

ANALYSE DER WALDSPEZIFISCHEN ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN IM HINBLICK AUF DIE WASSERHAUSHALTSKOMPONENTEN: ABFLUSS UND GRUNDWASSERNEUBILDUNG IM WALD

Eva Verena Müller

Fachbereich VI Raum- und Umweltwissenschaften an der Universität Trier
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)
genehmigte Dissertation



Betreuender

Prof. Dr. Gebhard Schüler (Universität Trier)

Co-Betreuende

Prof. Dr. Tobias Schütz (Universität Trier)

Prof. Dr. Nicola Fohrer (Universität Kiel)

Datum der Prüfung: 18. Mai 2022

Trier, Mai 2022

Landesforsten Rheinland-Pfalz
Zentralstelle der Forstverwaltung
Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft
Trippstadt 2023

ZUSAMMENFASSUNG

Wasserbezogene regulierende und versorgende Ökosystemdienstleistungen (ÖSDL) wurden im Hinblick auf das Abflussregime und die Grundwasserneubildung im Biosphärenreservat Pfälzerwald im Südwesten Deutschlands anhand hydrologischer Modellierung unter Verwendung des Soil and Water Assessment Tool (SWAT+) untersucht. Dabei wurde ein holistischer Ansatz verfolgt, wonach den ÖSDL Indikatoren für funktionale und strukturelle ökologische Prozesse zugeordnet werden. Potenzielle Risikofaktoren für die Verschlechterung von wasserbedingten ÖSDL des Waldes, wie Bodenverdichtung durch Befahren mit schweren Maschinen im Zuge von Holzerntearbeiten, Schadflächen mit Verjüngung, entweder durch waldbauliche Bewirtschaftungspraktiken oder durch Windwurf, Schädlinge und Kalamitäten im Zuge des Klimawandels, sowie der Klimawandel selbst als wesentlicher Stressor für Waldökosysteme wurden hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf hydrologische Prozesse analysiert. Für jeden dieser Einflussfaktoren wurden separate SWAT+-Modellszenarien erstellt und mit dem kalibrierten Basismodell verglichen, das die aktuellen Wassereinzugsgebietsbedingungen basierend auf Felddaten repräsentierte. Die Simulationen bestätigten günstige Bedingungen für die Grundwasserneubildung im Pfälzerwald. Im Zusammenhang mit der hohen Versickerungskapazität der Bodensubstrate der Buntsandsteinverwitterung, sowie dem verzögernden und puffernden Einfluss der Baumkronen auf das Niederschlagswasser, wurde eine signifikante Minderwirkung auf die Oberflächenabflussbildung und ein ausgeprägtes räumliches und zeitliches Rückhaltepotential im Einzugsgebiet simuliert. Dabei wurde festgestellt, dass erhöhte Niederschlagsmengen, die die Versickerungskapazität der sandigen Böden übersteigen, zu einer kurz geschlossenen Abflussreaktion mit ausgeprägten Oberflächenabflussspitzen führen. Die Simulationen zeigten Wechselwirkungen zwischen Wald und Wasserkreislauf sowie die hydrologische Wirksamkeit des Klimawandels, verschlechterter Bodenfunktionen und altersbezogener Bestandes-

strukturen im Zusammenhang mit Unterschieden in der Baumkronenausprägung. Zukunfts-Klimaprojektionen, die mit BIAS-bereinigten REKLIES- und EURO-CORDEX-Regionalklimamodellen (RCM) simuliert wurden, prognostizierten einen höheren Verdunstungsbedarf und eine Verlängerung der Vegetationsperiode bei gleichzeitig häufiger auftretenden Dürreperioden innerhalb der Vegetationszeit, was eine Verkürzung der Periode für die Grundwasserneubildung induzierte, und folglich zu einem prognostizierten Rückgang der Grundwasserneubildungsrate bis zur Mitte des Jahrhunderts führte. Aufgrund der starken Korrelation mit Niederschlagsintensitäten und der Dauer von Niederschlagsereignissen, bei allen Unsicherheiten in ihrer Vorhersage, wurde für die Oberflächenabflussgenese eine Steigerung bis zum Ende des Jahrhunderts prognostiziert.

Für die Simulation der Bodenverdichtung wurden die Trockenrohdichte des Bodens und die SCS Curve Number in SWAT+ gemäß Daten aus Befahrungsversuchen im Gebiet angepasst. Die günstigen Infiltrationsbedingungen und die relativ geringe Anfälligkeit für Bodenverdichtung der grob-körnigen Buntsandsteinverwitterung dominierten die hydrologischen Auswirkungen auf Wassereinzugsgebietsebene, sodass lediglich moderate Verschlechterungen wasserbezogener ÖSDL angezeigt wurden. Die Simulationen zeigten weiterhin einen deutlichen Einfluss der Bodenart auf die hydrologische Reaktion nach Bodenverdichtung auf Rückegassen und stützen damit die Annahme, dass die Anfälligkeit von Böden gegenüber Verdichtung mit dem Anteil an Schluff- und Tonbodenpartikeln zunimmt. Eine erhöhte Oberflächenabflussgenese ergab sich durch das Wegenetz im Gesamtgebiet.

Schadflächen mit Bestandesverjüngung wurden anhand eines artifiziellen Modells innerhalb eines Teileinzugsgebiets unter der Annahme von 3-jährigen Baumsetzlingen in einem Entwicklungszeitraum von 10 Jahren simuliert und hinsichtlich spezifischer Wasserhaushaltskomponenten mit Altbeständen (30 bis 80 Jahre) verglichen. Die Simulation ließ darauf schließen, dass bei feh-

lender Kronenüberschirmung die hydrologisch verzögernde Wirkung der Bestände beeinträchtigt wird, was die Entstehung von Oberflächenabfluss begünstigt und eine quantitativ geringfügig höhere Tiefensickerung fördert. Hydrologische Unterschiede zwischen dem geschlossenen Kronendach der Altbestände und Jungbeständen mit annähernden Freilandniederschlagsbedingungen wurden durch die dominierenden Faktoren atmosphärischer Verdunstungsanstoß, Niederschlagsmengen und Kronenüberschirmungsgrad bestimmt. Je weniger entwickelt das Kronendach von verjüngten Waldbeständen im Vergleich zu Altbeständen, je höher der atmosphärische Verdunstungsanstoß und je geringer die eingetragenen Niederschlagsmengen, desto größer war der hydrologische Unterschied zwischen den Bestandstypen.

Verbesserungsmaßnahmen für den dezentralen Hochwasserschutz sollten folglich kritische Bereiche für die Abflussbildung im Wald (CSA) berücksichtigen. Die hohe Sensibilität und Anfälligkeit der Wälder gegenüber Verschlechterungen

der Ökosystembedingungen legen nahe, dass die Erhaltung des komplexen Gefüges und von intakten Wechselbeziehungen, insbesondere unter der gegebenen Herausforderung des Klimawandels, sorgfältig angepasste Schutzmaßnahmen, Anstrengungen bei der Identifizierung von CSA sowie die Erhaltung und Wiederherstellung der hydrologischen Kontinuität in Waldbeständen erfordern.