

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 69 (1977)
Heft: 8-9

Artikel: Wasserhaushaltprobleme des Waldbodens
Autor: Studer, August
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941498>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

1. Einleitung

Was ist Wald? Eine blosse Ansammlung von vielen einzelnen Bäumen und Sträuchern macht noch keinen Wald aus. Erst durch die pflanzliche und tierische Vielfalt und die gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Teile derselben entsteht eine Lebensgemeinschaft, die wir als Wald bezeichnen.

Für das Gedeihen dieser Lebensgemeinschaft ist das Wasser — neben dem Licht — von entscheidender Bedeutung. Wasser ist unentbehrlich für alle Lebensvorgänge sowohl der einzelnen Waldbäume wie auch der ganzen Gemeinschaft. Führen die Waldbäume im Kronen- und Stammraum einen harten Kampf ums Licht, so entspricht dem ein unablässiges Ringen um das Wasser im Wurzelraum.

Welche Bedeutung hat der Wald für unser Land? Der Wald bildet wohl eines der auffälligsten Landschaftselemente. Ein Viertel der gesamten Fläche der Schweiz ist mit Wald bedeckt. Im Aargau machen die rund 48 000 ha einen Drittel der Gesamtfläche aus. Mannigfach sind die Einflüsse, welche von der Vegetationsdecke Wald auf die Umwelt und damit auf den Lebensraum der Menschen ausgeübt werden.

2. Unterschied zwischen Waldboden und Freilandboden

Waldboden und Freilandboden auf gleichem Muttergestein unterscheiden sich wenig in der chemischen Zusammensetzung. Hingegen bestehen grundsätzliche Unterschiede in der Struktur. Der Waldboden weist eine stärkere und tiefergreifende Lockerheit auf, bedingt durch eine tiefere Bewurzelung und eine vielfältigere Bodenkleinlebewelt. Dadurch wird der Boden besser durchlüftet und sein Wasserhaushalt ausgeglichener. Ferner ist er mit einer Humus- und einer Streueschicht bedeckt, welche die Verdunstung und den Wasserrückhalt beeinflussen.

Es kann nicht von «dem Waldboden» gesprochen werden. Seine chemische Zusammensetzung und seine Struktur ändern je nach Muttergestein, Lage, Klima und unter besonderen Umständen auch nach der Art der Bestockung und der Bewirtschaftung.

3. Grundlagen des Wasserhaushaltes

3.1 Hydrologische Vorgänge in und über dem Waldboden

Bei einem offenen, nicht bewachsenen Boden sind die Vorgänge des Wasserhaushaltes einfach zu erfassen. Das Niederschlagswasser wird teilweise vom Boden aufgenommen, teilweise fliesst es oberflächlich sofort ab. Ferner geht ein Teil des Niederschlages durch Verdunstung wieder in die Atmosphäre zurück.

Wesentlich komplizierter liegen die Verhältnisse bei einer bewaldeten Fläche. Es gelangt nicht mehr der ganze Niederschlag auf die Bodenoberfläche, da auf den Blättern und Nadeln der Baumkronen ein Teil davon festgehalten wird (bis zu 12 %) und von dort wieder verdunstet. Ein weiterer Teil fällt nach dem Durchdringen des Kronendaches unregelmässig verteilt auf den Boden oder fliesst konzentriert entlang der Stämme ab. Allein der Stamm-

abfluss kann je nach Baumart bis zu 17 % des Niederschlages ausmachen, wobei er beim Laubholz grösser ist als beim Nadelholz. Ferner bewegt sich ein Teil des Wasserstromes innerhalb des pflanzlichen Gewebes; die Pflanzen beziehen aus den tieferen Bodenschichten Wasser und geben dieses durch Verdunstung über der Bodenoberfläche ab. Durch die Wasserbewegung im Boden wird einerseits Niederschlagswasser nach unten abgeführt, andererseits aber in trockenen Perioden Wasser aus tieferen Bodenschichten heraufgeholt und durch die Verdunstung an die Atmosphäre zurückgegeben. Das Ausmass dieser Verdunstung hängt ab von der Wasseraufnahmekapazität der Atmosphäre und dem Wassergehalt des Bodens in der Umgebung der Wurzeln. Die Grösse des Wasserdurchflusses wird u. a. bestimmt durch die Saugspannung im Boden. Als Saugspannung wird der mit negativem Vorzeichen versehene Druck bezeichnet, der anzuwenden wäre, um Wasser aus dem Boden herauszusaugen.

Wie verändert sich nun der Wassergehalt des Bodens im Bereich der Wurzeln? Diese Veränderungen ergeben sich aus dem Niederschlag, der Versickerung in die Tiefe und der Evapotranspiration, das heisst der gesamten Verdunstung sowohl des von Blättern und Zweigen zurückgehaltenen wie auch des von den Wurzeln aus dem Boden gehaltenen Wassers. Es stellt sich die Frage, wieviel Wasser ein Wald denn eigentlich unter bestimmten Witterungsverhältnissen an die Atmosphäre abgeben kann. Nach *Baumgartner* beträgt der Wasserverbrauch eines Föhrenwaldes etwa 70 % des Niederschlages. *Item* hat festgestellt, dass ein Laubwald in einem normal feuchten Sommer die gesamte Niederschlagsmenge durch Verdunstung wieder verbraucht. Ursache dafür ist unter anderem die grosse innere Oberfläche eines Laubwaldes. So kann z. B. die Blattfläche in einem Buchenwald etwa das 12- bis 16fache des überdeckten Arealen ausmachen. Ferner wird Feuchtigkeit im ganzen Kronenraum abgegeben, welcher eine wesentlich höhere Luftschicht umfasst als bei landwirtschaftlichen Kulturen; ausserdem spielt die Rauigkeit des Kronendaches eine Rolle. Die Evapotranspiration ist in einem Laubmischwald während nasser Perioden wesentlich grösser als bei landwirtschaftlichen Kulturen, und sie nimmt mit abnehmendem Wassergehalt im Wurzelraum ab, also mit zunehmender Austrocknung der obersten Bodenschicht. Diese Abnahme erfolgt viel rascher beim Wald als bei landwirtschaftlichen Kulturen.

Folgerungen für die Praxis: Der Wald kann beträchtliche Mengen an Niederschlagswasser in seinem Blatt- und Nadelwerk speichern. Damit wird ein Niederprasseln des Regens mit voller Wucht auf den Boden verhindert und die Erosion stark vermindert. Die lockere Humusaufgabe kann viel Feuchtigkeit binden, wodurch ein grösserer Wasserverlust durch Oberflächenabfluss vermieden wird. Verminderte Erosion bedeutet aber geringere Geschiebeführung der Bäche und Flüsse.

Da der Wald in nassen Witterungsperioden durch die Evapotranspiration bedeutend mehr Wasser abgibt als in trockenen Zeitabschnitten, schützt er den Boden vor Vernässung und hilft den Wasserabfluss auszugleichen.

3.2 Einfluss des Waldes auf den Abfluss

Der Niederschlag versickert im Wald rascher als im Freiland. Versuche von *Burger* zeigten, dass eine bestimmte Niederschlagsmenge im Wald zwei- bis fünfmal rascher

¹⁾ Ueberarbeiteter Vortrag, gehalten an der Hauptversammlung des Aargauischen Wasserwirtschaftsverbandes vom 2. Oktober 1975, in Bremgarten.

versickert als im Weideboden. Auf Waldboden rinnt selten Wasser in grösseren Mengen direkt ab, sondern selbst bei starken Gewitterregen wird die den Boden erreichende Wassermenge vollständig aufgenommen. Neuere Beobachtungen der bayrischen Landesstelle für Gewässerkunde haben ergeben, dass im Laubmischwald bei einer Beregnungsdichte von 50 bis 90 mm/h bloss 5 % des Niederschlages abflossen, auf Wiesen hingegen 30 % und auf Skipisten gar 80 %. Rasch anschwellender Abfluss bedeutet stark wechselnden Wasserstand der Vorfluter mit allen Nachteilen für die Sicherung der Ufer und die Bewirtschaftung der Flüsse.

Im Gebirge ist der Wasserabfluss auf der Erdoberfläche von besonderer Bedeutung. Je steiler das Gelände, um so grösser ist die Erosionskraft. Ein geschlossener Wald kann die Aufgabe des Erosionsschutzes am besten erfüllen. Gerodete und teilweise erodierte Hänge werden instabil und lassen sich in den wenigsten Fällen durch eine Aufforstung allein wieder ins Gleichgewicht bringen. Vielfach braucht es dazu kostspielige zusätzliche Verbauungen.

Wie wichtig die Erosionsverhütung durch die Bewaldung ist, zeigt uns ein Rückblick in die Mitte des letzten Jahrhunderts. Vom 27. September bis 5. Oktober 1868 sind die Kantone Uri, St.Gallen, Graubünden, Wallis und Tessin von wolkenbruchartigen Regengüssen heimgesucht worden. Riesige Geschiebemassen und Steinlawinen überschwemmten die Täler und zerstörten ganze Dörfer; 50 Tote waren zu beklagen. Der Gesamtschaden belief sich auf 14 Mio Franken, was einem heutigen Geldwert von etwa 90 Mio Franken entspricht. Ursache dieser ausserordentlich hohen Schäden war der Kahlschlag auf ausgedehnten Waldflächen in den Einzugsgebieten der Gebirgsflüsse. Als Folge dieser Verheerungen und aus der Erkenntnis heraus, dass die Erhaltung des Waldes für ein Gebirgsland äusserst wichtig sei, entstand 1876 das erste eidg. Forstgesetz. Seit der Revision dieses Gesetzes im Jahre 1902 ist in der ganzen Schweiz grundsätzlich die Rodung von Wald und der Kahlschlag grösserer Waldflächen nicht mehr erlaubt. Diese, für die damalige Zeit ausserordentlich weitsichtigen Bestimmungen, haben wesentlich mitgeholfen, die Uberschwemmungsschäden in unserem Lande zu vermindern.

3.3 Einfluss des Waldes auf das Grund- und Quellwasser

Wie verändert der Wald die Ergiebigkeit des Grund- und Quellwassers? Der Einfluss der Bewaldung auf die Ergiebigkeit des nutzbaren Wassers konnte bis heute nicht befriedigend genau bestimmt werden. Das Institut für Forsthydrologie der Hessischen Forstlichen Versuchsanstalt hat z. B. geschätzt, dass rund 50 % des nutzbaren natürlichen Wasserangebotes im Lande Hessen aus dem Wald kommen. Es wäre interessant, eine ähnliche Studie für den Teil der Schweiz, der sich nördlich der Alpen befindet, durchzuführen.

Regenwasser versickert im Wald langsamer als im offenen Land, es ist also aus Wäldern längerfristig für die Nutzung verfügbar. Die Versickerung und damit die Speisung der Quellen und des Grundwassers hält wesentlich länger an, der Wald wirkt ausgleichend. Dazu kommt, dass praktisch alles Wasser, das im Waldboden versickert, direkt als Trink- und Brauchwasser verwendet werden kann. Das Wasser der überbauten Flächen (Dächer, Strassen und Plätze) hingegen gelangt durch die Kanalisation in die Bäche und Flüsse und kann nur über diese indirekt zum Grundwasser gelangen. Es ist meist verschmutzt, so dass

es einen längeren Weg durch das Filtersystem des Bodens benötigt, bis es wieder als Trinkwasser verwendet werden kann.

Im Wald gefriert der Boden weniger tief als im Freiland. Die Versickerung des Schneeschmelzwassers ist deshalb früher möglich. Es konnte sogar nachgewiesen werden, dass bei bestimmten Bodenarten die Versickerung selbst durch starken Bodenfrost nicht wesentlich beeinflusst wird.

Die Schneedecke schmilzt im Wald langsamer als im Freiland. Versuche in Hessen haben ergeben, dass in Lagen von 300 bis 500 m ü. M. die wöchentliche Abschmelzrate der Schneedecke 20 bis 40 % kleiner war als im Freiland. Das bedeutet, dass der Abflusszeitraum verlängert wird und dadurch die Hochwasserspitzen gedämpft werden. Dabei hat sich gezeigt, dass in der Regel Laubholzbestände mehr Schnee aufnehmen als die Nadelholzbestände. Beim Nadelholz bleibt in stärker durchforsteten Beständen mehr Schnee bis zur Schneeschmelze liegen als in dicht geschlossenen Beständen, welche in den Kronen einen beträchtlichen Teil des Schnees zurückhalten, dessen Feuchtigkeit durch Verdunstung wieder in die Atmosphäre zurückgelangt.

3.4 Beeinflussung der Wasserqualität durch den Wald

Die Wälder sind wichtige Trinkwasserlieferanten für den Menschen. Wesentlich ist aber nicht nur die anfallende Menge des Wassers, sondern auch seine Qualität. Verunreinigungen können durch Sedimente (Lehm, Geröll usw.) oder durch chemische Stoffe entstehen. Es wurde bereits dargelegt, dass die grossflächige Erosion durch eine Waldbestockung verhindert werden kann. Wie verhält es sich jedoch mit der kleinflächigen Abschwemmung? Untersuchungen der Abt. Forst- und Holzwirtschaft der FAO haben ergeben, dass in den meisten bewaldeten Bach-einzugsgebieten die Wasserverschmutzung durch Sedimente hauptsächlich von einem Streifen von je etwa 25 m Breite beidseits des Baches stammt, in welchem ein Oberflächenabfluss stattfindet. Ausserhalb dieses Streifens versickert das Wasser. Dieser Streifen wird breiter, je länger der Niederschlag dauert und je stärker der Boden bereits mit Wasser gesättigt ist. Für die Belastung und Verschmutzung der Bäche ist deshalb die Bestockung und die Bewirtschaftung der angrenzenden Waldflächen von grosser Bedeutung. Dabei ist zu beachten, dass versumpfte Flächen nur eine geringe Einsickerung in den Boden zulassen und deshalb das Niederschlagswasser rascher ins Gerinne gelangt. Für die Praxis heisst das, dass der Bestockung längs der Bachläufe eine besondere Aufgabe zukommt.

Diese Bestockung kann auch die Wassertemperatur beeinflussen. In durch Kahlschläge blossgelegten Waldbächen kann sich die Wassertemperatur bis zu 6 °C erhöhen.

Die chemische Zusammensetzung des Wassers kann durch den Waldboden wesentlich verändert werden. Bereits schon vor dem Erreichen des Bodens kann eine Beeinflussung beginnen. Untersuchungen in einem Buchenbestand haben ergeben, dass das durch das Blattwerk und über die Stämme auf den Boden gelangende Wasser eine bis zehnfache Erhöhung der Kalium-Konzentration und eine Verdoppelung der Ca-, Mg-, S-, Na- und Cl-Konzentrationen gegenüber dem Niederschlag im Freiland aufwies.

Die Qualitätsänderung des Wassers vom Erreichen des Waldbodens bis zum Eintritt in den nächsten Bach oder in den Grundwasserstrom hängt stark vom Sickerweg ab. Besonders in der Oberschicht des Bodens kann je nach

Bodenbeschaffenheit und Vegetation die Wasserqualität verändert werden. Da die Bodenbildung und die Vegetationsentwicklung durch die Bewirtschaftung beeinflusst werden, ist eine Einwirkung auf die Wasserqualität möglich. Ein bewaldetes Einzugsgebiet bietet noch keine Gewähr für einen genügenden Schutz des Quell- und Grundwassers. So begünstigen zum Beispiel Kahlschläge nicht nur die Bodenerosion, sondern lassen auch, wie amerikanische Untersuchungen ergeben haben, die Stickstoff-Fracht im Wasser stark ansteigen. Es wird vermutet, dass die Produkte der Nitrifikation im Boden durch die zahlenmässig stark reduzierten Pflanzen nicht mehr aufgenommen werden können, weshalb sie in den Abfluss gelangen. Auch eine Düngung des Waldes würde die Wasserqualität verändern. Im Nordschwarzwald ist eine zusammenhängende Fläche von 250 ha mit vorwiegend älteren Fichtenbeständen mit Kalkammonsalpeter gedüngt worden. Kontrollmessungen haben ergeben, dass sowohl bei den Oberflächengewässern als auch bei den Quellen des gedüngten Gebietes parallel zur Düngung ein markanter Anstieg der Nitrat-Ionen erfolgte. Bei uns spielt eine solche Beeinflussung allerdings keine Rolle, da wir in unserem Kanton den Wald aus Gründen des Umweltschutzes und der Wirtschaftlichkeit nicht düngen. Wir versuchen vielmehr, durch eine naturnahe Baumartenmischung und eine pflegliche Bewirtschaftung die Bodenaktivität zu fördern und damit das Wuchsvermögen des Bodens optimal zu nutzen. Eine weitere Gefahr für die Wasserqualität bildet die Verwendung von Pestiziden und Herbiziden im Wald. Die Gefährdung hängt unter anderem ab von der bereits vorhandenen Wassersättigung des Bodens, welche eventuell einen Oberflächenabfluss bewirkt, und von der örtlichen Konzentration der chemischen Mittel, die bei der heute üblichen Ausbringung durch Flugzeuge nicht immer in unschädlichen Grenzen gehalten werden kann. Im Aargau haben wir die Ausbringung chemischer Schädlingsbekämpfungsmittel im Wald untersagt, weil dadurch das Wasser und die Tierwelt in der Lebensgemeinschaft Wald gefährdet würden. Eine Ausnahme ist nur für die Pflanzgärten gestattet und in Spezialfällen zum Schutze des geschlagenen und an den Abfuhrwegen gestapelten Holzes vor dem Nutzholzborkenkäfer.

4. Einfluss der Bewirtschaftung auf den Wasserhaushalt

Die Frage, ob durch eine Vergrößerung der Waldfläche eine Regenvermehrung bewirkt werden könne, ist noch nicht abgeklärt. Es ist zu vermuten, dass dies höchstens bei sehr ausgedehnten Aufforstungen im Ausmasse von mehreren km² überhaupt möglich wäre. Dabei wäre aber zu beachten, dass durch die Evapotranspiration ein Teil

des Niederschlagswassers während der Vegetationszeit wieder an die Atmosphäre zurückgegeben würde.

Hingegen ist es möglich, durch die Anlage von Windschutzstreifen in stark dem Wind ausgesetzten Gebieten eine Schneeanreicherung und damit eine Vergrößerung des Schmelzwasseranteils zu bewirken.

Ebenfalls eine Schneeanreicherung kann in geschlossenen Nadelholzbeständen erreicht werden durch eine starke Durchforstung, wie sie heute bei uns allgemein ausgeführt wird. Aehnlich wirkt eine Durchsetzung reiner Nadelholzbestände mit Laubholz, was einen grösseren Schneedurchlass bis auf den Waldboden ermöglicht.

Durch eine geeignete Schlagmethode kann vermieden werden, dass der Wasserabfluss aus dem Wald zu gross wird und zu rasch erfolgt. Durch einzelstammweise oder gruppenweise Nutzung des schlagreifen Holzes (Plenterung oder Femelschlag) anstelle des Kahlschlages wird die Erosion verhindert und damit die Geschiebeführung der Bäche verkleinert. Eine naturnahe Bestockung erlaubt die Bildung einer grossen Bodenaktivität und damit einer Humusschicht mit einer grossen Aufnahmekapazität von Niederschlagswassers.

Die heute in der Schweiz angewandten waldbaulichen Methoden und die Grundlagen des Forstgesetzes helfen also mit, den Wasserabfluss zu regulieren.

Zusammenfassung

Der Wald schützt das Gelände vor Erosion und Abtragung. Er schützt den Boden vor Austrocknung.

Er wirkt ausgleichend auf den Wasserabfluss, indem er mithilft, Hochwasser zu vermeiden und starke, konzentrierte Niederschläge mit einer zeitlichen Verzögerung und Ausdehnung abfliessen lässt.

Er schützt das Wasser vor Verunreinigungen und verbessert die Qualität des Trink- und Brauchwassers.

Durch eine naturnahe pflegliche Bewirtschaftung können wir dazu beitragen, einen widerstandsfähigen Waldbestand zu schaffen und zu erhalten, welcher die Schutzaufgaben am besten zu erfüllen vermag.

Ein Kernsatz der europäischen Wassercharta von 1968 erklärt, dass für die Erhaltung der Wasservorkommen die Pflanzendecke, insbesondere der Wald, eine wesentliche Rolle spiele. Sorgen wir dafür, dass der Wald diese Aufgabe auch weiterhin erfüllen kann. Der Wald schützt den Menschen vor dem unheilbringenden Wasser, er schützt aber auch das Wasser selber vor dem schädigenden Einfluss des Menschen. Tragen wir deshalb Sorge zum Wald und zerstören wir ihn nicht!

Adresse des Verfassers: August Studer, Kantonsoberförster, CH-4310 Rheinfelden, Roberstenstrasse 72.



Bild 1. Ueberschwemmte Reusslandschaft «Schäggematte», vom 23. November 1972.