

# Die unterschätzte Bedeutung von Schutzwäldern in Mittelgebirgen

Erkenntnisse aus dem Hochwasser im Ahrtal



<b>1</b> <b>Auswirkungen des Klimawandels, Katastrophenrisiko und Anpassung an den Klimawandel</b>	<b>3</b>
<b>2</b> <b>Das Extremereignis wird zur Katastrophe – Das Hochwasser im Ahrtal im Juli 2021</b>	<b>4</b>
<b>3</b> <b>Die Verwundbarkeit des Ahrtals am Beispiel des Waldes</b>	<b>5</b>
<b>4</b> <b>Anpassung – Das Konzept des Schutzwaldes im Mittelgebirge</b>	<b>8</b>
<b>5</b> <b>Schlussfolgerung und Forderungen</b>	<b>10</b>

## **➔ Kein Geld von Industrie und Staat**

Greenpeace ist international, überparteilich und völlig unabhängig von Politik und Wirtschaft. Mit gewaltfreien Aktionen kämpft Greenpeace für den Schutz der Lebensgrundlagen. Mehr als 630.000 Fördermitglieder in Deutschland spenden an Greenpeace und gewährleisten damit unsere tägliche Arbeit zum Schutz der Umwelt, der Völkerverständigung und des Friedens.

---

### **Impressum**

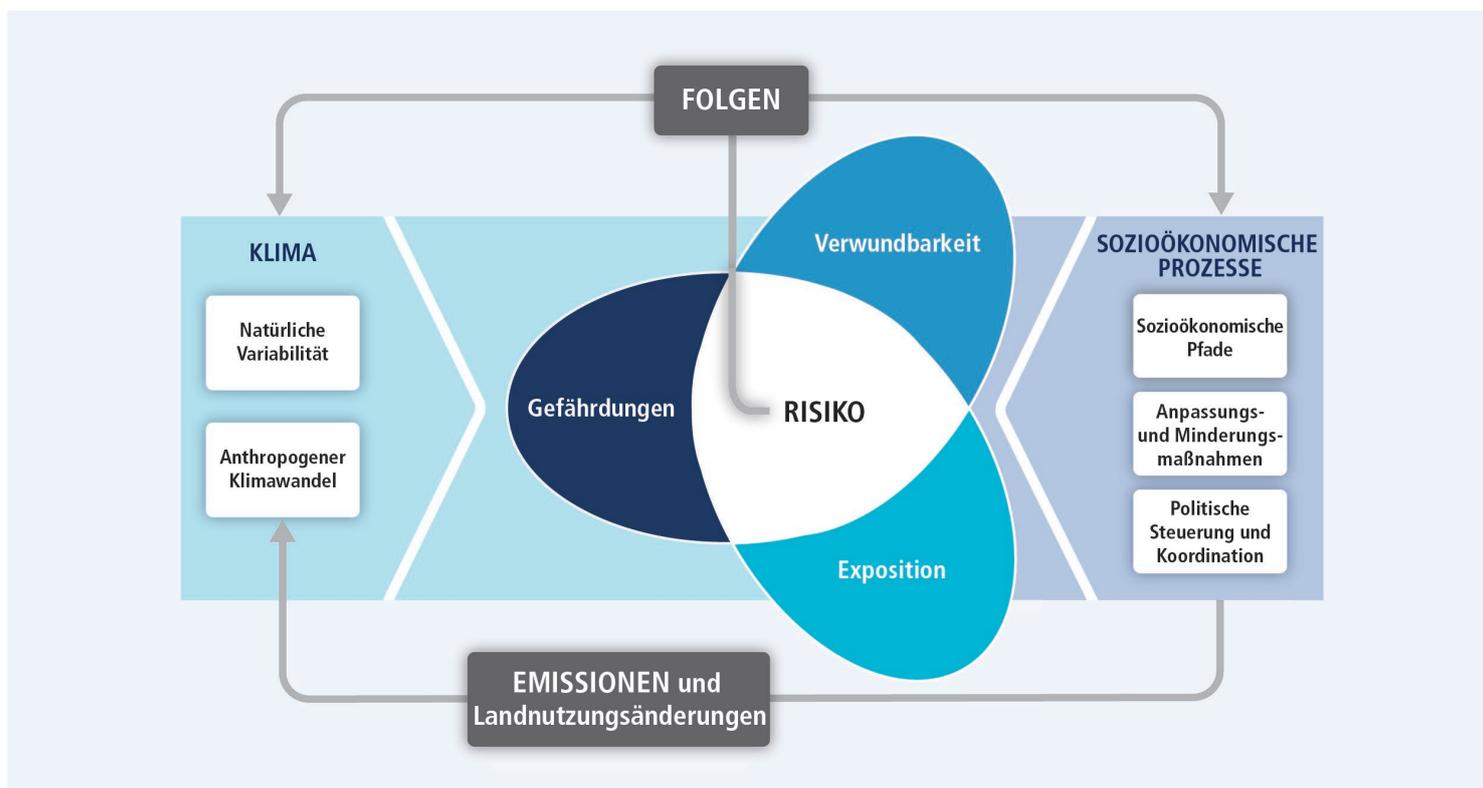
Greenpeace e.V., Hongkongstraße 10, 20457 Hamburg, Tel. 040/3 06 18-0 **Pressestelle** Tel. 040/3 06 18-340, F 040/3 06 18-340, presse@greenpeace.de, www.greenpeace.de  
**Politische Vertretung Berlin** Marienstraße 19–20, 10117 Berlin, Tel. 030/30 88 99-0 **V.i.S.d.P.** Christoph Thies **Text** Torsten Welle **Produktion** Ute Zimmermann  
**Fotos** Titelseite: © Bernd Lauter | Greenpeace · Innenseiten: © Greenpeace; IPCC 2012; DWD 2021; Naturwald Akademie 2021 **Gestaltung** Klasse 3b  
Zur Deckung unserer Herstellungskosten bitten wir um eine Spende: GLS Bank, IBAN DE49 4306 0967 0000 0334 01, BIC GENODEM1GLS

# 1

## Auswirkungen des Klimawandels, Katastrophenrisiko und Anpassung an den Klimawandel

Die aktuelle Klimaerwärmung ist eindeutig den vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen zuzuordnen. Die Extremereignisse, Folgen der Klimaerwärmung, sind schneller eingetreten und lassen sich auch direkt auf die erhöhten Treibhausgasemissionen zurückführen. Zum Teil sind die Extremereignisse sogar intensiver und häufiger geworden als zuvor angenommen (IPCC 2021). Damit steigt auch das Risiko, dass solche Extremereignisse zur Katastrophe werden (IPCC 2012). Im Jahre 2012 wurde ein Sonderbericht des Weltklimarats IPCC zum Management des Risikos von Extremereignissen und Katastrophen erstellt. Darin geht es konkret um die Förderung der Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel (IPCC 2012).

Im Bericht werden Interaktionen zwischen Klima, Umwelt und den Menschen bewertet, die zu Katastrophen führen können. Er zeigt Optionen zum Umgang mit Risiken als auch Anpassungsprozesse auf. Außerdem wird dargestellt, wie klimawandelbedingte Risiken reduziert werden können. Zentral ist hierbei, dass die Art und Schwere der Folgen von Klimaextremen nicht primär vom Ereignis selber abhängt, sondern vielmehr auch von der Exposition (dem „Ausgesetztsein“) und der Verwundbarkeit der menschlichen Gesellschaft und natürlicher Ökosysteme. Im Mittelpunkt des Managements von Katastrophenrisiko und der Anpassung an den Klimawandel stehen die Minderung von Exposition und Verwundbarkeit sowie die Steigerung der Resilienz (Widerstandskraft) gegenüber potenziellen Folgen von Klimaextremen (Abbildung 1). Auch wenn Risiken nicht vollständig beseitigt werden können, reduzieren Anpassungs- und Minderungsmaßnahmen die Risiken des Klimawandels erheblich (IPCC 2012).



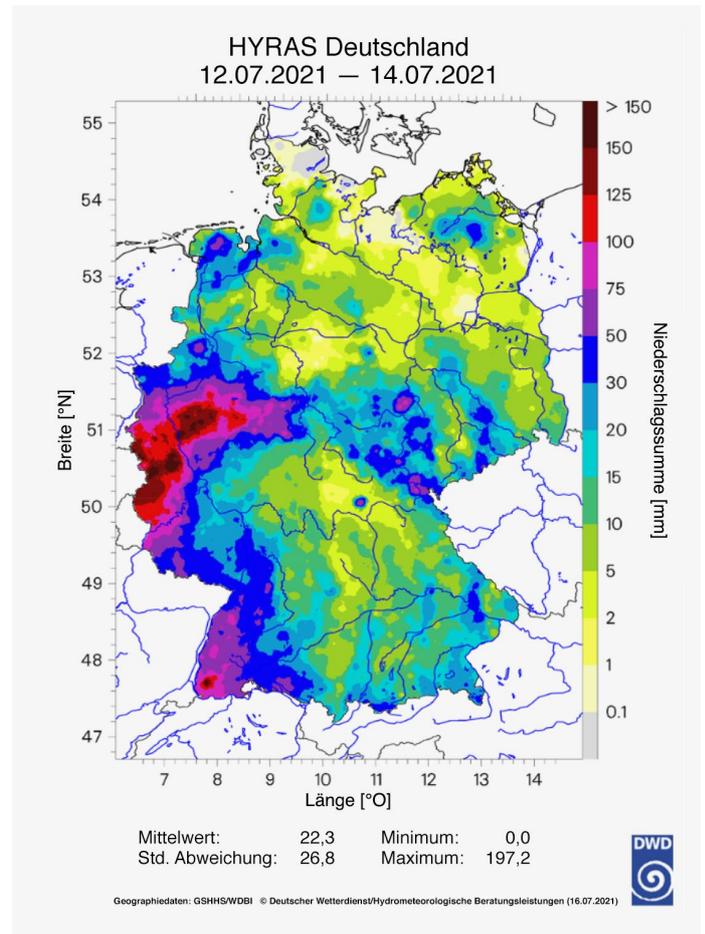
**Abbildung 1** Veranschaulichung der Kernkonzepte zur Reduzierung des Katastrophenrisikos durch klimawandelbedingte Wetter- und Klimaereignisse (IPCC 2012).

# 2

## Das Extremereignis wird zur Katastrophe – Das Hochwasser im Ahrtal im Juli 2021

Das Hochwasser im Ahrtal im Zeitraum vom 12. bis 15.07.2021 ist die Folge von einem regional sehr ausgeprägten Starkniederschlagsereignis. Innerhalb von 72 Stunden fielen dabei bis zu 165,1 mm Regen (Köln-Stammheim, NW, siehe auch Abbildung 2). Der Katastrophe in Rheinland-Pfalz fielen 133 Menschen zum Opfer<sup>1</sup> und der Sachschaden geht in die Milliarden.

Die enormen Regenmengen, aber vor allem auch die Topographie des Geländes und die größtenteils flachgründigen und schon gesättigten Böden, führten zu einer Potenzierung der Katastrophe (DWD 2021). Durch den großflächigen und anhaltenden Starkniederschlag war das gesamte Flusseinzugsgebiet der Ahr dem Regen ausgesetzt (Exposition). Die Exposition wurde noch verstärkt, da sich das Wasser sammelte und sich in den engen Flusstälern kanalisierte. Grundsätzlich kann Starkniederschlag an jedem Ort in Deutschland auftreten. Es gibt jedoch eine Tendenz, dass langanhaltende Extremereignisse vermehrt in den Mittel- und Hochgebirgsregionen auftreten (DWD 2021).



**Abbildung 2** Niederschlagsanalyse auf Basis von Hydrometeorologischen Rasterdaten (HYRAS), für die Dauerstufe 72 Std. bis zum 15.07.2021 08:00 Uhr MESZ (DWD 2021).

# 3

## Die Verwundbarkeit des Ahrtals am Beispiel des Waldes

Verwundbarkeit bezieht sich auf die Ausstattung von sozialen, physischen, ökonomischen und ökologischen Faktoren, die Menschen oder Systeme anfällig gegenüber Einwirkungen von klimawandelbedingten Extremereignissen machen. Aber auch ihre Fähigkeiten und Kapazitäten zur Bewältigung und Anpassung gegenüber negativen Auswirkungen von Naturgefahren bzw. Extremereignissen bedingen die Verwundbarkeit. So kann die Anfälligkeit bspw. in Abhängigkeit von Infrastruktur, Ernährung, Wohnsituation, ökologischer und ökonomischer Rahmenbedingungen gesehen werden. Die Bewältigungskapazität beschreibt die Fähigkeiten, die Auswirkungen zu minimieren. Sie wird bspw. in Abhängigkeit von Regierungs- und Unternehmensführung (Managementprozesse), bzw. Steuerungs- und Regelsysteme in politisch-gesellschaftlichen Einheiten (Governance), Vorsorge und Frühwarnung, medizinischer Versorgung sowie sozialer und materieller Absicherung gesehen (Birkmann et al. 2011).

Die Verwundbarkeit des Waldes lässt sich nach diesem Konzept beschreiben. Hierbei wäre die Anfälligkeit der Wälder durch ihren Zustand beschrieben. Die Bewältigungskapazität des Waldes kann durch die forstliche Behandlung dargestellt werden, da diese einen unmittelbaren Einfluss auf den Zustand des Waldes hat. Die drei Dürrejahre 2018, 2019 und 2020 und die Vermehrung des Borkenkäfers haben den Wäldern deutliche Schäden zugefügt. Laub- sowie vor allem Nadelbäume zeigen dabei deutliche Vitalitätsveränderungen und trockenheitsbedingte Absterbeprozesse auf.

Weiterhin führt der Umgang mit den Schadflächen seitens der Forstbehörden zu einer erhöhten Anfälligkeit der Waldflächen, da flächiges Befahren und Abräumen der abgestorbenen Bäume den Boden und dessen Wasserspeicherfähigkeit zerstören. Eine auf Basis des Waldmonitors<sup>2</sup> durchgeführte Satellitenbildanalyse zum Zustand der Waldflächen im Einzugsgebiet der Ahr ergibt folgende Situation:

Das Einzugsgebiet der Ahr hat eine Fläche von 897,5 km<sup>2</sup> oder 89.750 ha. Davon sind knapp 60 Prozent bewaldet. Tabelle 1 zeigt den Überblick über die Waldflächenanteile sowie deren Verluste an. In Tabelle 2 wird der Anteil der Waldflächen sowie deren Verluste auf Flächen mit Hangneigung dargestellt. Hier fallen 273 ha geräumte und kahle Nadelwaldschadflächen sowie 20 ha geräumte und kahle Laubwaldschadflächen an. Die Größe der Schadflächen in Hanglage wurde erst ab einer Größe von 0,3 ha (3000 m<sup>2</sup>) berücksichtigt, da ab dieser Größe die Schutzfunktion der Wälder stark reduziert ist. Abbildung 4 zeigt eine Karte des Untersuchungsgebietes sowie die Unterteilung in Laub- und Nadelwaldflächen mit unterschiedlichen Hangneigungen. Abbildung 5 zeigt eine detaillierte Darstellung der Ortschaft Vischel und Umgebung. Hier wird ersichtlich, wie viel geräumte und kahle Nadelwaldschadflächen an mittleren und steilen Hangneigungen erzeugt wurden.

Das Drohnenvideo (Abbildung 3) zeigt eine Abflussrinne inmitten der Kahlflächen, die aus der Kahlfläche von rechts nach links im Bild in den Vischelbach entwässert.

Die Analyse zeigt, dass 293 ha Kahlflächen >0,3 ha in mittleren und steilen Hanglagen erzeugt wurden. Das entspricht 40 Prozent der gesamten Kahlflächen im Ahrtal. Auf diesen Flächen befindet sich keine Vegetation mehr und der Boden ist meist durch eine flächige Befahrung stark verdichtet. Im Falle von Starkniederschlagsereignissen haben solche Flächen keine schützende Funktion mehr und die auftreffende Niederschläge fließen hauptsächlich oberirdisch ins Tal.

**Tabelle 1 zeigt die Waldfläche sowie die geräumten und kahlen Schadflächenanteile größer als <0,3ha**

Waldfläche im Ahr-Einzugsgebiet in ha [%]	Nadelwaldfläche in ha [%]	Laubwaldfläche in ha [%]	geräumte und kahle Nadelwaldschadflächen in ha [%]	geräumte und kahle Laubwaldschadflächen in ha [%]
<b>53.053 ha</b> [100 %]	<b>19.522 ha</b> [36,8%]	<b>33.531 ha</b> [63,2%]	<b>572 ha</b> [2,93%]	<b>155 ha</b> [0,46%]

**Tabelle 2 zeigt Waldflächen und Waldschadflächen mit zwei unterschiedlichen Hangneigungen**

Waldflächen in Hanglage in ha [%]	Nadelwaldfläche in ha [%]	Laubwaldfläche in ha [%]	Größere geräumte und kahle Nadelwaldschadflächen >0,3 ha in ha [%]	Größere geräumte und kahle Laubwaldschadflächen >0,3 ha in ha [%]
<b>Waldflächen mit Hangneigung bis zu 20%</b>	<b>13.565 ha</b> [69,7%]	<b>14.526 ha</b> [43,5%]	<b>219 ha</b> [1,6%]	<b>15,9 ha</b> [0,1%]
<b>Waldflächen mit Hangneigung größer als 20%</b>	<b>5880 ha</b> [30,3%]	<b>18.874 ha</b> [56,5%]	<b>54 ha</b> [0,9%]	<b>4,1 ha</b> [0,02%]



**Abbildung 3** Drohnenfoto aus Vischel und Umgebung mit Vischelbach im linken Teil des Bildes. Zentral im Bild sieht man eine Ablaufrinne, die aus der Kahlfläche in den Vischelbach läuft.

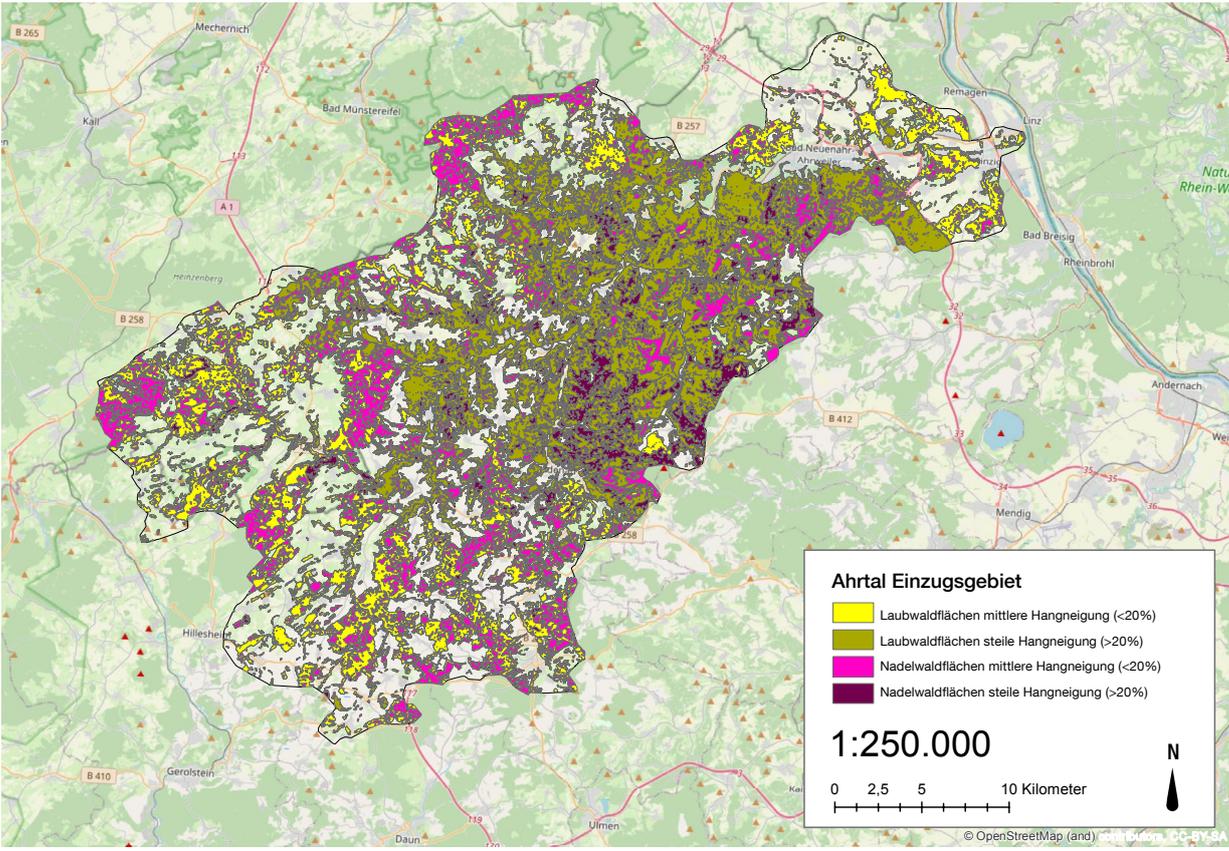


Abbildung 4 Darstellung des Ahrtal Einzugsgebiet mit Nadelwaldflächen und Laubwaldflächen in unterschiedlichen Hangneigungen in Prozent Gefälle (Naturwald Akademie 2021)

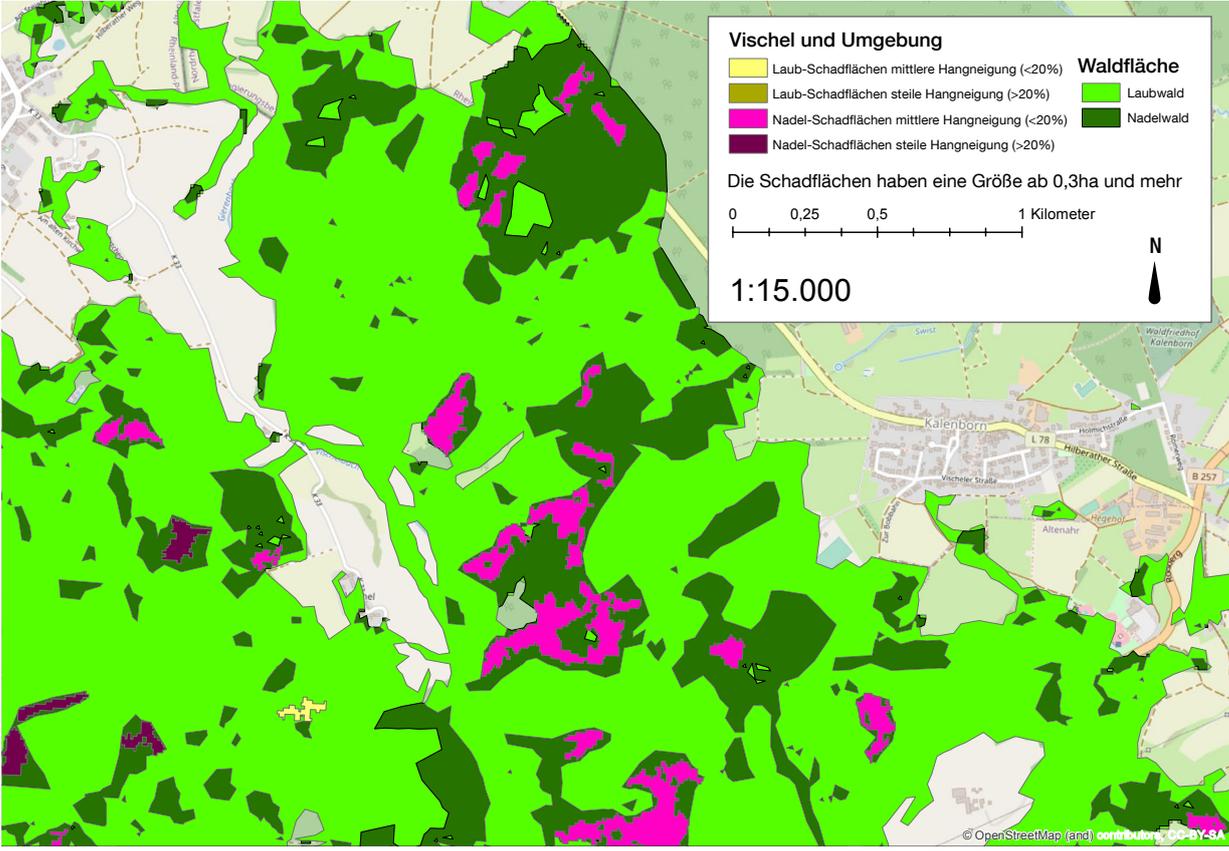


Abbildung 5 Darstellung der Ortschaft Vischel und Umgebung mit großen Schäden im Nadelwald auf steilen und sehr steilen Hanglagen (Naturwald Akademie 2021).

# 4

## Anpassung – Das Konzept des Schutzwaldes im Mittelgebirge

Bergwälder schützen in Hochgebirgsregionen, wie den Alpen, seit Jahrhunderten die Menschen und deren Infrastruktur vor Naturgefahren, wie Steinschlägen, Muren, Hangrutschungen und Lawinen. Sie haben zudem eine besondere Bedeutung beim Hochwasserschutz. Diese Wälder haben einen wichtigen Einfluß auf den Wasserhaushalt. Insbesondere bei Starkniederschlagsereignissen beeinflussen sie indirekt die Bodeneigenschaften. Je nach Baumart schaffen die Wurzeln ein verästeltes und tief reichendes Hohlraumssystem im Boden. Dadurch wird zum einen das Speichervolumen für Niederschlagswasser vergrößert und zum anderen verzögert sich der Wasserabfluss, was wiederum die Hochwasserspitzen brechen kann. Gleichzeitig wird der humusreiche Waldboden geschützt, Erosionsprozesse werden abgeschwächt und flächenhafter Bodenabtrag weitgehend verhindert (Schwitter und Bucher 2009). Besonders an Standorten mit flachgründigen Böden kommt dem Humus als Nährstoff- und Wasserspeicher besondere Bedeutung zu (Hegg 2006). Damit die Humusvorräte erhalten bleiben, ist ein intakter Schutzwald notwendig, der ausreichend Laubstreueintrag liefert und wo ein günstiges Waldinnenklima vorherrscht (Prietzl & Christophel 2013). Intakte Schutzwälder zeichnen sich durch eine naturnahe, artenreiche Baumartenzusammensetzung mit möglichst viel Holzmasse (Vorrat) und Strukturreichtum aus, der sich aus Bäumen jeglichen Alters zusammensetzt und einen hohen Totholzanteil aufweist.

Ein international angelegtes Großprojekt in Südtirol hat die konkrete Wirkung von Kahlfächen im Schutzwald auf den Wasserumsatz und die Abflussbildung untersucht. Dabei war ein zentrales Ergebnis, dass Kahlschläge auf Flächen mit Hanglage zu einer Erhöhung der Abflusswirksamkeit führen und aus diesem Grund unbedingt vermieden werden sollen (Markart et al. 2020). Auch weitere weltweite Studien kommen zu diesem Resultat (Nordmann 2011, Nijzink 2016, Mendel 2000). Zudem zeigt sich ein Abfall der Wasserspeicherkapazität im Wurzelsystem, welches sich erst nach Jahrzehnten anfängt wieder zu verbessern. Kahlschläge weisen bereits nach drei Jahren nur noch zwei Drittel der Wurzelbiomasse auf, was zu einer stetig ansteigenden Instabilität an Hängen zur Folge hat (Ziemer 1981). Zudem erhöht sich auf Kahlfächen der Zwischenabfluss im Boden dramatisch (Keppeler und Brown 1998).

Bewaldete Hänge weisen eine deutlich höhere Stabilität auf, da das Kronendach die Bewegungsenergie (kinetische Energie) der Niederschläge reduziert (Keim und Skaugset 2003). Schon bei einer Reduzierung der Holzmasse in Beständen um 55 Prozent führt dies zu einer Abnahme des Wasserhaltevermögens der Vegetation (Interzeption) um 50 Prozent. Bestände ohne Bodenvegetation, wie bspw. dichte Fichtenreinbestände ohne Unterwuchs, haben höhere Oberflächenabflüsse als Standorte mit mehrschichtigen Beständen und zum Teil krautiger Vegetation.

Stehendes oder liegendes Totholz trägt zur Förderung der Strukturvielfalt bei, speichert Wasser und fördert das Aufkommen der Naturverjüngung. Durch die Zersetzung wird Humus angereichert und die Bodenrauhigkeit erhöht. Daher stellt Totholz eine wichtige Schutzfunktion im Konzept von Schutzwäldern dar. Bei Totholzmengen, die leicht weggeschwemmt werden könnten, sollte ein Mindestabstand zu den Fließgewässern eingehalten werden, um den Treibholzeintrag in solchen und eine damit einhergehende Verkläuerung, also Verstopfung, gering zu halten (Pukall 2020).

Bereits 1996 wurde im Protokoll zur Durchführung der Alpenkonvention vermerkt, dass der Bergwald den wirksamsten, wirtschaftlichsten und sehr landschaftsgerechten Schutz gegenüber Naturgefahren bietet. Diese grüne Infrastruktur oder auch ökosystembasierte Anpassung spielt eine zentrale Rolle im Risikomanagement (Pukall 2020).

# 5

## Schlussfolgerung und Forderungen

Das Konzept des Schutzwaldes ist nicht neu. Es ist allerdings primär in Bergregionen, wie der Schweiz, Österreich und Bayern, vorhanden und bekannt. Bayern hat im Rahmen des Waldgesetzes eine Ausarbeitung der Schutzwaldverzeichnisse durchgeführt und im Jahr 2008 die sogenannte Bergwaldoffensive gestartet. Das Beispiel des Ahrtales zeigt, dass auch Mittelgebirgsregionen im Rahmen der Klimakrise verstärkt exponiert sind und dass sich die Forstbehörden darauf einstellen müssen.

Die Forstbehörden der Bundesländer (bis auf Bayern) haben das Risiko der Starkniederschlagsereignisse in Mittelgebirgen und die Bedeutung von Schutzwäldern bislang stark unterschätzt und nicht berücksichtigt. Es ist demnach nicht nur von Bedeutung, dass sich Wälder an den Klimawandel anpassen, sondern auch zentral, dass die Forstbehörden (Governance) ihr Handeln an die Rahmenbedingungen der Klimakrise anpassen. Daher ist das flächige Abräumen der durch Dürre und Trockenheit abgestorbenen Waldflächen mit schweren Fahrzeugen, die die Böden verdichten und ihre Wasserspeicherkapazität zerstören, nicht sinnvoll und muss aufhören. Naturferne Nadelholzreinbestände müssen sich zu naturnahen strukturreichen und ungleichaltrigen Mischbeständen entwickeln dürfen, um die Funktionen von Schutzwäldern bieten zu können.

Die Wahrnehmung und das Bewusstsein wichtiger Ökosystemleistung, wie die Schutzfunktion von naturnahen Wäldern in Mittelgebirgsregionen muss sowohl in der Öffentlichkeit als auch in verantwortlichen Landesregierungen und Behörden gestärkt werden. Dazu ist es wichtig, Ökosystemleistungen der Wälder über den reinen Holzertrag hinaus zu honorieren. In den entsprechenden Bundesländern sollten Konzepte und Ausweisungen für Schutzwälder in Mittelgebirgsregionen erarbeitet und schnellstmöglich umgesetzt werden. Hier können erfahrene Bundesländer, wie Bayern, Unterstützung leisten.

**Im Umgang mit Naturgefahren gibt es keine absolute Sicherheit. Bei der Katastrophe im Ahrtal spielten viele Faktoren eine Rolle. Der Wald bzw. die Landbedeckung ist nur einer davon und sie hätte das Ausmaß der Katastrophe nicht gänzlich verhindern können. Jedoch zeigt diese Analyse, dass intakte Schutzwälder die Auswirkungen von Starkniederschlägen eindeutig reduzieren können und damit ein wichtiger Baustein sind, ob sich ein Starkregenereignis zu einer Katastrophe potenzieren kann oder nicht.**

## Referenzen

- J. Birkmann, T. Welle, D. Krause, J. Wolfertz, Catalina Suarez, D. und Neysa Setiadi (2011): WeltRisikoIndex: Konzept und Ergebnisse. In: WeltRisikoBericht 2011. Bündnis Entwicklung Hilft, 1342, ISBN 9783981449501
- C. HEGG (2006): Waldwirkung auf Hochwasser. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. LWF Wissen(55). S. 29–33.
- T. Junghänel, P. Bissolli, J. Daßler, R. Fleckenstein, F. Imbery, W. Janssen, F. Kaspar, K. Lengfeld, T. Leppelt, M. Rauthe, A. Rauthe-Schöch, M. Rocek, E. Walawender und E. Weigl (2021): Hydro-klimatologische Einordnung der Stark- und Dauerniederschläge in Teilen Deutschlands im Zusammenhang mit dem Tiefdruckgebiet „Bernd“ vom 12. bis 19. Juli 2021. Abrufbar: [https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20210721\\_bericht\\_starkniederschlaege\\_tief\\_bernd.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20210721_bericht_starkniederschlaege_tief_bernd.pdf?__blob=publicationFile&v=6) Stand: 21.07.2021
- IPCC (2021): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- IPCC (2012): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Management des Risikos von Extremereignissen und Katastrophen zur Förderung der Anpassung an den Klimawandel [C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G.-K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor und P. M. Midgley (Hrsg.)]. Ein Sonderbericht der Arbeitsgruppen I und II des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen. Weltorganisation für Meteorologie, Genf, Schweiz, 24 Seiten (auf Arabisch, Chinesisch, Englisch, Französisch, Russisch und Spanisch). Deutsche Übersetzung durch die Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2015.
- R. F. Keim and A. E. Skaugset (2003): Modelling effects of forest canopies on slope stability. *Hydrol. Process.* 17, 1457–1467. DOI: 10.1002/hyp.5121
- E. Keppeler and D. Brown (1998): Subsurface Drainage Processes and Management Impacts. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-168, 25-34.
- G. Markert, et al. (2020): Auswirkungen verzögerter Wiederbewaldung im Schutzwald auf die Sicherheit vor Naturgefahren (insbesondere Abflussbildung). Endbericht Projekt ITAT4041-Blössen.
- H. G. Mendel (2000): Elemente des Wasserkreislaufs – eine kommentierte Bibliographie zur Abflussbildung. Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hsg.), Berlin.
- R. Nijzink, C. Hutton, I. Pechlivanidis, R. Capell, B. Arheimer, J. Freer, D. han, T. Wagener, K. McGuire, H. Savenije and M. Hrachowitz (2016): The evolution of root-zone moisture capacities after deforestation: a step towards hydrological predictions under change? *HESS*, 20, 4775–4799. [www.hydrol-earth-syst-sci.net/20/4775/2016/](http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/20/4775/2016/)
- B. Nordmann (2011): Einfluss der Forstwirtschaft auf den vorbeugenden Hochwasserschutz – Integrale Klassifizierung abflusssensitiver Waldflächen. Dissertation TU-München, Fachgebiet für Waldernährung und Wasserhaushalt.
- J. Prietzel & D. Christophel (2013): Humusschwund in den Waldböden der Alpen: Die vermutliche Auswirkung des Klimawandels ist eine große Herausforderung für die nachhaltige Forstwirtschaft. *LWF aktuell*(97). S. 44–47.
- K. Pukall (2020): Biotop- und Artenschutz in Schutzwäldern. Freising. Online verfügbar unter: <https://mediatum.ub.tum.de/1574460>.
- R. Schwitter & H. Bucher (2009): Hochwasser: Schützt der Wald oder verstärkt er die Schäden? *Wald und Holz*(90). S. 31–34
- R. R. Ziemer (1981): Roots and the stability of forested slopes. In: *Erosion and Sediment Transport in Pacific Rim Steeplands*. I.A.H.S. Publ. No. 132 (Christchurch).