



Foto: M. Wabser, WSL

Abbildung 1: Wurzelwerk einer umgestürzten Tanne im Hochwasserschutzwald

Boden im Hochwasserschutzwald

Wurzeln erhöhen das Wasserspeichervermögen

Wälder schützen in vielen Fällen vor Hochwasser. Wurzeln spielen dabei eine zentrale Rolle. Sie bilden im Boden ein Hohlraumsystem, das viel Wasser speichern kann. Seit 2006 läuft ein Projekt, das sich mit dem Einfluss von Wurzeln auf den Wasserrückhalt in vernässten Böden beschäftigt.

Von Benjamin Lange, Peter Lüscher und Peter F. Germann.

«Der Wald wirkt nach allen bis jetzt bekannten Untersuchungen ausserordentlich günstig auf die Milderung der Hochwassergefahr.» Dieses Zitat stammt von Prof. A. Engler, der bereits seit 1903 die Hochwasserschutzwirkung des Waldes wissenschaftlich untersuchte und 1919 seine Ergebnisse veröffentlichte (Engler, 1919). Die Vermutung, dass Wald Hochwasser verhindern oder zumindest abschwächen kann, führte bereits im 19. Jahrhundert zu grossflächigen Aufforstungen und gesetzlichem Schutz des Waldes (Forstpolizeigesetz 1876).

Im Verlaufe der letzten Jahrzehnte hat sich aber gezeigt, dass Wälder nicht automatisch vor Hochwasser schützen. Nach heutigem Wissensstand hängt der Beitrag zum Hochwasserschutz vom Waldzustand, also vom standortspezifischen Baumbestand und Bestandesaufbau (Arten- und Altersstruktur) sowie von den Bodeneigenschaften ab.

Lüscher und Zürcher (2003) gehen davon aus, dass die Hochwasserschutzwirkung von Wald auf gehemmt durchlässigen, mittel- bis tiefgründigen Böden am höchsten ist. Von grosser Bedeutung sind dabei Baumwurzeln, die im Boden ein Hohlraumsystem bilden, das sehr viel

Wasser aufnehmen kann (Lange et al., 2010).

Ein Projekt der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL und des Geographischen Instituts der Universität Bern untersuchte den Einfluss der Wurzeln auf das Wasserspeichervermögen von Böden in einem voralpinen Heidelbeer-Tannen-Fichten-Hochwasserschutzwald im Gant-risch, rund 30 km südlich von Bern. Durch den hohen Grund- bzw. Hangwasserstand sind die Böden in diesem Gebiet bei Regen rasch gesättigt. Deshalb ist die Frage nach der Hochwasserschutzwirkung dieser Wälder von besonderem Interesse.

Die Forscher führten Beregnungsexperimente und Wurzelmessungen durch. Intensive, kurze Beregnungen simulierten Starkniederschläge, die in dieser Intensität natürlicherweise nur rund alle 100 Jahre auftreten (Abbildung 2). Da Hochwasser vor allem dann entstehen, wenn der Bodenwassergehalt bereits sehr hoch ist, wurde der Porenraum vor den Experimenten vorgesättigt, die Wasserspeicherung war somit auf grössere Poren beschränkt. Während der Beregnungsexperimente wurden in verschiedenen Bodentiefen Wassergehalte aufgezeichnet. Zum Schluss wurden Wurzelproben entnommen.

Bis zu 12,6 km Wurzeln pro m³ Oberboden

In den obersten 10 cm des Bodens war die Wurzelichte sehr hoch. Im Durchschnitt befanden sich Wurzeln mit der Gesamtlänge von 1,26 cm in einem Kubikzentimeter Boden. Das entspricht 12,6 km Wurzeln pro Kubikmeter Oberboden. Allerdings nahm die Wurzelichte mit zunehmender Bodentiefe rasch ab und betrug bereits in 30 cm Tiefe nur noch rund 15% derjenigen zwischen 0–10 cm (Abbildung 3).

Es ist bekannt, dass die Fichte teilweise wassergesättigte Bodenhorizonte kaum erschliessen kann und auf vernässten Böden sehr oberflächlich wurzelt. Der hohe Grund- bzw. Hangwasserstand in den Böden des Untersuchungsgebietes limitiert die Durchwurzelung der Fichte in tieferen Bodenschichten. Etwa 90% aller gefundenen Wurzeln waren feine Wurzeln mit einem Durchmesser von bis zu



Abbildung 2: Versuchsaufbau mit Regensimulator und Sonden für die Wassergehaltmessungen im Boden

2 mm. Die Feinwurzelsysteme der Fichte und Tanne erneuern sich im Durchschnitt etwa jedes Jahr und hinterlassen im Boden beim Absterben ein Hohlraumsystem, das als Wasserspeicherraum dient.

Aus den Wassergehaltmessungen lässt sich berechnen, wie viel Wasser im Boden gespeichert werden kann. Der Verlauf der Speicherkapazität über die Bodentiefe ist vergleichbar mit demjenigen der Wurzelichte: Mit zunehmender Bodentiefe nimmt die Wasserspeicherkapazität ab (Abbildung 4). Etwa die Hälfte des Wassers wird bereits in den obersten 20 cm des Bodens gespeichert. Unterhalb von rund 50 cm Tiefe betrug die Wasser-

speicherung unter 1 mm pro 10 cm Bodentiefe. Sie hat daher kaum Bedeutung für die Speicherleistung des Gesamtbodens. Der Bodenaufbau unterstützt diese Messdaten. Ab rund 25 cm Tiefe zeigten alle Böden Merkmale länger andauernder Wassersättigung (Vernässungsmerkmale wie Mangan- und Eisenkonkretionen, Abbildung 5). Diese weisen darauf hin, dass der Unterboden bei hoher Bodenfeuchte zumeist wassergesättigt ist und kaum Wasser aufnehmen kann.

Mehr Wurzeln – grösserer Wasserspeicher

Es ist bekannt, dass Wälder durch ihr Kronendach den Boden besser vor Niederschlägen abschirmen als Freiland. Ein Teil des Regens verdunstet direkt in der Krone und erreicht den Boden nicht (Interzeption). Der Waldboden ist daher vor Niederschlagsereignissen meist trockener und kann mehr Wasser aufnehmen als Wiesen und Ackerland. Die Interzeption verliert aber mit zunehmender Regenmenge an Bedeutung.

Die Wasserspeicherkapazität des Bodens hängt von zahlreichen Bodeneigenschaften ab. Nebst der Gesamtporosität gehören die Bodenart (Anteile Sand, Schluff und Ton) und die Durchwurzelungsdichte dazu. In diesem Projekt zeigte sich, dass die Wasserspeicherkapazität hauptsächlich durch Wurzeln bestimmt wurde, denn eine höhere Wurzelichte vergrösserte die Wasserspeicherkapazität. Wurzeln sind offensichtlich in vernässten Böden der wichtigste Faktor bei der Bildung von Hohlräumen, die Niederschlagswasser aufnehmen und speichern kön-

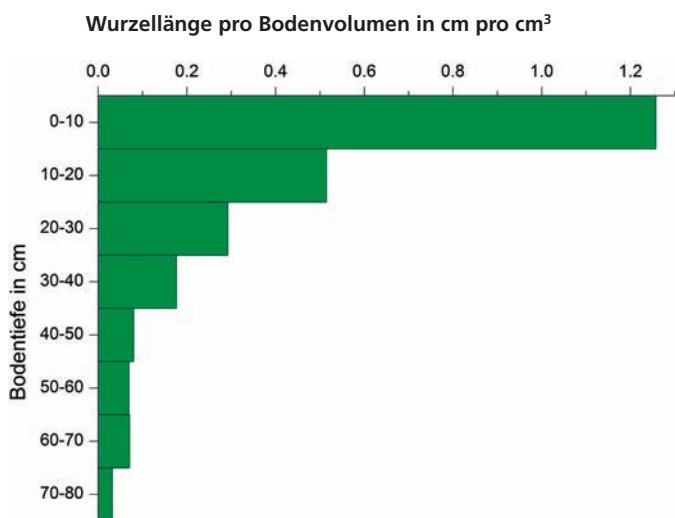


Abbildung 3: Durchschnittliche Wurzellänge pro Bodenvolumen über die Bodentiefe

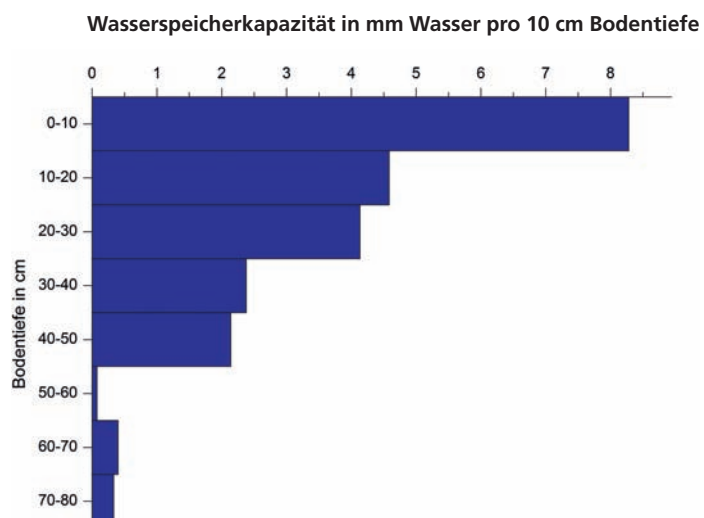


Abbildung 4: Durchschnittliche Wasserspeicherkapazität pro 10 cm Bodentiefe

nen. Wälder schirmen den Boden also nicht nur durch das Kronendach vor Niederschlag ab, sondern erhöhen die Hochwasserschutzwirkung auch durch ein effizientes Porensystem im Boden, das durch Wurzeln entsteht.

Forstliches Potenzial im Hochwasserschutzwald

Waldbauliche Massnahmen können die Wurzeldichte in vernässten Böden erhöhen. Es stellt sich nun die Frage, welchen zusätzlichen Speichereffekt Massnahmen erreichen können. Eine Verdopplung der Wurzeldichte würde zu einer Erhöhung der Wasserspeicherfähigkeit um rund 80% führen. Also könnten in den obersten 80 cm des Bodens 21 mm Wasser zusätzlich gespeichert werden. Allerdings lässt sich die Wurzeldichte in der Praxis selten so stark erhöhen. Das Potenzial, durch Wurzeln die Hochwasserschutzwirkung zu verbessern, ist dennoch beträchtlich. 30% mehr Wurzeln bedeuten 7 mm mehr Wasserspeichervermögen. Das entspricht immerhin rund 10% der Niederschlagsmenge eines einstündigen Unwetterereignisses, wie es nur rund alle 100 Jahre erwartet wird. Die Daten zeigen, dass der Wald einen wichtigen und oftmals unterschätzten Beitrag zum Hochwasserschutz leistet, auch wenn er keine Wunder bewirken kann.

Der ideale Hochwasserschutzwald

Die Durchwurzelung des Bodens im Hochwasserschutzwald sollte möglichst intensiv sein, um eine maximale Schutzwirkung zu bieten. Die höchste Wurzeldichte wird erreicht, wenn sich verschiedene Baumarten mit unterschiedlichen Wurzelsystemen konkurrieren und kleinflächig unterschiedliche Altersstufen gleichzeitig vorhanden sind. Hochwasserschutzwälder befinden sich oft auf vernässten Böden. Deshalb sollen Baumarten gefördert werden, die zeitweise Wassersättigung im Wurzelraum ertragen. Von den häufigsten Baumarten in den Voralpen eignet sich dazu besonders die Tanne, die Fichte hingegen wurzelt auf solchen Standorten meistens nur flach. Gleichförmige Bestände sind für die Hochwasserschutzwirkung nicht ideal.

Die Hochwasserschutzwirkung ist zu meist hoch, wenn der Schutzwald folgende Anforderungen erfüllt:

1. Einzelbaumweise Mischung unterschiedlicher Baumarten
2. Mindestens eine Baumart soll fähig sein, in zeitweise wassergesättigten Bodenhorizonten zu wurzeln



Abbildung 5: Typischer Boden im Untersuchungsgebiet. Die Rostflecken und die grauen, reduzierten Zonen zeugen von hohem Grund- bzw. Hangwasserstand.

3. Verschiedene Altersstufen sollen gleichzeitig vorhanden sein
4. Grössere Bestandeslücken sollen vermieden werden.

Diese Anforderungen entsprechen weitgehend denjenigen der Wegleitung «Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald (NaiS)» (Frehner et al., 2005). Darin wird für einen Hochwasserschutzwald eine kleinflächig stufige Bestandesstruktur mit hohem Deckungsgrad und gleichmässiger Verteilung gefordert. Zudem sind für jeden Waldstandortstyp Anforderungen an die Artenmischung, das Gefüge, an Stabilitätsträger und die Verjüngung vorgegeben.



Abbildung 6: Tannen-Fichten-Hochwasserschutzwald im Gantrisch

Foto: M. Walser

Auch wenn die Hochwasserschutzwirkung in gewissen Wäldern im Vordergrund steht, darf nicht vergessen werden, dass Wälder immer mehrere Funktionen erfüllen müssen. Daher sollte mit waldbaulichen Eingriffen im Hochwasserschutzwald eine möglichst hohe Schutzfunktion unter Mitberücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Anforderungen angestrebt werden.

Benjamin Lange und Peter Lüscher

Sind wissenschaftliche Mitarbeitende an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Forschungseinheit Waldböden und Biogeochemie. Kontakt: b.lange@gmx.ch; peter.luescher@wsl.ch

Peter F. Germann

Ist emeritierter Professor für Bodenkunde an der Universität Bern.

Verdankungen

Wir bedanken uns bei der Cost Aktion E38 für die finanzielle Unterstützung sowie bei Philipp Mösch und Dieter Müller von der Waldabteilung 5 des Kantons Bern für die Erlaubnis, die Untersuchungen in ihrem Forstrevier durchzuführen. Roger Köchli von der WSL danken wir für die Unterstützung bei der Feldarbeit.

Literatur

Engler, A., 1919. Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. Mitteilungen der Schweizerischen Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen Band 12.

Frehner, M., Wasser, B., Schwitler, R., 2005. Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. BUWAL.

Lange, B., Germann, P., Lüscher, P., 2010. Einfluss der Wurzeln auf das Wasserspeichervermögen hydromorpher Waldböden. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 161: 510–516.

Lüscher, P., Zürcher, K., 2003. Waldwirkung und Hochwasserschutz. Eine differenzierte Betrachtungsweise ist angesagt. Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 40: 30–33.