

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 134 (1983)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Zusammenhänge zwischen Bodennutzung und Gebietshydrologie  
**Autor:** Germann, Peter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-767254>

### **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:** 03.01.2026

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

## Zusammenhänge zwischen Bodennutzung und Gebietshydrologie

Von *Peter Germann*  
University of Virginia, Charlottesville VA 22903 (USA)

Oxf.: 114.12:116

### Einleitung

Aufforstungsprojekte werden häufig auch damit begründet, dass der zukünftige Wald mithilfe, den Wasserhaushalt zu regulieren, insbesondere Hochwasserspitzen zu dämpfen. Wer solcher Argumentation folgt, ist offenbar davon überzeugt, dass Zusammenhänge bestehen zwischen Bodennutzung und Gebietswasserhaushalt.

Verschiedene Veröffentlichungen behandeln die intensiven Veränderungen der Bodennutzung in der Schweiz. So dokumentierten *Surber et al.* (1973) die Zunahme verbrachter Flächen einerseits, und *Ewald* (1978) berichtete über die Zunahme monotoner Kulturlandschaften als Folge moderner landwirtschaftlicher Anbaumethoden andererseits. Eine Arbeitsgruppe der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz befasst sich seit rund zwei Jahren ausführlich mit verschiedenen Gesichtspunkten des Bodenschutzes (*Alther*, 1982). Dies ist ein weiterer Hinweis auf die zunehmende Besorgnis über die Auswirkungen, die von Veränderungen in der Bodennutzung ausgehen.

Auch andernorts sind Veränderungen im Gange. Aus wirtschaftlichen Gründen wurden in diesem Jahr in den USA 82,3 Millionen *acres* Ackerland – das sind 33,3 Millionen ha oder rund das Achtfache der schweizerischen Landesoberfläche – nicht bestellt (Time vom 4.4.83) zwecks Reduktion der Lagerbestände von Mais, Weizen und anderen landwirtschaftlichen Erzeugnissen. Es ist nicht auszuschliessen, dass ähnliche Massnahmen zur Korrektur landwirtschaftlicher Überproduktion auch in Mitteleuropa angewandt werden.

Wenig ist bekannt über die Auswirkungen derart grossflächiger Nutzungsänderungen auf den Gebietswasserhaushalt, und die eingangs aufgestellten Vermutungen gewinnen an Bedeutung über den forstlichen Rahmen hinaus.

## Fallstudie

Als Beispiel werden hier einige Abflussdaten aufgeführt, die vom US-Departement of Agriculture (ARS) in den North Appalachian Experimental Watersheds (Coshocton, Ohio) erhoben wurden. (Für weitere Information siehe *Edwards et al.*, 1983). Im folgenden wird auf die *Tabelle 1* verwiesen, wo die Jahresabflussmengen und die jährlichen Spitzenabflüsse für zwei kleine, landwirtschaftlich genutzte Einzugsgebiete aufgeführt sind. Das Einzugsgebiet I (EG I) umfasst 0,62 ha mit einer mittleren Neigung von 9 %. Der Boden wurde abwechselnd mit Mais, Weizen und Gras bebaut, von 1970 bis 1974 wurde Mais im pfluglosen Verfahren angepflanzt, gefolgt von 1975 bis 1978 von Gras und 1979 bis 1981 von herkömmlich angebautem Mais. Das Einzugsgebiet II (EG II) umfasst 0,55 ha mit einer mittleren Neigung von 6 %. Während der gesamten betrachteten Periode wurde Mais im pfluglosen Verfahren angebaut. EG II kann demnach als Vergleich dienen zur Beurteilung der Auswirkungen einer veränderten Bodennutzung auf den Abfluss (vergleiche auch Kolonne 8 in *Tabelle 1*).

*Tabelle 1.* Jährliche Abflüsse und Spitzenabflüsse aus zwei kleinen, landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten (USDA, Coshocton, Ohio).

Jahr	Einzugsgebiet I			Einzugsgebiet II			Kol. (6)/ Kol. (3) x 100 (%)
	Bewirt- schaftung	Jahres- summe mm/a	Spitzen- abfluss mm/h	Bewirt- schaftung	Jahres- summe mm/a	Spitzen- abfluss mm/h	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1965	m	26,8	3,0	mpfl	0,0	0,0	0,0
1966	w	40,1	4,9	mpfl	0,0	0,0	0,0
1967	g	19,7	2,4	mpfl	0,5	0,1	2,5
1968	g	45,2	3,4	mpfl	0,0	0,0	0,0
1969	m	97,0	53,7	mpfl	4,7	6,6	4,8
1970	mpfl	61,7	16,7	mpfl	0,0	0,0	0,0
1971	mpfl	94,1	7,0	mpfl	40,5	2,5	42,6
1972	mpfl	30,3	3,8	mpfl	0,1	0,1	0,3
:	:	:	:	:	:	:	:
1979	m	140,2	39,7	mpfl	3,9	8,8	2,8
1980	m	312,8	58,1	mpfl	5,0	3,8	1,6
1981	m	142,2	84,9	mpfl	0,4	0,7	0,3

m: herkömmlich angebauter Mais  
 mpfl: pfluglos angebauter Mais  
 w: Weizen  
 g: Gras

Der jährliche Abfluss aus EG II erreichte 1971 mit 40,5 mm ein Maximum, das in EG I nicht beobachtet wurde. In diesem und im vorherigen Jahr wurde auch letzteres mit pfluglos angebautem Mais bepflanzt, einer Bodennutzung, die den Abfluss vermindert und offenbar die Infiltration begünstigt. Die maximale jährliche Abflussmenge wurde in EG I im Jahre 1980 mit 312,8

mm erreicht, als seine Fläche mit herkömmlich angebautem Mais bepflanzt wurde. In EG II wurde in jenem Jahr lediglich 5,0 mm Abfluss gemessen oder rund 13 % des Maximums von 1971. Diese und ähnliche Vergleiche, in die auch die Spitzenabflüsse einbezogen werden können, zeigen Zusammenhänge zwischen der Bodennutzung und dem Gebietswasserhaushalt im allgemeinen.

Betrachtet man lediglich die Jahre 1970 bis 1972, während denen beide Einzugsgebiete mit pfluglos angebautem Mais bepflanzt wurden, dann wird deutlich, dass dasselbe Anbauverfahren offenbar den Abfluss in den beiden Einzugsgebieten unterschiedlich beeinflusst hatte.

### Infiltrationsmessungen

Im Sommer 1981 wurden an ungestörten Bodensäulen aus beiden Einzugsgebieten Infiltrationsmessungen durchgeführt (*Germann et al.*, 1982). Aus diesen Experimenten, bei denen das Wasser mit einem Farbstoff und mit Kaliumbromid markiert wurde, ging hervor, dass vor allem Makroporen – das sind Schwundrisse und von Bodentieren und Wurzeln gebildete Kanäle – jene Bodenstrukturen sind, die die Infiltration am stärksten fördern, auch dann, wenn die oberflächennahen Bodenschichten nicht vollständig mit Wasser gesättigt sind. Vielmehr tragen die Makroporen bereits dann zur Infiltration bei, wenn die Niederschlagsrate die höchstmögliche aktuelle Infiltrationsrate der Bodenmatrix übersteigt. Der pfluglose Ackerbau vermindert durch die schonende Bearbeitung des Bodens die Zerstörung dieser Makroporen, was die unterschiedlichen Abflüsse in EG I im Vergleich zu EG II im allgemeinen erklärt.

Das unterschiedliche Verhalten trotz gleicher Bodennutzung in den Jahren 1970 bis 1972 wird durch den unterschiedlichen Aufbau des Bodenprofils in den beiden Einzugsgebieten erklärt. In EG I besteht der Unterboden ab etwa 50 cm Tiefe aus tonigem Lehm geringer Durchlässigkeit, in EG II hingegen aus verwittertem und zerklüftetem Sandstein hoher Durchlässigkeit. Die Infiltrationsmessungen haben gezeigt, dass selbst bei relativ geringer Beregnungsintensität von 7,2 mm/h, mit der 30 mm Wasser aufgebracht wurden, 13 mm oder nicht ganz die Hälfte in diese Sandsteinschicht gelangten. In EG I dagegen wirken die Makroporen hauptsächlich als temporäre Wasserspeicher, vergleichbar etwa mit der Interzeption.

Eine weitere Erklärung für das unterschiedliche Verhalten in den erwähnten drei Jahren ist darin zu suchen, dass nicht genügend Zeit verstrichen war zur vollen Ausbildung eines hydrologisch aktiven Makroporensystems in EG I. Beobachtungen über die Aktivität der Bodentiere (siehe zum Beispiel *Darwin*, 1881; *Graff* und *Makeschin*, 1979; diskutiert bei *Beven* und *Germann*, 1982) schliessen diese Möglichkeit allerdings nahezu völlig aus.

## Folgerungen

Exemplarisch konnten Zusammenhänge zwischen der Bodennutzung und der Hydrologie kleiner Einzugsgebiete einerseits und der resultierenden Bodenstruktur und der Infiltration andererseits gezeigt werden. Die Veränderungen in EG I gegenüber EG II deuten auch an, dass infiltrationsfördernde und damit abflussmindernde Bodenstrukturen sich bereits innerhalb Jahresfrist als Folge veränderter Bodennutzung einstellen können.

Forstlich genutzte Böden, in denen die Pflanzen und Bodentiere sich während Jahrzehnten praktisch ungestört entwickeln können, müssen demnach unter vergleichbaren Bedingungen die best entwickelten Makroporen und damit verbunden die höchsten Infiltrationsraten aufweisen. Zahlreiche Infiltrationsmessungen in Waldböden bestätigen denn auch diese Folgerung (siehe zum Beispiel *Aubertin* (1971) und *Burgers* Untersuchungen, wie sie von *Keller* (1981) in einer Literaturübersicht zusammengestellt wurden).

Hohe Infiltrationsraten bedeuten aber auch geringere Verweilzeiten des rasch fließenden Wassers in den oberflächennahen und biologisch meist aktivsten Bodenhorizonten. Böden reich an Makroporen werden deshalb vergleichsweise eine geringere Filterwirkung aufweisen. So zeigten zum Beispiel *Rahe et al.* (1978) die rasche Verlagerung der Bakterien *Escherichia coli* über Distanzen von 15 m während der ersten vier Stunden nach erfolgter Inokulation. Waldböden sollten deshalb mit besonderer Vorsicht zur Beseitigung flüssiger Abfälle benützt werden.

Veränderungen in der Gebietshydrologie als Folge von Bodennutzungsänderungen können zur Zeit kaum quantitativ vorausgesagt werden. Dies vor allem aus zwei Gründen: Einerseits sind die physikalischen Grundlagen über die Infiltration in Böden mit Makroporen noch zu wenig bekannt und andererseits sind Unterlagen über die Dynamik der Makroporen im Zusammenhang mit der Bodennutzung erst exemplarisch vorhanden.

## Résumé

### Relations entre utilisation du sol et hydrologie régionale

Par l'exemple de petits bassin-versants, on a pu montrer les relations existant entre l'utilisation du sol et l'hydrologie d'une part, et celles liant, d'autre part, la structure du sol qui en résulte à l'infiltration.

Les sols à affectation forestière, dans lesquels plantes et faune édaphique peuvent se développer quasi librement pendant des décennies, doivent de ce fait, dans des conditions comparables, présenter les macropores les mieux développés et les taux d'infiltration les plus élevés que cela comporte.

Des taux d'infiltration élevés signifient pourtant aussi, pour les eaux à écoulement rapide, un séjour abrégé dans les horizons du sol proches de la surface et, en général, à plus haute activité biologique. Des sols riches en macropores présenteront donc un effet de filtrage comparativement plus faible. C'est pourquoi les sols forestiers devraient être utilisés avec des précautions particulières pour l'élimination de déchets liquides.

Il n'est aujourd'hui guère possible de prédire quantitativement quelles modifications de l'hydrologie régionale résulteront de changements dans l'utilisation du sol. Ceci avant tout pour deux raisons: d'une part, les principes physiques de l'infiltration dans des sols à macropores sont encore trop peu connus, et d'autre part, les bases concernant la dynamique des macropores en relation avec l'utilisation du sol ne proviennent pour le moment que de quelques exemples.

Traduction: E. Zürcher

### Literatur

- Alther, E. W. (1982): Bericht der Arbeitsgruppe 5: Schutz des Bodens. Bulletin der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz 6: 194
- Aubertin, G. M. (1971): Nature and extent of macropores in forest soils and their influence on subsurface water movement For. Serv. Res. Pap. NE (US) 192 PS, 33 p.
- Beven, K. and Germann, P. (1982): Macropores and water flow in soils. Water Resources Research 18 (5): 1311–1325
- Darwin, C. R. (1881): The formation of vegetable mold. John Murray, London
- Edwards, W. M., Germann, P., Owens, L. B. and Amerman, C. R. (1983): Watershed studies of factors influencing infiltration, runoff and erosion on stony and non-stony soils. (Paper accepted by Agronomy Journal)
- Ewald, K. C. (1978): Der Landschaftswandel. Zur Veränderung schweizerischer Kulturlandschaften im 20. Jahrhundert. EAFV Bericht Nr. 191. = SA aus: Tätigkeitsbericht der Naturforschenden Gesellschaft Baselland, Band 30, S. 55–308
- Germann, P., Edwards, W. M. and Owens, L. B. (1982): Infiltration in Böden mit Makroporen. Bulletin BGS 6:18–23
- Graff, O. und Makeschin, F. (1979): Der Einfluss der Fauna auf die Stoffverlagerung sowie die Homogenität und die Durchlässigkeit von Böden. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 142: 476–491
- Keller, H. M. (1981). Publikationen Hydrologie (eine Zusammenstellung von Arbeiten der EAFV zur Hydrologie, 1891–1980). Spezielle Veröffentlichung der EAFV, 32 p.
- Rahe, T. M., Hagedorn, C., McCoy, E. L. and Kling, G. F. (1978): Transport of antibiotic-resistant *Escherichia coli* through a western Oregon hillslope soil under conditions of saturated flow. J. Environ. Qual. 7: 487–494
- Surber, E., Amiet, R. und Kobert, H. (1973): Das Brachlandproblem in der Schweiz. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Ber. 112

