

Wasserrückhaltung für ein klima- angepasstes Waldmanagement – Warum, was und wie?

Dr. Heike Puhlmann¹, Simon Keller¹, Katharina Wilbrand², Raphael Habel¹, Lea Staiger¹

¹Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Boden und Umwelt

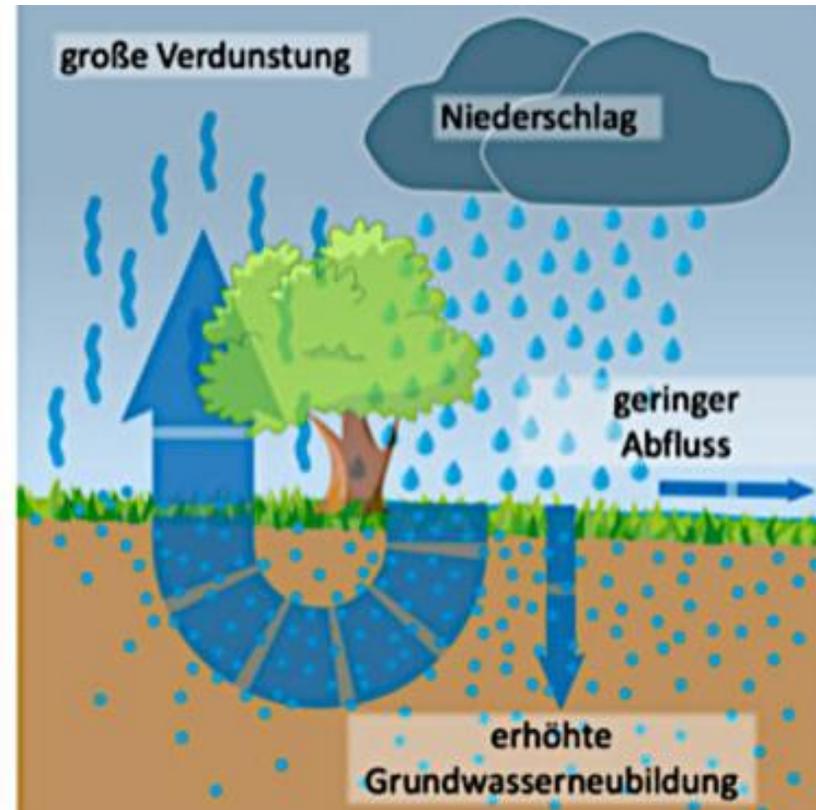
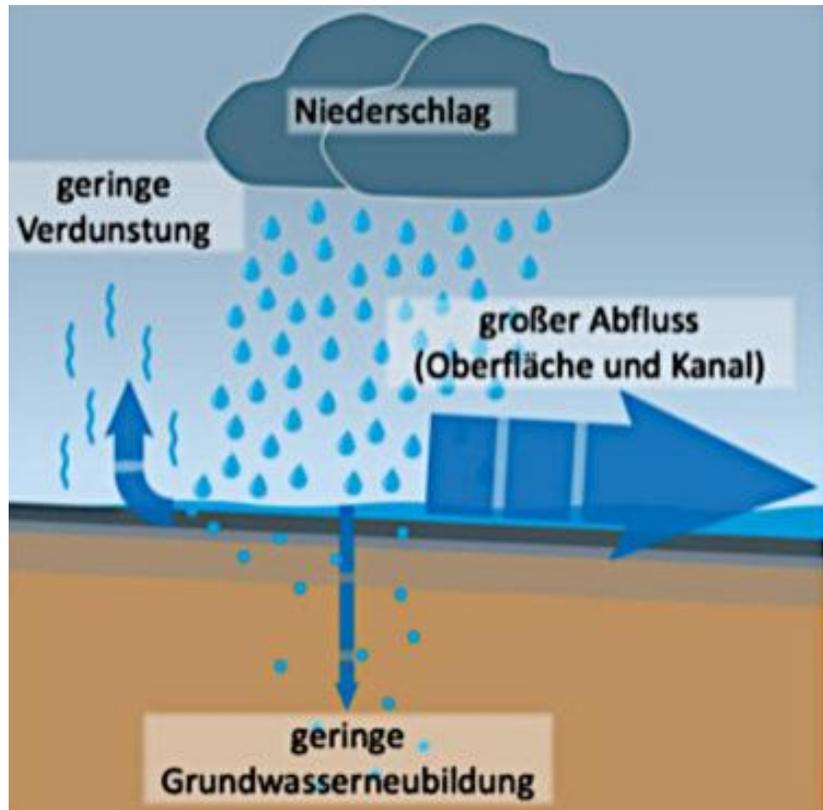
²Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Professur für Hydrologie

Kontakt: heike.puhlmann@forst.bwl.de

1

Brauchen wir mehr Wasserrückhalt im Wald ?

Wälder wirken ausgleichend auf den Wasserhaushalt



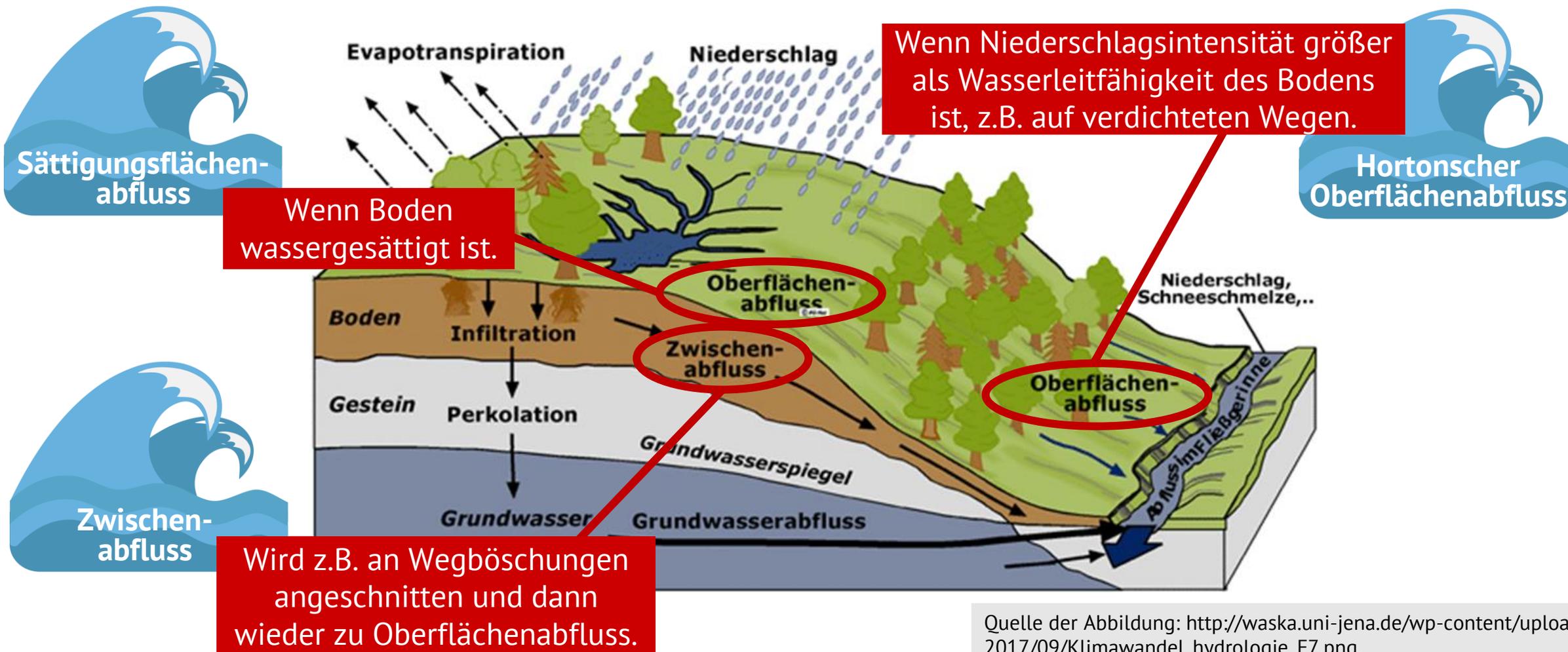
Wälder sind natürliche „Schwämme“:

großer Interzeptions-
speicher und hohe
Transpiration der Bäume

hohe Infiltrations- und
Speicherleistung der
Waldböden

Quelle der Abbildung: <https://at.scientists4future.org/2022/03/16/wasserhaushalt-in-der-stadt/>

Wo die Schwammwirkung versagt...



Quelle der Abbildung: http://waska.uni-jena.de/wp-content/uploads/2017/09/Klimawandel_hydrologie_F7.png

Stärkung der Schwammwirkung hat viele positive Auswirkungen



Hochwasser

Ein dezentraler Rückhalt von Niederschlags-/ Oberflächenwasser kann **Hochwasserentstehung aus Waldgebieten abmildern und verzögern.**



Erosion

Eine optimierte Ableitung des Wegewassers und eine Wiederversickerung in geeignete Waldbestände können **Erosionsschäden an Wegekörpern und Wegeunterhaltungskosten verringern.**



Trockenheit

Rückhalt kann Versickerung und damit **Bodenfeuchte und Grundwasserneubildung erhöhen.** Rückhalte können sich als **temporäre Feuchtgebiete** zu wertvollen Trittsteinen für den Biotopverbund entwickeln.



2

**Wie kann die Schwammwirkung
von Wäldern gestärkt werden ?**

KWM-Kriterium 11: ein Buch mit sieben Siegeln?



Kriterium 11 Klimaangepasstes Waldmanagement:

Maßnahmen zur Wasserrückhaltung, einschließlich des Verzichts auf Maßnahmen zur Entwässerung von Beständen und Rückbau existierender Entwässerungsinfrastruktur, bis spätestens fünf Jahre nach Antragstellung, falls übergeordnete Gründe vor Ort dem nicht entgegenstehen.

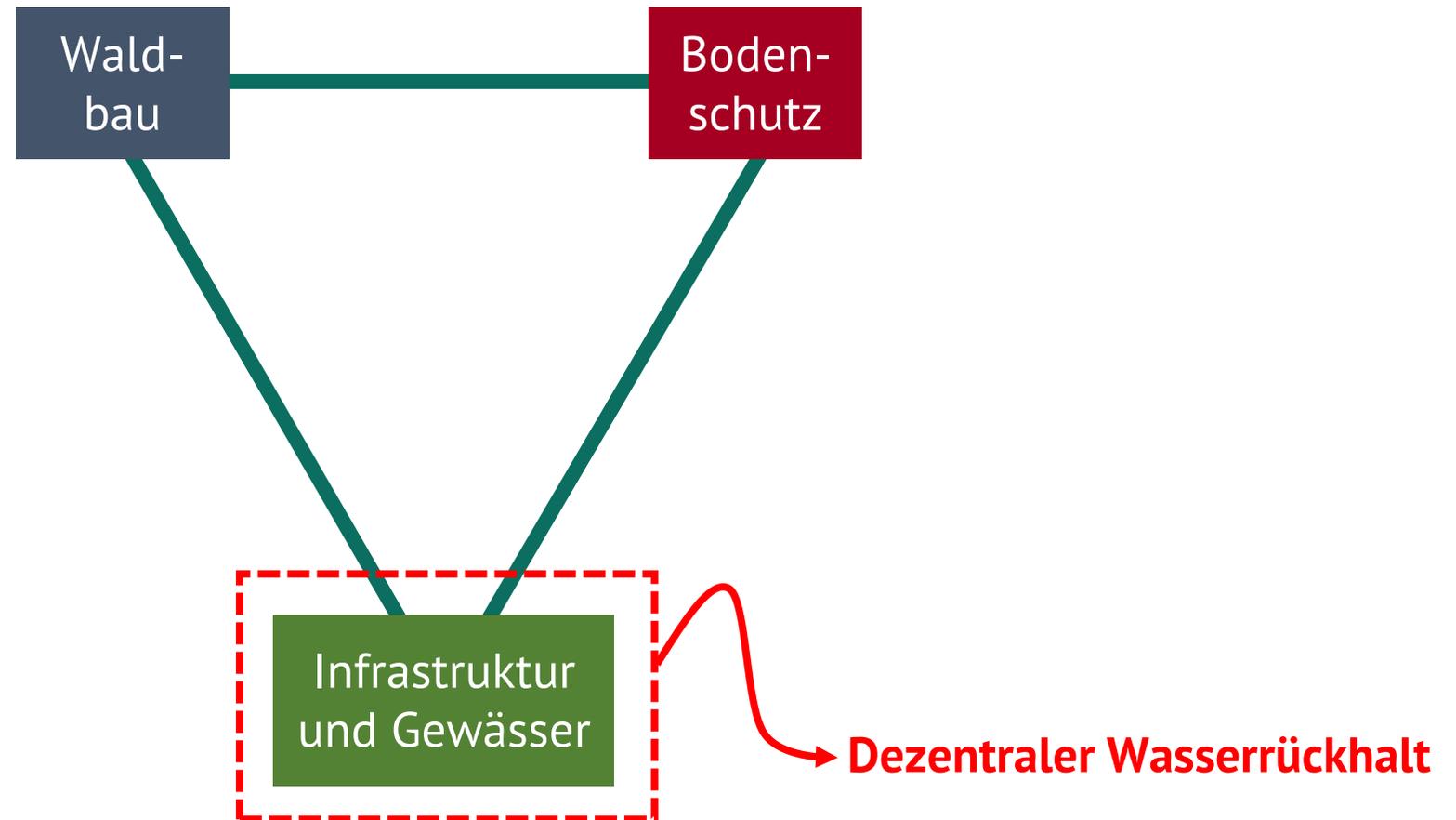
KWM-Kriterium 11: ein Buch mit sieben Siegeln?



Glossar der FNR zu Kriterium 11:

Maßnahmen zur Wasserrückhaltung im Wald können über verschiedene Wege erfolgen. Der Abfluss von Wasser aus dem Wald kann z. B. verringert werden über den **Rückbau von bestehenden Entwässerungsstrukturen**, die **Renaturierung und Förderung von stehenden und fließenden Gewässern sowie Feuchtgebieten** im Rahmen von wasser- und naturschutzrechtlich abgestimmten Entwicklungskonzepten, ggf. in Kombination mit der Anlage von Feuerlöschteichen. Dienlich sind zudem **Maßnahmen zur Pflege und zum Erhalt einer Humusauflage sowie einer Bodenvegetation, die eine schnelle Ableitung von Niederschlägen in den Waldboden begünstigt** und zur Vermeidung von oberflächlichem Abfluss beiträgt. Auch eine **Verringerung der Feinerschließung oder der Befahrungsintensität** kann die Wasserrückhaltekapazität von Waldböden verbessern.

Angepasster Waldbau, Bodenschutz und optimierte forstliche Infrastruktur



Waldbauliche Möglichkeiten zur Stärkung des Wasserrückhalts



nur kleinlückige Holzentnahme:
Interzeptionskapazität erhalten

horizontale und vertikale Strukturierung
der Bestände: höhere Speicherkapazität
für Niederschläge

rasche Wiederbewaldung
nach Kalamitäten,
Vergrasung vermeiden

Förderung der Naturverjüngung in
Altbeständen: schneller Kronen-
schluss nach Ernte & Kalamitäten

unterschiedlich tief wurzelnde
Baumarten: effektivere Ausschöp-
fung des Bodenwasserspeichers

Wasserrückhalt durch Bodenschutz



- Vermeidung von Bodenverdichtung
 - bodenschonende Holzernte
 - Befahrung nur auf Rückegassen
 - Übererschließung bei Feinerschließung vermeiden
- Vermeidung von Bodenverlust
 - Vermeidung von Erosion
 - forstliche Erschließung nur so viel wie wirklich nötig
 - Erhalt von Humusauflagen und Mineralbodenhumus
- Bodenfunktionen erhalten/regenerieren
 - Abbau standortstypischer Humusformen vermeiden
 - Bodenleben fördern: Aggregatbildung, Stabilisierung des Porengefüges
 - Tiefendurchwurzelung fördern: Porensystem zur Wasserableitung in die Tiefe



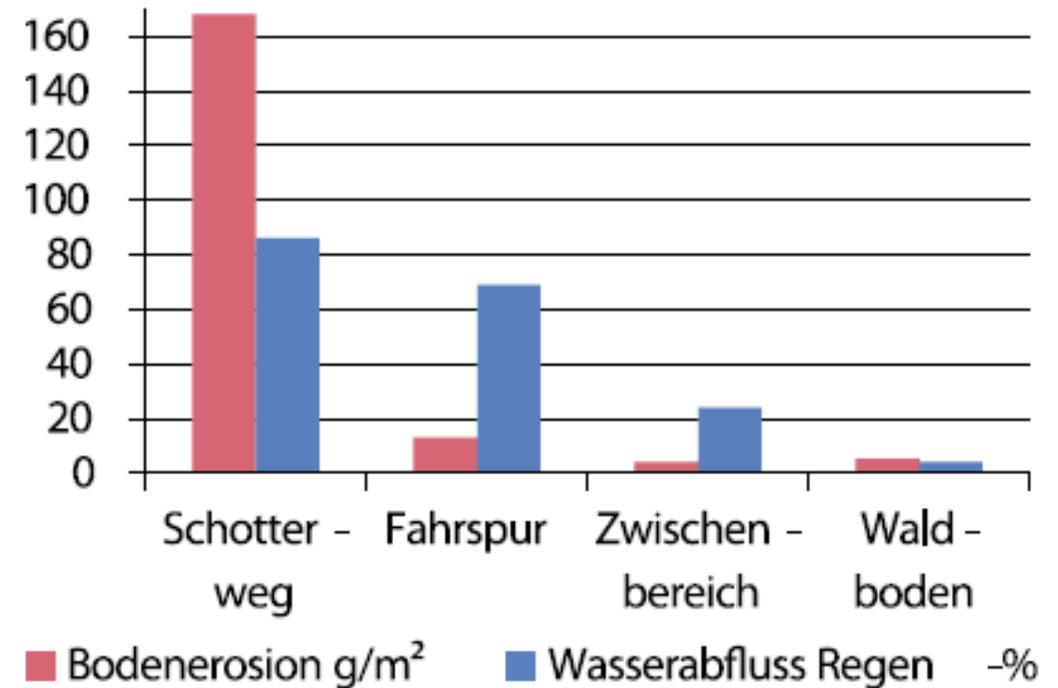
Foto: Peter Hartmann



Foto: Heike Puhlmann

Bodenverdichtung erhöht Oberflächenabfluss und Erosion

Abb.: Oberflächlicher Abfluss und Erosion in Kleinberegnungsversuchen am Laacher See (Eifel)



Quelle: Zemke 2014. Simulation von Abflussbildung und Bodenerosion auf Waldwegen und Rückegassen mittels Kleinberegnungsanlage. In: Beiträge zum 46. Jahrestreffen des Arbeitskreises Hydrologie vom 20.-22. November 2014 in Marburg, Geographica Augustina (eds. Chiffard et al.), S. 15-24.

Möglichkeiten des dezentralen Wasserrückhalts an der forstlichen Infrastruktur und an Waldgewässern



Wege optimieren

Wegewasser ableiten

Häufigere Wasserableitung aus Wegebegleitgräben

Optimierte Lage von Querabschlägen

Verzicht auf bergseitige Wegebegleitgräben

Bremsende Strukturen in Wegebegleitgräben

Wegequerungen verbessern

Optimierte Gestaltung von Wededurchlässen

Ersetzen von Dolen durch Furten

Ersetzen von Dolen durch Rigolen

Wegenetz gestalten

Erhöhung der Oberflächenrauigkeit von Wegen

Bedarfsgerechte Waldwegkategorien

Wege-rückbau

Topographie-angepasste Linienführung

Feinerschließung optimieren

Optimierung des Rückegassennetzes

Wasserableitung von Rückegassen

Retentionsräume schaffen

Versickerungsmulden

Versickerungsgräben

Verdunstungsmulden

Wasserrückhalte an Wegen

Stauanlagen

Entwässerungen rückgängig machen

Rückbau von Entwässerungsgräben auf überwiegend organischen Böden

Rückbau von Entwässerungsgräben auf überwiegend mineralischen Böden

Gewässer hydrologisch aktivieren

Potential von Stillgewässern nutzen

Schaffung und Erhalt von Stillgewässern

Abflussregulierung an Stillgewässern

Fließgewässer renaturieren

Abflussbremsende Strukturen in Fließgewässern

Vergrößerung des Fließquerschnitts

Fließlaufverlängerung

Gewässerumgebung aktivieren

Flutung benachbarter Waldbestände

Aktivierung von Auen und Auenwäldern

Bewaldete Flutpolder

Möglichkeiten des Wasserrückhalts: Wege optimieren



Wegewasser ableiten:

- Häufigere Wasserableitung aus Wegebegleitgräben
- Optimierte Lage von Querabschlägen
- Verzicht auf bergseitige Wegebegleitgräben
- Bremsende Strukturen in Wegebegleitgräben

Wegequerungen verbessern:

- Optimierte Gestaltung von Wededurchlässen
- Ersetzen von Dolen durch Furten
- Ersetzen von Dolen durch Rigolen

Wegenetz gestalten:

- Erhöhung der Oberflächenrauigkeit von Wegen
- Bedarfsgerechte Waldwegkategorien
- Wegerückbau
- Topographie-angepasste Linienführung

Feinerschließung optimieren:

- Optimierung des Rückegassennetzes
- Wasserableitung von Rückegassen

Breitflächiger Wegeabschlag und Weiterleitung in Versickerungsgraben
(Foto: Heike Puhlmann)



Ersetzen von Dolen durch Rigolen
(Foto: Heike Puhlmann)



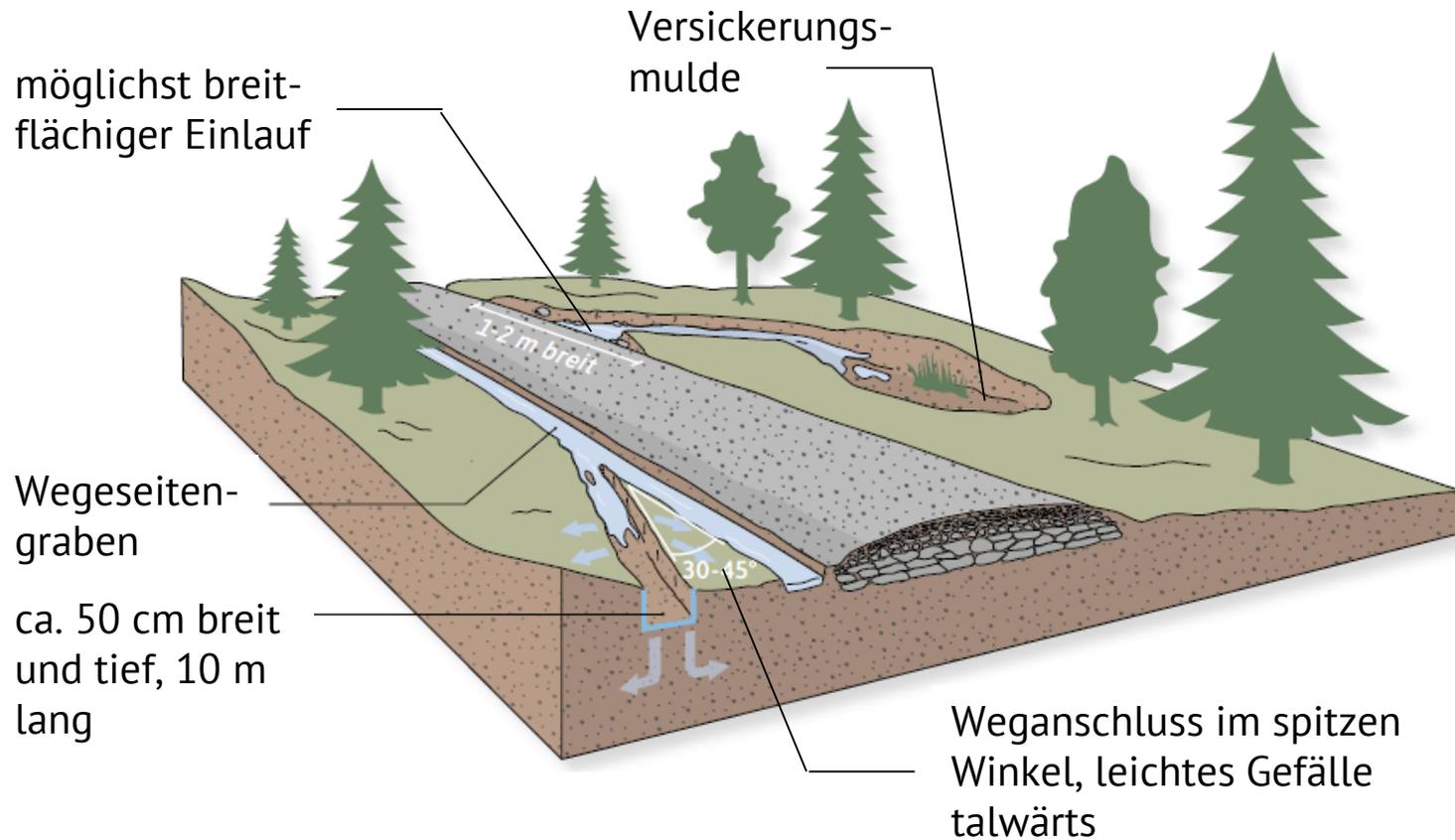
Bepflanzen aufgelassener Rückegassen
(Foto: Peter Hartmann)



Retentionsbecken vor Dolen
(Foto: Daniel Steinbrecher)

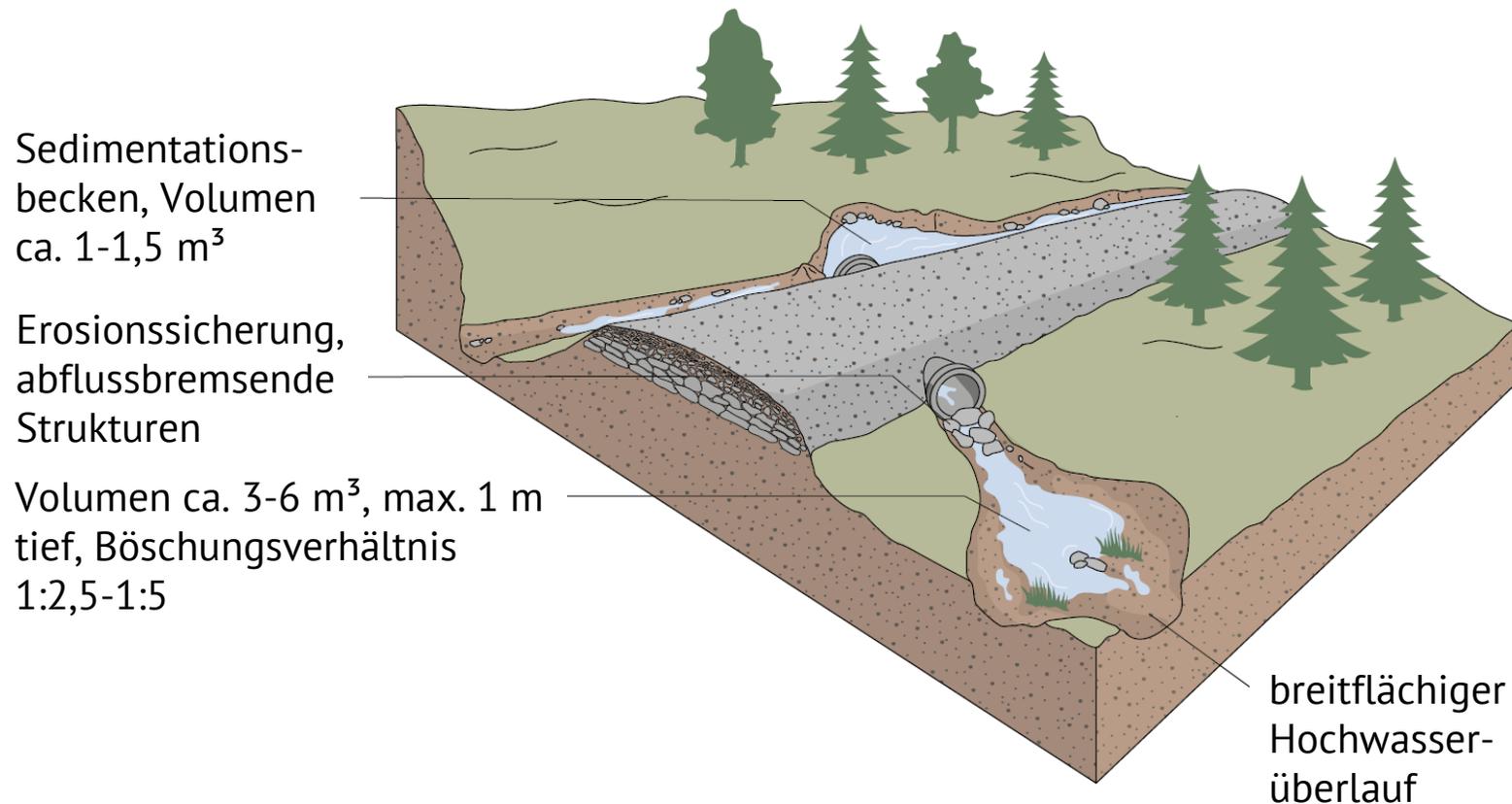


Versickerungsgräben am Weg



- Häufig 10 m Gräben ausreichend (abhängig von Wassermenge und Bodenbeschaffenheit)
- Kleinerer Abstand zwischen Gräben = kleinere Wassermenge = kleinere Grabenlänge
- Falls die Grabenlänge nicht ausreicht, um das anfallende Wasser vollständig zu versickern: Versickerungsmulde am Grabenende anlegen

Versickerungsmulden am Weg



- Idealerweise talseitig der Wege, damit der Wegekörper nicht durchfeuchtet
- Entweder an Wegedurchlässen oder durch einfache Wegabschläge Wasser direkt vom Weg einleiten
- Je nach anfallendem Abflussvolumen alle 50 bis 100 m
- Entfernung zur Mulde sollte Greifweite eines Baggers (5-7 m) nicht überschreiten, um die Wartung zu erleichtern

Möglichkeiten des Wasserrückhalts: Retentionsräume schaffen



Versickerungsmulden
(Foto: Heike Puhlmann)



Kombinationen von
Versickerungs-
gräben und -mulden
(Foto: Ruta Stulpinaite)



Versickerungsgräben
(Foto: Heike Puhlmann)



Kleine Stauanlagen (Quelle: <https://www.blasy-overland.de/de/leistungen/wasserbau>)



Kleinrückhalte an Wegen
(Foto: Marcus Bork)



Verdunstungsmulden
(Foto: Juliane Wüllenweber)



Muldenkaskaden (Foto: Ruta Stulpinaite)



Möglichkeiten des Wasserrückhalts: Gewässer hydrologisch aktivieren



Potential von Stillgewässern nutzen:

- Schaffung und Erhalt von Stillgewässern
- Abflussregulierung an Stillgewässern

Fließgewässer renaturieren:

- Abflussbremsende Strukturen in Fließgewässern
- Vergrößerung des Fließquerschnitts
- Fließlaufverlängerung

Gewässerumgebung aktivieren:

- Flutung benachbarter Waldbestände
- Aktivierung von Auen und Auenwäldern
- Bewaldete Flutpolder

Abflussregulierung mit Schlitzdrossel
(Foto: Florian Schmid)



Einbringen abflussbremsender Strukturen
(Foto: Jonathan Schmid)



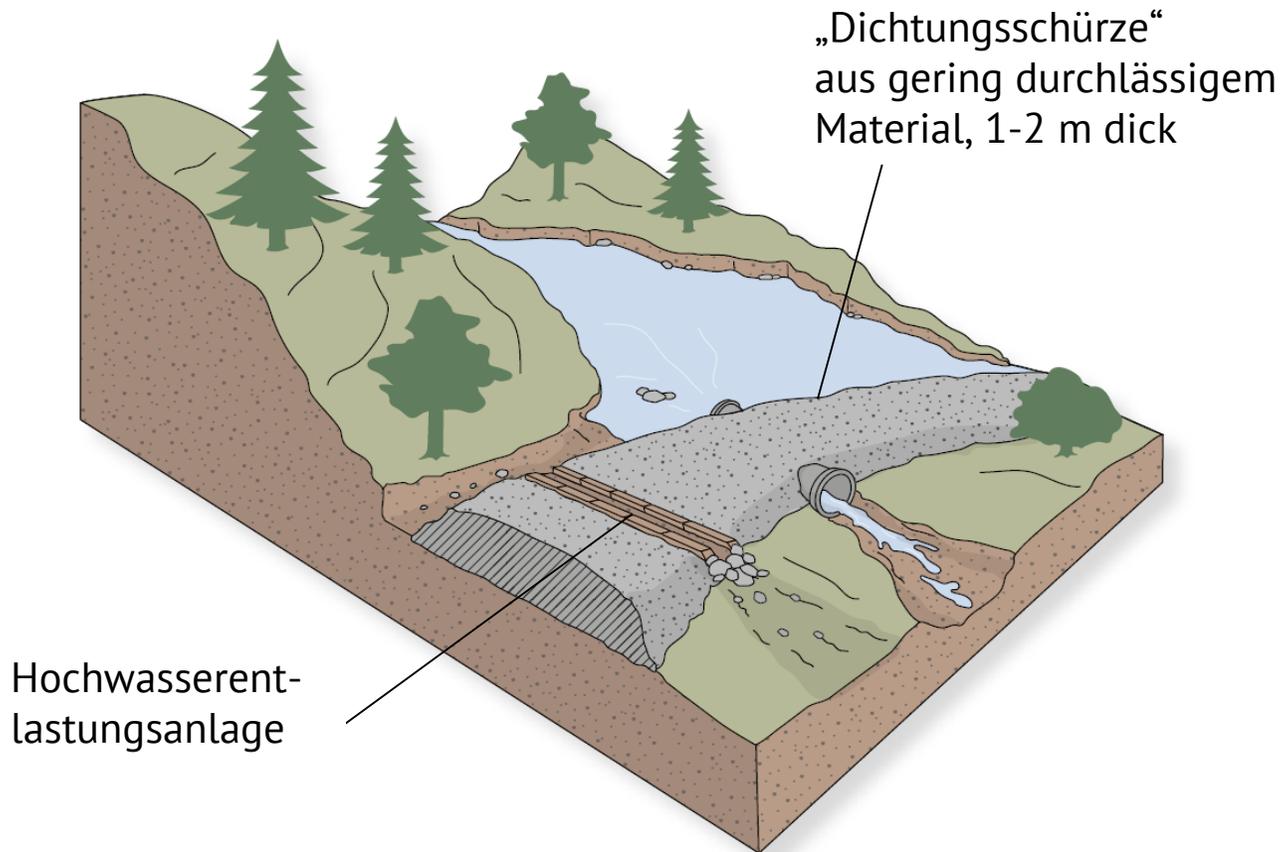
Tiefer-/Rückverlegung von Dämmen
(Foto: Jonathan Schmid)



Reaktivierung ehemaliger Weiher
(Foto: Daniel Steinbrecher)



Kleinrückhalte an Wegen



- Bestehende Rückhalte an Wegen durch Vergrößerung des Stauraums (Ausbaggern, Tieferlegen des Auslasses) und Verkleinerung des Auslassquerschnitts optimieren
- Geeignete Hochwasserentlastung durch Furt, Rigole oder einen zweiten, knapp unterhalb des Vollstauniveaus platzierten Durchlass vorsehen
- Auslass so dimensionieren, dass Becken nach Vollstau innerhalb weniger Tage leerläuft, um Aufweichung des Wegs zu verhindern
- Im tiefsten Punkt sollte eine Restwasserfläche als Rückzugsort erhalten bleiben.

Hilfe zur Selbsthilfe: Maßnahmensteckbriefe

Zu finden auf:
www.fva-bw.de/wasserspeicher-wald



Wegequerungen verbessern

Ersetzen von Rohrdurchlässen durch Rigolen

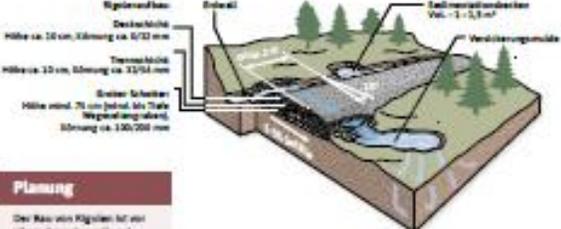
Rigolen sind durchlässige Schotterriegel im Wegekörper, die Wasser aus bergseitigen Wegeseitengraben aufnehmen und kontrolliert auf der Talseite versickern lassen. Anders als klassische Rohrdurchlässe verlängern sie den Abfluss und fördern eine gleichmäßige Versickerung auf der Talseite.

www.fva-bw.de/wasserspeicher-wald
 Das Projekt wird im Rahmen der Waldstrategie des Landes Baden-Württemberg gefördert.



Wirkung
 Wie klassische Rohrdurchlässe leiten Rigolen das Wasser aus den bergseitigen Wegeseitengraben in den talseitigen Waldbestand. Dabei wird der Abfluss jedoch stärker gebremst und ein Teil des Wassers versickert direkt unter der Rigole in den Untergrund. Dies führt zu einem verringerten und verlängerten Abfluss auf der Talseite, was das Risiko einer Rinnenbildung und erneuter Abflussbeschleunigung reduziert. Die verdrängte Versickerung unter dem Wegekörper und auf der Talseite der Rigole erhöht zudem die Bodenfeuchte und fördert die Tiefenversickerung.

Voraussetzungen
 Rigolen werden vor allem für flach geneigte Wege mit einer Längsneigung von bis zu 6 % empfohlen. Um eine lange Funktionstüchtigkeit der Rigolen zu sichern, sollte das einströmende Wasser weitgehend frei von Schwebstoffen sein. Hierfür wird auf der Hangseite vor der Rigole Platz für ein ausreichend dimensioniertes Sedimentationsbecken benötigt, in dem das einströmende Wasser abgebrannt und ein Teil der Schwebstoffe abgesetzt werden. Rigolen sind problemlos befahrbar, tragen bei geeigneter Bauweise auch die erforderlichen Nutzlasten und schränken somit die normale Wegnutzung nicht ein.



Planung
 Der Bau von Rigolen ist vor allem dann sinnvoll und mit geringem Flächenverlust verbunden, wenn die Abwasserführung im Zuge der Wegunterhaltung ohnehin geplant ist. In der Regel erfordert die Anlage von Rigolen keine großräumige Baumaßnahmen, da sie sich einfach auf der Talseite der Rigole einbringen lassen und ein direkter Wasserlauf aus der Rigole zu erwarten ist. Für eine Abwasserführung ist die Wasserdurchlässigkeit der Rigole entscheidend. Auch ist eine Absprache mit der Naturschutzbehörde ratsam, um bei der Wartung der Sedimentationsbecken, Entwässerungsböschung und anderen Maßnahmen vor Ausfällen bewirtschaften zu können.

Bauliche Realisierung
 Rigolen werden wie Rohrdurchlässe schräg zur Wegekante und mit einem Gefälle von 3 bis 6 % angelegt. Dafür wird das notwendige Material auf einer Länge mindestens zwei Meter und einer Tiefe von etwa einem Meter entnommen. Die unterste mindestens 75 cm werden mit Geröllschicht (Körnung 10 bis 20 cm) ausgefüllt, darüber folgt eine etwa 20 cm dicke Trennschicht aus feineren Geröllschicht (3 bis 6 cm) und abschließend eine 10 cm Wegekantenmaterial. Bei Bedarf kann eine Trennschicht aus Filzmaterial eingesetzt werden, damit Material aus der Tragschicht nicht in den Entwässerungsbereich rutscht. Das Sedimentationsbecken sollte im bergseitigen Wegeseitengraben nach Möglichkeit einige Meter vor der Rigole platziert werden, um es räumlich vom Rigolenlauf zu trennen und somit den Sedimenteintrag weiter zu reduzieren. Die Seite des Sedimentationsbeckens sollte unterhalb des Niveau der Rigole liegen. Um die Unterhaltung des Abflusses in Richtung Rigole zu vereinfachen, wird der Wegeseitengraben unterhalb der Rigole durch einen Entwässerungsböschung mit hohen Durchflussmengen empfohlen. Auf der Talseite sollte eine Versickerungsmulde (z. B. Vertiefung) unterhalb der Rigolenlauf liegen, um Ausbreitungen zu vermeiden.

Wartung
 Zur Lebensdauer von Rigolen tragen noch keine verlässlichen Untersuchungen vor. Um die Funktionstüchtigkeit zu gewährleisten, ist das regelmäßige Auslagern der Sedimentationsbecken erforderlich. Besonders bei starken Weggefällen, schnellen Abflüssen, erosionsgefährdeten Böden und hohen Laubfrachten ist die Wegseitengraben nach einer halben bis einem Jahr die Rigole schnell zu reinigen. Die Häufigkeit der Wartungsmaßnahmen hängt stark von den Standortbedingungen ab. Dabei sollte der Sedimenteintrag frühzeitig nach dem Bau und insbesondere nach starken Abflussereignissen überprüft werden.

Veröffentlicht:

- Rigolen

Ab Oktober:

- Furten
- Versickerungsmulden
- Verdunstungsmulden
- Rückhaltebecken an Wegen

Ab Dezember:

- Wasserableitung von Wegen
- Wasserableitung von Rückegassen
- Regeneration von Rückegassen

3

Wie loslegen ?

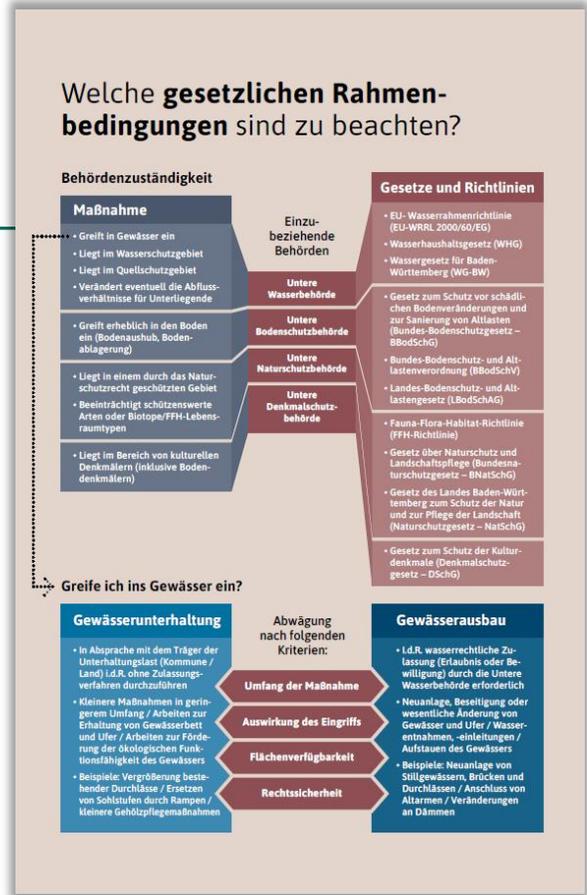
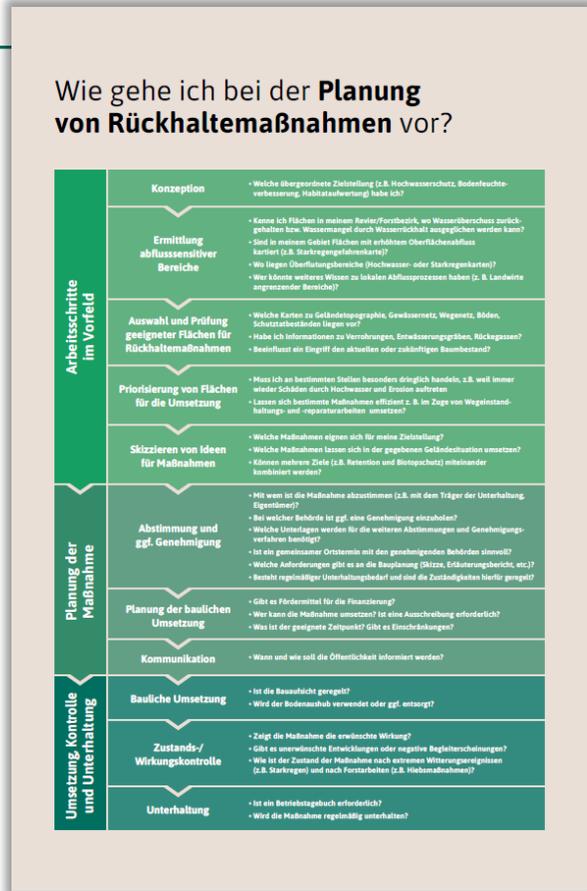
Planung und Umsetzung von Rückhaltemaßnahmen



Der Klimawandel verstärkt Starkregeneignisse und verlängert Trockenphasen im Sommer. Schäden können durch gezielte Rückhaltung und Speicherung von Niederschlagswasser im Wald abgemildert werden: Verminderter Oberflächenabfluss und eine verstärkte Wasserspeicherung verbessern den Wasserhaushalt nicht nur lokal, sondern können sich auch auf unterliegende Siedlungs- und Landwirtschaftsflächen positiv auswirken. Der Hochwasserabfluss bei Starkregen kann verringert, die

Online-Steckbriefe
Forstleute und Waldbesitzende können auf der Projektwebsite ausführliche Steckbriefe geeigneter Maßnahmen zum dezentralen Wasserrückhalt finden.

Grundwasserneubildung gefördert und die Wasserversorgung der Wälder in Trockenphasen stabilisiert werden. Gleichzeitig können durch einen verstärkten Wasserrückhalt Gewässer und ihr Umfeld sowie Feuchthabitate ökologisch aufgewertet und so an den Klimawandel angepasst werden.



<https://www.waldwissen.net/de/technik-und-planung/forsttechnik-und-holzernte/bodenschutz/wasserrueckhaltung-im-wald>

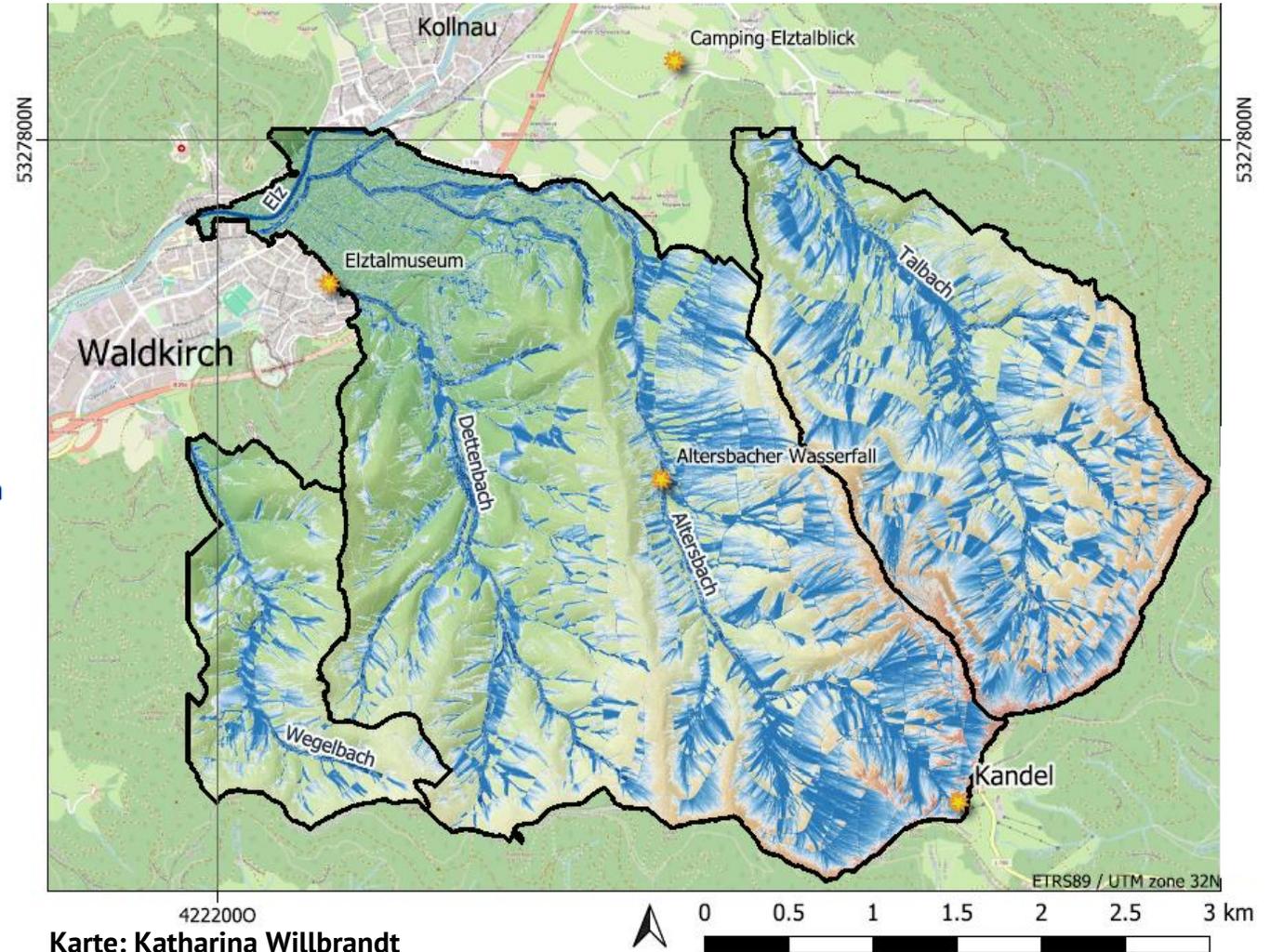
Ermittlung geeigneter Flächen für Rückhaltemaßnahmen



1

Information zu Abflussbildung und -konzentration: *Wo entsteht viel Abfluss? Wo fließt das Wasser ab?*

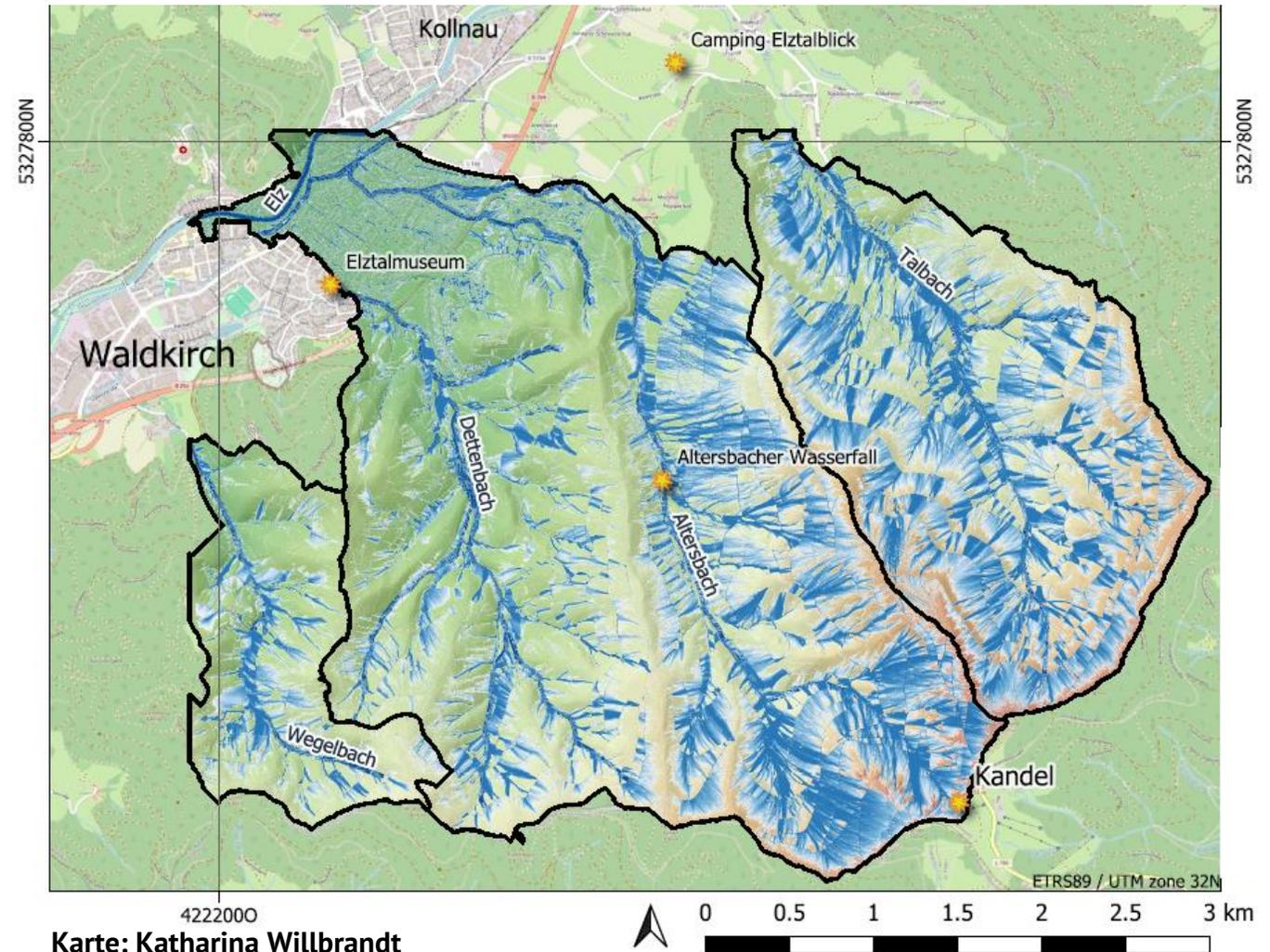
- Waldkirch - Abflusskonzentration
- Einzugsgebiets-Grenze
 - Landmarken
 - Fließgewässer
- Abflusskonzentration
- mittel
 - hoch
 - sehr hoch
- Geländehöhe im Einzugsgebiet (m)
- 1300
 - 200



Ermittlung geeigneter Flächen für Rückhaltemaßnahmen



- 1 Information zu Abflussbildung und -konzentration: *Wo entsteht viel Abfluss? Wo fließt das Wasser ab?*
- 2 Analyse von Topographie und Böden: *Welche Areale eignen sich für den Wasserrückhalt und die Versickerung?*
- 3 Prüfung von Ausschlussgründen (z.B. Schutzgebiete): *Welche Flächen kommen nicht in Frage?*

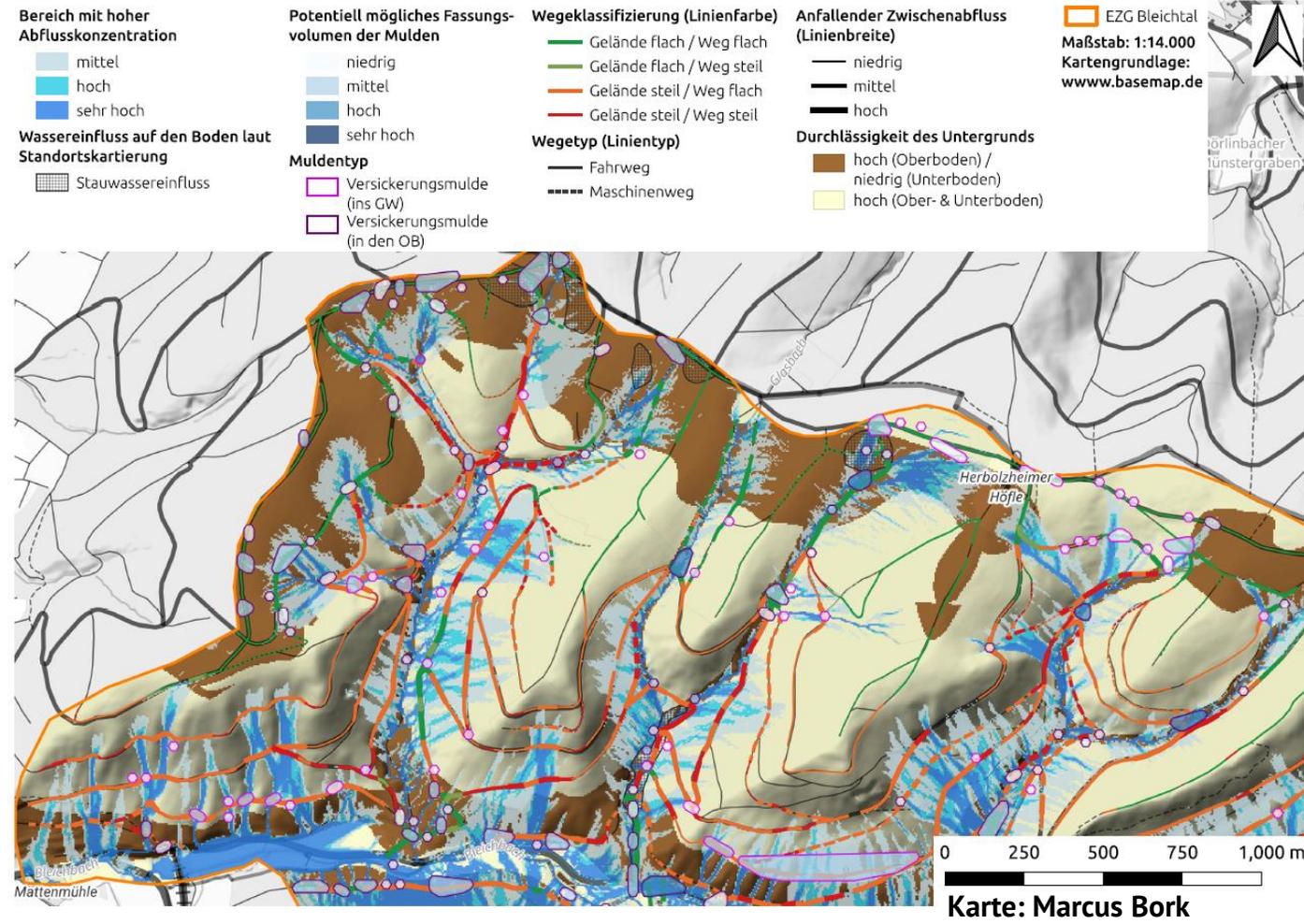


Karte: Katharina Willbrandt

Ermittlung geeigneter Flächen für Rückhaltemaßnahmen



- 1 Information zu Abflussbildung und -konzentration: *Wo entsteht viel Abfluss? Wo fließt das Wasser ab?*
- 2 Analyse von Topographie und Böden: *Welche Areale eignen sich für den Wasserrückhalt und die Versickerung?*
- 3 Prüfung von Ausschlussgründen (z.B. Schutzgebiete): *Welche Flächen kommen nicht in Frage?*
- 4 Identifikation kritischer Bereiche: *Wo kann Starkregen/Hochwasser nicht schadfrei abgeleitet werden?*



Abstimmung und Genehmigung von Maßnahmen

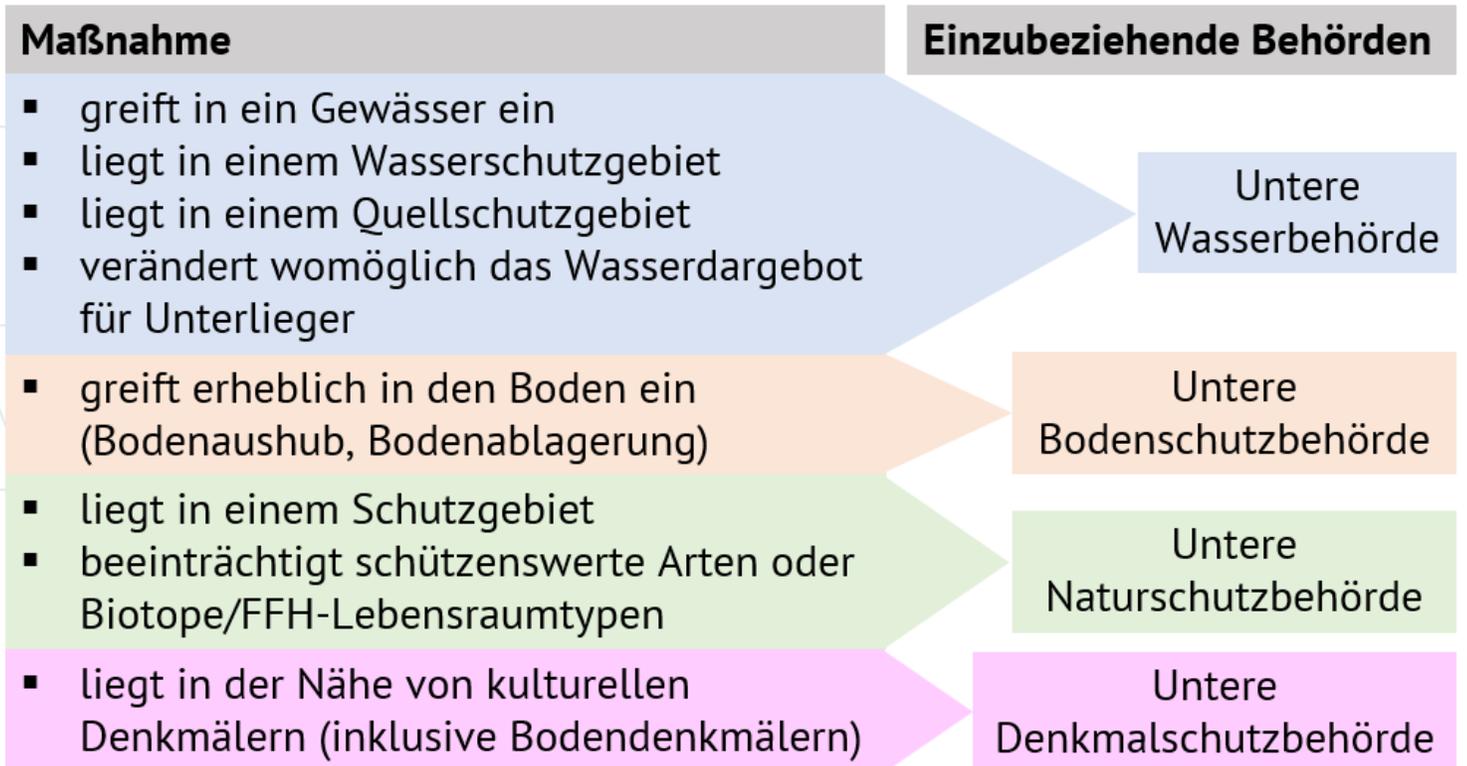


1

Information: *Mit wem ist die Maßnahme abzustimmen? Wann und wie soll die Öffentlichkeit informiert werden?*

2

Abstimmung: *Welche weiteren Unterlagen werden benötigt? Ist ein gemeinsamer Ortstermin mit den genehmigenden Behörden sinnvoll? Welche Anforderungen gibt es an die Bauplanung (Skizze, Erläuterungsbericht, etc.)?*



Vieles ist ohne komplexe Planung und ohne große Mehrkosten möglich!



Wege optimieren

Wegewasser ableiten

Häufigere Wasserableitung aus Wegebegleitgräben

Optimierte Lage von Querabschlägen

Verzicht auf bergseitige Wegebegleitgräben

Bremsende Strukturen in Wegebegleitgräben

Wegequerungen verbessern

Optimierte Gestaltung von Wededurchlässen

Ersetzen von Dolen durch Furten

Ersetzen von Dolen durch Rigolen

Wegenetz gestalten

Erhöhung der Oberflächenrauigkeit von Wegen

Bedarfsgerechte Waldwegkategorien

Wege-rückbau

Topographie-angepasste Linienführung

Feinerschließung optimieren

Optimierung des Rückegassennetzes

Wasserableitung von Rückegassen

Retentionsräume schaffen

Versickerungsmulden

Versickerungsgräben

Verdunstungsmulden

Wasserrückhalte an Wegen

Stauanlagen

Entwässerungen rückgängig machen

Rückbau von Entwässerungsgräben auf überwiegend organischen Böden

Rückbau von Entwässerungsgräben auf überwiegend mineralischen Böden

Gewässer hydrologisch aktivieren

Potential von Stillgewässern nutzen

Schaffung und Erhalt von Stillgewässern

Abflussregulierung an Stillgewässern

Fließgewässer renaturieren

Abflussbremsende Strukturen in Fließgewässern

Vergrößerung des Fließquerschnitts

Fließlaufverlängerung

Gewässerumgebung aktivieren

Flutung benachbarter Waldbestände

Aktivierung von Auen und Auenwäldern

Bewaldete Flutpolder

Take home

- Wasserrückhalt im Wald trägt zur Anpassung an den Klimawandel bei.
- Wasserrückhalt erhöht die Verweilzeit des Wassers im Einzugsgebiet: weniger Hochwasser, mehr Bodeninfiltration, mehr Grundwasserneubildung.
- Es gibt vielfältige Möglichkeiten, den Wasserrückhalt in Wäldern zu stärken:
 - Waldbau
 - Bodenschutz
 - Maßnahmen an Wegen
 - Maßnahmen an Gewässern
 - Rückbau von Entwässerungen
- Viele Maßnahmen können aufwandsarm und ohne große Kosten z.B. im Rahmen der Wegeunterhaltung umgesetzt werden.
- Es gibt keine pauschale beste Lösung. Deswegen: **Anfangen, beobachten, nachbessern!**



Mehr Infos unter:
www.fva-bw.de/wasserspeicher-wald

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**