

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 76 (1984)
Heft: 5-6

Artikel: Abflüsse in der ungesättigten Bodenzone
Autor: Sprecher, Kurt / Storchenegger, Isidor
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941196>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.01.2026

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

Abflüsse in der ungesättigten Bodenzone

Kurt Sprecher und Isidor Storchenegger

Bericht über den 15. Fortbildungslehrgang Hydrologie des DVWK mit dem Thema «Abflussbildung und Wasserbewegung in der ungesättigten Bodenzone» vom 3. bis 7. Oktober 1983 in Braunschweig

Als Veranstalter des Lehrgangs zeichnete der Deutsche Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), während die Durchführung dem Leichtweiss-Institut für Wasserbau der TU Braunschweig (Prof. U. Maniak) und dem Institut für Geographie der TU Braunschweig (Prof. A. Herrmann) oblag. Der Kurs versammelte rund 30 Teilnehmer, die vorwiegend an Hochschulen oder in öffentlichen Ämtern angestellt sind. Die Vorträge wurden durch einige Besichtigungen ergänzt.

Aus der Fülle des vermittelten Wissens fassen wir in drei Kapiteln dasjenige zusammen, das unserer Meinung nach auch hiesige Hydrologen interessieren dürfte.

1. Grundlagen

Wasserbewegung im Boden

Grundsätzlich gilt für die Wasserbewegung sowohl im gesättigten als auch im ungesättigten Boden die Darcy-Gleichung und die Kontinuitätsgleichung. Zur Simulation der Wasserbewegung nach diesen beiden Gleichungen sind zwei Kennlinien des Bodens nötig: der Wassergehalt (beachte den Hystereseeffekt!) sowie die Leitfähigkeit in Abhängigkeit von der Saugspannung. Die Darcy-Gleichung in der Form

$$v_f = -k_f \cdot \left(\frac{\Delta \psi}{\Delta z} - 1 \right)$$

v_f kapillare Aufstiegsrate

k_f Wasserleitfähigkeit

ψ Kapillarpotential/bzw. Saugspannung

z Höhe über dem Grundwasserspiegel

erlaubt das Festlegen einer Linie im Profil, bei der $v_f = 0$ ist. Diese Linie heisst hydraulische Wasserscheide und hat folgende Eigenschaften:

- sie ist jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen;
- durch sie findet kein Wassertransport und somit auch kein Transport von gelösten Stoffen statt (Dünger, Salze, Herbizide usw.).

Erosion

Erstaunlich viele Feld- und Laborversuche widmen sich diesem Thema. Aus all den Untersuchungen geht hervor, dass eine hohe Niederschlagsintensität, eine lichte Bodenbedeckung, eine kleine Infiltrationsrate und die Frostgare (durch Sprengwirkung des im Boden gefrorenen Wassers hervorgerufene Gefügeveränderung) die Erosion fördern; dagegen hemmen eine dichte Bodenbedeckung (nicht aber Plastikfolien!), eine geeignete Bewirtschaftungsart (Vermeiden von Fahrspuren) und eine angepasste Kulturmethode (Untersaaten bei Hopfen und dergleichen) die Erosion. Erstaunlicherweise beeinflussen weder die Höhe des Oberflächenabflusses noch die Geländeneigung grösser als 5% die Erosionsrate. Die Erosionsbekämpfung durch Untersaaten führt jedoch bei Mais und Rebe zu Ertrags- bzw. Qualitätseinbussen.

Dränung

Im Zusammenhang mit der Hochwasserverschärfung interessiert der zeitliche Verlauf des Dränabflusses. Die heute vorliegenden Untersuchungen und Modelle zeigen

widersprüchliche Ergebnisse – die einen belegen einen Hochwasser verschärfenden, die anderen einen dämpfenden Einfluss der Dränung. Entsprechende Resultate finden sich in einer neueren Arbeit von G. Hörmann und P. Widmoser, deren primäres Untersuchungsziel der Frage der Wirkung von Dränfiltern galt.

2. Abflussbildungsmodelle

Wie können die aus Teilprozessen gewonnenen Erkenntnisse auf die Abflussberechnung konkret übertragen werden? Bei diesem Schritt sind starke Modellvereinfachungen unumgänglich. Die Vereinfachungen führen je nach Anwendungsfall zu verschiedenen Ansätzen, die sowohl Ereignis- als auch Gebietskennwerte verwenden. Im Rahmen unseres Kurses wurden mehrere Abflussbildungsansätze vorgestellt, mit denen allerdings die Schneeschmelzvorgänge nicht erfasst werden können:

SCS-Verfahren (Verfahren des U.S.-Soil Conservation Service, Department of Agriculture)

- geeignet für Gesamtgebiete, sowohl bebaute als auch unbebaute;
- Einflussgrößen: Vorgeschichte (Vegetationsperiode, 5tägige Vorregenhöhe), Niederschlagshöhe, Bodenklasse, Bodenbedeckung;
- Resultat: Abflusshöhe.

Verfahren von B. Anderl und R. W. Harms

- geeignet für Gesamtgebiete, sowohl bebaute als auch unbebaute;
- Einflussgrößen: Vorgeschichte (Wochenzahl, effektive 20tägige Vorregenhöhe), Niederschlagshöhe, Bebauungs- und Waldanteil, Grenzwert der Niederschlagshöhe vor und während des Niederschlagsereignisses;
- Resultat: Gesamtabflussbeiwert, zeitliche Verteilung des Abflussbeiwertes.

Drainmod (University of North Carolina)

- gültig für mit Rohrdränung entwässerte Teilflächen;
- Einflussgrößen: der Dränabfluss, die Evapotranspiration (nach Thornthwaite) und die Infiltration sowie der Oberflächenabfluss;
- Resultat: Bilanz des Wasserhaushaltes eines Bodenkörpers.

Teilmodell Hystem (R. W. Harms und H.-R. Verworn, Hannover)

- getrenntes Modell für versiegelte und unversiegelte Teilflächen innerhalb bebauter Gebiete der Ortsentwässerung;
- Resultat: Abflussbeiwert in Funktion der Zeit bei versiegelten oder einer Infiltrationskapazität in mm/min bei unversiegelten Flächen.

Koaxialdiagramm (R. K. Linsley, M. A. Kohler und J. L. H. Paulhus)

- graphische Methode zur Bestimmung des Gesamtabflussbeiwertes;
- Einflussgrößen: Vorgeschichte (Höhe des Vorregens, Wochenummer), Regenhöhe und Dauer des Niederschlagsereignisses;
- Resultat: Gebietsrückhalt = Niederschlags- minus Abflusshöhe.

Verfahren von R. E. Horton

- sein Modell geht von einer zeitabhängigen Infiltrationsrate aus, die in Form einer e-Funktion von einer Anfangs- zu einer Endinfiltrationsrate abnimmt;
- geeignet für Niederschlag/Abfluss-Modelle mit entsprechender Parameteroptimierung;

- Einflussgrößen: Anfangs- und Endinfiltrationsrate, eine bodenabhängige Rückgangskonstante;
- Resultat: potentielle Infiltrationsrate in Funktion der Zeit.

Verfahren von *J. R. Philips*

- es verwendet wie dasjenige von Horton eine zeitlich abnehmende Infiltrationsrate; die Abnahme erfolgt jedoch nicht exponentiell, sondern in Funktion des Kehrwertes der Wurzel aus der Zeit;
- Einflussgrößen: Endinfiltrationsrate und eine aus der Modelloptimierung gewonnene Gebietskonstante;
- Resultat: potentielle Infiltrationsrate in Funktion der Zeit.

Verfahren von *W. H. Green* und *G. A. Ampt*

- beschreibt den zeitlichen Verlauf der Infiltrationsrate in Abhängigkeit der Verschiebung einer Befeuchtungsfront in einem Boden;
- Einflussgrößen: gesättigter Durchlässigkeitsbeiwert, Sättigungs- und Anfangswassergehalt, mittlere Saugspannung an der Befeuchtungsfront. Einschlägige Mittelwerte der Parameter der Green-Ampt-Gleichung für verschiedene Böden sind tabelliert (*D. L. Brakensiek*).

Bei allen Modellen, die eine zeitliche Verteilung der Infiltrationsrate angeben, muss fortlaufend bilanziert werden. Die Abflussbildung gewinnt im Zusammenhang mit Wassergütefragen an Bedeutung.

3. Messtechnik

Die Erkenntnis, dass die Resultate aus rein theoretisch hergeleiteten Modellen immer wieder von den tatsächlich in der Natur beobachteten Vorgängen abweichen, hat die Konsequenz, dass vermehrt hydrologische Prozesse bis in alle Einzelheiten gemessen werden müssen. Das nachträgliche Vereinfachen der gefundenen Beziehungen zu einer mathematisch handbaren Form bleibt jedoch weiterhin das Ziel der Ingenieurhydrologen.

Umweltisotope

Zu den Umweltisotopen zählen die in der Umwelt mehr oder weniger natürlich vorkommenden Isotopen Tritium (^3H), Deuterium (^2H) und Sauerstoff-18 (^{18}O), deren Konzentration im Niederschlag signifikant verschieden von derjenigen im Grundwasserausfluss (Trockenwetterabfluss) ist. Aufgrund dieser Tatsache wird der zeitliche Verlauf der Anteile des schnell abfließenden Niederschlages (Direktabfluss) und des verzögerten, länger im Einzugsgebiet verweilenden Niederschlages bestimmt. Die bisherigen Untersuchungen lassen darauf schliessen, dass der Anteil des schnell abfließenden Niederschlages bedeutend kleiner ist (ungefähr ein Drittel des Abflussvolumens), als gemeinhin angenommen wurde.

Infiltration

Das Doppelringinfiltrometer hat sich nicht bewährt, da die erhaltenen Werte der Infiltrationsrate bei kleiner Stichprobe zu stark streuen (*O. Schwarz*). Bessere Ergebnisse erbringen grossflächige Infiltrationsversuche mit Beregnungsanlagen.

Erosion

Das bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft und das geographische Institut der TU Braunschweig führen umfangreiche Erosionsuntersuchungen durch. *J. Karl* misst Oberflächenabfluss und Bodenabtrag in Abhängigkeit von der Bodennutzung mit seiner transportablen Beregnungsanlage im Feld (*J. Karl* und *H. Toldrian*). In Braunschweig wird die Erosionswirkung der Niederschläge aus der Laborberegnungsanlage (*H.-R. Bork* und *G. Marxen*) auf eine ungestörte Bodenprobe der Oberfläche von $0,1\text{ m}^2$ beob-

achtet. Mit der Probenentnahme wird die zeitliche und örtliche Variation der Bodenbedeckung und -bearbeitung erfasst. Als Besonderheit dieser Anlage kann das durch Splash (Spritzwassereffekt) abgetragene Material einer Bodenanalyse zugeführt werden.

Alles in allem fanden wir den Kurs hochinteressant und können deshalb den Besuch von anderen Lehrgängen des DVWK nur empfehlen.

Anschrift der Verfasser: *Kurt Sprecher*, dipl. Kulturing. ETHZ, und *Isidor Storchenegger*, dipl. Kulturing. ETHZ, Institut für Kulturtechnik, ETHZ, 8093 Zürich.

Programme national «Etudes des crues»

Charles Emmenegger et Andreas Götz

Résumé

Un programme national «Etudes des crues» vise à améliorer les informations hydrologiques de base notamment par les moyens suivants:

- développement du réseau hydrométrique de la Confédération par des stations spécialement affectées à la détermination des crues
- élaboration et analyse statistique des données existantes
- examen de problèmes particuliers liés au calcul des débits de crues
- comblement de certaines lacunes scientifiques (mandats de recherche)

Zusammenfassung:

Nationales Programm «Hochwasser»

Ein nationales Programm «Hochwasser» zielt darauf hin, die hydrologischen Grundlageninformationen vor allem durch die folgenden Massnahmen zu verbessern:

- Ergänzung des eidgenössischen hydrometrischen Messnetzes durch speziell für die Erfassung von Hochwasser bestimmte Stationen
- Statistische Auswertungen und Analysen von bestehenden Daten
- Untersuchung von ausgesuchten Problemen im Zusammenhang mit der Berechnung von Hochwasserabflüssen
- Schliessen von gewissen wissenschaftlichen Lücken (Forschungsaufträge).

Riassunto:

Programma nazionale «Studio delle piene»

Una programma nazionale «Studio delle piene» mira a migliorare le informazioni idrologiche di base, ponendo l'accento soprattutto:

- sullo sviluppo della rete idrometrica della Confederazione con stazioni specialmente destinate alla determinazione delle piene
- sull'elaborazione e l'analisi statistiche dei dati esistenti
- sull'esame di problemi particolari legati al calcolo delle portate di piena
- sull'aspetto scientifico, nell'intento di supplire certe lacune (mandati di ricerca).

Objectifs

Bien que la protection contre les crues ait fait de grands progrès en Suisse, il se produit encore chaque année des inondations. Pour l'année 1978, par exemple, ces inondations ont causé des dégâts évalués à 500 millions de francs. Il est indispensable à la Confédération de disposer de meilleures bases de planification et de décision pour remplir les