

Experimentelle Waldbewässerung im Hessischen Ried

Im Hessischen Ried gibt es keinen konfliktfreien „Wunschzustand“ der Grundwasserstände. Die Herausforderung besteht darin, die bereichsweise konkurrierenden Anforderungen von Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Naturschutz und Siedlungsschutz an die Grundwasserstände bestmöglich in Einklang zu bringen. Dafür sind neue Elemente der aktiven Bewirtschaftung von Wasser zu entwickeln. Über erste Ergebnisse eines Vorhabens zur situativen Zuwässerung in Wäldern des Hessischen Rieds wird berichtet.

Michael Köhler, Heiko Gerdes und Henning Meesenburg

„Die Verbesserung der Wasser- und Bodenverhältnisse im Ried der Rheinebene ist eine alte Frage. Um sie ganz zu verstehen, müssen wir in der Geschichte unseres Hessenlandes weit zurückgreifen.“

Man könnte meinen, dieses Zitat aus dem Jahr 1925 vom Landtagsabgeordneten Dehlinger in einem Sonderabdruck aus der „Hessischen Landwirtschaftlichen Zeitschrift“ sei auf die heutige Zeit bezogen und ein Aufruf, die aktuellen Nutzungskonflikte vor dem Hintergrund ihrer komplexen Entwicklung und Geschichte besser zu verstehen. Dehlinger war maßgeblicher Initiator des 1929 aufgestellten „Generalkulturplan für das hessische Ried“ [1], der große Flächen des Hessischen Rieds durch Grabensysteme zur Entwässerung vorsah und so deren landwirtschaftliche Nutzung und Besiedlung ermöglichte. Die auf die Landwirtschaft ausgerichteten großräumig wirksamen Entwässerungsmaßnahmen des Generalkulturplans waren auch für die Forstwirtschaft von Nutzen und wurden vielfach durch die Anlage von Gräben im Wald zur forstlichen Ertragssteigerung ergänzt [1].

In den 1960er-Jahren ergab sich durch die Einrichtung großer Wasserwerke ein folgenreicher Konflikt: Die intensive Nutzung des Grundwassers für die Trinkwasserversorgung des Ballungsraums Rhein-Main führte zu einer stark abgesenkten Grundwasseroberfläche, die von den Wurzeln der Bäume nicht mehr erreicht werden

konnte. Erstmals in der Trockenperiode 1970 – 1977 fehlte den Bäumen die Zusatzversorgung aus dem Grundwasser. Erste Waldschäden wurden beobachtet. Es wurden aber auch zahlreiche Schäden an Gebäuden durch Setzrisse sichtbar, die auf den abgesenkten Grundwasserstand und die Entwässerung setzungsempfindlicher Schichten im Untergrund zurückgeführt werden konnten.

Mit der nachfolgenden Nassperiode 1981 – 1983 und der Vernässung zahlreicher Keller wurde deutlich, dass es im Rahmen der Anforderungen aus Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Naturschutz und Siedlungsschutz einen konfliktfreien „Wunschzustand“ im Rahmen der witterungsbedingten Grundwasserstandsschwankungen nicht mehr gibt. Nach der Trockenperiode 1989 – 1992 mit wiederum zahlreichen Setzrissschäden an der Bebauung wurde im Auftrag der Hessischen Landesregierung der Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried erarbeitet [3]. Dieser Plan ist seit 1999 in Kraft und auch heute noch die Grundlage für alle wasserwirtschaftlichen Planungen und Genehmigungsverfahren, die sich auf das Grundwasser auswirken.

Grundlage des Plans ist die Anhebung der Grundwasserstände durch Infiltration von aufbereitetem Rheinwasser, die durch den 1979 gegründeten Wasserverband Hessisches Ried (WHR) an mittlerweile vier Standorten mit großräumiger Wirkung betrieben wird. Mit der Infiltration kann nunmehr seit 1999 das vorgegebene erhöhte Grundwasserstandsniveau eingehalten werden, welches durch Richtwerte mittlerer Grundwasserstände und durch untere Grenzgrundwasserstände, die nicht unterschritten werden dürfen, an zahlreichen Grundwassermessstellen definiert ist. Während seitdem keine Setzrisssproblematik an der Bebauung mehr aufgetreten ist, die durch abgesenktes Grundwasser bedingt wurde, und zahlreiche grundwasserstandsabhängige Vegetationsstandorte durch Vernässung profitiert haben, sind die Anforderungen des Forstes nur stark eingeschränkt erfüllt worden. Das hier für den Wald erwünschte Grundwasserstandsniveau der 1950er und 1960er Jahre kann aus Gründen des Siedlungsschutzes vor Kellernässung nicht mehr uneingeschränktes Ziel der Grundwasserbewirtschaftung sein. Zusätzlich leidet der Wald im Klimawandel unter häufigeren und längeren Sommertrockenheiten, was die Situation weiter verschärft.

Der Landesbetrieb HessenForst als Bewirtschafter der meisten Waldflächen im Hessischen Ried hat vor diesem Hintergrund ein Aufspiegelungskonzept entwickelt, das bereichsweise für ausge-

/ Kompakt /

- Die intensive Nutzung des Grundwassers im Hessischen Ried für die Wasserversorgung des Ballungsraums Rhein-Main und Trockenphasen führten zu einer stark abgesenkten Grundwasseroberfläche, mit der Folge von Wald- und Gebäudeschäden in Trockenzeiten, aber auch der Vernässung zahlreicher Keller in der Nassperiode der 1980er-Jahre.
- Zur Stützung des Waldes in Form situativer Zuwässerung sollen positive forstliche und ökologische Auswirkungen auf den Wald sowie technische Lösungen für die Zuwässerung und deren Steuerung überprüft werden.
- Das Bewässerungssystem konnte erfolgreich getestet werden, allerdings waren die Bäume in 2021 kaum witterungsbedingtem Wasserstress ausgesetzt.

wählte Waldflächen eine Aufhöhung der Grundwasseroberfläche über das im Grundwasserbewirtschaftungsplan hinausgehende Maß vorsieht. In einer Machbarkeitsstudie, die im Auftrag der Hessischen Landesregierung und des WHR durchgeführt wurde [2], wurden die wasserwirtschaftlichen Rahmenbedingungen einer solchen „Waldaufspiegelung“ quantifiziert. Seitens der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) erfolgte eine Untersuchung zu den Auswirkungen dieser Aufspiegelung auf den Wald [4]. Auch diese ist nur möglich, wenn gleichzeitig umfangreiche Maßnahmen zur Begrenzung des Grundwasseranstiegs in umliegenden Siedlungsgebieten und im Bereich wertvoller landwirtschaftlicher Nutzflächen durchgeführt werden.

Angesichts fortschreitender Waldschäden im Hessischen Ried wurde auf Initiative des Hessischen Landtags im Jahr 2012 ein Runder Tisch eingerichtet, der auf Grundlage der Machbarkeitsstudie nach konkreten Lösungen zur Verbesserung der Waldsituation suchen sollte. Am Runden Tisch „Verbesserung der Grundwassersituation im Hessischen Ried“ waren alle Akteure beteiligt, die im Hessischen Ried mit dem Grundwasser befasst sind. Sie vertraten die Aspekte der öffentlichen Wasserversorgung, der Forstwirtschaft, des Naturschutzes, des Siedlungsschutzes und der Landwirtschaft. Von besonderer Bedeutung sind für den Wald der Schutzstatus der ausgewiesenen Natura-2000-Gebiete mit den FFH-Lebensraumtypen 9160 (Sternmieren-Eichen-Hainbuchen-Wald) und 9130 (Waldmeister-Buchenwald) und den sich daraus für das Land Hessen ergebenden Verpflichtungen zum Erhalt der Lebensräume.

Die Empfehlungen des Runden Tisches mündeten zum einen in Waldbau- und Waldumbaumaßnahmen, die in den FFH-Gebieten strikt naturschutzfachlich auszurichten wären, zum andern im Sinne eines Pilotversuchs in einer weitergehenden Grundwasser-aufspiegelung im Bereich des Gernsheimer Waldes, die mit Vernässungsschutz verbunden wäre. Seitens des Runden Tisches wurde auch eine Idee aufgegriffen, die von der Stadt Gernsheim in Zusammenarbeit mit BGS UMWELT entwickelt wurde: Eine nach Bodenfeuchte gesteuerte Waldbewässerung von der Geländeoberfläche aus, die mit einer vernachlässigbaren Erhöhung der Grundwasserneubildung einhergeht und daher keine Maßnahmen zum Vernässungsschutz im Umfeld erforderlich macht.

Mitte des Jahres 2020 erging seitens des Waldklimafonds die Zusage zur Förderung eines Forschungsprojekts, das von der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt und BGS UMWELT zur Waldbewässerung beantragt worden war. Darüber hinaus beteiligte sich auch das Hessische Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) an der Förderung des Vorhabens. Im Gernsheimer Wald wurden in diesem Rahmen Untersuchungsflächen etabliert, auf denen seit 2021 ein forsthydrologisches Monitoring durchgeführt wird. Nachfolgend

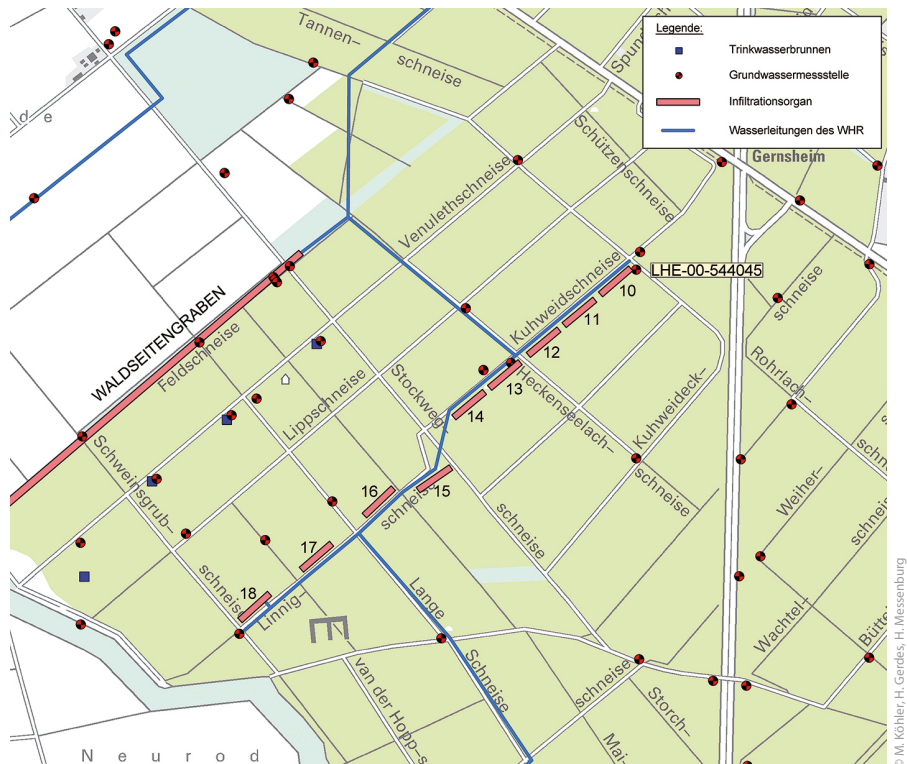


Bild 1: Untersuchungsgebiet im Gernsheimer Wald

sollen die ersten Erfahrungen, die mit dem Vorhaben „*Situative Zuwässerung in Wäldern des Hessischen Rieds zur Sicherung und Wiederherstellung naturverträglich genutzter feuchter Eichen-Hainbuchen-Wälder (SiZuRi)*“ gewonnen wurden, mitgeteilt werden.

Projektziele und Standort

Mit dem Vorhaben sind mehrere Ziele verbunden. Zum einen werden die forstlichen und ökologischen Auswirkungen der Zuwässerung untersucht und zum anderen wird der betriebliche Aufwand für das an der Geländeoberfläche installierte Bewässerungssystem und dessen Wirksamkeit abgeschätzt. Grundvoraussetzung ist ein intensives Monitoring des Wasserhaushaltes und der Waldentwicklung. Die Steuerung der Zuwässerung erfolgt auf Basis von Bodenfeuchte- und Matrixpotentialmessungen in unterschiedlichen Tiefen.

Bild 1 zeigt den Bereich des Gernsheimer Waldes, in dem die Versuchsflächen liegen. Sie sind Teil des ca. 1.300 ha großen FFH-Gebiets „Jägersburger und Gernsheimer Wald“. Der ausgewählte Bestand kann als typisch für den Gernsheimer Stadtwald bezeichnet werden. Das gilt sowohl für den Boden als auch für die Bestockung mit einem stark geschädigten Stieleichen-Hainbuchenbestand, dessen Bewirtschaftung durch das Forstamt vor ca. 20 – 30 Jahren eingestellt wurde. Alle in der Baumschicht dieses Bestandes vorkommenden Arten gehören als Hauptbaumarten zum üblichen Arteninventar der Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwälder. Der Bestandesschlussgrad ist insgesamt ungleichmäßig, durch Baumausfälle bestehen teilweise größere Lücken und Löcher im Schirm. Bei Hainbuchen und Eichen sind viele Exemp-

lare mit Zopf- und Kronentrocknis zu beobachten, Eschen sind fast überall im Absterben begriffen. Der Bestand ist deutlich ausgelichtet und vergrast und sehr stark mit Weißdorn und Brombeere durchsetzt.

Wesentliches Kriterium für die Auswahl dieser Fläche waren neben den forstlichen Merkmalen die wasserwirtschaftlichen Randbedingungen, die in **Bild 1** ersichtlich sind. Neben den Brunnen des Wasserwerkes Allmendfeld, die für die Wasserversorgung im Rhein-Main-Gebiet durch Hessenwasser betrieben werden, sind die Infiltrationsorgane 10 – 18 sowie der Waldgraben dargestellt, die der Wasserverband Hessisches Ried betreibt. Die Infiltration des aufbereiteten Rheinwassers erfolgt hier in direkter Zuordnung zu den Brunnen des Wasserwerkes. Darüber hinaus ist das Leitungsnetz des WHR dargestellt, das sich noch nach Norden zu weiteren Infiltrationsstandorten fortsetzt. Gemäß Grundwasserbewirtschaftungsplan wird die Grundwasseroberfläche zwar signifikant durch die Infiltration und Reduzierung der Netto-Entnahme aufgehöhht, erreicht aber nicht die aus waldökologischer Sicht anzustrebenden Flurabstände von ca. 1,50 – 2,00 m, wie sie in den 1950er-Jahren noch bestanden.

Besonders hervorgehoben ist in **Bild 1** die Grundwassermessstelle LHE-00-544045, deren Ganglinie als **Bild 2** dokumentiert ist. Die Ganglinie zeigt auf, dass seit der Trockenperiode Anfang der 1990er Jahre das Grundwasserstands-niveau durch Infiltration deutlich angehoben wurde und bis heute die Tiefstände der 1970er- und 1990er-Jahre bei weitem nicht mehr erreicht wurden. Andererseits ist zu erkennen, dass die Flurabstände nicht wieder auf das Maß der 1960er-Jahre verringert wurden. Die Messstelle wurde erst im Juli 1963 eingerichtet und hat die noch höheren Grundwasserstände der 1950er- und Anfang der 1960er-Jahre nicht erfasst. In Profilgrabungen am Standort zeigten reliktsche Gr-Horizonte allerdings noch die ursprüngliche Lage des Kapillarsaums bei etwa 110 – 120 cm unter GOK an.

Eine weitere wesentliche Voraussetzung für die Auswahl des Standortes war die Bereitstellung von Wasser hervorragender Qualität und ausreichender Menge durch den WHR, so dass sich kei-

nerlei Einschränkungen für die Bewässerung der Flächen im Oberstrom und in geringer Entfernung zu den Trinkwasserbrunnen ergeben. Für das Forschungsvorhaben wurde ein Anschluss an ein vorhandenes Schachtbauwerk der Hauptleitung im Bereich eines Infiltrationsorgans realisiert.

Bewässerungsanlage und Versuchsaufbau

Die Untersuchungsfläche wurde in sechs Parzellen (drei Kontrollvarianten, drei Zuwässerungsvarianten) mit einer Größe von jeweils 0,25 ha (50 x 50 m) geteilt (**Bild 3**). Zwischen den einzelnen Parzellen besteht ein Abstand von etwa 20 – 40 m. Auf den Parzellen sind vergleichbare Bestockungsverhältnisse vorherrschend.

Randbedingung für die rohrhydraulische Berechnung des Verteilersystems ist der Druck von ca. 2,3 – 2,9 bar in der Hauptleitung des WHR am Standort. Schon bei der Konzeption der Bewässerung war davon ausgegangen worden, keine Regenmaschinen und Kleinregner zu verwenden, die eine Druckerhöhung erforderlich gemacht hätten. Vielmehr sollte unter den vorhandenen Druckverhältnissen ein freier Auslauf an der Geländeoberfläche erreicht werden, ohne dass der Bewuchs von unten benässt wird. Zunächst waren Überlegungen angestellt worden, hierfür PEHD-Rohre zu verwenden. Aufgrund erheblicher Kostensteigerungen und verlängerter Lieferfristen im Verlauf der Corona-Pandemie wurden Alternativen gesucht, die in der Form von Schnellkupplungsrohren aus verzinktem Stahl gefunden wurden. Diese Rohre sind in der landwirtschaftlichen Bewässerungspraxis weit verbreitet und preiswert verfügbar.

Im Rahmen der rohrhydraulischen Berechnung und Optimierung wurden 6 m lange Rohrleitungsstücke ausgewählt. Die Verteilerleitungen wurden zu DN 159 und die Bewässerungsleitungen zu DN 89 ermittelt. Das Gewicht der 6 m langen Rohre liegt bei 35 kg (DN 159), bzw. 15 kg (DN 89) und kann von zwei Personen gut gehandhabt werden. Ziel der Dimensionierung war eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Wassers über die Parzellen und eine unter den gegebenen Druckverhältnissen möglichst hohe Bewässe-

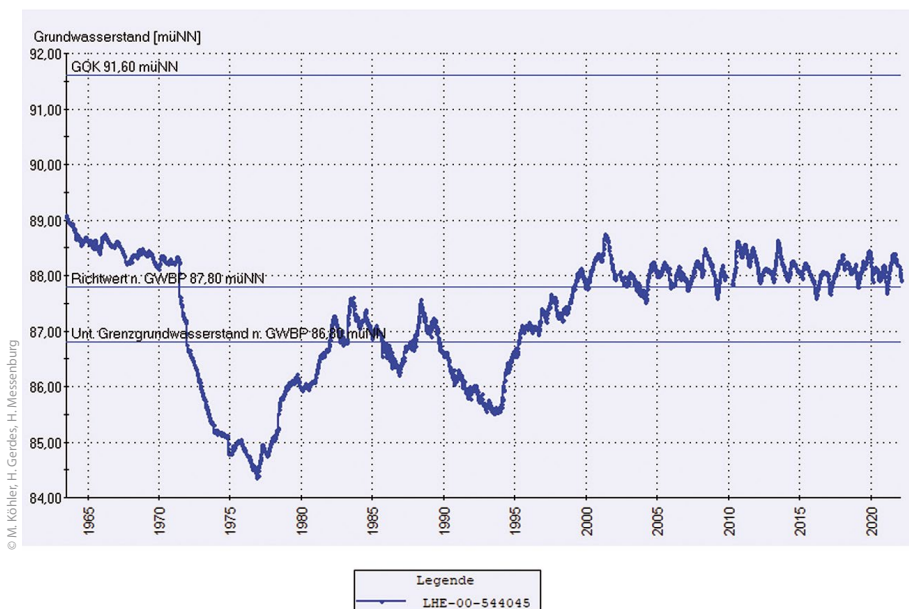
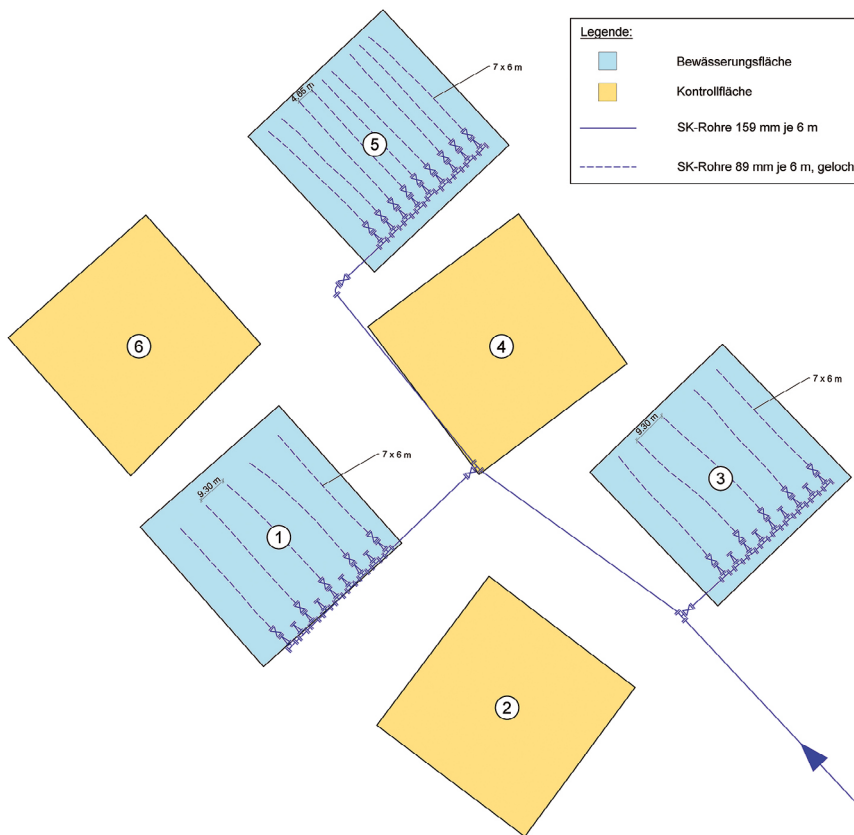


Bild 2: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle LHE-00-544045, Daten aus: GruSchu (HLNUG)



© M. Köhler, H. Gerdes, H. Messenburg

luste der Verteilerleitungen DN 159 sind vergleichsweise gering, so dass die Zuwässerungsmenge von bis zu ca. $250 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (entspricht 100 mm h^{-1}) für jede Parzelle zur Verfügung steht. Die Zuwässerungsparzellen wurden mit zwei verschiedenen Layouts der Bewässerungsleitungen ausgestattet, um die unterschiedlichen Verteilungsmerkmale an der Oberfläche zu testen: Parzelle 2 mit 9 Leitungen im Abstand von $4,65 \text{ m}$, die Parzelle 4 und 6 mit je 5 Leitungen im Abstand von $9,30 \text{ m}$. Die Bewässerungsleitungen wurden entsprechend ihrer Anordnung im hydraulischen System unterschiedlich mit Löchern versehen, wobei letztlich Löcher mit Durchmesser 7 mm und einem mit ca. 15 Grad nach oben gerichteten Austrittswinkel für alle Zuwässerungsparzellen gleich gewählt wurden. Für die Parzelle 2 mit 9 Leitungen (jeweils $7 \times 6 \text{ m} = 42 \text{ m}$ lang) wurde die der Verteilerleitung nächstgelegene Bewässerungsleitung mit 5 Rohren und jeweils 5 Bohrungen sowie 2 Rohren am Ende mit jeweils 6 Bohrungen ausgestattet, während die entfernteste Leitung 4 Rohre mit 6 Bohrungen und 3 Rohre mit 7 Bohrungen aufweist. Die Parzellen 4 und 6 wurden den Berechnungen entsprechend mit $10 - 12$ Bohrungen für

Bild 3: Lageplan der Zuwässerungs- und Kontrollparzellen mit den verlegten Rohrleitungen

rungsintensität. Parameter der hydraulischen Dimensionierung waren neben den Durchmessern der Leitungen die Anzahl der bauseits mit Löchern versehenen Bewässerungsleitungen, die Anzahl und räumliche Verteilung dieser Löcher, die Lochdurchmesser und die Neigung des austretenden Strahls, die die Strahllänge mitbestimmt.

Unter den gegebenen Randbedingungen kann jede Zuwässerungsparzelle gesondert bewässert werden, während die anderen zwei dabei abgeschiebert werden können (**Bild 3**). Die Druckver-

jedes Rohr ausgestattet. **Bild 4** zeigt die Anlieferung der Rohre über eine freigeschnittene Rückegasse im Mai 2021 sowie die Anordnung der Verteilerleitung mit den abgehenden Bewässerungsleitungen.

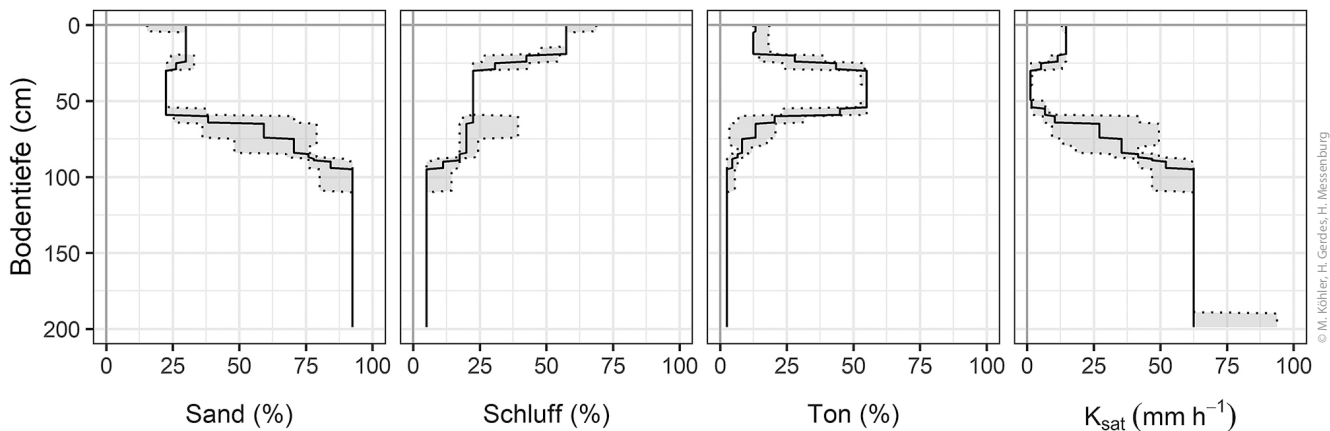
Bodenkundliche Aufnahmen

Auf allen sechs Parzellen wurden 2 m tiefe Bodenprofile gegraben und Bodenansprachen durchgeführt. Stechzylinder für die Bestim-



Bild 4: Anlieferung der Rohre für die Verteilerleitungen und Anordnung der Leitungen

© M. Köhler, H. Gerdes, H. Messenburg



© M. Köhler, H. Gerdies, H. Messenburger

Bild 5: Mediane (durchgezogene Linien) sowie 25 und 75 % Quantile (gestrichelte Linien) der Tiefenverläufe von Sand, Schluff und Tongehalten (%) sowie berechnete gesättigte Leitfähigkeit (mm h⁻¹) der sechs Bodenprofile. Die Daten stammen aus je einer bodenkundlichen Profilsprache pro Parzelle.

mung von Lagerungsdichten und Wasserspannungskurven wurden in verschiedenen Tiefenstufen (20, 60 und 100 cm in je drei Wiederholungen pro Parzelle) entnommen. Es wurde ein reliktsch pseudovergleyter Auenpelosol über einem von Rheinweißschichten durchsetztem Reliktgley aus fluviatil umgelagerten Flugsanden kartiert. Die Humusform entspricht einem L-Mull, Humusaufgabe und Oberboden werden durch Wildschweinaktivität in weiten Bereichen ständig durchmischt. Die Bodenmerkmale sind sehr ähnlich in allen Parzellen. In den obersten 20 cm der Profile dominieren schluffige Substrate gefolgt von einem extrem tonigen Horizont bis etwa 70 cm Tiefe, der stellenweise durchsetzt ist von Kalkkonkretionen (**Bild 5**). Ab 70 cm Tiefe sind Flugsande mit weiteren Rheinweißbänken zu finden. Insgesamt ist über die ganze Profiltiefe eine deutliche Regenwurmtätigkeit sichtbar. In den trockenen Rheinweißschichten in größeren Tiefen finden sich besonders viele Feinwurzeln, das Rheinweiß stellt aber kein nennenswertes Hindernis für die Durchwurzelung dar.

Forstökologisches Monitoring

Alle etwa 400 Bäume mit einem Brusthöhendurchmesser > 7 cm auf den Parzellen wurden zu Versuchsbeginn Anfang 2021 vermessen (Baumfußkoordinaten, Durchmesser, Höhen und Vorräte) sowie Art und Gesundheitszustand bestimmt. Eine Folgeaufnahme ist frühestens Ende 2023 geplant. Auf den Untersuchungsparzellen wird darüber hinaus ein umfangreiches periodisches vegetationsökologisches Monitoring durchgeführt. Einmal im Jahr werden auf 10 x 10 m großen Teilflächen in allen Parzellen die Schichtdeckungsgrade von Moos-, Kraut- und Strauchschicht bestimmt. Im Frühjahr und im Herbst jedes Jahres werden phänologische Daten zu Blattaustrieb bzw. zu Blattverfärbung und Blattfall der Baumschicht erhoben. Dabei werden auf jeder Parzelle 11 – 14 Bäume der Baumarten Stieleiche, Hainbuche und Esche alle 1 – 2 Wochen angesprochen. Die entsprechenden Parameter werden in den Klassen < 1 %, 1 – 33 %, > 33 – 66 %, > 66 –



© M. Köhler, H. Gerdies, H. Messenburger

Bild 6: Bewässerungssystem in Betrieb (links) und Überstau in einer Rückegasse wenige Minuten nach Ende der Bewässerung (rechts)

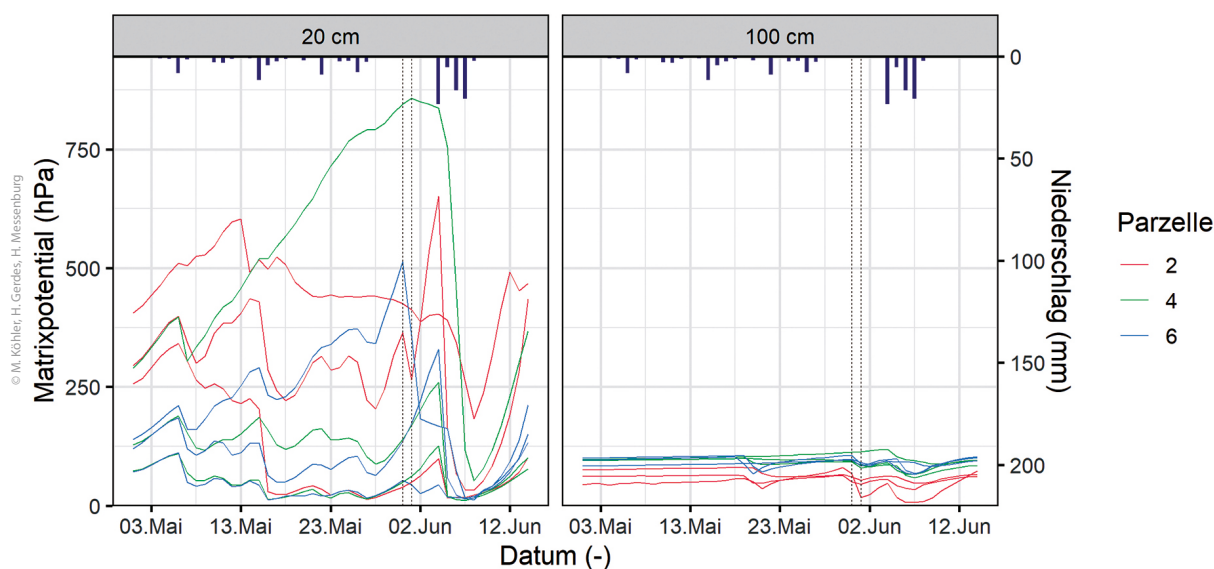


Bild 7: Matrixpotentiale (hPa) in 20 und 100 cm Tiefe an drei Messorten je Zuwässerungsparzelle und tägliche Niederschlagssummen. Hohe Werte des Matrixpotentials zeigen geringe Bodenfeuchte, geringe Werte zeigen hohe Bodenfeuchte an. Die Bewässerung auf allen Parzellen ist durch gestrichelte vertikale Linien dargestellt.

99 % und > 99 % in Bezug auf die gesamte Belaubung aufgenommen. Daneben werden der Blattflächenindex und der Bestandesschlussgrad jedes Jahr im Frühsommer bei vollständiger Belaubung über Messungen der Einstrahlung und hemisphärische Fotos an 15 Punkten pro Parzelle geschätzt. Ebenfalls im Sommer werden alle vorherrschenden, herrschenden und mitherrschenden Bäume im Rahmen der deutschlandweiten Waldzustandserhebung angesprochen, wobei Größen wie Kronenverlichtung und Fruktifikation bestimmt werden. 140 Bäume wurden mit D1-Maßbändern versehen, an denen im zeitigen Frühjahr die Durchmesser direkt abgelesen werden. Die jährlichen Zuwächse werden als Differenzen zur jeweiligen Vorjahresmessung ermittelt. Drei Eichen pro Parzelle wurden darüber hinaus mit elektronischen Dendrometern bestückt, die 15-minütige Veränderungen des Baumradius‘ im Mikrometerbereich messen. Damit lässt sich die unmittelbare Reaktion der Bäume auf Umweltbedingungen wie Wasserangebot oder Temperaturen in kleineren Zeiträumen bestimmen.

Hydrometeorologisches Monitoring

Der Input an Niederschlag auf jede Parzelle wird mit je 15 Bestandesniederschlagsmählern, die im Abstand von zwei Wochen ausgelitert werden, bestimmt. Ein automatischer Niederschlagsmesser in einer Bestandeslücke liefert die zugehörigen Summen der Freilandniederschläge alle 15 Minuten. Im Zentrum jeder Parzelle werden mit dem FDR-Sensorsystem SMT 100 (Fa. UGT Münchenberg) in den Tiefen 20, 60 und 100 cm mit je drei Wiederholungen im Abstand von 15 min Bodenfeuchten gemessen. Im gleichen räumlichen und zeitlichen Umfang werden Matrixpotentiale mit Tensiometern vom Typ TEROS 32 (Fa. METER) bestimmt. Bodensowie Lufttemperaturen und die relative Luftfeuchte werden ebenfalls alle 15 min gemessen.

Erste Ergebnisse und Diskussion

Die Aufbauarbeiten am Bewässerungssystem waren bis Ende Mai 2021 abgeschlossen und ein erster Testlauf des Bewässerungssystems konnte unter noch relativ feuchten Bodenbedingungen durchgeführt werden. Die Applikationsrate lag dabei zwischen 30 und 40 mm h⁻¹. Da die mit Pedotransferfunktionen [5] ermittelte gesättigte Leitfähigkeit der Bodenmatrix im Tonhorizont zwischen 20 und 50 cm Tiefe nur wenige mm h⁻¹ beträgt (**Bild 5**) und der unterlagernde Flugsand darüber hinaus als Kapillarsperre dient, wurde angenommen, dass es an der Bodenoberfläche relativ schnell zu Überstau und Pfützenbildung kommen müsste. Überstau und Pfützenbildung werden als wünschenswert für eine gute Wasserverteilung angesehen, da der Einsatz von Sprinklern nicht möglich ist, sodass das Wasser die Rohre folglich in einzelnen großen „Strahlen“ verlässt und Distanzen bis mehr als 9 m zwischen den Bewässerungsleitungen bestehen (**Bild 6, links**). Wie bei landwirtschaftlicher Oberflächenbewässerung soll sich das Wasser also möglichst schnell und möglichst weitflächig auf der Bodenoberfläche ausbreiten, um dann zu infiltrieren.

Trotz der dafür eigentlich günstigen Eigenschaften der Bodenmatrix waren kaum nennenswerte Pfützen sichtbar. Große Teile der Bodenoberfläche blieben unbenetzt. Allenfalls in verdichteten Rückegassen (**Bild 6, rechts**) war bis etwa eine Stunde nach Abschluss der Bewässerung noch ein Überstau von Wasser erkennbar.

Wurzelkanäle, Regenwurmgänge und wühlende Nagetiere sorgen offenbar für ein ausgeprägtes Makroporensystem, das die hydrologischen Eigenschaften des Bodens gerade auch unter wassergesättigten Bedingungen mit Überstau maßgeblich bestimmt, während die Beschaffenheit der Bodenmatrix dann eine eher untergeordnete Rolle spielt. Bei trockenen Bedingungen im Sommer verschlechtert sich die oberflächliche Verteilung noch einmal weiter im Vergleich zu Zeitpunkten mit höheren Bodenfeuchten. Hier wird Wasser verstärkt in die nun stark entleerten Poren der Bodenmatrix aufgenommen.

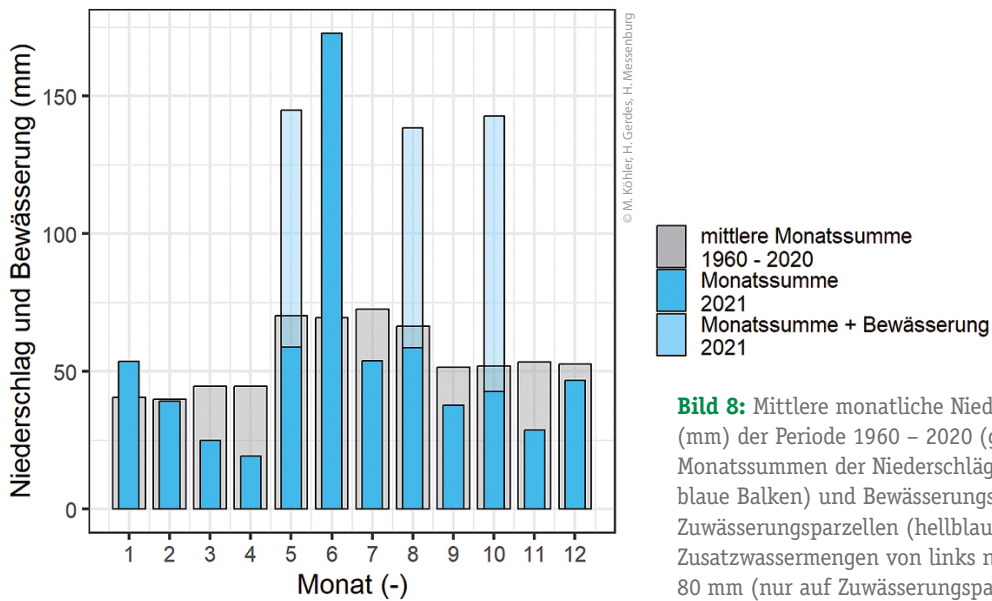


Bild 8: Mittlere monatliche Niederschlagssummen (mm) der Periode 1960 – 2020 (graue Balken), Monatssummen der Niederschläge in 2021 (dunkelblaue Balken) und Bewässerungsmengen auf den Zuwässerungspartellen (hellblaue Balken). Zusatzwassermengen von links nach rechts: 86 mm, 80 mm (nur auf Zuwässerungspartelle 2) und 100 mm.

Schrumpfrisse im Ton erzeugen darüber hinaus zusätzliche Makroporen, die die Drainage der Bodenoberfläche weiter beschleunigen. Auch bei Applikation von bis zu 100 mm h⁻¹ in späteren Bewässerungen trat kaum eine wesentliche Änderung dieser Situation ein.

Die ungleichmäßige Wasserverteilung an der Oberfläche führte dazu, dass ein Teil der Sensoren für Bodenwassergehalt und Matrixpotential nicht zuverlässig von der Befeuchtungsfront erreicht werden konnte (besonders in geringen Tiefen). Eine Bewässerung von 100 mm innerhalb von etwa 2,5 h zwischen dem 31. Mai und dem 1. Juni 2021 erzielte nur an drei von neun der in 20 cm Tiefe räumlich verteilt eingebauten Tensiometern eine messbare Reduktion des Matrixpotentials. Dagegen befeuchtete ein direkt nachfolgender Niederschlag von deutlich geringerer Menge den Boden im Bereich aller Tensiometer unabhängig von ihrem Standort (**Bild 7**).

Allerdings reagieren deutlich mehr Sensoren in 100 cm Tiefe mit einem kurzen Abfallen des Messwertes auf die Zuwässerung. So sind zwar offenbar weite Teile des Oberbodens der Partellen nicht als Wasserspeicher für die Bewässerung nutzbar und die Steuerung der

Bewässerung ist erschwert, wenn sich viele Messgeräte nicht in ihrem direkten Einflussbereich befinden. Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass sich Wasser auch nennenswert lateral im Unterboden verteilt. In jedem Fall sollte im Wurzelbereich aller Bäume die Bodenwasserverfügbarkeit durch die Bewässerung verbessert worden sein.

Insgesamt hielt sich der Bewässerungsbedarf in 2021 auch aufgrund der extrem hohen Niederschläge im Juni in Grenzen, es wurde hauptsächlich im Rahmen der experimentellen Erprobung der Anlage zugewässert, weniger aus physiologischer Notwendigkeit. Im Mai wurden 86 mm verabreicht, im August 80 mm und im Oktober noch einmal 100 mm (**Bild 8**).

Eine deutliche Reaktion der Vegetation auf die Bewässerung konnte im Jahr 2021 nicht festgestellt werden, weil offenbar kein wesentlicher wetterbedingter Wasserstress auf den Kontrollpartellen herrschte. Die während der Kronenzustandserhebung angesprochenen Blattverluste für die beiden Hauptbaumarten Stieleiche und Hainbuche unterschieden sich nicht zwischen den beiden Varianten (**Bild 9**). Ebenso verhielt es sich bei den phänologischen

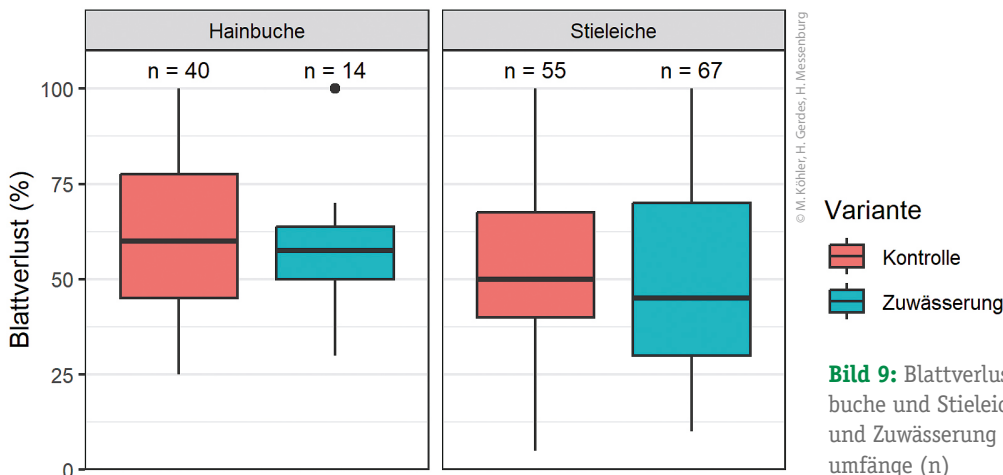


Bild 9: Blattverlust (%) der Baumarten Hainbuche und Stieleiche in den Varianten Kontrolle und Zuwässerung sowie zugehörige Stichprobenumfänge (n)

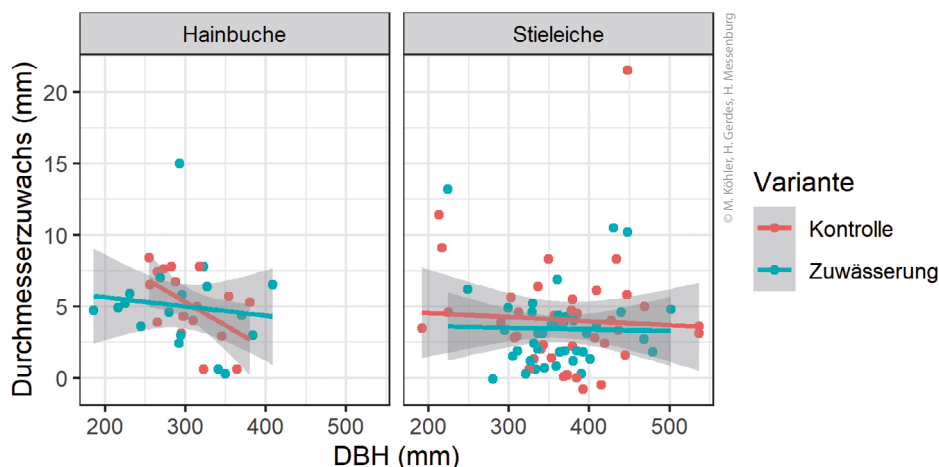


Bild 10: Zuwächse im Jahr 2021 (mm) als Funktion des Durchmessers in Brusthöhe (DBH, mm) der Baumarten Hainbuche und Stieleiche in den Varianten Kontrolle und Zuwässerung. Negative oder extrem hohe Zuwächse erklären sich durch Messfehler und Störungen an den Umfangmaßbändern, müssen aber im Datenkollektiv verbleiben, um keinen einseitigen Bias zu erzeugen.

Untersuchungen. Die vegetationsökologischen Aufnahmen bedürfen längerer Betrachtungszeiträume für die Auswertung.

Unterschiede in den Zuwächsen von Stieleichen und Hainbuchen konnten für 2021 angesichts einer hohen Variabilität der Einzelbäume nicht abgesichert werden (**Bild 10**).

Ausblick

Mit dem extrem heißen und trockenen Folgejahr 2022 hat sich die Schadsituation der Wälder des Hessischen Rieds noch einmal deutlich verschärft. Das Monitoring im Projekt SiZuRi hat dabei besonders extreme Stressreaktionen der Bäume, Zuwachseinbrüche und Braunfärbung bis hin zur Entlaubung weiter Teile der Kronenschirmflächen auf den Kontrollparzellen feststellen können. Auf den Bewässerungsflächen wurden zeitgleich sehr hohe Wassermengen eingesetzt, um die ausbleibenden Niederschläge zu ersetzen und den hohen Verdunstungsanspruch befriedigen zu können. In der Folge kam es hier kaum zu nennenswerten Reaktionen der Bäume auf Trockenheit und Hitze. Des Weiteren konnte durch eine Verbesserung des Wasseranschlusses Anfang 2022 die Applikationsrate auf $> 100 \text{ mm h}^{-1}$ gesteigert werden, was sich in einer verbesserten oberflächlichen Verteilung widerspiegelte.

Da das forstökologische Monitoring aber erst mit dem vollständigen Ende der Vegetationsperiode abgeschlossen ist und erst danach eine umfassende Datenauswertung erfolgen kann, werden die entsprechenden Ergebnisse aus 2022 in einem späteren Beitrag dargestellt.

Danksagung

Das Projekt „Situative Zuwässerung in Wäldern des Hessischen Rieds zur Sicherung und Wiederherstellung naturverträglich genutzter feuchter Eichen-Hainbuchen-Wälder (SiZuRi)“ wird durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft sowie das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz im Rahmen der Fördermaßnahme Waldklimafonds (Förderkennzeichen: 2218WK24X4) und vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz gefördert.

Literatur

- [1] Heyl, F. (1929), Generalkulturplan für das hessische Ried: Denkschrift über den Generalkulturplan für die Verbesserung der Wasser- und Bodenverhältnisse im gesamten hessischen Ried. Aufgestellt auf Grund des Landtagsbeschlusses vom 9. Juni 1925, Selbstverlag.
- [2] BGS Umwelt und NW-FVA (2011), Machbarkeitsstudie zur Aufspiegelung des Grundwassers in ausgesuchten Waldbereichen des südlichen Hessischen Rieds, Auftraggeber: Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMULV), unveröff.
- [3] RP Darmstadt (1999), Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried, Anlage Teil A. Grundlagen und Begründung. Darmstadt: Regierungspräsidium.
- [4] Ahner, J.; Ahrends, B.; Engel, F.; Hansen, J.; Hentschel, S.; Hurling, R.; Meesenburg, H.; Mestemacher, U.; Meyer, P.; Möhring, B.; Nagel, J.; Pape, B.; Rohde, M.; Rumpf, H.; Schmidt, M.; Schmidt, M.; Spellmann, H.; Suttmöller, J. (2013): Waldentwicklungsszenarien für das Hessische Ried: Entscheidungsunterstützung vor dem Hintergrund sich beschleunigt ändernder Wasserhaushalts- und Klimabedingungen und den Anforderungen aus dem Europäischen Schutzgebietssystem Natura 2000. Beitr. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt Band 10, 398 S., <https://doi.org/10.17875/gup2013-259>.
- [5] Wessolek, G., M. Kaupenjohann und M. Renger (2009), Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis, Rote Reihe 40, Inst. für Ökologie, Fachgebiet Bodenkunde, Standortkunde und Bodenschutz, Berlin.

Autoren

Dr. Michael Köhler

Dr. Henning Meesenburg

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Grätzelstraße 2, 37079 Göttingen

michael.koehler@nw-fva.de

henning.meesenburg@nw-fva.de

Dr.-Ing. Heiko Gerdes

Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH

An der Eschollmühle 28

4297 Darmstadt

gerdes@bgsumwelt.de