

BEDEUTUNG DES
WASSERRÜCKHALTES
IM WALD FÜR DIE
RISIKOVORSORGE GEGEN
DIE ENTSTEHUNG VON
STURZFLUTEN UND FÜR
EINE NACHHALTIGERE
GRUNDWASSERNEU-
BILDUNG

Autoren: Gebhard Schüler und Eva Verena Müller. Dieser Abschnitt basiert auf der Dissertation von Frau Eva Verena Müller „Assessment of forest-specific Ecosystem Services with regard to water balance components: Runoff and groundwater recharge in the forest“. Approved dissertation University of Trier “ eingereicht am 18.05.2022, in der sich das ausführliche Quellen- und Literaturverzeichnis findet.

Ausgangssituation: Rheinland-Pfalz und das Saarland sind durch ein westeuropäisch-atlantisches Klima geprägt, das bisher durch milde Winter, gemäßigte Sommer und ausgeglichen hohe jährliche Niederschlagsmengen gekennzeichnet war. Aufgrund der Topographie treten jedoch starke räumliche Unterschiede auf. So zählen einige Regionen mit zu den wärmsten Deutschlands, während andere ein raueres Klima aufweisen. Der Klimawandel hat und wird sich weiterhin in beiden Ländern stark auswirken. So wurde in Rheinland-Pfalz von 1881 bis 2020 bereits ein signifikanter Temperaturanstieg um 1,6 °C festgestellt. Mit der klimawandelbedingten Temperaturerhöhung kam es insbesondere in den Jahren 2018, 2019 und 2020 zu längeren Trockenperioden innerhalb der Vegetationsperiode, mit negativen Folgen für die klimatische Wasserbilanz in den Waldgebieten.

Die Kombination aus höheren Lufttemperaturen und Trockenperioden erhöht die potentielle Evapotranspiration der Waldbestände bei gleichzeitig abnehmendem Bodenwasservorrat. Dadurch entwickelte sich regional eine starke Bodentrockenheit. Auch die Winterniederschläge haben nicht ausgereicht, um das jeweilige Wasserdefizit der Vorjahre auszugleichen und die pflanzenverfügbare Feldkapazität der Böden aufzufüllen. Schon in der Periode von 2000 bis 2020 sind die Infiltrationsraten für Sickerwasser und infolge dessen der Bodenwassergehalt im Pfälzerwald permanent zurückgegangen, wie unsere Messungen und Modellierungsergebnisse aus dem Projekt Ecoserv eindrucksvoll zeigen. Unter Berücksichtigung der regionalisierenden Klimaprojektionen RCP2.6 und RCP8.5 wird sich dieser Trend in der Zukunft noch verschärfen. Die Bodenfeuchte wird bis zum Jahre 2099 voraussichtlich stark abnehmen, die Länge der Phase geringerer Bodenfeuchte in der Vegetationszeit wird zunehmen, was den Trockenstress für die aufstockenden Waldgesellschaften weiter steigert.

In der Folge zeigten sich beispielsweise bei Alt-Buchen und Kiefern seit dem Sommer 2020 deutliche Trockenstress-Symptome bis hin zu Absterbe-Erscheinungen.

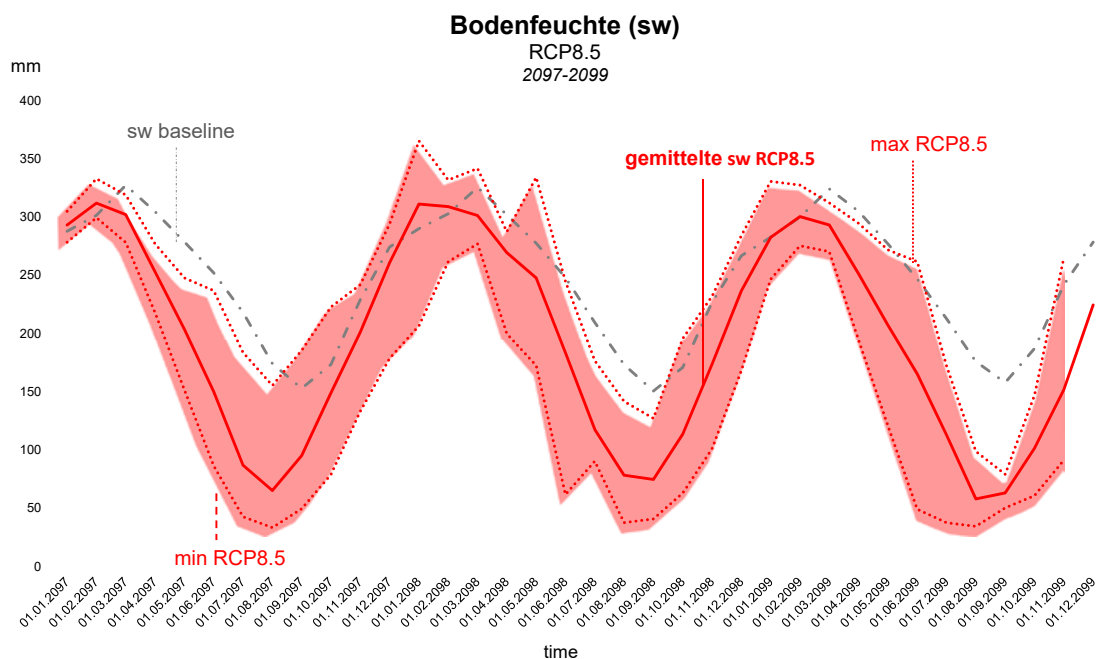
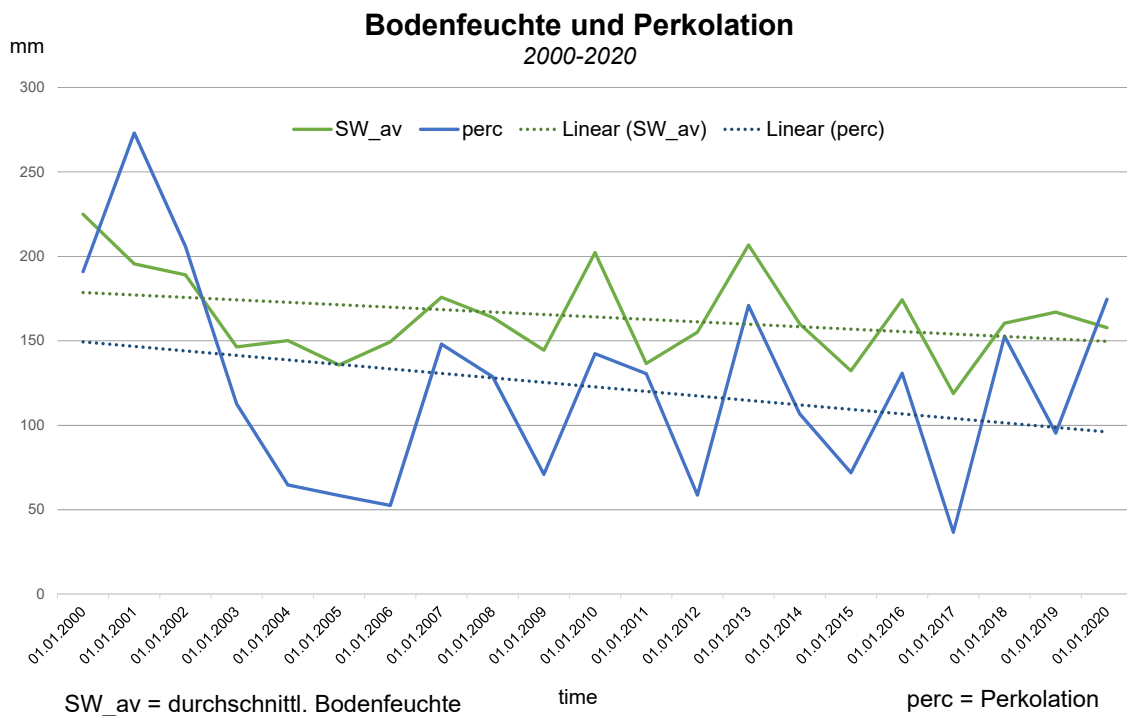
Bei Starkregen kann es dann auf den ausgetrockneten, hydrophoben Böden zu einer verschlechterten Wasseraufnahme kommen, sodass mit einer Erhöhung des Oberflächenabflusses das Erosionsrisiko und die Gefahr von Sturzfluten zunehmen. Gleichzeitig führen häufiger auftretende konvektive Niederschlagsereignisse vermehrt zu Starkregen und, insbesondere wenn sie längere Zeit an einem Ort niedergehen, zu Sturzfluten und Erosion auch im Wald, z.T. sogar zu Erdrutschungen und menschengefährdenden Überschwemmungen.

Aktuelle Daten und Fakten zum Klimawandel in Rheinland-Pfalz bietet das Klimawandelinformationssystem des Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrums für Klimawandelfolgen: <https://www.kwis-rlp.de>

Im Zuge der erwarteten Klimaveränderungen wird auch eine Häufung der Wetter-Extrema erwartet. Die Waldbewirtschaftungsmaßnahmen müssen daher an den geänderten Wald-Wasserhaushalt angepasst werden.

Im Wasserportal Rheinland-Pfalz ist die Gefährdungsanalyse Sturzflut nach Starkregen vorgestellt <https://wasserportal.rlp-umwelt.de/servlet/is/10080/>

Entwicklung der Bodenfeuchte im Pfälzerwald in den Jahren 2000 bis 2020 (oben) und Bodenfeuchteprognose 2097 bis 2099 im Vergleich zur Bodenfeuchte in den Jahren 1961 bis 1963 (unten)





Differenzierte Vitalitätsbefunde bis hin zu Absterbeerscheinungen nach den Trockenjahren 2018 – 2020 an freistehenden Altbuchen im Pfälzerwald (Foto: Gebhard Schüler)

Die regulative Ökosystemdienstleistung zum Oberflächenabfluss im Wald mit Blick auf die Vorsorge gegen die Entstehung von Sturzfluten

Naturnahe und naturbelassene Wälder haben durch das Brechen der Niederschlagsenergie im Kronenraum und durch günstige physikalische Bodenbedingungen für die Infiltration und Bodenwasserspeicherung per se ein höheres, aber standortsabhängiges Wasserrückhaltevermögen. Sie leisten dadurch einen Beitrag zum dezentralen Hochwasserschutz. Die Verringerung des Oberflächenabflusses wirkt einer Bodenverlagerung entgegen (Erosionsschutz), und bremst den Stofftransport in Oberflächengewässer (Eutrophierungsschutz). Der Erhalt intakter Bodenfunktionen ist Voraussetzung für diese Prozesse der Wasserrückhaltung und Wasserreinigung im Wald. Der Schutz der Wasserressourcen im Wald ist so untrennbar mit dem Bodenschutz verbunden.

Jedoch werden im bewirtschafteten Wald aufgrund von notwendigen Infrastruktureinrichtungen, insbesondere von Waldwegen mit wegebegleitenden Grabensystemen, von den vor mehr als 100 Jahren angelegten Drainagegräben zur Entwässerung nasser Waldstandorte und von Befahrungslinien für die maschinelle Holzernte und -vorlieferung Wasserrückhaltefunktionen und die Versickerungsleistung für Wasser eingeschränkt. Die im Pfälzerwald ausgelösten Veränderungen von Oberflächenabfluss und Grundwasserneubildung wurden mit dem im Projekt ECOSERV weiterentwickelten Gebietswasserhaushaltsmodell SWAT+ in Kombination mit dem Grundwassermodell SWATMODFLOW analysiert und in Klimaprojektionen bis Ende des Jahrhunderts abgebildet. So lassen sich die hydrologischen Folgen des Waldwegenetzes im Hinblick auf den Oberflächenabfluss und die Abflussspende in den Vorflutern sogar auf den durchlässigen Buntsandsteinverwitterungsstandorten des Pfälzerwaldes sehr gut erkennen.

Hydrologische Folgen des Waldwegenetzes im Pfälzerwald (2001-2010), berechnet mit dem Wassereinzugsgebietsmodell SWAT+ (MÜLLER 2022)

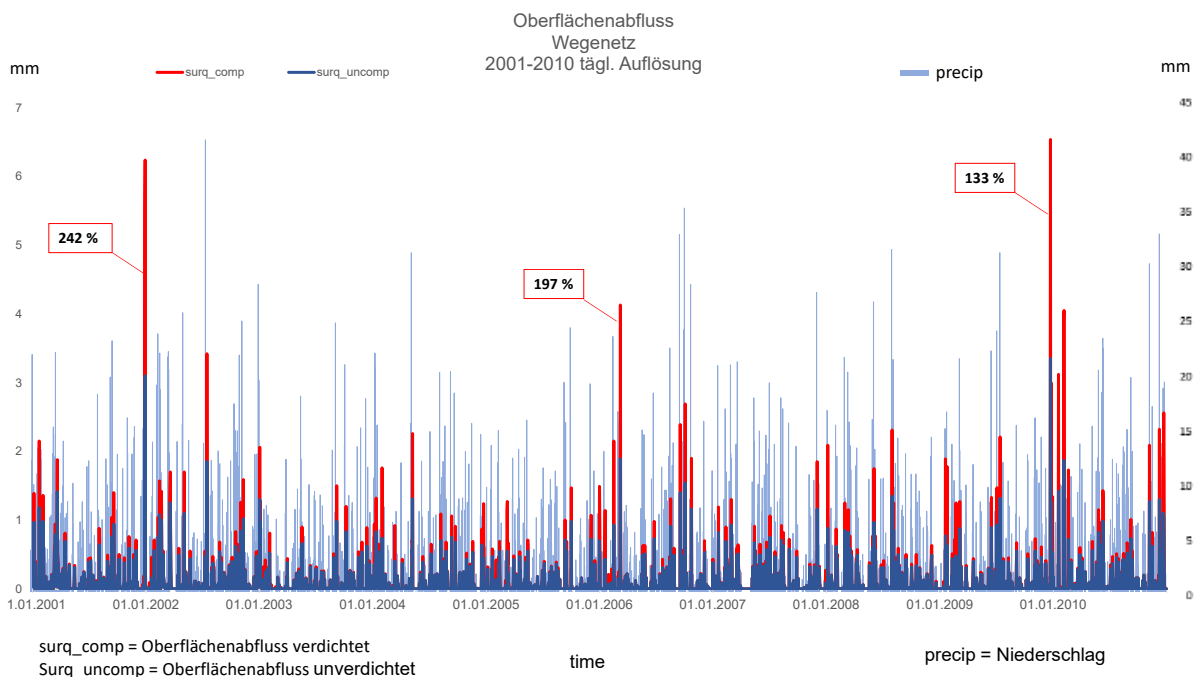
Das Waldwegenetz im Biosphärenreservat Pfälzerwald verdichtet die Böden auf 10,87 % der Gesamtfläche

Wasserhaushaltsparameter	Änderungen in % in Bezug zur reinen Waldfläche
Oberflächenabfluss	+36,2 %
Beitrag in die Vorfluter	+ 12,3 %
Grundwasserneubildung (oberes Grundwasserstockwerk)	-2,0 %
Grundwasserneubildung (tieferes Grundwasserstockwerk)	-1,7 %

Durch die Linienstruktur der Waldwege wird der Oberflächenabfluss an den Wegen gesammelt und konzentriert, er nimmt um 36,2 % zu, obwohl die durch die Waldwege verdichtete und zum Teil versiegelte Fläche nur 10,87 % ausmacht.

Bei einer tageweisen zeitlichen Auflösung des Abflussgeschehens ist zu erkennen, dass durch das Wegenetz Abflussspitzen beim Oberflächenabfluss entstehen, was wiederum das Risiko der Entstehung von Sturzfluten steigert.

Oberflächenabflussspitzen durch das Waldwegenetz (comp) im Pfälzerwald (2001-2010) im Vergleich zur reinen Waldfläche (uncomp) in hoher zeitlicher Auflösung



Risikobeladen für die Sturzflutentstehung ist auch der Oberflächenabfluss, der durch das Rückegassennetz auf der Waldfläche ausgelöst wird. Allerdings ist die Bodenverdichtung durch schwere Forstmaschinen abhängig vom Bodensubstrat, was sich bei der Steigerung des Oberflächenabflusses deutlich bemerkbar macht.

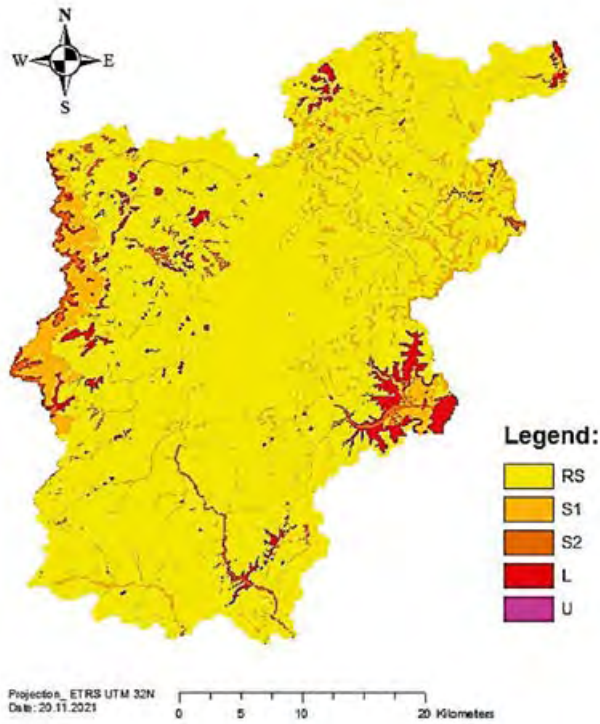
Da die Böden im Pfälzerwald von sandigen Substraten dominiert werden (zu über 90 %) hat die Befahrung von Waldstandorten im Pfälzerwald

insgesamt nur geringe Auswirkungen auf den Gesamtwasserhaushalt. Dagegen ist die Gefahr der Sturzflutentstehung bei schluffigen und lehmigen Substraten erheblich. Damit sind die negativen Auswirkungen des Einsatzes von schweren Forstmaschinen im Pfälzerwald weniger gravierend, aber im Nordteil von Rheinland-Pfalz und im Saarland mit lehmigeren und schluffigeren Bodensubstraten umso bedeutungsvoller für den Oberflächenabfluss.

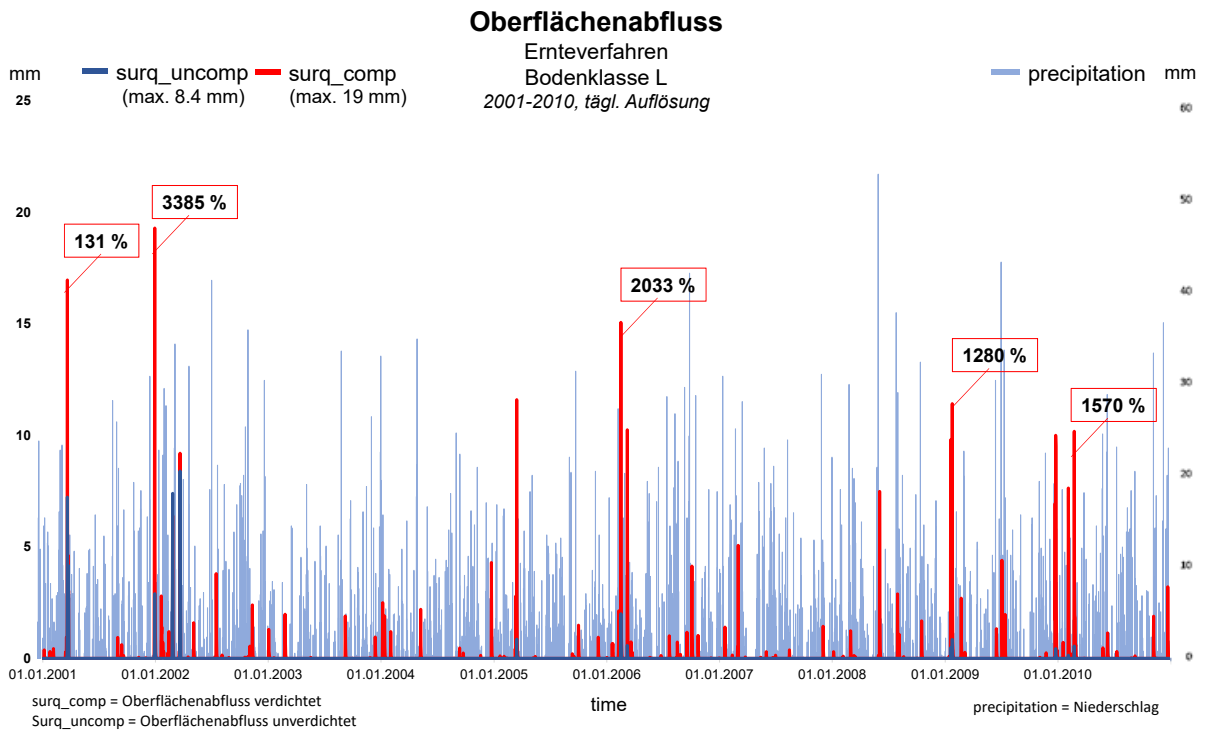
Hydrologische Folgen des Rückegassennetzes im Pälzerwald (2001-2010), berechnet mit dem Wassereinzugsgebietsmodell SWAT+ (MÜLLER 2022)

Rückegassen im Abstand von 40 m zueinander = 13,5 % der Waldfläche mit Bodenverdichtung, gemäß des Handbuch Walderschließung, Landesforsten Rheinland-Pfalz (2018)	
Bodensubstrat	Änderung des Oberflächenabflusses in % mit Bezug zur unbefahrenen Waldfläche
Sande aus Buntsandsteinverwitterung	+9,00 %
Sandige Lehme	+ 11,18 %
Sandige Schluffe	+126,10 %
Lehme	+46,03 %

Risikobehaftete Substratreihen für Sturzflutenstehung im Pfälzerwald durch die Rückegassenerschließung (MÜLLER 2022)



Oberflächenabflussspitzen durch das Rückegassennetz (comp) bei lehmigen Bodensubstraten im Pfälzerwald (2001-2010) im Vergleich zur reinen Waldfläche (uncomp) in hoher zeitlicher Auflösung (MÜLLER 2022).



Die versorgende Ökosystemdienstleistung zur Grundwasserneubildung unter Wald

In Rheinland-Pfalz wird Trinkwasser zu 95 Prozent aus Grundwasser gewonnen. Neben den Wasserversorgern entnimmt auch die Landwirtschaft aus Grundwasservorräten Wasser für die Bewässerung ihrer Kulturen.

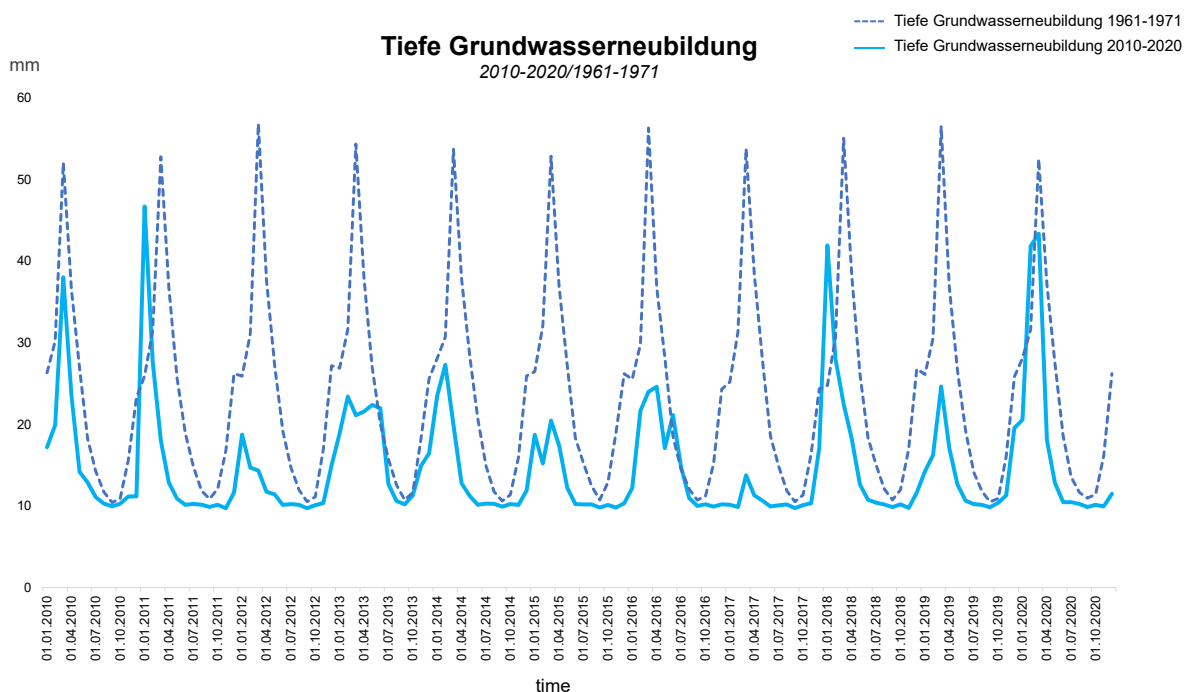
Werden aber größere Mengen Wasser über Tiefbrunnen aus einem Grundwasserleiter entnommen, führt dies regelmäßig zu einer Absenkung des Grundwassers an der Entnahmestelle.

Die einzelnen Wasserversorger und die Landwirtschaft konkurrieren dann um die begrenzte Ressource Grundwasser, da die meisten Grundwasserstockwerke über hydraulische Fenster miteinander verbunden sind. Diese Wasserentnahmen können auch Auswirkungen auf die oberen ungespannten Grundwasserleiter haben und

die klimabedingte Bodentrockenheit verstärken bzw. verlängern. Aus diesen oberen, nicht gespannten Grundwasserleitern beziehen die Wälder in Trockenperioden ihr Wasser zum Überleben, wenn für die aufstockenden Bäume in ihrem Wurzelraum durch Druckumkehr bereitgestelltes Grundwasser erreichbar ist. Ist dieses durch Absenkung nicht mehr erreichbar, können die betroffenen Wälder unter starken Trockenstress geraten. In der Folge erleiden die Bäume je nach individueller Empfindlichkeit Vitalitätsverluste und können sogar absterben.

Der Pfälzerwald, als größtes geschlossenes Waldgebiet Deutschlands, ist ein überregional bedeutender Grundwasserspeicher. Allerdings hat im Pfälzerwald die Grundwasser-Neubildungsrate seit 20 Jahren gegenüber dem Referenzzeitraum von 1961 - 1990 deutlich abgenommen. Auch die für die nähere (2031 - 2050) und fernere Zukunft (2071 - 2099) errechneten Grundwasser-Neubil-

Grundwasserneubildung in tieferen Grundwasserstockwerken unter dem Pfälzerwald im Vergleich der Perioden 1961-1971 und 2010-2020 (MÜLLER 2022)



Grundwasserneubildungsraten im Pfälzerwald, berechnet mit dem Wassereinzugsgebietsmodell SWAT+ (MÜLLER 2022)

	Vergleichs- zeitraum 1961-1990	Beobachtungs- zeitraum 2011-2020	Klimaprojektionen RCP 2.6 / RCP 8.5 2031-2050		Klimaprojektionen RCP 2.6 / RCP 8.5 2071-2099	
			Min	Max	Min	Max
Grundwasserneubildung [mm/a]	286	178	173	259	168	292

Grundwasserneubildungsraten bleiben mit den meisten Klimaprojektionsdaten geringer als die der Referenzperiode von 1961 - 1990.

Die mit SWAT+ berechneten forsthydrologische Folgen zeigen, dass eine geringe Bodenfeuchte auch in der Zukunft zu erwarten ist und Trockenstress für die Wälder bedeutet. Auch die Grund-

wasserneubildungsrate geht deutlich zurück, zumindest solange ein Kipp-Punkt zur erhöhten Verdunstung über den Meeren nicht erreicht wird. Beim Oberflächenabfluss deutet sich dagegen keine Entspannung an, sodass immer mit Sturzfluten zu rechnen ist. Mittelwerte sind hier allerdings wenig aussagekräftig, da Abflussspitzen für die Entstehung von Sturzfluten entscheidend sind.

Änderungssignale von Wasserhaushaltsgrößen in der Vergleichsperiode 1961-1990, in der rezenten Periode 2000-2020 und in den Klimaszenarien 2031-2050 und 2071-2099 im Biosphären-Reservat Pfälzerwald (MÜLLER 2022)

	RCP2.6/RCP8.5						
	1961-190	2000-2020		2031-2050		2071-2099	
	Bezugs- periode	Absolut- werte	% zur Bezugs- periode	worst case	best case	worst case	best case
Niederschlag [mm]	1184.56	821.38	-30.66	-36.37	-3.77	-36.01	2.02
aktuelle ET [mm]	707.13	635.7	-10.10	-15.07	3.48	-31.70	4.11
Bodenfeuchte [mm]	246.08	164.17	-33.29	-34.52	-7.52	-38.50	-6.90
Grundwasser- Neubildung [mm]	285.7	177.6	-37.8	-39.45	-9.23	-41.18	2.07
Oberflächen- abfluss [mm]	30	12.47	-58.43	-13.30	-62.18	28.90	-63.13

Management der Ökosystemdienstleistungen (ÖSDL) „Wald für Wasser“

Ursprünglich war die Mittelgebirgslandschaft in Rheinland-Pfalz und im Saarland geprägt durch ausgedehnte Wälder, auch auf nassen Standorten. Bäche und Flüsse mäandrierten in den Bachauen, also in ihren natürlichen Überschwemmungsgebieten. Schon in den ursprünglichen Landschaften gab es bereits Hochwasser, denn Abfluss und Hochwasser sind natürliche Prozesse. Später mit steigender Bevölkerungsdichte nutzten die Menschen das Land zunehmend durch Landwirtschaft, Siedlungsflächen und Verkehrsinfrastruktur. Diese geänderte Flächennutzung verminderte dauerhaft die Wasserversickerung und beschleunigte den Oberflächenabfluss. Gleichzeitig wurden auch die Bach- und Flussauen zunehmend versiegelt, sodass dem erhöhten Oberflächenabfluss nicht mehr genügend Raum blieb, um sich auszubreiten ohne Schäden anzurichten. Zur Schadensvorsorge in der vom Menschen veränderten Mittelgebirgslandschaft muss der Oberflächenabfluss kontrolliert werden. Dabei sollte im Wald abfließendes Wasser aus Wegen, Entwässerungsgräben und Rückegassen schon so früh wie möglich kontrolliert in den Wald zurückgeleitet werden, sodass es dort versickern oder sich in bereitgestellten Retentionsräumen verteilen kann.

Der signifikante Einfluss menschlicher Aktivitäten auf wasserbezogene Waldfunktionen macht also die Auseinandersetzung und Überprüfung der waldwirtschaftlichen Eingriffe im Hinblick auf die Erbringung von wasserbezogenen Ökosystem-Dienstleistungen (ÖSDL) des Waldes unabdingbar. Zu diesem Zweck sollen im Modul „Wald und Wasser“ des Landesprogrammes Klimawald2100 hydrologische Folgen der Waldbewirtschaftung zusätzlich zu der vorgestellten Studie im Pfälzerwald auch in anderen Landesteilen von Rheinland-Pfalz analysiert werden. Diese Analyseergebnisse dienen als Grundlage

für die Optimierung von standortsangepassten Praxismaßnahmen zur Verbesserung des Wasserrückhaltes und damit zur Vorsorge gegenüber der Entstehung von Sturzfluten und zur Erhaltung der Grundwasserneubildung. Dabei geht es nicht darum, natürliche Gewässerläufe oder einen naturnahen Wasserhaushalt zu verändern. Es sollen vielmehr aus menschengemachten infrastrukturellen Linienstrukturen in die Vorfluter mündende Abflussspitzen verhindert oder zumindest verzögert werden, und möglichst viel Wasser in der Fläche zurückgehalten werden, sodass es dort den Bäumen bzw. der Grundwasserneubildung zugutekommt.

Dazu bedarf es einer eingehenden Standorts- und Wasserhaushaltsanalyse, um regional angepasste und effektive Maßnahmen zu ergreifen. In der Waldentwicklung geht es darum, die Niederschlagsenergie zu brechen. Mit einem Bodenschutzkonzept soll die Infiltration von möglichst viel Oberflächenwasser ermöglicht werden. In und auf allen linienhaften Infrastruktureinrichtungen wie Wegen, Gräben und Feinerschließungslinien sollte jeglicher Linienabfluss vermieden und/oder in den benachbarten Waldflächen versickert werden. Schließlich sollten sich Hochwasserwellen in Bachauen, den natürlichen Retentionsräumen für Wasser, ausbreiten können, um sie zeitlich zu verzögern und zu entzerren.

Waldwirtschaftlich sind gut strukturierte, ökologisch stabile, naturnahe, standortsangepasste und klimaresiliente Mischwälder anzustreben. Winterkahle Laubwälder ermöglichen in der laubfreien Zeit einen besseren Wasserzutritt zum Waldboden und wegen verminderter Interzeption außerhalb der Vegetationsperiode eine höhere Grundwasserneubildungsrate. Labile Bestockungen sind im Voraus zu unterpflanzen bzw. zu verjüngen, um ggf. im Störfall bereits einen Grundbestand an Waldvegetation zu behalten.



Störungsflächen, z.B. nach Borkenkäferkalamitäten, dürfen nicht flächig befahren werden und bei Aufräumarbeiten sollte möglichst viel Totholz, Ast- und Reisigmaterial auf der Fläche verbleiben, weil es einen Oberflächenabfluss zumindest teilweise abbremsen kann. Besteht jedoch die Gefahr, dass stärkeres Totholz in nahegelegene Bäche und Flüsse geschwemmt werden kann, so sollte dieses wegen möglicher Verklausungen an Brücken und ähnlichen Hindernissen aus der Fläche entfernt werden. Kahllagen selbst sollten möglichst zeitnah unter Ausnutzung der natürlichen Sukzession wiederbewaldet werden.

Biologisch aktive und durch Befahrung unbelastete Böden besitzen ein wasseraufnehmendes primäres Porensystem. Dieses Porensystem ist durch umfangreiche Bodenschutzmaßnahmen vorrangig zu erhalten. Die Infiltrationsmöglichkeit von Wasser kann durch die Bodenschutzkalkung wegen einer dadurch ausgelösten verbesserten Durchwurzelung und einer gesteigerten Bioturbation verbessert werden.

Andere Maßnahmen betreffen die Waldwege mit wegebegleitenden Gräben. Ggf. sind nicht benötigte Wege aufzulassen oder sogar zurückzubauen. Beim Wegeneubau, bzw. überall dort wo neue Linienstrukturen geschaffen werden, sind die Einwirkungen auf das Grundwasser und die Wasserführung im Einzelfall zu prüfen. In manchen Fällen, z.B. wenn der Weg nicht ganzjährig LKW-fähig sein muss, werden wegebegleitende Gräben auch nicht benötigt. So kann ein überhöhtes Wegerundprofil, welches eine breitflächige Entwässerung in den angrenzenden Wald ermöglicht, genügen. Ein einseitiges Wegequerprofil kann zwar sehr effektiv Wasser vom Wegekörper flächig in den talseitigen Wald leiten. Diese Wege sind jedoch zeitweise, zum Beispiel bei Frost und Eis, nicht befahrbar. Auf der Bergseite können Spitzgräben überschießendes Wasser aufnehmen. Trapezförmige Wegebegleitgräben sind grundsätzlich zu vermeiden, da sie sehr viel Wasser aufnehmen und kurzgeschlossen ableiten können, was die Gefahr der Abflusskonzentration und Abflussspitzen steigert. Bevor sich fließendes

Wasser auf der Bergseite der Wege sammelt, ist dieses Wasser in breiten diagonalen Vertiefungen über den zusätzlich befestigten Wegekörper auf die Talseite zu leiten und dort flächig im angrenzenden Waldbestand zu verteilen. Auch können Versickerungs- und Verdunstungsmulden auf weniger durchlässigen Böden überschüssiges Wasser aufnehmen. Solche bis 1 m tiefe und 3 – 6 m³ fassende Mulden müssen jedoch in kurzem Abstand angelegt werden, um deren Aufnahmekapazität nicht zu überschreiten. Damit diese Mulden bei Starkregenereignissen nicht überborden, sollte ein Überlauf in den angrenzenden Waldbestand angelegt werden. Je größer das Volumen des Wegeabflusses wird, desto unwahrscheinlicher wird eine rasche Versickerung und desto mehr Mulden werden benötigt. Diese sollten in einem terrassenförmigen Netzwerk miteinander verbunden werden. Die Belange des Naturschutzes sind bei der Anlage von Sicker- und Verdunstungsmulden zu beachten. Wasserleitungen durch Rohrdurchlässe (Dolen) konzentrieren Wasser in linearen Abflüssen mit der Gefahr der Tiefenerosion. Daher sollten so viele Durchlässe einen Wegekörper queren, dass sich in bergseitigen Gräben kein Wasser ansammelt. Hydrologisch sinnvoller sind Rigolen, die das Wasser durch den aus Grobschlag aufgebauten Wegeunterbau hindurchleiten und dann hangabwärts im Wald versickern lassen. Dabei wird der Wegekörper auf einer Strecke von mehreren Metern und einer Tiefe von bis zu einem Meter ausgebaggert und mit Grobschlag ohne feinere Korngrößen aufgefüllt. Darüber kann dann eine Tragdeckschicht aufgebracht werden. Hangparallele Wege, die sonst das Hangzugswasser abschneiden und so den Wasserhaushalt erheblich stören, können auch komplett als „Rigole“ ausgebaut werden.

Nach dem Handbuch Walderschließung der Landesforsten Rheinland-Pfalz dürfen Waldböden mit schweren Forstmaschinen zur Holzernte und zum Vorliefern von Holz nur auf festen, vorgegebenen Linien mit einem Regelabstand von 40 m befahren werden, um eine flächige Bodenverdichtung zu vermeiden. In der Realität wird jedoch vom Re-

gelabstand abgewichen, zum Beispiel bei der Feinerschließung von Hangflächen, bei Hindernissen. Jedoch sollte das Netz aus Rückegassen nie eine Fläche mit Bodenverdichtung durch Befahrung und damit eine Schädigung des wasseraufnehmenden Bodenporensystems von mehr als 13,5 % der bewirtschafteten Waldfläche überschreiten. Landesforsten gibt vor, dass eine technische Befahrbarkeit von Rückegassen nicht mehr gegeben ist,

- bei Bodenstrukturveränderungen mit plastischem Fließen,
- bei stehendem Wasser in der Fahrspur,
- bei Erosion und
- bei Beeinträchtigung der Waldästhetik.

Wegen des erheblichen Risikos von Oberflächenabfluss und Erosion von und auf Rückegassen müssen möglichst alle Bodenschäden vermieden werden.

Grundsätzlich sind nach jeder Holzerntemaßnahme gerade auf Rückegassen Spurgleise zu beseitigen und im hängigen Gelände Wasser-rückleitungsvertiefungen diagonal durch die Rückegasse in den benachbarten Wald anzulegen, um so Erosion oder Oberflächenabfluss zu vermeiden.

Die schützenswerten Quell- und Hangbruchbiotop mit ihren Moorwäldern sind charakteristische Naturelemente in unseren Mittelgebirgen und einzigartige Lebensraumtypen, die der Erhaltung der biologischen Vielfalt dienen. Sie genießen daher auch den besonderen Schutz des § 30 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG). Ihnen wird wegen ihrer an vorhandenes Wasser gebundenen Eigenschaften oft auch ein Schutz gegen raschen Oberflächenabfluss zugeschrieben. Um diese nasen Standorte für eine auf Produktion ausgerichtete Forstwirtschaft zu gestalten, wurden jedoch schon im 19. Jahrhundert in den hochsensiblen Moorwaldflächen des Hunsrücks systematisch Netze von Entwässerungsgräben angelegt und

unterhalten. Um die typischen Eigenschaften der Hangmoore wiederzugewinnen, wurden diese Entwässerungsgräben auf ersten Flächen in jüngerer Zeit verschlossen. Allerdings reagiert der oberflächennahe Durchfluss in den Hangmoorbereichen fast ohne zeitliche Verzögerung auf Niederschlagsereignisse, und er kann auch innerhalb von wenigen Stunden nach Beendigung des Niederschlagsereignisses wieder deutlich abnehmen. Auch bei anderen anthropogenen Störungen des Wasserhaushaltes auf diesen Nassstandorten, wie Wegebau mit Wegebegleitgräben oder Konzentration des freien Wassers durch Rohrdurchlässe, sinkt der freie Wasserspiegel fast ohne zeitliche Verzögerung ab. Auch bei einer großflächigen Nutzung der Baumbestockung von Hang- und Quellmoorbereichen im Kahlschlag sinkt der freie Wasserspiegel, da sich das Mikroklima in extremer Weise verändert, denn die Verdunstungsebene oberhalb der Baumkronen wird nun auf die Ebene der Torfmoose reduziert. In den wassergesättigten Hangbrüchern muss nun von einer Verdunstung nahe der potenziellen Verdunstung ausgegangen werden, welche nur durch atmosphärische Bedingungen gesteuert wird, während vorher die Spaltöffnungen in den Nadeln und Blättern der aufstockenden Wälder entsprechend dem geringer werdenden Wasservorrat in den Böden die aktuelle Verdunstung eingeschränkt haben. Hinzu kommt, dass die Baumwurzeln das Verdunstungswasser zumindest teilweise aus mehreren Dezimetern Bodentiefe entnehmen. Im Hangbruch ohne Waldbestand stammt das Wasser dagegen unmittelbar aus der Verdunstungsebene, da die Torfmoose keine Wurzeln besitzen und das ungespannte Grundwasser im Idealfall bis an die Oberfläche ansteht.

Aus gestörten Hangmooren fließt das Wasser in stark ausgeprägten Spitzen ab. In naturnahen Hangbrüchern und Waldmooren ist der Abfluss ausgeglichen und ohne wesentliche Abflussspitzen. Hier steht ungespanntes Grundwasser

permanent in den obersten Zentimetern der Torfaufgabe an, wenn es das Mikrorelief und die oberflächennahe Wasserführung durch das Bodensubstrat zulassen. Das Vermeiden von Abflussspitzen und die zeitliche Entzerrung von Abflussspitzen aus unterschiedlichen Seitentälern und von verschiedenen Vorflutern kann aber eine wirksame Maßnahme zur Risikodämmung bei Sturzfluten sein. Renaturierungsmaßnahmen regulieren damit den Oberflächenabfluss, insbesondere, wenn die zurückgebauten Drainage- und Wegebegleitgräben ursprünglich zur Tiefenerosion neigten und nicht Teil des natürlichen, reliefbedingten und permanent vorhandenen Entwässerungssystems waren.

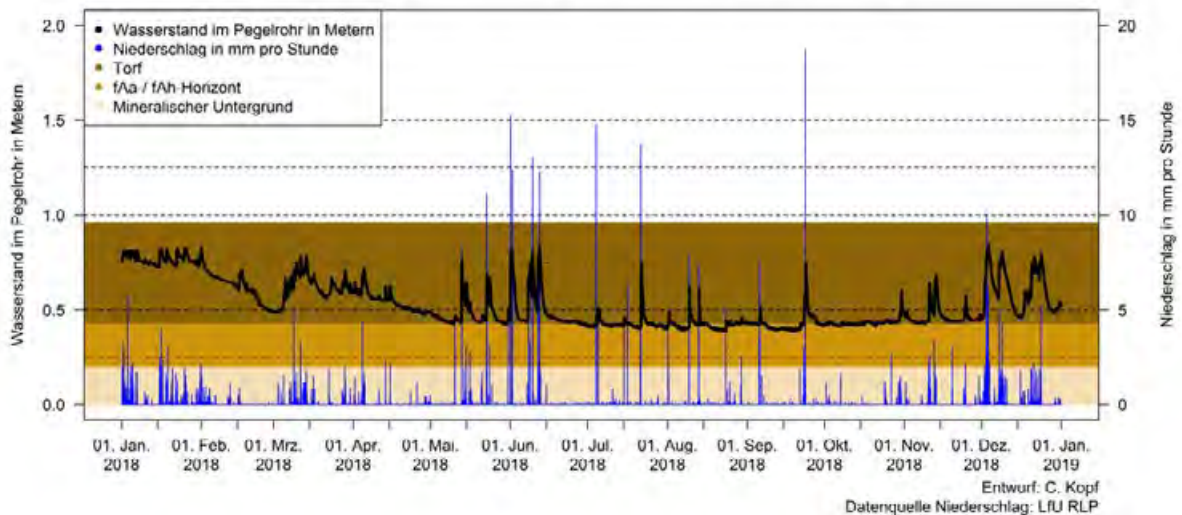
Da Hochwasserwellen auch in unbewirtschafteten Wäldern in Abhängigkeit von den auslösenden meteorologischen Ereignissen und den Standortbedingungen entstehen können und weil auch die umsichtigste Waldbewirtschaftung starke Abflussspitzen nicht verhindern kann, muss dem abfließenden Wasser Platz gegeben werden, wo immer es möglich ist. Um den Abfluss so lange wie möglich hinauszuzögern, muss sich das Wasserrückhaltmanagement darauf konzentrieren, das Wasser in ausreichend dimensionierten Retentionsräumen wie Bach- und Flusstälern zurückzuhalten; sie sind natürliche Retentionsräume. Hier muss sich im Falle von Sturzfluten und Hochwasserwellen Oberflächenwasser in der gesamten Fläche verteilen können, sodass Abflussspitzen gebrochen und zeitlich verzögert werden. Die natürliche Struktur von Waldbächen, Flüssen und Bach- wie Flusssauen muss daher geschützt, gefördert oder wiederhergestellt werden, mit dem Ziel, ihre Wasserrückhalte-Funktion wiederherzustellen bzw. zu erhalten. Die Fließlinien, die Sohlstruktur sowie der Zustand der Ufer und der Vegetation in den Tälern sollten so natürlich wie möglich sein, um möglichst viel Wasser zurückzuhalten und den Abfluss möglichst lange zu verzögern. Natürliche Bäche und Flüsse haben oft

einen unregelmäßigen, mäandrierenden Verlauf, ein reichhaltig und vielfältig strukturiertes Flussbett und eine entsprechende Ufervegetation. Die Bepflanzung mit Weiden in Wellenbrechern und Bühnen als Fließhindernis und zur Unterstützung der Mäandrierung von Bächen und Flüssen ist eine biologisch-technische Maßnahme, um einen naturnahen Zustand von Flüssen und Auen wiederherzustellen und das Flusstal als Retentionsraum

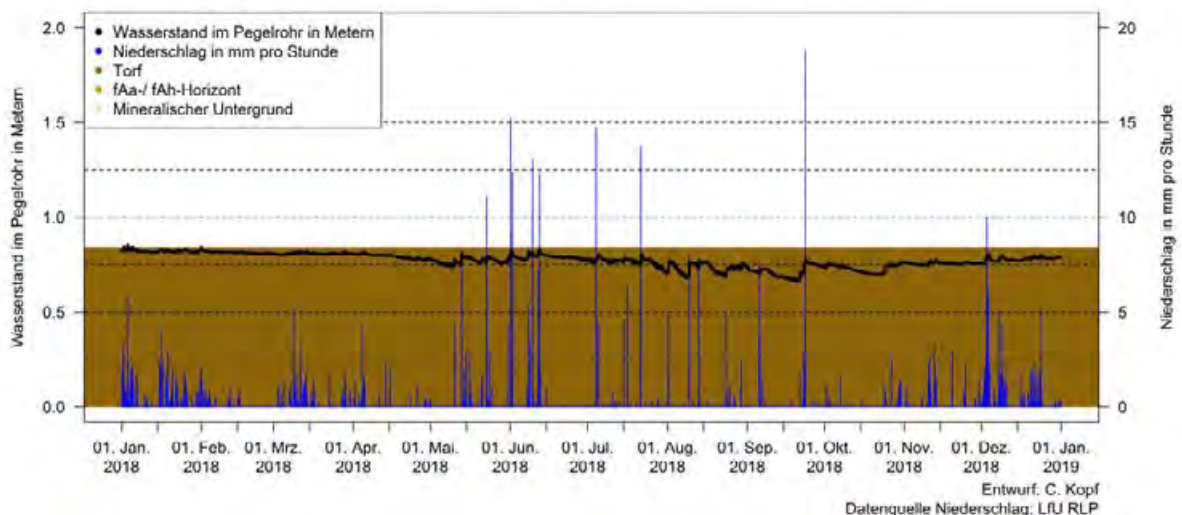
zurückzugewinnen. Waldwege in Überschwemmungsgebieten schränken deren Retentionsvermögen ein. Wenn neue Straßen oder Waldwege entlang von Bach- und Flussläufen gebaut werden, sollten sie weit genug vom Fluss entfernt sein, um einen Konflikt zwischen Flussentwicklung und Straßenbau zu vermeiden. Alte Wege entlang von Flussläufen sind zu deaktivieren und langfristig zu sanieren.

Pegelstand, stark wechselnd in einem gestörten Hangbruch (Thranenbruch) oben, und ausgeglichen in einem naturnahen Hangbruch (Riedbruch) unten, beide im Nationalpark Hunsrück-Hochwald (Kopf 2019)

Thranenbruch 4.3 : stündlicher Pegelwasserstand und Niederschlag



Riedbruch 2.2 : stündlicher Pegelwasserstand und Niederschlag



Überschwemmungsgebiete in unbesiedelten Gebieten haben dann ein gutes natürliches Rückhaltevermögen, wenn sich ein Spitzenabfluss während der Hochwasserentstehungsphase über die gesamte Talsohle ausbreiten kann um die Hochwasserwelle flussabwärts zu verzögern, ohne gleichzeitig einen solchen Rückstau zu erzeugen, der Oberlieger gefährden kann. Daher sollte die Flächennutzung in den Überschwemmungsgebieten die Wasserstandsdynamik in den Tälern widerspiegeln.

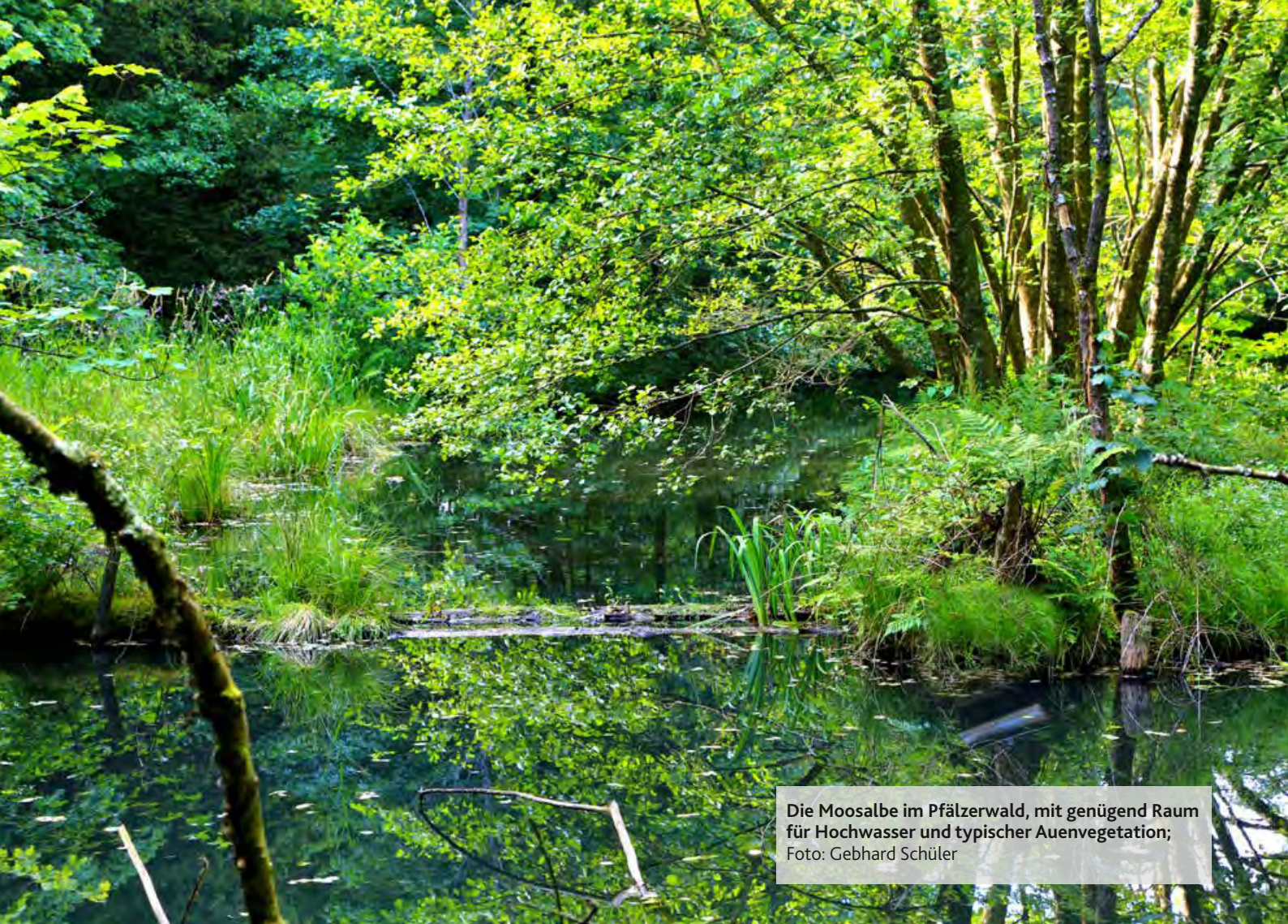
Dem Hochwasserschutz dienen auch künstliche Kleinretentionsräume (Kleinrückhalte), z.B. Wegedämme die ein Fließgewässer kreuzen, Rückhaltebecken oder ehemalige Fischteiche in engen Kerbtälern. In einer größeren Anzahl terrassenartig hintereinandergeschaltete Rückhaltebecken verzögern auch bei nur geringem Einstauvolumen den ungebremsten Abfluss einer Hochwasserspitze. Kleinrückhalte sollten sich allerdings auch wieder antizyklisch zur Wasserwelle entleeren.

Zur Ausnutzung eines effektiven Wasserrückhalte und -speichervermögens im Wald müssen alle örtlich möglichen Maßnahmen ergriffen werden und zwar beginnend nahe am Ort der Abflussentstehung. Im engen räumlichen Zusammenhang wirkt sich jede Maßnahmenkombination positiv auf die Spitzenabflussminderung aus und Abflusspeaks werden zeitlich entzerrt. Kleinräumlich führt jede zusätzliche Hochwasservorsorgemaßnahme zu einer Verlängerung der Periode, in der Hochwasser zu erwarten ist. Ab einer gewissen Schwelle sind die Hochwasserwellen allerdings so groß, dass selbst die Kombination verschiedener Landnutzungsmaßnahmen nur noch einen untergeordneten Einfluss auf den Gesamtabfluss haben. Ab da schützen nur noch technische Maßnahmen und Vorwarnsysteme. Dieser Schwellenwert hängt von der meteorologischen Situation, vom Standort und seiner Wasserspeicherkapazität, damit vom Boden, von der Geologie, von der Landnutzung und der Landschaftsmorphologie ab.

Die Wirksamkeit von vorsorglichen Wasserrückhaltemaßnahmen in Wäldern muss auch immer im Zusammenhang mit der jeweiligen Beobachtungsebene diskutiert werden.

Das Schlüsselwort ist "verringert", denn wenn großräumige extremklimatische Situationen Hochwasserwellen erzeugen, müssen übergeordnete räumliche Hochwasserschutzplanungen die jeweilige Gefahrenschwelle in Abhängigkeit vom Schadenspotenzial in den Einzugsgebieten prognostizieren und entsprechende Schutzmaßnahmen einleiten können.

Eine sinnvolle Hochwasservorsorge erfordert in allen unterschiedlichen räumlichen Ebenen das Zusammenwirken von Wasserwirtschaft, Landwirtschaft und Weinbau sowie der Raum- und Infrastrukturplanung und -bewirtschaftung im Siedlungs- und Verkehrsbereich in Verbindung mit der Raumordnung in einem echten ökohydrologischen Ansatz.



Die Moosalbe im Pfälzerwald, mit genügend Raum für Hochwasser und typischer Auenvegetation;
Foto: Gebhard Schüler



Der Frankelbach in der Nordpfalz, eingengt und verrohrt, kein Überflutungsraum, keine Auenvegetation, Gefahr durch Verklauung; Foto: Hans-Werner Schröck