

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG  
Titel der Tagung: Böden -  
Lebensgrundlage und Verantwortung  
Veranstalter: DBG, 7.-12. September 2013,  
Rostock. Berichte der DBG (nicht  
begutachtete online Publikation)  
<http://www.dbges.de>

## **Ein neuer Ansatz zur Modellierung des lateralen präferentiellen Zwischenabflusses in bewaldeten Hängen**

Schwarz M.<sup>1</sup>, Lüscher, P.<sup>1</sup>

### **Zusammenfassung**

Schutzwälder können in der Minderung von Hochwasserrisiken eine wichtige Wirkung leisten. In dieser Arbeit wird ein neuer Ansatz zur Modellierung des lateralen präferentiellen Zwischenabflusses in bewaldeten Hängen beschrieben und in Zusammenhang mit der Pflege von Hochwasserschutzwäldern diskutiert. Der angewendete Ansatz kombiniert die Massenbilanz-Gleichung mit der Stokes-Gleichung für die Berechnung der Flüsse auf der Bodenprofilskala (1 m), und integriert einen stochastischen Ansatz für die Aufskalierung der hydrologischen Prozesse auf die Hangskala, mit Berücksichtigung der Waldstruktur. Die ersten Resultate der Simulationen zeigen die Bedeutung der Waldstruktur für die Zeitverzögerung des Zwischenabflusses und welche Bedeutung diese Verzögerung für die Wasserspeicherkapazität in Bezug auf den Hochwasserschutz hat.

Schlüsselworte: präferentieller  
Zwischenabfluss, Hochwasser, Schutzwald

### **Einleitung**

Wälder können eine unterschiedliche Wirkung auf das Hochwassergeschehen haben, je nach Standortfaktoren (Boden,

---

<sup>1</sup> Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Zürcherstr. 111, CH- 8903 Birmensdorf  
[massimiliano.schwarz@wsl.ch](mailto:massimiliano.schwarz@wsl.ch)

Topographie) und Niederschlagsereigniss (kurz - stark, lang - schwach) (LÜSCHER & ZÜRCHER 2003). Besonders auf Hängen, wo staunasse Böden vorkommen, kann die Wirkung des Waldes wichtig sein. Die geringere Speicherkapazität und die rasche Abflussbildung (oberflächlich oder mittels Zwischenabfluss) bei solchen Böden fördern eine rasche hydrologische Benetzung auf Einzugsgebietsskala und höhere Abflusskoeffizienten, welche zur Hochwasserspitze führen.

Die Steuerung der Baumartenmischung und der Waldstruktur durch waldbauliche Maßnahmen gilt als grundlegendes Prinzip in der schweizerischen Richtlinie für die Nachhaltige Schutzwaldpflege. Die Erfahrung aus der Praxis hat gezeigt, dass auf den gehemmt durchlässigen Böden das Einbringen und Begünstigen von tiefwurzelnden Baumarten, wie Weisstanne, hilft, die Hochwasserabflussspitze zu vermindern. Die wissenschaftliche Literatur weist darauf hin, dass die positive Wirkung des Waldes durch zwei Faktoren stattfindet: Erhöhung der Speicherkapazität des Bodens und Verzögerung des Wasserabflusses. Diese beiden Faktoren werden von dem Wald durch eine komplexe Interaktion von Prozessen (z.B. Durchwurzelung, biologische Aktivität) beeinflusst.

In dieser Arbeit präsentieren wir einen neuen Ansatz zur Modellierung des lateralen präferentiellen Zwischenabflusses in bewaldeten Hängen. Dieser neue Ansatz schafft es, den Rahmen zu bilden, um die Schutzwirkung des Waldes nachvollziehbar zu quantifizieren.

### **Material & Methoden**

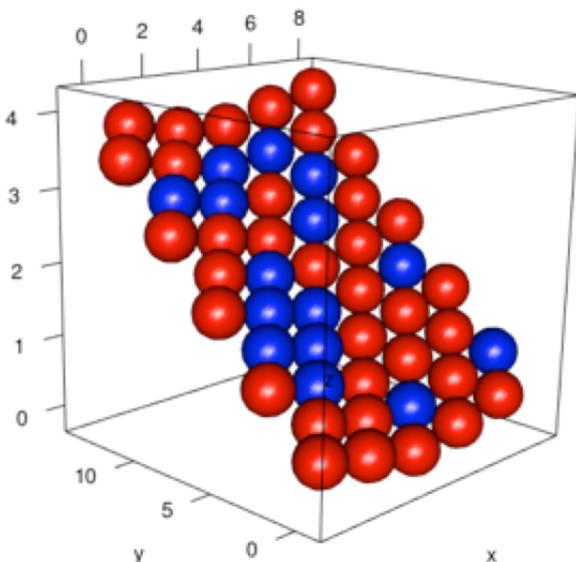
Die Grundkonzepte der Modellierung auf Bodenprofilskala (1 m) basieren auf dem Ansatz von BEVEN & GERMANN (2013) für den präferentiellen lateralen Abfluss und wurden erweitert, um den Zusammenhang zwischen Wurzelverteilung, Abfluss und Wassergehalt besser abzubilden. Das Modell löst eine Wasserbilanzgleichung mit der Anwendung von der Stokes Gleichung für die Berechnung des Wasserflusses.

Die sensibelsten Modellparameter sind:

- Tiefe der rasch drainierten Bodenhorizonte ( $T$  [m]),
- Kontaktfläche der Makroporen ( $L$  [m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>]),
- Koeffizient der vertikalen Sickerung ( $c_v$  [-]) und
- der geometrische Faktor der Makroporen ( $g_F$  [-]).

Das Abflussmodell an der Profilskala wurde dann in einem Abflussmodell für die Hangskala angewandt, um die Verhältnisse von unterschiedlichen hydrologisch beitragenden Flächen während eines Niederschlags zu simulieren und zu analysieren.

Eine "random generating function" definiert in dem Modell die zufällige Normalverteilung der initialen Vorfeuchte und des drainierbaren Wasservolumens in jeder Simulation. Abbildung 1 zeigt ein Beispiel eines simulierten Hangs, wo die Farben zeigen ob eine Hangpartei Wasser drainiert (blau) oder nicht (rot).

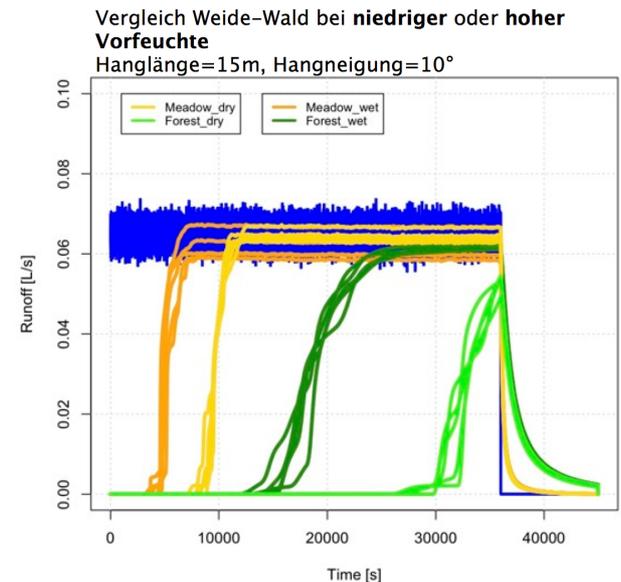


**Abb. 1:** Beispiel eines simulierten Hangs, diskretisiert in hexagonale Zellen. Die Farben zeigen, ob eine Hangpartei Wasser drainiert (blau) oder nicht (rot).

### Ergebnisse & Diskussion

Unter der Annahme, dass unterschiedliche Werte von  $T$  (hydrologisch aktive Bodentiefe) und  $L$  (Kontaktfläche) charakteristisch für unterschiedliche Bedingungen bezüglich der Vegetationsbedeckung (Wiese bis gut strukturierte Waldbestände)

sind, ist es möglich, die Abflussverhältnisse eines Hanges für unterschiedliche Niederschlagsereignisse zu simulieren. Abbildung 2 zeigt den simulierten Abfluss eines Hanges mit vier verschiedenen Vegetationsbedeckungen (Wiese=gelb, "schlechter" Wald=dunkelgrün, "minimaler" Wald= grün, "optimaler" Wald= hell grün) bei einem 10 Std (tot = 100 mm) hundertjährigen Niederschlagsereignis. Der Niederschlag wurde über die Zeit als konstant angenommen und das Speichervermögen war für alle Kombinationen konstant, aber mit unterschiedlichen Vorfeuchten (Durchschnittswerte: dry=0.2, wet=0.3). Die Resultate zeigen, dass bei dem simulierten Niederschlagsereignis, ein "optimaler" Waldbestand die Abflussspitze bis zu 20% reduzieren kann, dank einer starken Verzögerung des Wasserabflusses.

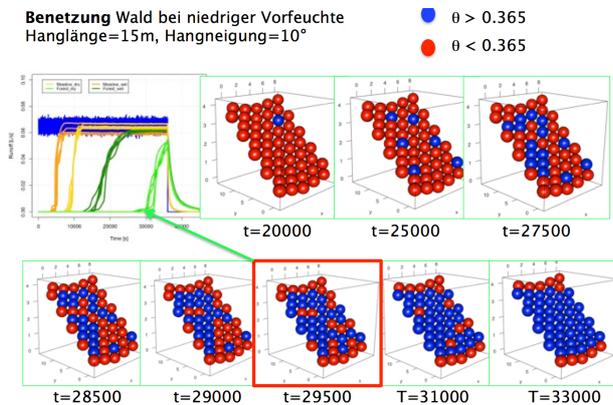


**Abb. 2:** Simulierter Abfluss für vier verschiedene Vegetationsbedeckungen (Wiese=gelb, "schlechter" Wald=dunkelgrün, "minimaler" Wald= grün, "optimaler" Wald= hell grün). Die blaue Linie ist der Input-Niederschlag.

Die simulierten Abflüsse beginnen erst, wenn der Hang hydrologisch vernetzt ist und je mehr Wasser es braucht, um den lateralen Abfluss zu beginnen, desto stärker wird die Abflussspitze reduziert. Abbildung 3 zeigt die zeitliche Entwicklung der hydrologischen Benetzung des Hanges in Zusammenhang mit der Zunahme des Wassergehalts in jeder Zelle bis zu den Werten, bei welchen der laterale Abfluss<sub>2</sub>

beginnt (blaue Punkte). Der gesamte Hang beginnt erst dann zu drainieren, wenn mehrere Hangparteien benetzt sind (z.B.  $t=29500$  in Abb.3).

LÜSCHER, P., ZÜRCHER K. (2003): Waldwirkung und Hochwasserschutz: Eine differenzierte Betrachtungsweise ist angebracht. LWF-Bericht. 40:30-33.



**Abb. 3:** Zeitliche Entwicklung der hydrologischen Benetzung des Hanges in Zusammenhang mit der Zunahme des Wassergehalts in einer Simulation ("Forest\_dry").

Der Einfluss des Waldes über die indirekte Wirkung der Wurzelverteilung kann durch die Parameter T (hydrologische aktive Bodentiefe) und L (Kontaktfläche) gut charakterisiert werden. Auf der Hangskala wirkt der Einfluss des Waldes durch die räumliche Heterogenität der oben genannten Parameter und dadurch auf die hydrologische Vernetzung des Hanges.

Die präsentierten Resultate bleiben eine numerische Extrapolation, welche mit weiteren Felddaten und Studien validiert werden müssen. Dennoch lassen die numerischen Simulationen eine erste Schätzung der Waldwirkung zu. Zu den wichtigsten Rahmenbedingungen zählen die Intensität/Dauer eines Niederschlagsereignisses, das Relief, die Hanglänge und die Hangneigung.

Die Resultate und Ansätze, welche in diesem Artikel präsentiert werden, dienen als wichtige Grundlagen für die Quantifizierung der Waldwirkung gegen Hochwasserrisiken.

## Literatur

BEVEN, K., GERMANN, P. (2013): Macropores and Water Flow in Soils Revisited doi: 10.1002/wrcr.20156