

Umbau von Kiefern-Reinbeständen: Einfluss auf das Sickerwasser?

Seit 2019 wird fortwährend an drei sandigen und nährstoffarmen Waldstandorten in Nordwestdeutschland untersucht, wie sich der Umbau von Kiefern-Reinbeständen in Buchen-Reinbestände auf Menge und Qualität der Tiefensickerung unter Wald auswirkt. Die Untersuchungen zeigen: In Buchen-Reinbeständen erhöht sich die Tiefensickerung und es verbessert sich auch die Sickerwasserqualität.

TEXT: KILIAN LOESCH, KARSTEN MOHR, GUDRUN MASSMANN, HENNING MEESENBURG, JÜRGEN MÜLLER, KARL-HEINZ FEGER, MARTIN HILLMANN

Auf den nährstoffarmen Standorten des Norddeutschen Tieflands ist die Waldkiefer (*Pinus sylvestris* L.) aufgrund ihrer geringen Ansprüche sehr verbreitet. Dabei stockt sie häufig in Reinbeständen [1]. Vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels wird die Kiefer auch weiterhin eine wichtige Rolle spielen [2, 3]. Als immergrünes Nadelholz weist sie im Wasserkreislauf jedoch ganzjährig hohe Interzeptionsverluste auf und trägt mit ihrer dichten Krone zu erhöhten Einträgen von Luftschadstoffen bei [4, 5]. Im Vergleich zu vielen anderen Baumarten sind reduzierte Sickerwassermengen und teils erhöhte Nitratausträge die

Folge. Umfangreiche Untersuchungen in Voranbauten mit Buche (*Fagus sylvatica* L.) in Brandenburg [5] zeigten, dass sich die Buche positiv auf den Wasserhaushalt auswirkt. Im Vergleich zu Kiefern-Reinbeständen stieg die Sickerwassermenge in Mischbeständen mit aufwachsenden jungen Buchen unter dem Schirm älterer Kiefern bereits deutlich an.

Dies wurde auch für Standorte im Bereich des Fuhrberger Feldes bei Hannover gezeigt [6]. Eine weitere Steigerung der Sickerwassermenge wurde nach vollständiger Beseitigung des Kiefernschirmes unter reiner Buche erreicht. Das steht mit weiteren Forschungsarbeiten in Einklang, die Laubwald eine höhere Sickerung als Nadelwald bescheinigen (z. B. [7]). Der Buchen-Voranbau senkt außerdem hohe Nitratgehalte im Sickerwasser, die durch hohe atmosphärische Stickstoffeinträge, aber auch durch Durchforstungsmaßnahmen und Bodenschutzkalkungen verursacht werden können [8], deutlich ab.

Ziel der hier präsentierten Untersuchungen war es herauszufinden, inwiefern durch den Umbau von Kiefern-Reinbeständen in Buchenbestände die Sickerwassermenge auch in Nordwestdeutschland, einer Region mit vergleichsweise hohen Jahresniederschlägen und hohen Stickstoffeinträgen, in ähnlichem

Maße gesteigert und die Nitratausträge mit dem Sickerwasser reduziert werden können.

Versuchsdesign und Methodik

Der Wasserhaushalt und die Sickerwasserqualität werden an drei Standorten im westlichen Teil des Norddeutschen Tieflands untersucht (siehe Abb. 1). Die waldbaulichen und standörtlichen Bedingungen der Untersuchungsgebiete sind vergleichbar: Auf mehr oder minder stark podsolierten, grundwasserfernen Sanden stocken 80- bis 90-jährige Kiefern-Reinbestände. Die mittleren jährlichen Niederschlagssummen betragen ca. 800 mm in Sandkrug, ca. 700 mm in Elze und ca. 600 mm in Wibbese. Die Ausgangssituation des Umbauprozesses wird an allen drei Versuchsstandorten in jeweils einem ungekalkten Kiefern-Reinbestand verfolgt (Kiefer 90 a).



Abb. 1: Lage der Waldversuchsstandorte Sandkrug, Elze und Wibbese in Nordwestdeutschland

Schneller ÜBERBLICK

- » Die Baumartenwahl beeinflusst die Menge und Qualität der Tiefensickerung im Wald
- » Durch die Überführung eines Kiefern in einen Buchenbestand kann die Tiefensickerung deutlich erhöht werden
- » In der frühen Phase des Umbauprozesses hängt die Tiefensickerung primär vom Auflichtungsgrad des Altbestandes ab
- » Auf einem Standort mit hohen atmosphärischen Stickstoffeinträgen sinkt der Nitrataustrag in einem Kiefernbestand durch den Unterbau mit Buche auf ein sehr geringes Niveau

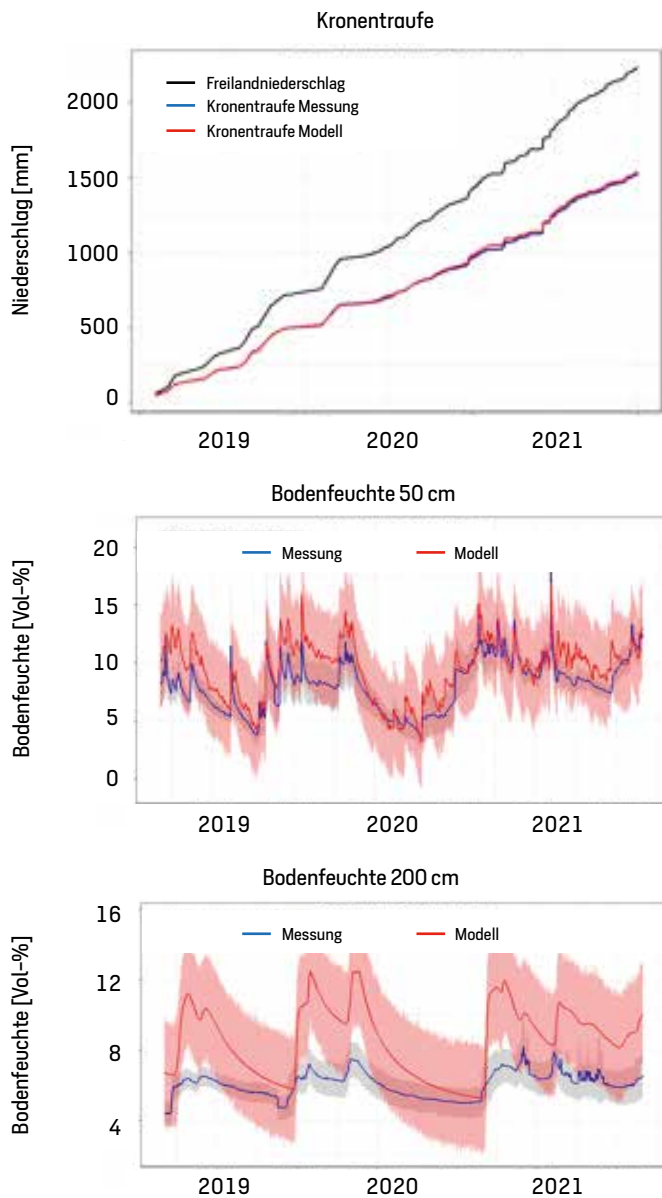


Abb. 2: Vergleich der gemessenen (blau) und der modellierten (rot) kumulierten Krontraufe (oben) und der Bodenfeuchte (volumetrischer Wassergehalt) in 50 cm Tiefe (mittig) und 200 cm Tiefe (unten) im Kiefern-Reinbestand in Sandkrug. Dargestellt sind bei der Bodenfeuchte der Median (durchgezogene Linie) sowie das 95%-Konfidenzintervall aus acht Messungen (graues Band) sowie einer Vielzahl von Modellläufen (rotes Band).

Der Versuchsstandort Sandkrug liegt im Gegensatz zu den anderen Standorten in einer durch intensive Tierhaltung geprägten Region mit Stickstoffeinträgen von langfristig über $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ [9]. Um ein möglicherweise erhöhtes Nitrataustragsrisiko nach waldbaulichen Maßnahmen wie einer Kalkung zu untersuchen, wurde hier ein Kiefern-Reinbestand (Kiefer, gekalkt) und ein Buchen-Voranbau (Buche 25 a) mit der üblichen Aufwandmenge von 3 t ha^{-1} Dolomitkalk im Jahr 1999 und ein weiteres Mal 2004 gekalkt. Die gepflanzten Buchen erhielten zudem eine Pflanzlochkalkung (entspricht ca. 2 t ha^{-1} Dolomitkalk). 2019

erfolgte eine weitere Flächenkalkung mit halber Dosierung nur im 25-jährigen Buchen-Voranbau. Im Laufe der Zeit stiegen in diesem Bestand in der Bodentiefe 0 bis 30 cm der pHCaCl_2 von 3,4 auf 3,8 und die Basensättigung von 4 auf 14 %. Das C/N-Verhältnis im Auflagehumus sank von 30 auf 26. An diesem Standort wurden sowohl der Wasserhaushalt als auch die Sickerwasserqualität untersucht.

An den Standorten Elze und Wibbese konzentrierten sich die Untersuchungen v. a. auf den Wasserhaushalt. In Elze wurden neben dem Kiefern-Reinbestand (Kiefer 90a) drei Umbaustadien mit Buche (Buche10 a, Buche20 a, Buche30 a) betrachtet. Im 30-jährigen Bestand wurde der Kiefern-Überhalt bereits komplett geräumt, sodass diese reine Buchen-Variante als Endstadium der Chronosequenz angesehen werden kann. In Wibbese wurde der Wasserhaushalt in einem Kiefern-Reinbestand (Kiefer 90 a), in einem 10-jährigen Buchen-Voranbau (Buche10 a) und in einem Voranbau mit 10-jähriger Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*, Douglasie10 a) untersucht.

Die Unterbauten an allen drei Standorten hatten eine Pflanzdichte von 3500 bis 5000 Pflanzen pro ha. Der Kiefern-Oberstand wurde zu Beginn auf einen Bestockungsgrad von 0,7 reduziert, sodass der Blattflächenindex (LAI) hier überall auf einem vergleichbaren Niveau zwischen 2 und 3 lag. Die Bestände wurden praxisüblich regelmäßig durchforstet: Im Zeitraum der laufenden Untersuchungen wurde der Kiefern-Oberstand in Sandkrug zweimal (2012, 2022) und in Wibbese in den beiden Voranbauten einmal (2020) aufgelichtet.

Die Sickerwassermenge und weitere Wasserflüsse werden seit 2019 an allen Standorten mit einer messgestützten Modellroutine berechnet: Hierfür wird auf nahe gelegenen Freilandflächen der Freilandniederschlag gemessen. In den untersuchten Beständen wird die Krontraufe mithilfe von Niederschlagsrinnen (Auffangfläche ca. 2 m^2) über automa-

Deosend die nachhaltige Wuchshülle!
Abbaubar von außen: Papier bis innen: Baumwolle durch natürliche Prozesse im Forst



Die Wuchshülle ist u.a. nachhaltig durch **Rückverfolgbarkeit** und erfüllt das Materialkreislaufgesetz § 7 II. **Biologisch abbaubare Teile** verbleiben im Wald und nach Nutzung kann die Wuchshülle - falls erforderlich - einfach wiedergefunden werden.

Jede **GPS Position** der Wuchshülle / **Pflanze** ist über unsere DEO-Silva App bestimmbar. Unsere Hülle:

- **schützt** die Pflanze **gegen Verbiss**
- **nimmt Regen auf** und gibt ihn **für Wachstum** an die Pflanze ab, als Hülle beim Aufstellen und als ‚Ring‘ beim Verrotten,
- bietet **Schatten bei Hitze** / Trockenheit,
- **sichert Licht** für das **Wachstum** der Pflanze, durch die Löcher am Umfang und ist ein
- **Composite-Material** aus Papier und Baumwollmischgewebe.

Die nachhaltige, abbaubare und gesetzeskonforme Wuchshülle für den Wald.

Vom Aufstellen bis zum biologischen Abbau im Wald mit Funktion für den Baum - gesetzeskonform - heute schon!



Wasserhaushalt im Zeitraum 2019 bis 2022

Tab. 1: Mittlere Jahressummen des gemessenen Freilandniederschlags (FN) sowie der mit LWF-Brook90 modellierten Kronentraufe (KT), Interzeption (I), Transpiration (T), Bodenverdunstung (BV), Evapotranspiration (I + T + BV), Tiefensickerung (TS) und relative Änderung der Tiefensickerung im Vergleich zum Kiefern-Reinbestand (Δ TS) im Zeitraum 2019 bis 2022. Angaben in mm pro Jahr bzw. % des Freilandniederschlags.

	Variante	FN	KT	I	T	BV	ET	TS	Δ TS
Sandkrug	Kiefer 90 a	820 mm	570 mm	250 mm	340 mm	50 mm	640 mm	180 mm	-
		100 %	70 %	30 %	41 %	6 %	78 %	22 %	
	Kiefer 90 a	820 mm	485 mm	335 mm	245 mm	40 mm	620 mm	200 mm	11 %
		Buche 25 a	100 %	59 %	41 %	30 %	5 %	76 %	
Elze	Kiefer 90 a	645 mm	455 mm	190 mm	270 mm	25 mm	485 mm	190 mm	-
		100 %	71 %	29 %	42 %	4 %	75 %	29 %	
	Kiefer 90 a	645 mm	470 mm	175 mm	265 mm	35 mm	475 mm	185 mm	-3 %
		Buche 10 a	100 %	73 %	27 %	41 %	5 %	74 %	
	Kiefer 90 a	645 mm	475 mm	170 mm	290 mm	30 mm	490 mm	180 mm	-5 %
		Buche 20 a	100 %	74 %	26 %	45 %	5 %	76 %	
	Buche 30 a	645 mm	550 mm	95 mm	210 mm	35 mm	340 mm	310 mm	63 %
		100 %	85 %	15 %	33 %	5 %	53 %	48 %	
Wibbese	Kiefer 90 a	575 mm	455 mm	120 mm	240 mm	70 mm	430 mm	165 mm	-
		100 %	79 %	21 %	42 %	12 %	75 %	29 %	
	Kiefer 90 a	575 mm	445 mm	130 mm	230 mm	70 mm	430 mm	155 mm	-6 %
		Buche 10 a	100 %	77 %	23 %	40 %	12 %	75 %	
	Kiefer 90 a	575 mm	435 mm	140 mm	240 mm	70 mm	450 mm	150 mm	-9 %
		Douglasie 10 a	100 %	76 %	24 %	42 %	12 %	78 %	

tisch aufzeichnende Kippwaagen gemessen. Zudem wird der Bodenwassergehalt in 0,5 m und 2 m Tiefe mit jeweils acht SMT100-Bodenfeuchtesensoren bestimmt. Mit der Kronentraufe und der Bodenfeuchte in zwei Tiefen als Kalibriergrößen wird dann das für forsthydrologische Fragestellungen entwickelte Bodenwasserhaushaltsmodell LWF-Brook90 [10, 11] in einem teils automatisierten und teils manuellen Kalibrierungsprozess angepasst [12]. Zur Untersuchung der Sickerwasserqualität wird das Sickerwasser in 1,2 m und 2 m Tiefe mittels Saugkerzen beprobt und ionenchromatographisch u. a. auf die Stickstoff-Ionen Ammonium und Nitrat analysiert.

Anhand der Übereinstimmung zwischen Modell und Messwerten kann die Modellgüte beurteilt werden. Das Modell gibt die gemessene Kronentraufe und die Bodenfeuchte in 50 cm Tiefe sehr gut wieder (Abb. 2). In 200 cm Tiefe ist die Übereinstimmung etwas geringer. Die Zeitpunkte, an denen die Bodenfeuchte als Folge von nennenswerten Niederschlägen wieder ansteigt, werden vom Modell jedoch gut wiedergegeben. Somit ist das Modell in der Lage, die gemessenen Größen ausreichend gut wiederzugeben, und ist somit auch für die Berechnung der nicht gemessenen Wasserflüsse (Transpiration, Sickerwasserrate) geeignet.

Der Wasserhaushalt im Zeitraum 2019 bis 2022

Die unterschiedlichen klimatischen Bedingungen kommen an den Versuchsstandorten durch die im Untersuchungszeitraum 2019 bis 2022 festgestellten mittleren Niederschlagsmengen

von 820 mm a⁻¹ in Sandkrug, 645 mm a⁻¹ in Elze und 575 mm a⁻¹ in Wibbese deutlich zum Ausdruck (Tab. 1). Die Unterschiede innerhalb und zwischen den Jahren waren erheblich: Es wechselten sich nasse und trockene Phasen ab, wobei die Sommerhalbjahre 2020 und 2022 besonders trocken ausfielen.

Die mittleren jährlichen Sickerwassermengen TS (Tab. 1) unter den vergleichbar bestockten Kiefern-Reinbeständen erreichten im Versuchsbestand in Sandkrug durchschnittlich 180 mm a⁻¹, in Elze durchschnittlich 190 mm a⁻¹ und in Wibbese durchschnittlich 165 mm a⁻¹. Die trotz der unterschiedlichen Freilandniederschlagsmengen recht ähnlichen Sickerwassermengen sind in erster Linie auf eine höhere Interzeption und Transpiration am Standort Sandkrug im Vergleich zu den beiden anderen Standorten zurückzuführen.

Auf Basis der Modellergebnisse aller Versuchsvarianten lässt sich die Entwicklung der Sickerwassermengen während des gesamten Umbauprozesses von einem Kiefern- in einen Buchen-Reinbestand am Beispiel des Standorts Elze semi-quantitativ nachzeichnen (Abb. 3): Anhand einer vergleichenden Berechnung der Tiefensickerung vor und nach einer Durchforstung des Kiefern-Oberstandes am Standort Wibbese zeigt sich der Effekt der Durchforstung auf die Tiefensickerung (nicht dargestellt): Die Auflichtung des Kiefern-Oberstandes erhöht die Sickerwassermengen um 5 % bis 15 %. Bei dieser in der Praxis gängigen Reduktion des Bestockungsgrades auf einen Wert von 0,7 ist die Erhöhung der Sickerwassermenge aufgrund des sich rasch wieder schließenden Kiefernschirmes jedoch nur von kurzer Dauer. So kann in den ersten zehn Jahren nach Pflanzung

des Voranbaus keine dauerhafte Steigerung der Tiefensickerung beobachtet werden. In diesem Umbaustadium ist die oft von Drahtschmiele, Blaubeere und Moosen dominierte Bodenvegetation noch vorhanden. Im 10-jährigen Buchen-Voranbau lagen die Sickerwassermengen mit 185 mm a^{-1} und 155 mm a^{-1} in Elze und Wibbese noch auf einem ähnlichen Niveau wie im Kiefern-Reinbestand (190 mm a^{-1} bzw. 165 mm a^{-1} , Tab. 1).

Nach 20 Jahren ist der Kiefern-Hauptbestand in der Regel ein bis zwei Mal aufgelichtet worden und die Buchen bilden inzwischen eine mehrere Meter hohe zweite Baumschicht. Durch Laubstreu-Verdämmung und Ausdunkelung ist die Bodenvegetation fast restlos verschwunden. Zu diesem Zeitpunkt schwanken die jährlichen Sickerwassermengen immer noch um das Niveau des Kiefern-Reinbestands, da die Kiefer im Zusammenspiel mit der Buche reichlich Wasser verbraucht und somit die Ersparnis der abgestorbenen wasserverbrauchenden Bodenvegetation kompensiert. Der in diesem Umbaustadium bereits nennenswerte Stammabfluss wurde bei den Untersuchungen jedoch nicht berücksichtigt. Daher ist davon auszugehen, dass die in diesem Stadium ermittelte Menge der Tiefensickerung eher unterschätzt wird. Mit der vollständigen Entnahme der Kiefer verringern sich die Interzeption und die Transpiration deutlich (Tab. 1). Dies steigert wesentlich die Tiefensickerung in dem dann verhältnismäßig jungen Buchen-Reinbestand: Über die vier Versuchsjahre wird vom Modell eine um über 60 % höhere Sickerwassermenge berechnet.

Für die in den Untersuchungen nur am Rande betrachtete Douglasie deuten die Ergebnisse darauf hin, dass der Wasserverbrauch des Douglasie-Voranbaus im Vergleich zum Buchen-Voranbau stärker zunimmt und sich die Sickerwassermenge dementsprechend reduziert.

Nitrat-Konzentrationen im Sickerwasser in Sandkrug

Die im Sickerwasser analysierten Nitrat-Konzentrationen (NO_3^-) lagen an den Standorten Elze und Wibbese, die in vergleichsweise weniger agrarintensiven Regionen liegen, unterhalb der Bestimmungsgrenze von $0,5 \text{ mg l}^{-1}$ und wurden deswegen nicht weiter betrachtet.

Am Standort Sandkrug wurden hingegen deutlich erhöhte Nitrat-Konzentrationen im Sickerwasser gemessen. Der mit dem Einbau der Saugkerzen und den ersten Maßnahmen verbundene Nitratpeak in 1,2 m Tiefe ging innerhalb von zwei Jahren in allen Varianten auf ein Niveau zwischen 3 und 5 mg l^{-1} zurück. Im Laufe der folgenden 20 Jahre differenzierten sich die Versuchsvarianten jedoch zunehmend (Abb. 4): Im ungekalkten Kiefern-Reinbestand kamen die in dieser Region langfristig hohen Stickstoff-Depositionen in einem deutlichen Anstieg der Nitrat-Konzentrationen verstärkt nach der Durchforstung im Jahr 2012 zum Ausdruck. Auch im gekalkten Kiefern-Reinbestand stieg die Nitrat-Konzentration im Untersuchungszeitraum, mit Einzelwerten von über 80 mg l^{-1} tendenziell immer weiter an. Hier fördert nicht nur die Auflichtung des Bestandes die Bodenerwärmung und damit die Stickstoff-Mineralisierung, sondern auch die Kalkung stimuliert das Bodenleben, wodurch die Nitratbildung weiter forciert wird. Die (nicht gezeigten) Nitrat-Konzentrationen in 2 m Tiefe befanden sich, zeitversetzt mit ähnlicher Dynamik, auf etwas niedrigerem Niveau. Anders als in den Kiefern-Reinbeständen

(sowohl gekalkt als auch ungekalkt) fielen die Nitrat-Konzentrationen im Buchen-Voranbau kontinuierlich und blieben in beiden Tiefenstufen nach 2015 unter der Bestimmungsgrenze. Auch die halbierte Kalk-Gabe im Jahr 2020 hatte keinen erkennbaren Effekt und lediglich die Durchforstungsmaßnahme im Jahr 2022 schlug sich in einem leichten Anstieg der Nitrat-Konzentrationen nieder.



Wärmepumpen?

Können wir nicht.

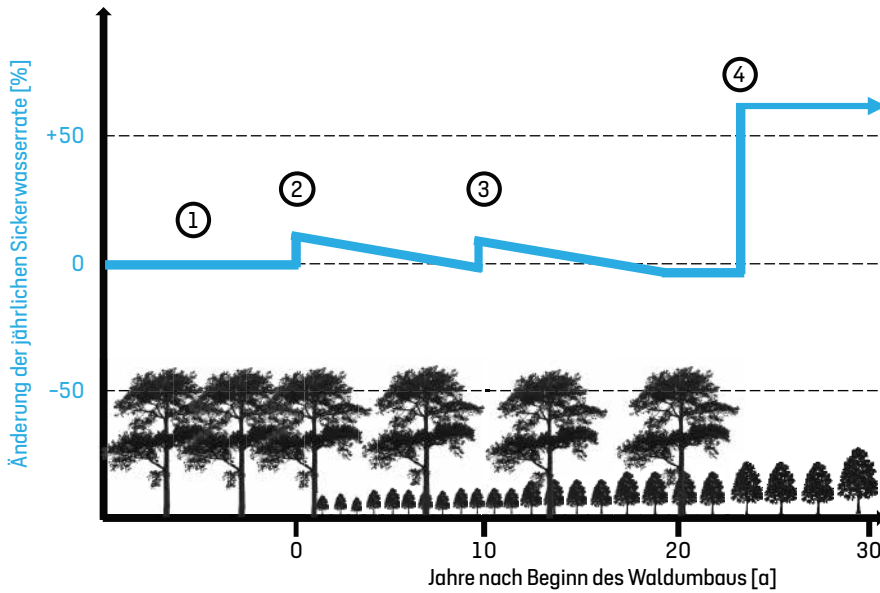
Aber wir liefern seit 400 Jahren beste CO₂ Speicher.

VDF

Verband Deutscher Forstbaumschulen e.V.

www.forstbaumschulen.org

Änderung der Tiefensickerung



- ① Ausgangsbestand: Reinbestand Kiefer
- ② Auflichtung Kieferschirm auf $B^0 = 0.7$, Voranbau mit Buche
- ③ Erneute Durchforstung der Kiefer
- ④ Vollständige Entnahme der Kiefer

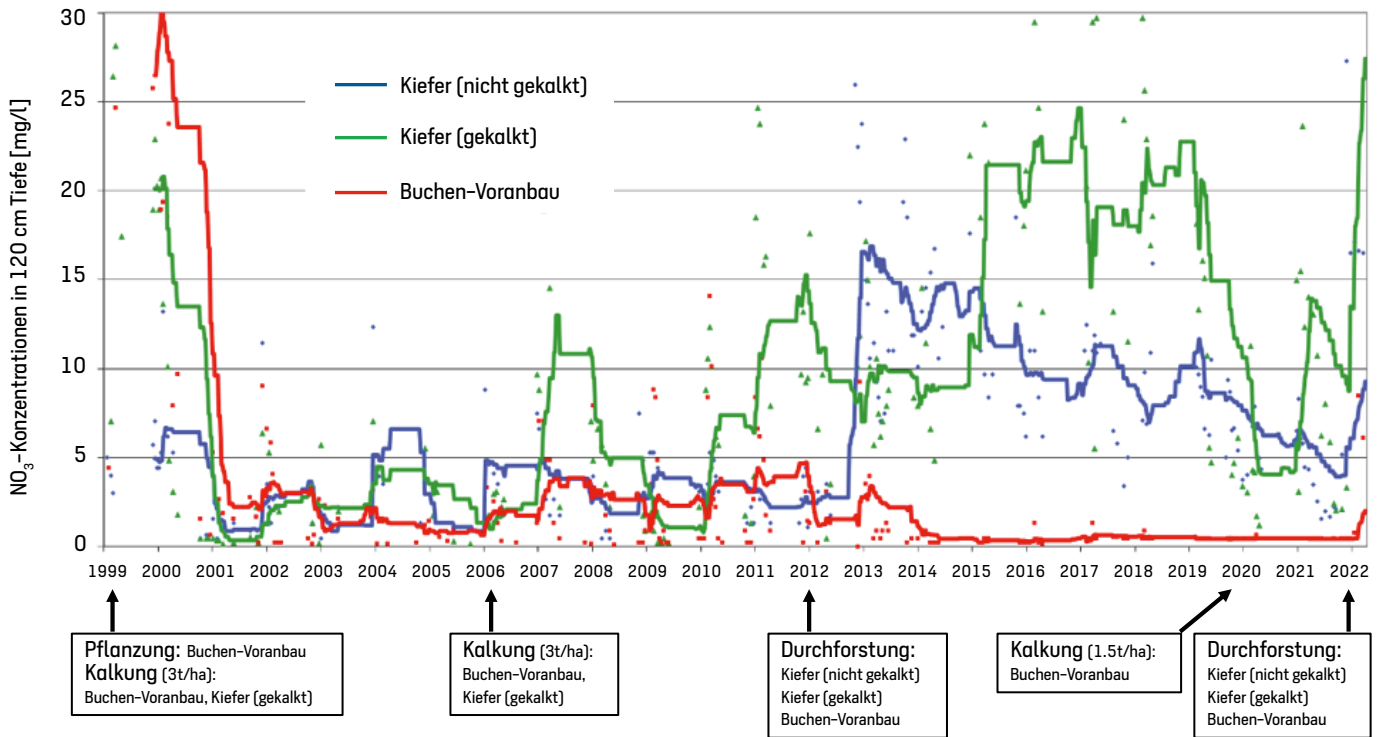
Quelle: K. Loesch

Abb. 3: Schematische, semi-quantitative Darstellung der Änderung der Tiefensickerung im Lauf des Bestandsumbaus am Beispiel Elze. Der Einfluss der Durchforstung des Kieferschirms auf die Tiefensickerung wurde an den Standorten Sandkrug und Wibbese ermittelt.

Folgerungen

Die Menge des Sickerwassers wird vom Aufbau und der Bewirtschaftung der Bestände maßgeblich beeinflusst [5, 12, 13]. Reine Kiefernbestände haben mit ihren immergrünen, dichten Baumkronen einen vergleichsweise hohen Wasserverbrauch, der v. a. durch Interzeption bedingt ist. Die Sickerwasserspende kann durch den Umbau dieser Kiefern-Reinbestände in Laubwald-Rein- und Mischbestände erhöht werden. Als schattenertragende Baumart bringt die Buche hierfür günstige Voraussetzungen mit: Durch ihre trichterförmige Kronenstruktur, ihren glatten Stamm und die Entlaubung im Winter erhöht sich der Bestandsniederschlag und in der Folge die Tiefensickerung. Die hier vorgestellten Untersuchungen zeigen jedoch, dass sich die Tiefensickerung in den ersten 20 Jahren des praxisüblichen Umbauprozesses noch nicht zwangsläufig erhöht. In dieser Übergangsphase kommt dem Management eine wichtige Rolle zu: Eine stärkere Auflichtung des Kiefern-Oberstands als üblich erhöht die Tiefensickerung bereits in der frühen Umbauphase. Die Kiefer sollte dabei mit Augenmaß aufgelichtet werden, sodass sich keine Boden-

Nitrat-Konzentration im Sickerwasser



Quelle: K. Loesch

Abb. 4: Zeitlicher Verlauf der Nitrat-Konzentrationen im Sickerwasser in 1,2 m Tiefe in Sandkrug zwischen 1999 und 2022. Im Jahr 1999 wurden die 3-jährigen Buchen gepflanzt. Die Nitrat-Konzentrationen der einzelnen Sickerwasserproben [2-wöchige Sammelposten] sind als Punkte und das gleitende Mittel der Einzelwerte über 20 Wochen ist als durchgezogene Linie dargestellt.

„Mit einer bedachten Baumartenwahl und gezieltem Waldmanagement kann die Menge und Qualität des unter Wald gebildeten Sickerwassers direkt beeinflusst werden.“

KILIAN LOESCH

vegetation entwickeln kann, die wiederum zusätzlich Wasser verbraucht. Mit dem Aufwachsen der Buchen steigt zwar der Wasserverbrauch durch Interzeption und Transpiration, gleichzeitig nimmt der – in dieser Studie nicht näher untersuchte – Stammabfluss weiter zu. Bereits in jungen Buchenbeständen infiltrieren

Literaturhinweise:

Download des Literaturverzeichnisses in der digitalen Ausgabe von AFZ-DerWald (<https://www.digitalmagazin.de/marken/afz-derwald>) sowie unter: www.forstpraxis.de/downloads

mehr als 10 % des Freilandniederschlags als Stammabfluss den Boden [5]. Dieser Stammabfluss kann durch seinen punktuellen Eintrag auch bereits in geringeren Mengen die Tiefensickerung speisen [14].

Die aus diesen Untersuchungen resultierende Erhöhung der Sickerwassermenge um rund 60 % im Buchen-Reinbestand ist in dieser Dimension als vorübergehend einzustufen: Die mit 30 Jahren noch sehr junge Buche weist aufgrund ihrer geringeren Blattmasse noch eine verhältnismäßig geringe Transpiration und Interzeption auf. Der Wasserverbrauch wird im weiteren Verlauf zunehmen [5] und die Sickerwassermenge wieder reduzieren. Mit Blick auf vergleichbare Studien ist jedoch davon auszugehen, dass die Sickerwassermenge auf lange Sicht deutlich höher sein wird als im Kiefern-Reinbestand [5, 7].

Auf nährstoffarmen Standorten hat der Anbau der Buche für die Praxis relevante wirtschaftliche Nachteile gegenüber dem der Kiefer und bedarf daher einer differenzierten Bewertung. In diese Betrachtung sollte dabei mit einfließen, dass eine Bodenschutzkalkung mit dem Ziel der tiefgründigen Entsauerung der Böden und ein verbesserter Bodenwasserhaushalt auch den Ertrag positiv beeinflussen kann. Gleichzeitig muss aber das Risiko von erhöhten Nitratausträgen nach einer Kalkung beachtet werden [8]. Dieses Risiko lässt sich allerdings, zumindest nach den Ergebnissen zur Sickerwasserqualität in Sandkrug, mit dem Buchen-Voranbau begrenzen.

Aufgrund des fortschreitenden Klimawandels ist die Etablierung von Mischbeständen, bestehend aus mehreren klimastabilen Baumarten, anzustreben [15, 16]. In Beständen, in denen der Ökosystemleistung „Sickerwasserspende“ (d. h. Grundwasserneubildung) mehr Gewicht beigemessen werden wird, sollten neben der Buche [17] auch andere glattrindige, laubabwerfende Baumarten wie Roteiche, Bergahorn und Hainbuche mit in die engere Baumartenauswahl einbezogen werden.



Dr. Kilian Loesch

kilian.loesch@lwk-niedersachsen.de

Dr. Karsten Mohr und Martin Hillmann

sind wissenschaftliche Mitarbeiter bei der Landwirtschaftskammer Niedersachsen in Oldenburg und Hannover. **Prof. Dr. Karl-Heinz Feger** leitete bis 2023 den Lehrstuhl für Standortslehre an der TU Dresden (Fachrichtung Forstwissenschaften Tharandt).

Prof. Dr. Gudrun Massmann ist Professorin an der Universität Oldenburg. **Dr. Henning Meesenburg** ist Mitarbeiter an der NW-FVA in Göttingen. **Dr. Jürgen Müller** ist ehemaliger Mitarbeiter am Thünen-Institut für Waldökosysteme in Eberswalde.



Folgen Sie uns in den Wald:
die-forstmacher.de

ERWIN VOGT
FORSTBAUMSCHULEN GMBH

Höchste Qualität und sichere Herkunft – Forstpflanzen von Erwin Vogt Forstbaumschulen.

Wir bieten Ihnen:

- Forstpflanzen
- Lohnanzucht
- Aufforstung
- Saatgutgewinnung
- Einheimische Wildgehölze

www.vogt-forstbaumschulen.de

August Lüdemann
Forst- und Landschaftsservice GmbH
Forstbaumschulen • Forstdienstleistungen

termingerechte Lieferung
bodenfrische Forstpflanzen
heimische Wildgehölze
Saatgutgewinnung u. Lohnanzucht
Übernahme kompletter Aufforstungen

60528 Frankfurt/M.
Am Poloplast 10
Tel. 069-66 80 65 10
Fax 069-66 68 80 1
AL@august-luedemann.de
www.august-luedemann.de

ZiF
Zertifiziert für
Forstbaumschulen

TEPE SYSTEMHALLEN

Satteldachhalle Typ SD15 (Breite: 15,04m, Länge: 21,00m)

- Traufe 4,00m, Firsthöhe 6,60m
- mit Trapezblech, Farbe: AluZink
- inkl. Schiebetor ca. 3,90m x 4,20m
- feuerverzinkte Stahlkonstruktion
- inkl. prüffähiger Baustatik



Aktionspreis
€ 39.900,-

ab Werk Buldern; exkl. MwSt. ausgelegt für Schneelastzone 2, Windzone 2; Schneelast 85kg/qm



www.tepe-systemhallen.de · Tel. 0 25 90 - 93 96 40

Pflanzenschutz Lupfer

www.verbisschutz.info

brennerforst.de
Forstmarkierung – Forstbekleidung