Ein Niederschlag/Abfluss-Modell für kleine Einzugsgebiete

Autor(en): **Zuidema, Piet / Kölla, Elisabeth**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **75 (1983)**

Heft 5-6

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-941264

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Ein Niederschlag/Abfluss-Modell für kleine Einzugsgebiete

Piet Zuidema und Elisabeth Kölla

Zusammenfassung

Der vorliegende Kurzbericht beschreibt ein Hochwasser-Abfluss-Modell, welches für Gebiete mit wenig durchlässigem Untergrund entwickelt und in drei kleinen Einzugsgebieten angewendet wurde.

Résumé: Un modèle de débits en fonction des précipitations pour de petits bassins versants

Un modèle de débit de crue est brièvement décrit. Il était développé pour des bassins versants avec souterrains peu perméables. Le modèle a été testé dans trois petits bassins.

Abstract: A rainfall-runoff model for small basins

A storm runoff model is briefly described. It was developped for small catchments with substrata of low permeability. The model was applied to three small basins.

1. Einleitung

Oft muss der praktisch tätige Ingenieur ein Dimensionierungs-Hochwasser bestimmen. In natürlichen Einzugsgebieten ohne Niederschlags- und Abflussmessungen ist weder eine statistische Lösung des Problems noch die Anwendung eines zu eichenden Niederschlag-Abluss-Modelles möglich.

In diesem Fall dürfte einzig ein Verfahren, bei dem ein (geschätzter) Wert für den Niederschlag als Eingangsgrösse verwendet wird, ein einigermassen zuverlässiges Resultat ergeben. Zur Ermittlung der massgebenden Niederschläge sei zum Beispiel auf die Publikationen von *Zeller, Geiger, Röthlisberger* (1976 ff.) hingewiesen. Ein eingehendes Studium der für das Hochwasser entscheidenden Wasserbewegungen an der Bodenoberfläche und im Boden und die Erfassung der dabei wirksamen Faktoren kann die Hochwasserbildung in einem Einzugsgebiet erklären.

Der vorliegende Bericht beschreibt die Integration der wichtigsten Wasserbewegungen in ein einfaches konzeptuelles Niederschlag-Abfluss-Modell. Der Vergleich zwischen gerechnetem und gemessenem Abfluss erlaubt es, die Richtigkeit der Vorstellung über die Wasserbewegungen zu kontrollieren. Das Modell wurde auf 3 kleinere Einzugsgebiete angewendet.

2. Modellvorstellung

Obschon in Einzugsgebieten mit dichter Vegetationsdecke grossräumiger Oberflächenabfluss selten beobachtet wird, bildet der Oberflächenabfluss die Hauptabflusskomponente in vielen heute gebräuchlichen Abflussmodellen. Die bei Hochwasser häufig beobachteten hohen Abflusskoeffizienten und die kurzen Anlaufzeiten führen zur Annahme, dass in vielen Schweizer Einzugsgebieten mit dichter Vegetationsdecke der Hauptanteil der Hochwassermenge durch ein Grobporensystem in den Vorfluter gelangt.

Das hier beschriebene Modell betrachtet den Boden als ein System, bestehend aus Festmaterial und Hohlräumen (Poren). Je nach deren Grösse wird das Wasser verschieden lang zurückgehalten. Dementsprechend wird das Porenvolumen in verschiedene Klassen eingeteilt: Feinstporen, Mittelporen und Grobporen. Zu den Grobporen in vertikaler Richtung gehören die als Makroporen bezeichneten Tiergänge und Löcher von (abgestorbenen) Pflanzenwurzeln; in horizontaler (lateraler) Richtung ist es ein System von groben Poren, die zum Teil durch das lateral über der undurchlässigen Schicht fliessende Wasser gebildet wurden.

Das Modell wurde für Einzugsgebiete mit *wenig durchlässigem Untergrund* entwickelt. Deshalb sind die für das Hochwasser wesentlichen Wasserbewegungen auf die darüberliegenden Bodenschichten beschränkt.

3. Quantitative Beschreibung der im Modell berücksichtigten Wasserbewegungen

In Bild 1 wird ein Hang schematisch dargestellt. S1 sei die Bodenmatrix ohne grössere Hohlräume, S2 das Grobporensystem und S3 der langsam drainiernde Teil des Einzugsgebietes. Bild 2 zeigt die betrachteten Wasserbewegungen im Detail.

Zu Beginn eines Hochwassers wird der Regen (R) zum Teil auf der Vegetationsdecke zurückgehalten (Interzeption). Das auf den Boden gefallene Wasser infiltriert in die Bodenmatrix. Als Bodenmatrix wird der Boden ohne Grobporen bezeichnet. Der Wasserfluss in die Bodenmatrix wird durch die Infiltrationsrate (F) beschränkt. Der Anteil des Regens, der die Infiltrationsrate übersteigt, fliesst oberflächlich in die Grobporen (R–F).

Falls der Niederschlag länger anhält, stellt sich mit der Zeit folgender Zustand ein:

– Ein Teil des Wassers infiltriert aus der *Bodenmatrix* in den Untergrund (F1), der Rest fliesst lateral durch den Boden in den Vorfluter (Q1). Entstehen in der Bodenmatrix gesättigte Zonen, so kann das Wasser von dort in die

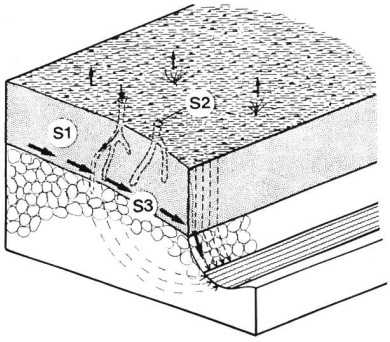
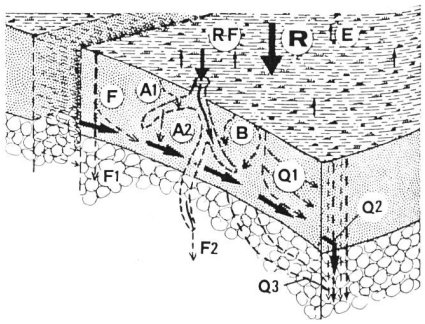


Bild 1, links. Schematische Darstellung eines repräsentativen Hanges in einem Einzugsgebiet mit wenig durchlässigem Untergrund.
S1 Bodenmatrix ohne Grobporen
S2 Grobporen
S3 Langsam drainierender Teil der Bodenmatrix und Untergrund

Bild 2, rechts. Wesentliche Wasserbewegungen in einem Boden während eines Hochwasserereignisses (Ausschnitt aus Bild 1).

R	Niederschlag
E	Evapotranspiration
F	Infiltrationsrate in Oberboden
R–F	Anteil des Niederschlags, der in die Grobporen fliesst
B	Benetzung
F1	Fluss aus der Matrix in den Untergrund
F2	Fluss aus den Grobporen in den Untergrund
A1	Fluss aus der Matrix in die Grobporen
A2	Fluss aus den Grobporen in die Matrix
Q1	Abfluss aus der Bodenmatrix
Q2	Abfluss aus den Grobporen
Q3	Basisabfluss



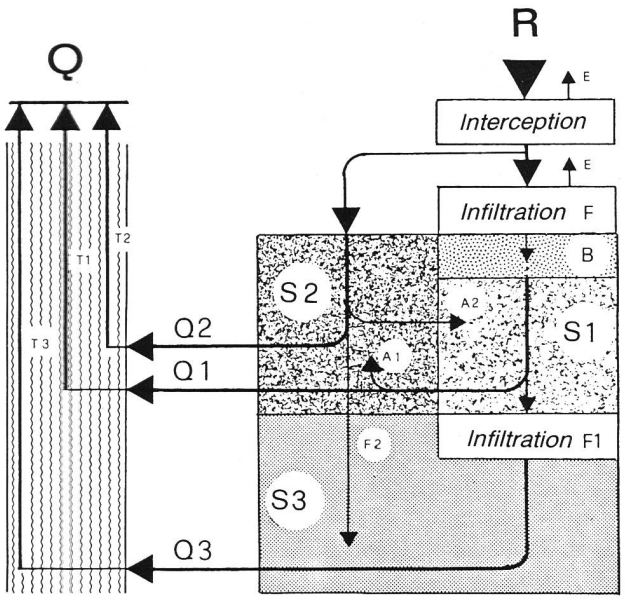


Bild 3. Flussdiagramm des beschriebenen Abflussmodells. Die Bezeichnungen entsprechen denjenigen der Bilder 1 und 2.
S1 Bodenmatrix ohne Grobporen
S2 Grobporen
S2 Langsam drainierender Teil der Bodenmatrix und Untergrund

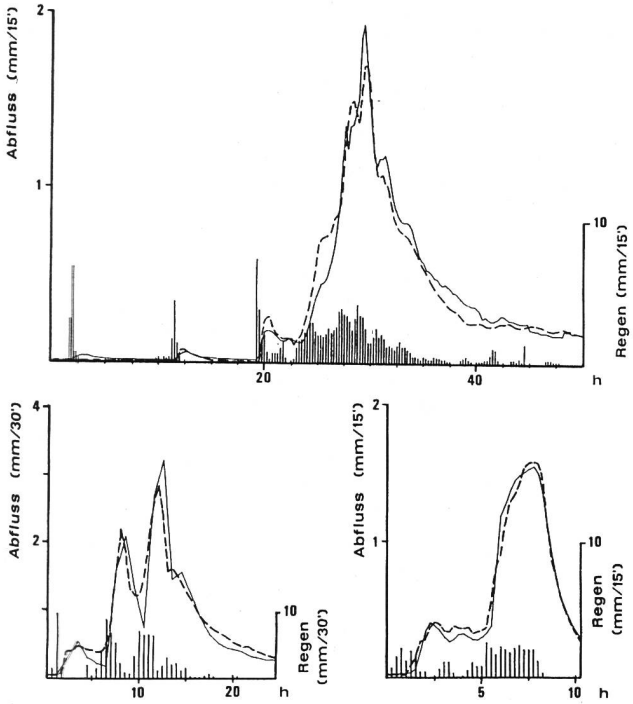


Bild 4. Gemessener (----) und berechneter (——) Abfluss in den Einzugsgebieten Rietholzbach, Kanton St. Gallen (oben), Grosser Runs, Kanton Schwyz (unten links), und Rotenbach, Kanton Freiburg (unten rechts).

Grobporen exfiltrieren (A1). Je grösser die gesättigte(n) Zone(n), desto mehr Wasser exfiltriert aus der Matrix in das Grobporensystem.

– Die Entleerung der *Grobporen* verläuft rasch (Q2). In den ungesättigten Teilen des Bodens exfiltriert ein Teil des Wassers aus den Grobporen in die Bodenmatrix (A2). Je kleiner der Wassergehalt der Bodenmatrix (und je höher deshalb die Saugspannungen), desto mehr Wasser fliesst von den Makroporen in die Matrix. Makroporen können Wasser auch direkt in den Untergrund leiten (F2).

– Die *Drainage der Feinstporen* der Bodenmatrix und des Untergrundes liefern den kleinsten Teil an das Hochwasser (Q3); sie speisen lediglich den *Basisabfluss,* der nach Beendigung des Niederschlagsereignisses nur langsam abnimmt. Die Menge des Basisabflusses schwankt erheblich zwischen den einzelnen Einzugsgebieten, je nach Durchlässigkeit ihres Untergrundes.

– Die Evapotranspiration (E) verursacht ein Bodenwasserdefizit, indem sie den obersten Bodenschichten Wasser entzieht. Da die Drainage der Grobporen sehr schnell ist, sind die Evapotranspirationsverluste auf die Bodenmatrix beschränkt, wo das Wasser für längere Zeit gespeichert ist.

4. Ein Drei-Speicher-Hochwasserabflussmodell für kleine Einzugsgebiete mit wenig durchlässigem Untergrund

Die im vorherigen Kapitel beschriebenen Wasserbewegungen werden vereinfacht und mathematisch modelliert: Der Boden (und der Untergrund) wird in 3 Speicher unterteilt, und die Wasserflüsse in, aus und zwischen den einzelnen Speichern werden formuliert. Das in Bild 3 dargestellte Flussdiagramm zeigt die *Interaktion* zwischen den einzelnen Speichern.

5. Gemessene und berechnete Abflussganglinien

In Bild 4 werden gemessene und berechnete Abflussganglinien für drei kleine Einzugsgebiete verglichen.

6. Schlussbemerkungen

Vorliegender Kurzbericht beschreibt einen Teil einer Arbeit, die im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes «Grundlegende Probleme des Schweizerischen Wasserhaushaltes», Teilprogramm «Ermittlung von Hochwasserabflüssen in kleinen Einzugsgebieten ohne Direktmessung», durchgeführt wird. Neben der Verbesserung des Modelles sowie dessen Anwendung auf andere Einzugsgebiete, insbesondere auch solche mit Grundwasservorkommen, werden die dazu notwendigen Grundlagen mit numerischen Simulationen und mit gezielten qualitativen Feldexperimenten erarbeitet. Dabei steht eine genauere Untersuchung der quantitativen Bedeutung der einzelnen Abflussprozesse und der Gebietskennwerte im Vordergrund. Schliesslich soll für den Praktiker ein *Verfahren* bereitgestellt werden, das es erlaubt, mit einfachen Mitteln ein Hochwasser aus vorgegebenem Niederschlag genügend genau abzuschätzen.

Literatur

Zeller J., Geiger H., Röthlisberger G.: Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes. EAFV Birmensdorf, 1976 ff.

Adresse der Verfasser: *Elisabeth Kölla,* dipl. Kult.-Ing. ETHZ, und *Piet Zuidema,* dipl. Kult.-Ing. ETHZ, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.