hier sind etwa 20 % (ca. 1.300 ha) aus hydrogeologischer Sicht nicht für Waldumbaumaßnahmen geeignet, etwa 80 % (ca. 5.500 ha) sind als „geeignet“ oder „sehr geeignet“ eingestuft worden.

Tabelle 5: Gesamtergebnis Teilgebiet 2

| Bewertung | Gesamtfläche | | privater Nadelwald | |
|------------------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|
| | Fläche [ha] | Prozent | Fläche [ha] | Prozent |
| 0 (nicht geeignet) | 9.084 | 44,5% | 1.350 | 19,5% |
| 7 – 9 (mäßig geeignet) | 294 | 1,4% | 11 | 0,2% |
| 10 – 11 (geeignet) | 1.209 | 5,9% | 186 | 2,7% |
| 12 (sehr geeignet) | 9.818 | 48,1% | 5.373 | 77,7% |
| Gesamtfläche | 20.406 | 100,0% | 6919 | 100,0% |

Auch im Teilgebiet 2 fallen die Niederungsbereiche an Aller, Kleiner Aller und Ohre, sowie die Moorgebiete „Vogelmoor“ und rund um Kiebitzmühle westlich von Tülauf aufgrund des geringen Abstandes zwischen der Geländeoberfläche und der Grundwasserdruckfläche des Zielaquifers weg. Dagegen sind die bewaldeten Bereiche der Bickelsteiner Heide südlich von Boitzenhagen häufig gut geeignet.

Betrachtet man die Ursache für die Einstufung eines Standortes als „nicht geeignet“, so ergibt sich ein differenziertes Bild (vgl. Tabelle 6). Beim Lesen der Tabelle ist zu beachten, dass auch Mehrfachnennungen vorkommen können, d.h. eine Fläche kann sowohl aufgrund von ungünstigen Bodeneigenschaften als auch aufgrund einer gering mächtigen ungesättigten Zone als ungeeignet eingestuft werden. Die Summe der Fläche der Einzelparameter muss demnach immer mindestens so groß sein, wie die der gesamten ungeeigneten Fläche. In der Regel wird sie aber größer sein.

Tabelle 6: Ursachen für Bewertung "nicht geeignet" im Teilgebiet 2 (Mehrfachnennung möglich)

| Einzelparameter | Gesamtfläche | | privater Nadelwald | |
|-------------------------------|--------------|---------|--------------------|---------|
| | Fläche [ha] | Prozent | Fläche [ha] | Prozent |
| Bodenkarte | 3.967 | 19,4% | 231 | 3,3% |
| Geologische Karte | 5.068 | 24,8% | 846 | 12,2% |
| Hemmer im Strukturmodell | 986 | 4,8% | 92 | 1,3% |
| Mächtigkeit ungesättigte Zone | 5.475 | 26,8% | 669 | 9,7% |

Tabelle 6 zeigt, dass die einzelnen Ausschlusskriterien bei der Gesamtfläche noch recht gleichmäßig verteilt sind. Einzig das Kriterium „Hemmer im Strukturmodell“ stellt im Teilgebiet 2 nur selten ein Ausschlusskriterium dar. Der GWL1 ist fast im gesamten Gebiet der oberste vorkommende Grundwasserleiter, die Verbreitung des oberhalb vorkommenden Grundwasserhemmers H0 ist dagegen eher gering.

Betrachtet man ausschließlich private Nadelwaldflächen, so ist der Einzelparameter „Geologische Karte“ der häufigste Ausschlussgrund für eine Eignung, gefolgt von der „Mächtigkeit der ungesättigten Zone“.

Insgesamt ist das Teilgebiet 2 aber für den GWL1 als Zielaquifer weitgehend als geeignet für Versickerungsmaßnahmen anzusehen. Zudem weist das Gebiet nach Veröffentlichungen des LBEG in den nächsten Dekaden eine hohe Beregnungsbedürftigkeit auf (LBEG, GeoBerichte 13, 2009).

6 VERSICKERUNGSWIRKSAMKEIT MIT DER ZEIT

Eine ergänzende Fragestellung neben der standörtlichen Eignung für Grundwasseranreicherungsmaßnahmen war die Abschätzung der zugehörigen Sickerzeiten in der ungesättigten Zone. Die Frage lautete, wie lange es dauert, bis die zusätzliche Menge an Grundwasserneubildung im Aquifer wirksam wird.

Dabei lassen sich prinzipiell zwei Herangehensweisen unterscheiden:

- a) Eine stoffbasierte Sichtweise, bei der ein einzelner Wassertropfen, der die Bodenzone in Richtung Grundwasser verlässt, die ungesättigte Zone durchsickert und nach einer gewissen Zeit an der Grundwasseroberfläche angelangt ist. Die Wirksamkeit einer gesteigerten Grundwasserneubildung würde dann nur sehr langsam erfolgen.
- b) Eine druckbasierte Sichtweise, bei der eine zusätzliche Menge an Grundwasserneubildung den hydrostatischen Druck im ungesättigten Bereich erhöht und durch einen hydraulischen Impuls eine Wassermenge an der Austauschfläche zwischen Grundwasser und ungesättigter Zone ins Grundwasser abgibt. In diesem Falle würde es zu einer sehr schnellen Reaktion der Grundwasserstände auf eine gesteigerte Neubildung kommen.

Die stoffbasierte Sichtweise wird beispielsweise herangezogen, um die Verweilzeiten von mit Schadstoffen belastetem Sickerwasser in der ungesättigten Zone abzuschätzen. Die Berechnung der Verweilzeiten ist in der DIN 19732 (aktuelle Version: 1997-06) festgelegt. Dieser Ansatz ist aber für die vorliegende Fragestellung nicht zielführend, da es nicht von Bedeutung ist, welcher Wassertropfen das Grundwasser erreicht, sondern nur die Reaktionszeit der Grundwasserstände auf die gesteigerte Neubildung von Interesse ist.

Eine ausführliche Literaturrecherche zur druckbasierten Sichtweise ergab, dass es hierzu keine einschlägige und zielführende Literatur gibt.

Deshalb wurde ein stark vereinfachter, theoretischer Modellansatz realisiert, um die Reaktionszeit der Grundwasserdruckoberfläche auf den Impuls einer gesteigerten Neubildung bei unterschiedlich durchlässigen und mächtigen Sedimenten zu überprüfen.

Mit der Grundwassermodellierungssoftware FeFlow 6.2 (DHI-WASY, 2015) wurde ein stark vereinfachtes, theoretisches Boxmodell aufgebaut. Die Kantenlänge beträgt 1000 x 1000 m. Im Modell wurde eine 30 m mächtige ungesättigte Zone angesetzt. Die Durchlässigkeit des Sediments wurde als isotrop angenommen. Die vertikale Auflösung des Modells beträgt 1 m (eine Modellschicht je Meter Tiefe). Auf jeder Modellschicht wurden der modellierte Sättigungsgehalt und die hydrostatische Druckschwankung aufgezeichnet. Um die

Fließvorgänge in der ungesättigten Zone abzubilden, wurde auf die Standardeinstellungen von FeFlow zurück gegriffen. Dabei werden unter Zuhilfenahme des empirischen Modells von *van Genuchten* die Fließeigenschaften von Wasser bei unterschiedlichen Wassersättigungsgraden in der ungesättigten Zone durch die in FeFlow hinterlegten Algorithmen berechnet.

Bei der Herleitung der Reaktionszeiten wurde das Boxmodell instationär gerechnet. Zuerst wurde 90 Jahre lang eine typische Grundwasserneubildungsrate angesetzt, um einen möglichst realistischen Sättigungsgrad der Sedimentschichten zu modellieren. Anschließend wurde die Grundwasserneubildung variiert und der daraus resultierende Impuls über die Tiefe und die Zeit verfolgt und ausgewertet. Dabei wurden fünf unterschiedliche Modellläufe berechnet, bei denen die Durchlässigkeitsbeiwerte des Sediments variiert und alle übrigen Parameter konstant gehalten wurden.

Aus den Ergebnissen des Boxmodells lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

- Je undurchlässiger die Sedimente, desto langsamer die Reaktion an der Grundwasserdruckoberfläche. Die Unterschiede zwischen den Körnungsklassen sind dabei exponentiell.
- Je mächtiger die ungesättigte Zone ist, desto langsamer die Reaktion an der Grundwasserdruckoberfläche. Die Reaktionszeit steigt dabei, unabhängig von der Körnung, nahezu linear.

Die absoluten Ergebnisse der Auswertung können jedoch aufgrund der stark vereinfachten Modellannahmen nicht direkt in die Praxis übertragen werden. Effekte wie präferierte Fließwege auf Grund von Inhomogenitäten, sowie laterale Fließkomponenten konnten nicht berücksichtigt werden. Aus diesem Grunde wird auf eine flächenhafte Darstellung der Ergebnisse in Absprache mit dem GLD (17.03.2015 in Hannover) verzichtet.

Dennoch sind die aus dem Boxmodell abgeleiteten Ergebnisse geeignet, um eine größenordnungsmäßige Abschätzung der Reaktionszeiten einer gesteigerten Neubildung im Zielaquifer des Teilgebiets 1 zu erhalten. Die Durchlässigkeiten und Mächtigkeiten der Modellschichten sind aus dem numerischen Grundwasserströmungsmodell des AQUARIUS-Projektes bekannt und wurden für die Auswertung verwendet.

Das folgende Histogramm zeigt die Häufigkeitsverteilung der Reaktionszeiten im Gesamtgebiet auf Grundlage von mehr als 5 Mio. ausgewerteten Berechnungszellen:

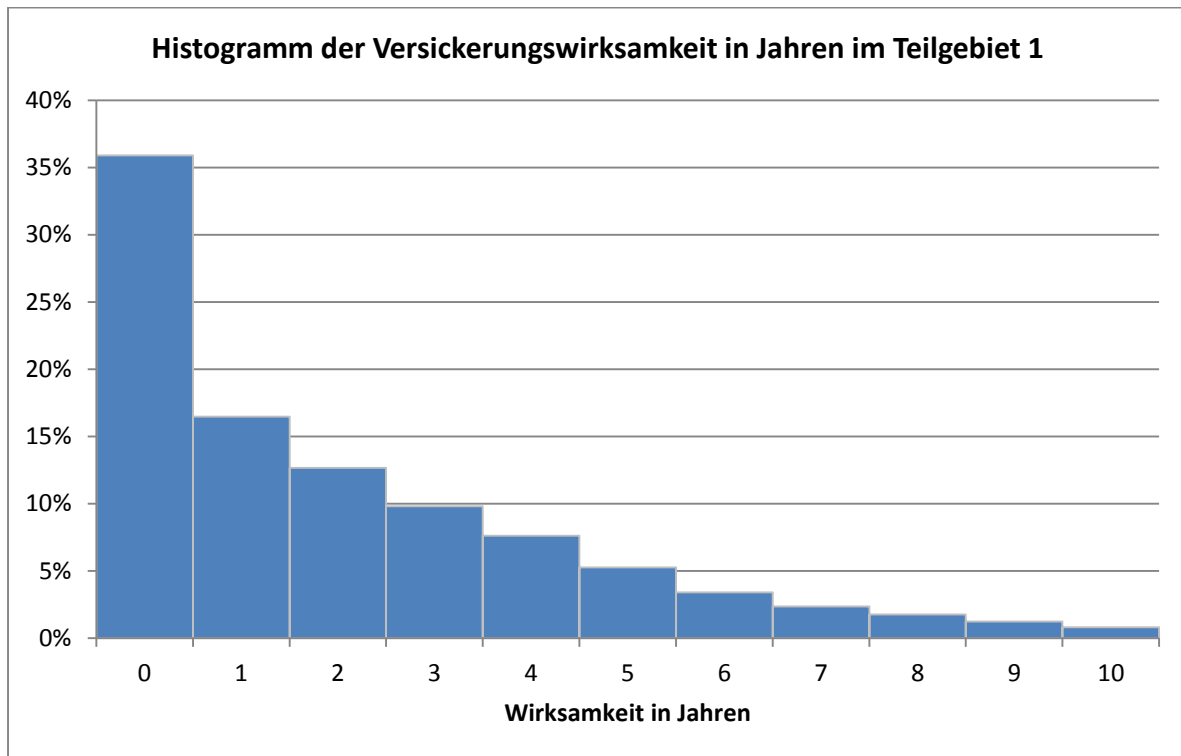


Abbildung 3: Histogramm der Versickerungswirksamkeit in Jahren im Teilgebiet 1, bezogen auf den Zielaquifer AQ3

Wie dem Diagramm zu entnehmen ist, wird an etwa 2/3 aller bewerteten Standorte eine gesteigerte Neubildung innerhalb der ersten 2 Jahre im Zielaquifer wirksam. Innerhalb von 8 Jahre ist die an über 95 % der Standorte geschehen. Diese Zeitspanne der Wirksamkeit ist selbst unter der Annahme eines großen Unsicherheitsbereiches weit unterhalb der Zeitspanne, die für Waldumbaumaßnahmen benötigt würde, bis diese umgesetzt sind.

Dieser Aussage hat annähernd generellen Charakter, da das Teilgebiet 1 viele unterschiedliche Landschaftseinheiten umfasst, die so oder ähnlich typisch für weite Bereiche im Nordosten Niedersachsens sind.

Diese stark vereinfachte, theoretische Auswertung hat gezeigt, dass die Zeitspanne, bis die zusätzliche Menge an Grundwasserneubildung im Aquifer wirksam wird, relativ kurz ist (wenige Monate bis wenige Jahre). Das heißt, für die Fragestellung des Waldumbaus ist sie ohne Relevanz. Damit erscheint die Fragestellung nach den Reaktionszeiten auch für andere vergleichbare Untersuchungsgebiete hinreichend beantwortet und muss nicht mehr gesondert bearbeitet werden.

7 MENGENMÄßIGE VERSICKERUNGSWIRKSAMKEIT

Eine weitere ergänzende Fragestellung, die sich im Zusammenhang mit den Waldumbaumaßnahmen ergibt, ist, welche Teilmengen an zusätzlicher Grundwasserneubildung durch Waldumbau oder andere Grundwasseranreicherungsmaßnahmen den Zielaquifer je Ergebnisklasse tatsächlich erreichen.

Eine gesicherte und detaillierte Mengenermittlung ist innerhalb des vorgegebenen Untersuchungsrahmens und wegen der vielen Einflussfaktoren nicht möglich.

Um dennoch eine praktikable und hinsichtlich der Anrechenbarkeit der Maßnahmen verwertbare Mengenermittlung zu erhalten, wurde als pragmatischer Ansatz eine Abschätzung auf Grundlage der vier Ergebnisklassen der Standortbewertung vorgenommen. Die Ergebnisse der oben beschriebenen Methodik liefern eine summarische Betrachtung vieler am Standort vorkommenden Bedingungen, die einen Einfluss auf die Versickerungswirksamkeit haben. Es wird davon ausgegangen, dass ein Standort, der als hydrogeologisch sehr geeignet für den Waldumbau klassifiziert ist, prinzipiell gute Bedingungen für die Versickerung von zusätzlichen Neubildungsmengen aufweist und damit ein Großteil dieser Mengen den Zielaquifer erreicht. Umgekehrt ist an einem nicht geeigneten Standort zu erwarten, dass aufgrund von aus hydrogeologischer Sicht ungünstigen Standortbedingungen für den Waldumbau Faktoren vorkommen, die das Sickerwasser am Erreichen des Zielaquifers hindern. Dabei ist es von nachrangiger Bedeutung, ob die Ursache hierfür ein stauwasserbeeinflusster Bodentyp oder ein mächtiger Hemmer oberhalb des Zielaquifers oder eine gering-mächtige ungesättigte Zone in einer Gewässerniederung ist.

Die anhand der Ergebnisklassen abgeschätzten Wertebereiche für den Anteil an zusätzlicher Grundwasserneubildung, die den Zielaquifer erreicht, sind in nachfolgender Tabelle 7 dokumentiert:

Tabelle 7: Abgeschätzter Anteil an zusätzlicher Grundwasserneubildung, die den Aquifer erreicht

| Ergebnis | Bewertung | abgeschätzter Anteil der zusätzlichen GWNB, die im Aquifer ankommt |
|--------------|----------------|--|
| 0 Punkte | nicht geeignet | 0 – 20 % |
| 7-9 Punkte | mäßig geeignet | 20 – 50 % |
| 10-11 Punkte | geeignet | 50 – 80 % |
| 12 Punkte | sehr geeignet | 80 – 100 % |

Die in der Tabelle aufgeführten Wertebereiche wurden am 24.04.2015 in Hannover mit allen Projektbeteiligten abgestimmt und einvernehmlich festgelegt.

8 KOSTENSCHÄTZUNG FÜR VERGLEICHBARE VORHABEN

Im Rahmen des Angebots soll auch ein grober Kostenrahmen für die Bearbeitung weiterer Gebiete mit den erarbeiteten Verfahren aufgestellt werden. Dabei wurde ein mit dem Teilgebiet 2 vergleichbarer Untersuchungsaufwand zur hydrogeologischen Standortbewertung angenommen. Die Kostenschätzung hat aufgrund der vielfältigen kostenrelevanten Einflussfaktoren, wie z.B. die Datenverfügbarkeit, die jeweiligen hydrogeologischen Standortverhältnisse, die Tiefenlage und die Überdeckung des Zielaquifers etc., nur orientierenden Charakter.

Grundsätzlich lassen sich die Kosten für die Bearbeitung eines weiteren Gebietes in drei Kategorien unterteilen:

- (1) Kosten für die Grundlagendaten (amtliche Karten, Bohrungen und Grundwassermessungen)
- (2) Kosten für die Erstellung des geologischen 3D Strukturmodells
- (3) Kosten für die hydrogeologischen Auswertungen sowie für die methodische Bewertung und Aufbereitung der Ergebnisse (Karten- und Berichtserstellung)

(1) Kosten für die Grundlagendaten

Zur Abschätzung der Kosten für die Datengrundlagen wird im Folgenden beispielhaft ein Gebiet mit 200 km² Größe (vergleichbar mit der Größe des Teilgebiets 2) angesetzt. Die Preise für Grundlagendaten werden in Tabelle 8 aufgelistet. Sie sind den öffentlich zugänglichen Preislisten entnommen (Stand: 05/2015) oder, wenn diese nicht verfügbar waren, möglichst realistisch abgeschätzt worden.

Tabelle 8: Benötigte Daten und geschätzte Bruttopreise je 200 km² Untersuchungsgebiet

| Eingangsdaten | Datenhaltende Institution | Geschätzte Stückkosten für 200 km ² | Geschätzte Gesamtkosten für 200 km ² |
|--|---------------------------|--|---|
| Topographische Karte 1 : 50.000 (DTK 50) | LGLN | 0,30 € je km ² | 60 € |
| Digitales Geländemodell (DGM 25) | LGLN | 4 € je km ² | 800 € |
| Bodenkundliche Karte 1 : 50.000 (BUEK 50) | LBEG | 0,12 € je km ² + 41,65 € einmal | ca. 70 € |
| Geologische Karte 1 : 25.000 (GK 25) | LBEG | 2,38 € je km ² + 83,80 € einmal | ca. 560 € |
| Hydrogeologische Karte 1 : 200.000, (HUEK 200, Lage der Grundwasseroberfläche), falls vorhanden HK 50. | LBEG | 0,12 € je km ² + 41,65 € einmal | ca. 70 € |
| Bohrungen mit freigegebenen Schichtenverzeichnissen Annahme: 300 Profile je 100 km ² | LBEG | 8,93 € je Bohrung bis 100m Tiefe + 83,80 € einmal | ca. 5.500 € |
| Geologische Schnitte | LBEG | Kostenfrei NIBIS | 0 € |
| Gewässernetz | NLWKN | Nach Aufwand | ca. 100 € |
| Grundwassermessstellen und Grundwasserstandsdaten | NLWKN | Nach Aufwand | ca. 500 € |
| Forstdatenbank | LWK | Kostenfrei da Auftraggeber | 0 € |
| SUMME DATENKOSTEN (brutto) | | | 7.700 € |

Für die Grundlagendaten ist demnach mit Kosten in der Größenordnung von gerundet 7.700,-€ brutto bzw. ca. **6.500,-€ netto** pro 200 km² Gebietsgröße zu rechnen. Die Bohrinformationen aus dem Landesbohrarchiv stellen dabei mit Abstand den größten Kostenanteil. Es wurde die Annahme getroffen, dass etwa 300 Bohrungen pro 100 km² existieren (entspricht etwa Teilgebiet 2). Dabei wurden wenig differenzierte Erdöl-/ Erdgasbohrungen und sehr flache Bohrungen (< 2 m) in der Abschätzung nicht berücksichtigt. Zum Vergleich: Im Teilgebiet 1 liegen etwa 400 Bohrungen pro 100 km² vor.

(2) Kosten für die Erstellung des geologischen 3D Strukturmodells

Für die Standortbewertung ist es notwendig, ein möglichst detailliertes 3D Strukturmodell zur erarbeiten. Starke Vereinfachungen werden der Aufgabenstellung nicht gerecht. So ist es z. B. bei einer Überlagerung des Zielaquifers durch grundwasserhemmende Schichten notwendig, ggf. vorhandene Fehlstellen („geologische Fenster“) möglichst detailliert und lagegetreu zu kartieren. Bei der Bewertung des Einzelparameters „Verteilung und Mächtigkeit der Grundwasserhemmer aus dem geologischen 3D Strukturmodell“ ist dies von entscheidender Bedeutung.

Als Folge der vielfältigen kostenrelevanten Einflussfaktoren ergibt sich bei der Erstellung des 3D Strukturmodells eine erhebliche Kostenspannbreite. Erfahrungsgemäß muss für die Erstellung eines Strukturmodells mittlerer Komplexität und Datendichte, das aus einer Wechsellagerung von Grundwasserhemmern und -leitern in vier bis fünf Schichteinheiten besteht, von Kosten in der Größenordnung von **10.000,- € (netto)** ausgegangen werden. Bei einfacheren 2- bis 3-Schicht-Modellen reduzieren sich die Kosten auf eine Größenordnung von **5.000,- € (netto)**.

(3) Kosten für die hydrogeologischen Auswertungen sowie für die methodische Bewertung und Aufbereitung der Ergebnisse (Karten- und Berichtserstellung)

Die Kosten für die hydrogeologischen Auswertungen (u. a. Erstellung des Grundwassergleichenplans, Berechnung der Mächtigkeit der ungesättigten Zone, etc.), für die Bearbeitung der Daten mit oben beschriebenen Verfahren sowie für die Dokumentation der Ergebnisse in Form von Karten, Shapes und/oder eines Kurzberichtes sind von der Gebietsgröße und Komplexität nicht so stark abhängig wie die Erstellung des Strukturmodells. Je nach angebotenen Umfang der Arbeiten kann bei einem 200 km² großen Gebiet von einem Kostenrahmen in der Größenordnung von **10.000,- € bis 15.000,- €** ausgegangen werden.

Unter den genannten Voraussetzungen ergibt sich folgender Kostenrahmen:

Tabelle 9: Geschätzte Kosten (netto) für die Bearbeitung eines ca. 200 km² großen Gebiets

| Eingangsdaten | Geschätzte Kosten (netto) für 200 km² |
|--|---|
| Kosten Grundlagendaten | ca. 6.500 € |
| Kosten Erstellung Strukturmodell | 5.000 € – 10.000 € |
| Kosten hydrogeologische Auswertung und Dokumentation der Ergebnisse in Karten/Bericht/etc. | 10.000 € – 15.000 € |
| GESAMTSUMME, gerundet (netto) | 21.000 € – 32.000 € |

Dieser orientierende Kostenrahmen gilt nur für Gebiete mit ähnlicher Größenordnung (200 km²). Zudem können eine Berücksichtigung weiterer kostenrelevanter Faktoren der Strukturmodellerstellung und ein abweichender Umfang der erforderlichen Arbeiten die Kosten verändern.

9 DISKUSSION: BETRACHTUNG DES ABFLUSSGESCHEHENS IN DEN OBERFLÄCHENGEWÄSSERN

Veränderungen der Grundwasserstände z.B. durch Entnahme für Feldberegnung oder Steigerung der Grundwasserneubildung durch Waldumbau haben auch einen Einfluss auf das Abflussgeschehen der Oberflächengewässer. Bei Diskussionen auf dem Treffen des Projektbeirats Wasserwald wurde intensiv erörtert, ob das Minderungskriterium „GW-Hemmer im Strukturmodell“ (vgl. Kap. 4.1) außer Acht gelassen werden sollte. Grundlage der Diskussion war, dass die durch Waldumbau gesteigerte Neubildung in einem solchen Falle zwar nicht dem Zielaquifer zugutekommt, wohl aber über einen gesteigerten Basisabfluss in den Oberflächengewässern positiv wirksam wird.

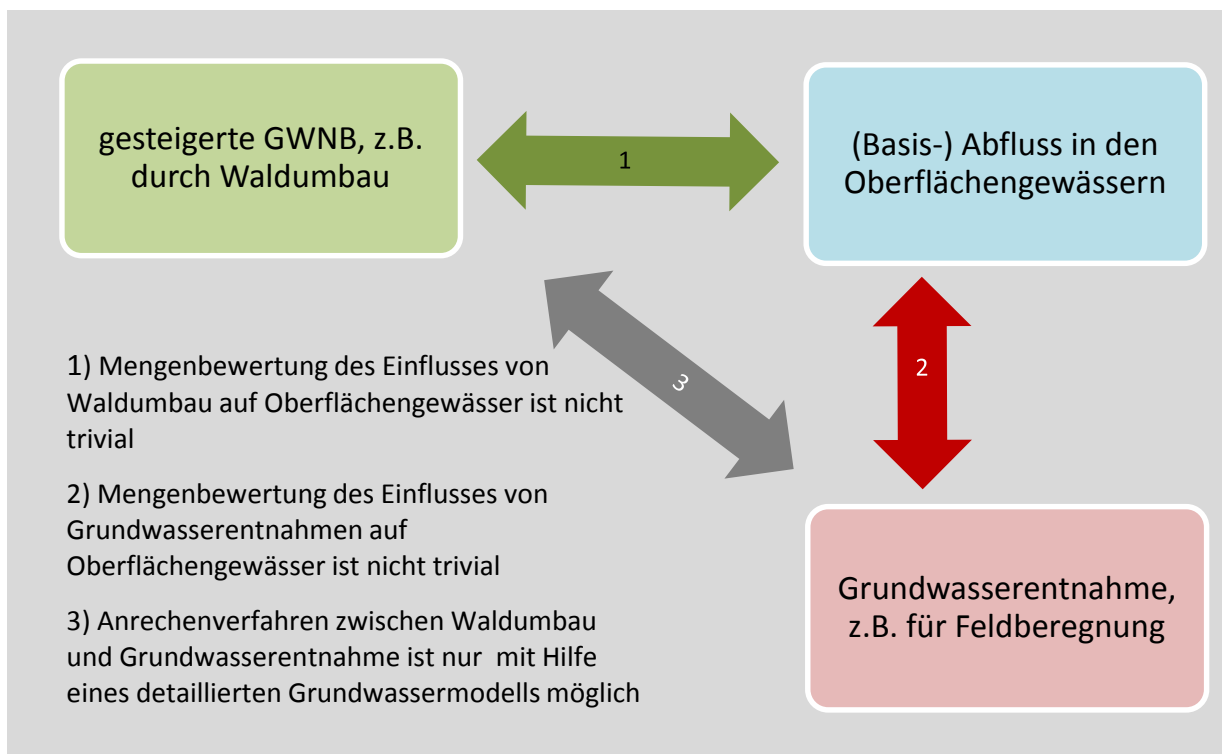


Abbildung 4: Schema Anrechenverfahren Oberflächengewässer

Voraussetzung für eine mögliche Anrechenbarkeit einer Erhöhung des Basisabflusses als Folge einer gesteigerten Neubildung durch Waldumbau wäre eine Mengenzuordnung von zusätzlicher Versickerungsmenge am Waldumbaustandort zu einer gesteigerten (Basis-) Abflussmenge in einem Fließgewässer auf der einen Seite und von Grundwasserentnahmemenge und daraus resultierender Reduktion der (Basis-) Abflussmenge auf der

anderen Seite (vgl. Abbildung 4). Diese Beziehungen ließen sich nur über ein sehr detailliertes Grundwasserströmungsmodell herstellen, welches eine hohe Informationsdichte der Eingangsdaten benötigen würde. Somit wäre ein hoher Untersuchungsaufwand zur Bearbeitung einer solchen Fragestellung erforderlich. Darüber hinaus würde der im Projekt vorgegebenen Richtlinie einer „robusten“, kostengünstigen und auf andere Untersuchungsgebiete mit geringer Datendichte übertragbaren Gebietsbewertung widersprochen.

Die Betrachtung des Basisabflusses ist zudem nicht Teil des AP 6, in dem ausschließlich die Wirksamkeit der zusätzlichen Sickerwassermengen auf den Zielaquifer bewertet werden soll, sondern führt zu einem völlig neuen Bewertungsansatz, für den die Kriterien in einem gesonderten Projekt noch festzulegen wären. Eine weitere Betrachtung des Einflusses von Waldumbau auf das Abflussgeschehen in den Oberflächengewässern findet daher hier nicht statt.

10 Zusammenfassung und Bewertung der Übertragbarkeit auf vergleichbare Gebiete

Vor dem Hintergrund des Klimawandels wurde von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen das Projekt Wasserwald initiiert, um den Grundstein für eine nachhaltige Erhöhung der Grundwasserneubildung unter Wald und damit die Schaffung zusätzlicher Grundwasserdargebotsmengen zu legen.

Im AP 6 des Projektes wurde CONSULAQUA im Dezember 2014 damit beauftragt, ein methodisches Verfahren zur Bewertung der Versickerungswirksamkeit von Grundwasseranreicherungsmaßnahmen (z.B. Waldumbau) aus hydrogeologischer Sicht zu entwickeln und an einem praktischen Beispiel anzuwenden.

Im Rahmen des Projektes wurde ein praktikables Anrechnungssystem entwickelt, das als Ergebnis eine flächenhafte Standortbewertung darstellt, ob eine durch Waldumbau gesteigerte Grundwasserneubildung einem Zielaquifer zugutekommt. Als Zielaquifer wird dabei der im Vorwege festgelegte Aquifer verstanden, aus dem die hauptsächlichen Entnahmen für die Beregnung stattfinden. Die Ergebnisdarstellung erfolgt in Form einer 4-farbigen Karte („Ampelkarte“). Sie soll als Planungsgrundlage und Entscheidungshilfe für Landwirte, Verbände und nicht zuletzt auch für Behörden verstanden werden. Durch die Übertragbarkeit des Verfahrens auf weitere Untersuchungsgebiete ist eine einheitliche Bewertungsgrundlage geschaffen worden.

In jeweils separaten Einzelbetrachtungen werden vier Eingangsparameter bewertet und anschließend in einer summarischen Gesamtbewertung aggregiert. Die Bewertung der Eingangsparameter erfolgt in einem 4-stufigen System: 0 Punkte steht dabei für „nicht geeignet“, der höchste Wert (3 Punkte) steht für „sehr geeignet“. Anschließend werden die Punkte aller vier Eingangsparameter an jedem Standort aufaddiert, wobei ein Standort immer mit dem Wert 0 („nicht geeignet“) bewertet wird, wenn mindestens einer der Eingangsparameter den Wert 0 erhalten hat. Bei der Gesamtbewertung kann ein Standort maximal 12 Punkte (4 x 3) erreichen.

Die vier Eingangsparameter sind:

- 1) die Bodenkarte (BUEK 50)
- 2) die Geologische Karte (GK 25)
- 3) die Verteilung und die Mächtigkeit der Grundwasserhemmer aus dem geologischen 3D Strukturmodell
- 4) die Mächtigkeit der ungesättigten Zone

Um alle vier Eingangsparameter bewerten zu können, werden zum einen die amtlichen Kartenwerke benötigt und zum anderen ist die Erstellung eines geologischen 3D Strukturmodells und eines Grundwassergleichenplans notwendig.

Dabei ist vor allem die Erstellung des Strukturmodells in Abhängigkeit der Gebietsgröße, der Anzahl an verfügbaren Bohrungen, der Anzahl der abzugrenzenden hydrogeologischen Schichteinheiten und der geologischen Komplexität des Untersuchungsgebiets, ein aufwendiger und damit kostenintensiver Prozess.

Die Ergebnisse der Bewertung wurden sowohl für die Einzelparameter als auch für die Gesamtbetrachtung in Kartenform dargestellt. Die vier Stufen der Bewertung geben als vierfarbige Ampelkarten einen schnellen Überblick über hydrogeologische Standortbedingungen und ihre Beurteilung hinsichtlich der Versickerungswirksamkeit. Die Ergebnisse wurden außerdem mit den für Waldumbau interessanten Nadelwaldflächen in Privatbesitz verschnitten und ebenfalls als Karten dargestellt.

Die Auswertung der beiden Teilgebiete hat ergeben, dass mehr als die Hälfte der Nadelwaldflächen in Privatbesitz aus hydrogeologischer Sicht prinzipiell gut oder sehr gut für Grundwasseranreicherungsmaßnahmen geeignet sind. Betrachtet man die Gründe, die zu einer Nicht-Eignung führen, so ergibt sich eine gleichmäßige Verteilung der vier Eingangsparameter als Ausschlusskriterium. Dabei kann eine Fläche sowohl aufgrund von ungünstigen Bodeneigenschaften als auch aufgrund einer gering mächtigen ungesättigten Zone oder aufgrund von mächtigen Geschiebemergelablagerungen im Untergrund als ungeeignet eingestuft werden. Solche Bedingungen führen dazu, dass die durch Waldumbau erzeugte zusätzliche Grundwasserneubildung den Zielaquifer nicht auf direktem Wege erreichen kann. Aus diesem Grund fallen z.B. die Niederungsbereiche der Flussauen oder Moorgebiet als geeignete Flächen weg, wohingegen die oft bewaldeten Hochlagen häufig gut geeignet sind.

Insgesamt hat sich das an Teilgebiet 1 erarbeitete Verfahren als praktikabel herausgestellt. Es ließ sich leicht auf das Teilgebiet 2 übertragen. Insgesamt ist es daher geeignet, auch in weiteren, vergleichbaren Gebieten Niedersachsens angewendet zu werden. Ein daraus resultierender einheitlicher Bewertungsmaßstab ermöglicht die Vergleichbarkeit von Gebieten und ist damit z.B. für Verbände und Untere Wasserbehörden eine gute Entscheidungshilfe bei zukünftigen wasserrechtlichen Fragestellungen.

Bearbeitung:

Hildesheim, den 27. Mai 2015

CONSULAQUA Hildesheim • Geo-Infometric •

Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg
Beratungsgesellschaft mbH

Gropiusstraße 3, 31137 Hildesheim



i. V. Dipl.-Geol. Michael Bruns



i. A. Dipl.- Geogr. Jan Hohlbein

11 Abbildungen und Tabellen

Abbildungen

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Lage der beiden untersuchten Teilgebiete | 5 |
| Abbildung 2: Bewertungsschema „Hemmer im Strukturmodell“ für zwei Grundwasserhemmer oberhalb des Zielaquifers | 15 |
| Abbildung 3: Histogramm der Versickerungswirksamkeit in Jahren im Teilgebiet 1, bezogen auf den Zielaquifer AQ3 | 22 |
| Abbildung 4: Schema Anrechenverfahren Oberflächengewässer | 26 |

Tabellen

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Schematischer Aufbau Strukturmodell im Teilgebiet 1 (roter Rahmen = Zielaquifer) | 10 |
| Tabelle 2: Schematischer Aufbau Strukturmodell im Teilgebiet 2 (roter Rahmen = Zielaquifer) | 11 |
| Tabelle 3: Gesamtergebnis Teilgebiet 1 | 17 |
| Tabelle 4: Ursachen für Bewertung "nicht geeignet" im Teilgebiet 1 (Mehrfachnennung möglich)..... | 18 |
| Tabelle 5: Gesamtergebnis Teilgebiet 2 | 19 |
| Tabelle 6: Ursachen für Bewertung "nicht geeignet" im Teilgebiet 2 (Mehrfachnennung möglich)..... | 19 |
| Tabelle 7: Abgeschätzter Anteil an zusätzlicher Grundwasserneubildung, die den Aquifer erreicht | 23 |
| Tabelle 8: Benötigte Daten und geschätzte Bruttopreise je 200 km ² Untersuchungsgebiet | 24 |
| Tabelle 9: Geschätzte Kosten (netto) für die Bearbeitung eines ca. 200 km ² großen Gebiets | 25 |

12 Literatur

CAH (2012): AQUARIUS – Dem Wasser kluge Wege ebnet. Teilprojekt „Hydrogeologische Untersuchungen für die Grundwasserkörper Ilmenau Lockergestein rechts und Jeetzel Lockergestein links“. Abschlussbericht Anhang 4: Modelldokumentation.

DIN 19732 (1997-06): Bestimmung des standörtlichen Verlagerungspotentials von nichtsorbtierbaren Stoffen. Normenausschuss Wasserwesen im Deutschen Institut für Normung, Juni 1997, Beuth Verlag, Berlin.

FFG Weser (Hrsg.) (2005): Bewirtschaftungsplan Flussgebietseinheit Weser 2005 – Bestandsaufnahme Teilraum Aller.

LBEG (Hrsg.) (1982): Hydrogeologische Übersichtskarte von Niedersachsen 1 : 200.000 - Schutzpotenzial der Grundwasserüberdeckung. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie.

- LBEG (Hrsg.) (2009): GeoBerichte 13. Heidt, L.: Auswirkungen des Klimawandels auf die potenzielle Beregnungsbedürftigkeit Nordost-Niedersachsens. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie.
- LWK (Hrsg.) (2008): NoRegret - Genug Wasser für die Landwirtschaft?! Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Uelzen.
- LWK (Hrsg.) (2012): AQUARIUS – Dem Wasser kluge Wege ebnen. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Uelzen.
- UDATA (2013): Auswirkungen von Klimawandel und Waldbaustrategien auf das Grundwasserdargebot im Privatwald der niedersächsischen Ostheide. Klimzug-Nord Teilprojekt 3.5: Klimainduzierte grundwasserwirtschaftliche Veränderungen in der Metropolregion Hamburg und Maßnahmen zur Adaption.

13 Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 : Lage der Bohrprofile und Profilschnitte im Teilgebiet 2
- Anlage 2 : Exemplarisch: hydrogeologische Profilschnitte
- Anlage 3 : Grundwassergleichenplan und Lage der Grundwassermessstellen im GWL1
- Anlage 4 Ergebnisse Teilgebiet 1
- Anlage 4.1 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 1) Einzelparameter: Boden (BUEK 50)
- Anlage 4.2 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 1) Einzelparameter: Oberflächennahe Geologie (Geologische Karte 25)
- Anlage 4.3 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 1) Einzelparameter: Grundwasserhemmer im Untergrund (Verbreitung + Mächtigkeit)
- Anlage 4.4 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 1) Einzelparameter: Mächtigkeit der ungesättigten Zone
- Anlage 4.5 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 1) GESAMTBEWERTUNG
- Anlage 4.6 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 1) – nur Nadelwaldflächen in Privatbesitz – Einzelparameter: Boden (BUEK 50)
- Anlage 4.7 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 1) – nur Nadelwaldflächen in Privatbesitz – Einzelparameter: Oberflächennahe Geologie (Geologische Karte 25)
- Anlage 4.8 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 1) – nur Nadelwaldflächen in Privatbesitz –

- Einzelparameter: Grundwasserhemmer im Untergrund (Verbreitung + Mächtigkeit)
- Anlage 4.9 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 1) – nur Nadelwaldflächen in Privatbesitz – Einzelparameter: Mächtigkeit der ungesättigten Zone
- Anlage 4.10 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 1) – nur Nadelwaldflächen in Privatbesitz – GESAMTBEWERTUNG
- Anlage 5 Ergebnisse Teilgebiet 2
- Anlage 5.1 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 2) Einzelparameter: Boden (BUEK 50)
- Anlage 5.2 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 2) Einzelparameter: Oberflächennahe Geologie (Geologische Karte 25)
- Anlage 5.3 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 2) Einzelparameter: Grundwasserhemmer im Untergrund (Verbreitung + Mächtigkeit)
- Anlage 5.4 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 2) Einzelparameter: Mächtigkeit der ungesättigten Zone
- Anlage 5.5 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 2) GESAMTBEWERTUNG
- Anlage 5.6 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 2) – nur Nadelwaldflächen in Privatbesitz – Einzelparameter: Boden (BUEK 50)
- Anlage 5.7 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 2) – nur Nadelwaldflächen in Privatbesitz – Einzelparameter: Oberflächennahe Geologie (Geologische Karte 25)
- Anlage 5.8 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 2) – nur Nadelwaldflächen in Privatbesitz – Einzelparameter: Grundwasserhemmer im Untergrund (Verbreitung + Mächtigkeit)
- Anlage 5.9 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 2) – nur Nadelwaldflächen in Privatbesitz – Einzelparameter: Mächtigkeit der ungesättigten Zone
- Anlage 5.10 : Standorteignung für Waldumbau aus hydrogeologischer Sicht (Teilgebiet 2) – nur Nadelwaldflächen in Privatbesitz – GESAMTBEWERTUNG