

Höhere Grundwasserspense durch Waldumbau

Im Vordergrund des Projekts „Wasserwald“ in der niedersächsischen Ostheide steht die Frage: Wie viel zusätzliches Grundwasser kann durch den Unterbau von Kiefern-Reinbeständen mit Laubholz langfristig bereitgestellt werden. Die niedersächsische Ostheide ist Teil des bundesweit größten geschlossenen Gebiets mit landwirtschaftlicher Bewässerung (s. Kasten).

*Martin Hillmann, Elisabeth Schulz,
Bernd Schulze, Jörg Scherzer, Michael Bruns,
Jan Hohlbein*

Der Wald in der Region Ostheide besteht zu mehr als 80 % aus Kiefern-Reinbeständen. Sie stocken zumeist auf sandigen Böden mit geringem Wasserspeichervermögen und sehr großem Grundwasser-Flurabstand. Neben vielen positiven Eigenschaften bezüglich des Wasserhaushalts sind Kiefernforste auch selbst große Wasserverbraucher. Seit langem ist bekannt, dass durch Laubholz-Voranbau die Sickerwassermenge unter Wald erheblich gesteigert werden kann.

Das Projekt Wasserwald – ein Projekt des Waldklimafonds

Die mögliche zusätzliche Ökosystemleistung eines in Laub- beziehungsweise Laubmischwald umgebauten Kiefernbestandes steht im Vordergrund des Projekts „Wasserwald“. Das Projekt wird gefördert durch den Waldklimafonds der Bundesrepublik Deutschland. Begleitet wird das Projekt durch einen Projektbeirat mit Teilnehmern aus allen beteiligten Interessengruppen.

Schneller Überblick

- Höhere Laubholzanteile erhöhen die Wasserspense
- Gezielter Waldumbau kompensiert Folgen des Klimawandels
- Erhöhte Wasserspense kann als Ökosystemleistung honoriert werden
- Berechnungslandwirte sind potenzielle Nachfrager

Bevor man in den Umbau investiert, sind folgende Fragen zu klären.

- Welche Waldentwicklungstypen (WET) sind in der Region geeignet, diese zusätzliche Ökosystemleistung zu erbringen– auch unter den erwarteten Veränderungen des Klimawandels?
- Wie viel zusätzliches Sickerwasser kann bei welchem WET erwartet werden?
- Wird das zusätzliche Sickerwasser auf jedem Standort grundwasserwirksam oder fließt es über nahe gelegene Vorfluter aus der Region ab?
- Welcher Zielhorizont ist zu betrachten, um nach Waldumbau das zusätzliche Wasser im Grundwasser für zusätzliche Entnahmen verfügbar zu haben?
- Wie hoch ist der Ertrags- bzw. Vermögensverlust des Waldbesitzers, der Laubholz statt finanziell ertragreichem Nadelholz anbaut?
- Wie wird eine Beziehung zwischen dem bewaldeten Speisungsgebiet und dem ackerbaulich genutzten Grundwasserentnahmegebiet hergestellt, damit eine Honorierung sowohl des Waldumbaus wie auch der zusätzlichen Entnahmemenge möglich wird?
- Kann eine untere Wasserbehörde eine Erlaubnis zur zusätzlichen Wasserentnahme aufgrund von Waldumbaumaßnahmen erteilen?

Wasserspense bei Waldumbau und Klimawandel

In der Region Ostheide gibt es keine Waldklimastationen mit entsprechenden Anlagen zur Ermittlung der Sickerwassermengen unter Wald. Messreihen aus der Region zu Sickerwassermengen unter Wald lagen somit nicht vor. Daher war man auf Simulationsrechnungen angewiesen. Das Verfahren und die Ergebnisse

wurden im Rahmen von Expertenworkshops überprüft und festgelegt.

Die UDATA GmbH, ein Forschungs- und Dienstleistungsunternehmen für den Bereich Umwelt aus Neustadt/Weinstraße, hat den Wasserhaushalt in der Region Ostheide unter Berücksichtigung des Waldwachstums mit einem prozessorientierten numerischen Wasserhaushaltsmodell berechnet.

Frühere Studien (im Auftrag) der Landwirtschaftskammer Niedersachsen kamen zum Ergebnis: Durch gezielten Waldumbau (Laubholz) kann die Wasserspense unter Wald je nach Standort um 38 bis 160 mm/a gesteigert werden [1, 2]. Damit lässt sich der Gebietswasserhaushalt der Region nachhaltig beeinflussen. Ein erheblicher Teil des Waldes befindet sich zudem im Eigentum landwirtschaftlicher Betriebe. Viele davon würden wegen der bereits heute knappen Bemessung der Erlaubnisse zur landwirtschaftlichen Wasserentnahme geeignete Flächen grundwasserbetont umbauen, wenn sie dann die zusätzlichen Grundwassermengen (ggf. auch anteilig) für die Feldberegnung nutzen könnten.

Erstmals sollte in die Berechnung des Wasserhaushaltsmodells auch die zeitliche Entwicklung der Sickerwasserspense in Abhängigkeit vom Bestandesalter berücksichtigt werden. Die Berechnungen erfolgten deshalb für eine Dauer von 60 Jahren ab dem Beginn des Waldumbaus.

Das Grundwasserdargebot wird von einer Vielzahl von Faktoren bestimmt, die in komplexen Wechselwirkungen zueinander stehen. Hierzu gehören insbesondere das Klima, der Boden, die Topographie, Geologie und Landnutzung sowie Land- und Forstwirtschaft.

Warum Feldberegnung?

Die Bewässerung in der Landwirtschaft – landläufig als Feldberegnung bezeichnet – ist in Deutschland nur in wenigen Regionen verbreitet. Es handelt sich um Teilräume mit besonders geringen Niederschlägen während der Vegetationszeit und in denen Böden mit geringem Wasserspeichervermögen vorherrschen. Unter diesen Umständen ist eine existenzsichernde Landbewirtschaftung ohne künstliche Bewässerung ausgeschlossen (Tab. 1). In Deutschland werden 560.000 ha oder 3,3 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche beregnet. Knapp 54 % dieser beregneten Flächen liegen in Niedersachsen. Ein Beispiel für Niedersachsen ist die Region Ostheide. In einem jahrzehntelangen Entwicklungsprozess hat sich hier ein landwirtschaftliches Cluster etabliert. Zuckerrüben und Kartoffeln werden großflächig angebaut und in der Region verarbeitet. Der konkurrenzfähige Anbau dieser Feldfrüchte ist in der Ostheide nur durch Feldberegnung sicherzustellen.

Doch erst wenn die sehr hohen Investitionskosten für Beregnungsanlagen (Erlaubnis, Brunnen, Leitungen, Hydranten, Beregnungsmaschinen) und die laufenden Kosten (insbesondere Energiekosten) im langjährigen Mittel durch den „geretteten“ Ertrag aufgewogen werden, lohnt sich für die Höfe der Einsatz der Bewässerung. Dabei geht es nicht nur um den Ernteertrag selbst, mindestens genauso bedeutsam ist es, die Produktqualitäten mithilfe der gleichmäßigen Wasserversorgung der Pflanzen zu sichern. Am meisten, um bis zu 45 %, lassen sich die Erträge von Weizen durch Beregnung steigern, über 30 % bzw. knapp darunter sind es bei Wintergerste und Speisekartoffeln.

Die Verwendung von Grundwasser ist maßgeblich abhängig von der jährlich regionalen Neubildungsrate (meist aus Winterniederschlägen). Erlaubnisse



Foto: M. Hillmann

Stationäre Kreisberegnungsanlage (Pivot)

zur Grundwasserentnahme werden von den unteren Wasserbehörden in Niedersachsen beispielsweise auf 20 Jahre befristet erteilt und im Durchschnitt auf jährlich 80 l/m² (800 m³/ha) begrenzt.

Der Klimawandel stellt eine enorme Herausforderung im Hinblick auf die Beregnung dar. Dies gilt nicht nur für die ganz erheblichen Investitionen für die Feldberegnung, sondern vor allem für die naturverträgliche Bereitstellung der erforderlichen Wassermengen. Seit mehr als einem Jahrzehnt führte die Landwirtschaftskammer Niedersachsen Forschungsprojekte insbesondere zu Bewässerungseffizienz und Wasserbereitstellung durch. Bereits wahrnehmbar und voraussichtlich weiter zunehmend sind u. a. folgende Auswirkungen des Klimawandels:

- höhere Verdunstungsraten aufgrund steigender Temperaturen,
- Verlängerung der Vegetationsperiode sowie
- stabilere und längere Trockenperioden.

Dies führt schon heute zu einer steigenden Nachfrage nach Grundwasser für die Feldberegnung. Die unteren Wasserbehörden werden in Teilregionen diesen Mehrbedarf an Beregnungswasser nicht mehr erlauben. In mehreren Projekten, initiiert durch die Landwirtschaftskammer Niedersachsen, wurden Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft an das zukünftig knapper werdende Grundwasser geprüft und deren Umsetzung teilweise begonnen:

- **Wassersparender Ackerbau:** Unproduktive Wasserverluste werden minimiert (z. B. Mulchsaat, organische Düngung) oder vorhandenes Wasser besser genutzt (z. B. Arten und Sortenwahl).
- **Wassereffiziente Beregnung:** z. B. Optimierung der Beregnungssteuerung durch computergestützte Rechenmodelle oder mit energiesparenden stationären Kreisberegnungsanlagen..
- **Nutzung alternativer Wasserquellen:** Speicherung von zeitweise im Überschuss vorhandenem Wasser in Speicherbecken, Grundwasseranreicherung durch Verrieselung von gereinigtem Abwasser anstelle von Grundwasserentnahmen höhere Wasserförderung aus dem Elbeseitenkanal. Außerdem wird in der Region schon seit langem Produktionswasser aus der Zuckerrübenverarbeitung für die spätere Feldberegnung gespeichert.

Im Ergebnis sind diese Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft notwendig, reichen aber nicht aus, um den steigenden Wasserbedarf der Pflanzenbestände zu decken. Die Bedeutung der Feldberegnung wird daher weiter steigen. Deshalb ist ein ganzes Maßnahmenbündel notwendig, um die Grundwasserkörper der Region nachhaltig mit einer entsprechenden zusätzlichen Wasserspende zu versorgen. Dazu zählt auch der Waldumbau mit dem Ziel, eine höhere Grundwasserbildung zu erreichen.

Weitere Informationen unter: <https://www.lwk-niedersachsen.de/>

Böden

Nach Pöhler et al. [2] dominieren im Gebiet mit einem Flächenanteil von 51,4 % (Kernzone: 55,9 %) die mäßig frischen Böden (Wasserhaushaltszahl WH = 42) und die mäßig sommertrockenen Böden (WH = 43) mit 29,2 % (Kernzone: 33,8 %). In der Studie wurden nur die dominierenden Bodenklassen 42/2+/3- und 43/3 (gemäß Niedersächsischer Standortkartierung) verwendet.

Waldentwicklungstypen (WET)

Die für die Untersuchungen zu verwendenden Waldentwicklungstypen (WET) wurden nach einem Experten-Workshop und weiteren Diskussionen festgelegt. Es handelt sich dabei um die fünf WETs

- Kiefer rein (WET70, 100 % Kiefer),

- Douglasie/Kiefer (WET67, 70 % Douglasie, 30 % Kiefer),
- Douglasie/Buche (WET62, 70 % Douglasie, 30 % Buche),
- Eiche/Kiefer (WET17, 70 % Eiche, 30 % Kiefer) und
- Eiche rein (WET10, 100 % Eiche).

Wasserhaushaltsmodell

Zur Untersuchung des Wasserhaushalts wurde das speziell für forsthydrologische Fragenstellungen entwickelte prozessorientierte numerische Wasserhaushaltsmodell LWF-Brook90 [3, 4, 5] verwendet.

Klima

Als Referenzzeitraum wurde eine Periode von 60 Jahren mit den Werten der Klimape-

riode von 1971 bis 2000 verwendet: durchschnittliche Niederschläge von 710 mm/a und eine mittlere Temperatur von 8,9 °C.

Die Veränderung des Klimas (2011 bis 2070) wurde als Ensemble von insgesamt drei Klimaszenarien (RCP 8.5 Minimum, Median, Maximum; Representative Concentration Pathways, Repräsentative Konzentrationspfade) abgebildet, welche für drei unterschiedliche regionale Varianten des globalen Szenarios mit dem Strahlungsantrieb RCP 8.5 (sogenannte „Repräsentative Konzentrationspfade“ (Representative Concentration Pathways – RCPs [Wiki 2015])) stehen. Die Jahresmittel des Niederschlages betragen künftig demnach im Untersuchungsgebiet ca. 750 mm/a (RCP 8.5 Min), 740 mm/a (RCP 8.5 Med) bzw. 713 mm/a

	Erste Dekade nach Umbau (mm/a)			erste 60 Jahre nach Umbau (mm/a)		
	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.
a) heutiges Klima						
WET 67 (Douglasie/Kiefer)	-19	-13	-2	-37	-31	-23
WET 62 (Douglasie/Buche)	2	15	32	-15	-8	0
WET 17 (Eiche/Kiefer)	27	46	53	49	72	85
WET 10 (Eiche)	36	57	68	65	95	113
b) nach Klimawandel (Szenario RCP 8.5)						
WET 67 (Douglasie/Kiefer)	-24	-19	-11	-39	-30	-21
WET 62 (Douglasie/Buche)	-38	-3	8	-18	-9	-2
WET 17 (Eiche/Kiefer)	33	44	54	65	73	79
WET 10 (Eiche)	44	56	67	87	95	105
c) Einfluss des Klimawandels = Differenz der Werte von a) und b)						
WET 67 (Douglasie/Kiefer)	-5	-6	-9	-2	1	2
WET 62 (Douglasie/Buche)	-40	-18	-24	-3	-1	-2
WET 17 (Eiche/Kiefer)	6	-2	1	16	1	-6
WET 10 (Eiche)	8	-1	-1	22	0	-8

Tab. 1: Mehrertrag an Sickerwasser nach Waldumbau entsprechend a) heutigem Klima, b) erwartetem Klima und c) Einfluss des Klimawandels (jeweils Gebietsmittel für alle Standorte)

(RCP 8.5 Max) und die mittleren Temperaturen respektive 9,4; 10,5 bzw. 10,6 °C.

Ergebnisse

Die Sickerwasserbildung des traditionellen Waldentwicklungstyps Kiefer liegt bei heutigem Klima im Gebietsmittel bei ca. 111 mm/a (Tab. 1). Der Eichen-Reinbestand zeichnet sich durch eine um 95 mm/a höhere Sickerwasserspende aus. Die Variante Eiche/Kiefer weist ebenfalls hohe Wasserspenden auf (Mehrertrag: 72 mm/a). Die ungünstigsten Ergebnisse ergeben sich bei der Variante Douglasie/Kiefer mit einem Minderertrag von 31 mm/a. Die Variante Douglasie/Buche verhält sich mit einem Minderertrag von 8 mm/a in etwa neutral zur traditionel-

len Bewirtschaftung. Die Sickerwassermehrerträge mit Klimawandel fallen ähnlich aus wie unter heutigem Klima.

Wo ist das zusätzliche Sickerwasser verfügbar?

Doch kommt dieses zusätzliche Sickerwasser auch im Grundwasser an? Wie lange würde es dauern, bis es einen positiven Effekt im Grundwasser gibt? Auf Anregung des Projektbeirats wurde ein hydrogeologisches Gutachten in Auftrag gegeben, das aus dem Waldklimafonds finanziert wurde.

Die Hydrogeologen der Firma Consulaqua haben dazu eine praxisnahe „Ampelkarte“ erstellt (Abb. 1), die die grundwasserwirksamen Versickerungsgebiete lokalisiert.

Verschnitten mit Daten der aktuellen Waldinventur des Privatwaldes werden Informationen zur Umbauwürdigkeit jedes Waldbestandes geliefert.

Am Beispiel eines 2.100 km² großen Untersuchungsgebietes im Nordosten Niedersachsens soll das erarbeitete Verfahren erläutert werden.

Für eine flächenhafte hydrogeologische Standortbewertung wurden in jeweils separaten Einzelbetrachtungen vier Eingangsgrößen bewertet und anschließend einer summarischen Gesamtbewertung unterzogen. Als Eingangsgrößen werden herangezogen:

- Bodentypen (Bodenkarte),
- der oberflächennahe geologische Schichtaufbau (geologische Karte), die unterirdische Verteilung und Mächtigkeit von Grundwasserleitern und -hemmern sowie
- die Mächtigkeit der mit Grundwasser ungesättigten Zone.

Die Bewertung der Eingangsgrößen erfolgt in einem vierstufigen System: 0 Punkte steht dabei für „nicht geeignet“, der höchste Wert, 3 Punkte, steht für „sehr geeignet“. Anschließend werden die jeweiligen Bewertungspunkte an jedem Standort addiert. Bei der Gesamtbewertung kann ein Standort also maximal 12 Punkte (4 x 3) erreichen. Wird ein Standort bei einer Eingangsgröße für „nicht geeignet“ (also 0 Punkte) befunden, so wird dieser Standort auch insgesamt als „nicht geeignet“ eingestuft.

Für die Gesamtbewertung der „Versickerungswirksamkeit“ von grundwasseranreichernden Maßnahmen an einem Standort werden die addierten Einzelwerte auf ein Bewertungsraster von z. B. 200 x 200 m Größe übertragen und die Ergebnisse in einer vierfarbigen Karte dargestellt.

Etwa 60 % der Fläche des Untersuchungsgebietes eignen sich aus hydrogeologischer Sicht nicht für Waldumbau. Knapp 35 % der Gesamtfläche können hingegen mindestens als „geeignet“ eingestuft werden. Werden die Ergebnisse auf die infrage kommenden Waldgebiete übertragen, so ergeben sich ca. 26.800 ha Privatwaldfläche, die als „geeignet“ oder „sehr geeignet“ eingestuft werden können.

Versickerungszeiten und Mengenabschätzung

Bei etwa zwei Drittel aller geeigneten Standorte wird eine gesteigerte Sickerwasser-

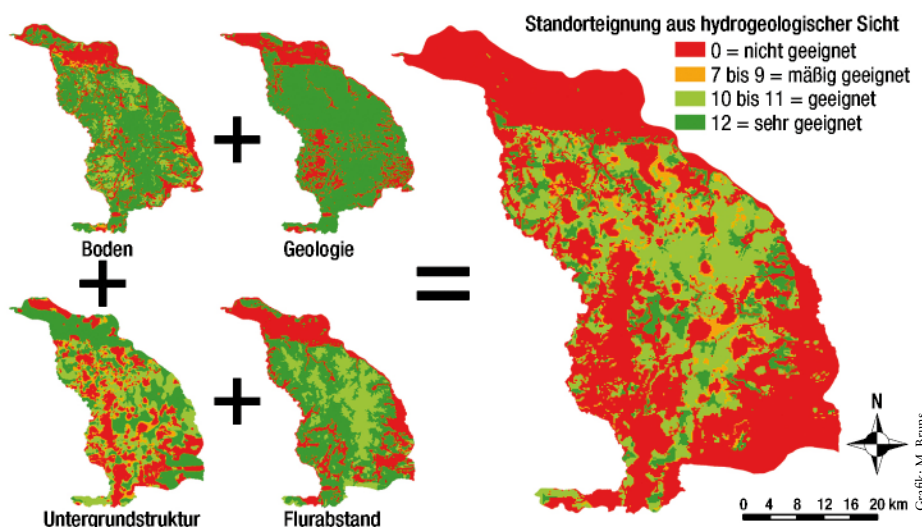


Abb. 1: Addition der vier Eingangsgrößen zur summarischen Gesamtbewertung für das gesamte Untersuchungsgebiet

menge innerhalb der ersten zwei Jahre im Zielgrundwasserleiter wirksam. Innerhalb der ersten acht Jahre ist dies an über 95 % der Standorte der Fall. Gemessen an den Zeiträumen, die für den Waldumbau notwendig sind, ist die Frage der Versickerungszeiten somit ohne Bedeutung.

Dagegen ist die Menge des zusätzlichen Sickerwassers, welches tatsächlich das Grundwasser erreicht, von großer Relevanz, wenn es um die Frage einer möglichen Anrechnung von Waldumbaumaßnahmen auf die Höhe von Grundwasserentnahmeerlaubnissen oder -bewilligungen geht. Dabei hat sich gezeigt, dass eine gesicherte und detaillierte Mengenermittlung innerhalb des vorgegebenen Untersuchungsrahmens und wegen der vielen Einflussfaktoren kaum möglich ist. Um dennoch eine Größenordnung abschätzen zu können, werden den Ergebnisklassen der Gesamtbewertung Spannweiten der Anteile des zusätzlichen Sickerwassers zugeordnet, die das Grundwasser anreichern (Tab. 2).

Es kann davon ausgegangen werden, dass die nicht den Zielgrundwasserleiter erreichenden zusätzlichen Sickerwassermengen den anderen Komponenten des Grundwasserhaushalts zugute kommen, z. B. den Basisabflussmengen der Fließgewässer. Im fachlichen-regionalen Beirat des Projekts Wasserwald entwickelte sich hieraus der Wunsch zur Entwicklung eines Verfahrens für die Bewertung der Versickerungswirksamkeit auf Fließgewässer (Basisabflüsse).

Anwendungsbeispiel: Prognostizierte Erhöhung des Grundwasserdargebots

Bei Annahme gleichbleibender klimatischer Verhältnisse und einem Betrachtungszeitraum von 60 Jahren nach Umbau lassen sich demnach im forstlichen Wuchsgebiet Ostheide mit dem WET 10 (Eiche) im Mittel ca. 95 mm/a und mit dem WET 17 (Eiche/Kiefer) im Mittel ca. 72 mm/a Sickerwassermehrtrag unter den Waldumbauflächen erreichen.

Werden diese Mengen mit den potenziell forstwirtschaftlich geeigneten 26.800 ha Waldflächen im Untersuchungsgebiet verrechnet und mit den Ergebnissen der beschriebenen hydrogeologischen Standortbewertung verschnitten, lassen sich die aus dem Sickerwassermehrtrag generierbaren zusätzlichen Grundwasserneubildungsmengen abschätzen. Für die untersuchten Waldflächen ergibt sich eine

Ergebnis	Bewertung	geschätzter Anteil der zusätzlichen Grundwasserneubildung, die im Zielgrundwasserleiter ankommt
0 Punkte	nicht geeignet	0 – 20 %
7 bis 9 Punkte	mäßig geeignet	20 – 50 %
10 bis 11 Punkte	geeignet	50 – 80 %
12 Punkte	sehr geeignet	80 – 100 %

Tab. 2: Anteil der Erhöhung des Grundwasservorrats aus zusätzlichem Sickerwasser

Spanne zwischen 7 Mio. m³/a (bei WET 17) und 17 Mio. m³/a (bei WET 10) an zusätzlichem Grundwasser. Durch entsprechende Flächenverschnidungen in einem GIS-System lassen sich die Berechnungen auch auf Kreis- bzw. Kommunalebene herunterbrechen.

Fazit

Da die hydrogeologischen Zusammenhänge so komplex sind, kann es keine 1 : 1-Beziehung zwischen dem einzelnen Waldbesitzer und dem Berechnungslandwirt geben. Praktikabel erscheint es aber, dass innerhalb der Grundwasserkörper die Beregnungsverbände auf der einen und die forstwirtschaftlichen Zusammenschlüsse auf der anderen Seite kooperieren. Die Beregnungsverbände als Körperschaften des öffentlichen Rechts und Vertreter der Beregnungslandwirte bündeln die Nachfrage nach zusätzlichem Beregnungswasser und honorieren die umbauwilligen Waldbesitzer, die zu über 90 % der Fläche in forstwirtschaftlichen Zusammenschlüssen organisiert sind. Die forstwirtschaftlichen Zusammenschlüsse stellen einen Flächenpool zusammen und führen die Maßnahmen durch. Angebot und Nachfrage nach dieser speziellen Ökosystemleistung sollte auf marktwirtschaftlicher Basis erfolgen.

Unser Anliegen ist es, staatliche Förderung des Waldumbaus zukünftig mit einzubeziehen, um den finanziellen Aufwand der Landwirte tragbar zu machen und die berechtigten Ansprüche der Waldbesitzer zu erfüllen. Öffentliche Förderung hilft, die gesamtgesellschaftlichen Ansprüche einer nachhaltigen Land- und Forstwirtschaft in diesem Zusammenhang abzugelten. Die praktische Umsetzung des grundwasserbetonten Waldumbaus hängt maßgeblich von der Kombinierbarkeit mit Förderprogrammen ab. Gleichzeitig rücken weitere Möglichkeiten eines grundwasserbetonten Waldumbaus in den Fokus, wie z. B. zur Unterstützung des Basisabflusses geschützter Fließgewässer.

Noch abschließend zu klären ist die Frage, welches Instrumentarium die Erlaubnisbehörden benötigen, um Wasserentnahmen zusätzlich zuteilen zu können. Reichen bilaterale Verträge zwischen Waldbesitzer und Beregner aus, ergänzt durch Nebenbestimmungen in den wasserrechtlichen Erlaubnissen? Sind trilaterale Verträge unter Einbeziehung der Wasserbehörde notwendig? Dieser Fragestellung wird mit unteren und oberen Behörden in nächster Zeit nachzugehen sein. Gesprächsbereitschaft ist allseits gegeben, nachdem bereits im Abschlusspapier der Arbeitsgruppe „Zukunftsfähige Sicherung der Feldberegnung“ des Niedersächsischen Umweltministeriums der Waldumbau als wichtige Option herausgestellt wurde. Ziel ist, dem grundwasserbetonten Waldumbau in der Region Ostheide zur Anpassung an Klimawandel induzierten Grundwasserbedarf zum Erfolg zu verhelfen.

Literaturhinweise:

- [1] SCHERZER, J.; SCHULTZE, B.; RUST, S. (2007): Vorstudie zum Wasserhaushalt von Waldumbauvarianten in der Ostheide (Projekt NoRegret). LWK Niedersachsen, Kurzdokumentation. [2] PÖHLER H.; SCHULTZE, B.; WENDEL, S.; RUFF, S.; SCHERZER, J. (2013): Auswirkungen von Klimawandel und Waldbaustراتيجien auf das Grundwasserangebot im Privatwald der niedersächsischen Ostheide. Unveröffentlichter Abschlussbericht (Klimzug-Nord) an die Landwirtschaftskammer Niedersachsen. [3] FEDERER, C. A. (1995): Brook90: A Simulation Model for Evaporation, Soil Water and Stream Flow, Version 3.1. Computer Freeware and Documentation. USDA Forest Service, PO Box 640, Durham, New Hampshire, USA. [4] FEDERER, C. A.; LASH, D. (1978): BROOK: A hydrologic simulation model for eastern forests; University of New Hampshire, Water Resources Research Center, Research Report 19, 94 S. Durham, New Hampshire, U.S.A. (überarbeitet 1983). [5] HAMMEL, K.; KENNEL, M. (2001): Charakterisierung und Analyse der Wasserverfügbarkeit und des Wasserhaushalts von Waldstandorten in Bayern mit dem Simulationsmodell BROOK90. Forstliche Forschungsberichte München, 185.

Martin Hillmann, martin.hillmann@lwk-niedersachsen.de, leitet im Geschäftsbereich Forstwirtschaft bei der Landwirtschaftskammer Niedersachsen den Fachbereich Forsteinrichtung, Bewertung, Waldinventur Raumordnung, Naturschutz. **Elisabeth Schulz** arbeitet in der Lwk Bezirksstelle Uelzen, FG Nachhaltige Landwirtschaft, ländliche Entwicklung. **Bernd Schulze** und **Jörg Scherzer** sind Mitarbeiter der UDATA GmbH. **Michael Bruns** und **Jan Hohlbein** sind Mitarbeiter der CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH.

