

## **Kopplung von Prozessuntersuchungen, Modellierung und Handlungsempfehlungen. Das EU-Projekt „Water Retention by Land-Use“**

*Gebhard Schüler, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Hauptstraße 16, D-67705 Trippstadt,  
e-mail: schueler@rhrk.uni-kl.de*

### **1 Aktuelle Problematik des Hochwassergeschehens**

In großem Maßstab geben die Hochwasserereignisse an den größeren Flüssen immer wieder Anlass zur Sorge. Darüber hinaus sind aber die Hochwasserereignisse an den kleineren und mittleren Zuflüssen von erheblicher Bedeutung, wie es gerade durch die jüngsten Flutkatastrophen im Jahr 2002 und Anfang 2003 drastisch dokumentiert wurde. Diese Schäden können in der Summe mehrerer Einzugsgebiete die Hochwasserschäden übertreffen, die an den großen Strömen entstehen. Durch das oft überraschende Auftreten der Flut sind die Vorwarnzeiten kurz. Auch ist das Gefahrenbewusstsein geringer. Schutzmaßnahmen, insbesondere der technische Hochwasserschutz, sind weniger optimiert. So erwiesen sich die bisher dominierenden, ingenieurtechnischen Maßnahmen für die Bewältigung der Hochwasserproblematik alleine als nicht ausreichend.

Zum Schutz vor Hochwasserereignissen an den Zuflüssen müssen erweiterte Handlungsstrategien erarbeitet und umgesetzt werden. Dies sind Maßnahmen des vorbeugenden Wasserrückhaltes durch die Flächenbewirtschaftung, also Maßnahmen der Forstwirtschaft, der Landwirtschaft und Maßnahmen im Siedlungs- und Verkehrsbereich. Darüber hinaus sollen, wo immer möglich, ehemals vorhandene Überschwemmungsgebiete wieder in das Abflussgeschehen einbezogen werden.

Die Landnutzung und die Inanspruchnahme der Landflächen in den Einzugsgebieten der Flüsse berücksichtigen aber noch zu wenig ökologische Strukturen und Regelfunktionen. Als Beispiel für diese Entwicklung können die Verhältnisse in Deutschland herangezogen werden ([www.statistik-bund.de](http://www.statistik-bund.de)): Hier werden pro Tag 129 ha Böden durch neu hinzukommende Siedlungs- und Verkehrsflächen in der Wasserrückhaltefunktion eingeschränkt. Diese Entwicklung vollzieht sich in erster Linie zu Lasten der landwirtschaftlich genutzten Flächen und im Einzelfall auch zu Lasten der Waldflächen. All dies reduziert die Aufnahme- und Speicherfähigkeit für Wasser erheblich. Die abfließende Wassermenge nimmt zu, der Wasserabfluss aus der Fläche wird beschleunigt und Spitzenabflüsse aus den Fließgewässern niederer Ordnung vereinigen sich beim Zusammenfließen zu Hochwasserwellen (v.d.Ploeg et al., 2001).

## **2 Offene Fragen bei der Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen**

Obwohl die Bedeutung der Flächennutzung in den Einzugsgebieten der Flüsse für das Abflussgeschehen durchaus im Bewusstsein verankert ist, werden Maßnahmen zum Wasserrückhalt in der Fläche nur unzureichend umgesetzt. 1995 haben die für Rhein, Mosel, Saar und Maas zuständigen EU-Umweltminister in der Erklärung von Arles hervorgehoben, dass nicht nur Maßnahmen der Wasserwirtschaft, sondern auch solche auf dem Gebiet der Raumordnung und Bodennutzung für den Hochwasserschutz erforderlich sind, z.B. in Bezug auf die Land- und Forstwirtschaft, die Siedlungsentwicklung und Erholungsnutzung. Erste Schritte in Richtung einer flächenhaften Hochwasservorsorge wurden im Rahmen der INTERREG Rhein-Maas-Aktivitäten (IRMA) der Europäischen Union bis 2002 unternommen. Hier wurden die Sensibilität von Niederschlagsflächen und Bachauen im Hinblick auf die Hochwasserentstehung bzw. den Wasserrückhalt definiert, ein Informationssystem über das Abflussverhalten von Niederschlägen und des daraus resultierenden Bodenabtrages entwickelt und vorsorgende Bewirtschaftungsmaßnahmen in den Einzugsgebieten zum Wasserrückhalt in den landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlich genutzten Flächen herausgestellt (Feldwisch, 2000a und b; Gockel, 2000; Kohl, 2001; Schüler 2001).

## **3 Integration von Landnutzungsmaßnahmen in die Raumplanung**

Bei der Maßnahmenplanung im Bereich des Hochwasserschutzes und der Wasserwirtschaft spielt also die Landnutzung eine wichtige Rolle. Dabei müssen sämtliche raumbewirtschaftenden Disziplinen – Wald- und Landwirtschaft, Weinbau, Siedlungswirtschaft und Verkehr – gemeinsam mit der Wasserwirtschaft unter der Zielsetzung des vorbeugenden Hochwasserschutzes in die Raum- und Landesplanung eingebunden werden. Es ist wohl unbestritten, dass Maßnahmen zum Wasserrückhalt in Einzugsgebieten positive Wirkungen im unmittelbaren örtlichen Zusammenhang haben. Aber es gibt bislang keine Übertragungsfunktionen von örtlichen Wirkungen auf die großräumliche Effektivität und damit ihre ökonomisch-ökologische Effizienz.

Daher werden in dem INTERREG III B NWE-Projekt *“Development of transnational instruments for spatial planning to decrease flood disasters by precautionary land-use in meso-scale catchment areas – WaReLa (Water Retention by Land-use)”* die Effektivität von wasserrückhaltenden und abflussverzögernden Maßnahmen bei der Bewirtschaftung von Waldflächen, landwirtschaftlichen Nutzflächen, Gewässern und Auen sowie im Siedlungs- und Verkehrsbereich in kleinen Raumeinheiten gemessen und auf große Raumeinheiten übertragen. Außerdem wird deren ökologische und ökonomische Effizienz bewertet. Effiziente Maßnahmen werden in ein

Expertensystem für die Raumplanung eingebunden, das sowohl die sehr unterschiedlichen Landnutzungsmöglichkeiten, die Landschaftsstruktur, die standortstypischen Eigenschaften und auch mögliche meteorologische Situationen berücksichtigt.

Die Wirkung von hochwasservorsorgenden Landnutzungsmaßnahmen und ihre Ökoeffizienz werden nach einer Analyse von möglichen Raumplanungsinstrumenten in transnationale Umsetzungsempfehlungen zur Hochwasservorsorge durch flächenbezogene Maßnahmen eingearbeitet. Die Raumplanung ist ein wichtiges Instrument, um zwischen den verschiedenen Interessen in einem Einzugsgebiet zu vermitteln. Wichtig ist dabei, dass ein gemeinsames transnationales Instrumentarium zur Entscheidungsfindung für die künftige Flächennutzung und Raumplanung entwickelt wird.

Neue Instrumente, die mit diesem Projekt erarbeitet und eingeführt werden sollen, wie GIS-basierte Systeme und offene programmgesteuerte Systeme zur Bewertung der ökonomischen Folgen und der Ökoeffizienz von hochwasservorsorgenden Maßnahmen der Flächennutzung, besitzen eine große Bedeutung für ein besseres Informationsmanagement, für die öffentliche Beratung, für die Entscheidungsfindung und für die Akzeptanz von hochwasservorsorgenden Maßnahmen. Dazu wird in diesem Projekt ein gemeinsames Instrumentarium entwickelt, welches international abgestimmt wird und zukünftig im transnationalen Bereich angewendet werden kann.

Durch die Anwendung dieses Instrumentariums in den regionalen und nationalen Teileinzugsgebieten, können durch Zusammenführung und Synthese der Ergebnisse auch in einem großen und internationalen Flussgebiet, wie dem des Rheins, internationale Maßnahmenkombinationen und Szenarien simuliert und vergleichend bewertet werden.

Damit kann die individuelle regionalspezifische Effizienz und Effektivität bestimmter Szenarien im Gesamtsystem und in der internationalen Gesamtschau bewertet werden. Diese Bewertung ermöglicht eine transnational ausgewogene und effiziente Verteilung von Maßnahmen und Ressourcen.

Dieses Instrumentarium und diese raumplanerische Vorgehensweise kann Grundlage für ein kooperatives internationales Flussgebietsmanagement bei der nachhaltigen Hochwasservorsorge sein und ähnlich wie die EU-Wasserrahmenrichtlinie eine internationale qualitative und ökologische Flussgebietsbewirtschaftung fördern.

Damit will dieses Projekt folgende Ziele erreichen:

1. Quantifizierung des Einflusses von Landnutzung, Landschaftsstrukturen und Geofaktoren auf die Hochwasserentstehung
2. Umsetzung von Landnutzungsmaßnahmen im Bereich der Forst- und Landwirtschaft, in den Gewässern und Auen und in der Siedlungs- und Verkehrswirtschaft zur Hochwasservorsorge und Quantifizierung der daraus resultie-

renden Wasserrückhaltepotenziale durch Messungen und Niederschlags-Abfluss-Modelle

3. Simulation von möglichen Maßnahme-Szenarien in den Projektgebieten und Beurteilung der ökonomischen, ökologischen und wasserwirtschaftlichen Effizienz und Effektivität im Rahmen einer Ökoeffizienzanalyse
4. Ausarbeitung von raumplanerischen Steuerungselementen für ein transnationales Flussgebietsmanagement zur Hochwasservorsorge
5. Entwicklung eines international anwendbaren raumplanerischen Instrumentariums ökoeffizientes Decision Support System (DSS) zur Verringerung von Hochwasserschäden durch vorsorgende Landnutzung

#### **4 Realisierung eines „Decision Support Systems“ für Hochwasser- und Rückhaltepotenziale in der Raumplanung**

Für die **Bewertung von hochwasserrelevanten Flächen aufgrund von Geofaktoren werden** die in den letzten Jahren entwickelten Bestimmungsschlüssel zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen in ein praxistaugliches Bewertungsverfahren umgesetzt (Scherrer et al., 2002). Zielsetzung hiervon ist es, ein Tool zu entwickeln, um aus bodenkundlichen Kartierungen bzw. aus den Ergebnissen der forstlichen Standortkartierung digitale Prozessabflusskarten zu erzeugen. Mit diesem Tool werden in 13 Testgebieten Abflussprozesse bewertet. Die Flächeninventur wird ergänzt mit einer Aufnahme von natürlichen und künstlichen Abflusslinien im Hinblick auf das Hochwassergeschehen. Auf der Basis der digitalen Inventurdaten werden geeignete **Flächennutzungsmaßnahmen** zum Wasserrückhalt in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft sowie Siedlungs- und Verkehrswesen **geplant** (Kohl, 2001; Lilienthal, 2001; Schüler, 2003; Sieker, 2001). Dazu gehört auch die Konzeption von dezentralen naturnahen Wasserrückhalteräumen in Auenbereichen (Feldwisch, 2000 b; Röttcher, 2001). In den Testgebieten werden diese Maßnahmen **umgesetzt** und in Kernflächen deren **Effektivität gemessen**

Auf der Basis der Inventur und der Messergebnisse werden mikroskalige vorhandene Niederschlags-Abfluss-(NA)-Modelle und physikalisch basierte hydrologische Modelle im Hinblick auf die Wirkung der Maßnahmen und Raumfaktoren angepasst (Maurer und Zehe, 2000; Reichert, 2001; Sartor, 1997 und 2002; Schmocker-Fackel, 2004). Mit den kalibrierten Modellen werden verschiedene Szenarien im Hinblick auf die Wirkung der Maßnahmen und Raumfaktoren unter bestimmten meteorologischen Voraussetzungen erstellt: Ein „Worst-Case“-Szenario ohne Rückhaltmaßnahmen, ein Szenario des Ist-Zustandes und ein „Best-Case“-Szenario. Damit erfolgt eine **Wirkungsabschätzung** des Wasserabflusses in Fließgewässern niedriger Ord-

nung. Durch die Überlagerung von Abflusskomponenten wird die Entstehung von Hochwasserwelle modelliert.

Zeitreihenanalysen zur Hochwasserentstehung zielen im wesentlichen darauf ab, den Einfluss von Landnutzungsänderungen, beziehungsweise von Klimaveränderungen, wie Änderungen in der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Niederschlagsmengen, auf das Niederschlag-Abflussverhältnis zu quantifizieren. Veränderungen in der Landnutzung als Folge flächiger Sturmschäden werden im Hinblick auf deren Einfluss auf die Niederschlag-Abflussverhältnisse mittels Fernerkundung analysiert. Hierauf aufbauend wird ein Verfahren entwickelt zur Bewertung der **Hochwasserrelevanz von Landschaftsstrukturen** mit ineinander verschachtelten Teileinzugsgebieten, **Gewässern und Auen**. Die für den mikroskaligen Bereich gewonnenen Ergebnisse dienen schließlich der Entwicklung und Implementierung eines **hydrologischen Informationssystems** zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen, Strukturen und Nutzungsarten sowie die darin enthaltenen Rückhaltepotenziale für mesoskalige durch Mittelgebirgsstrukturen geprägte Einzugsgebiete.

Mit den Abflussprozessinventurdaten des hydrologischen Informationssystems und mit den in mikroskaligen Bereichen quantifizierten Wirkungen der maßnahmebezogenen Wasserrückhaltepotenziale sowie mit den Erhebungsdaten der Landnutzung und von Landnutzungsveränderungen mit Methoden der Fernerkundung werden **Erfassungsroutinen für das Hochwasser- und Rückhaltepotenzial in mesoskaligen grenzübergreifenden Modelleinzugsgebieten** für transnationale Flussgebiets-einheiten (Deutschland, Frankreich, Luxemburg) erarbeitet. Damit kann erstmals die Effektivität von Einzelmaßnahmen und Maßnahmebündeln zum Wasserrückhalt in der Fläche im Hinblick auf das Hochwassergeschehen in Fließgewässern höherer Ordnung abgeschätzt werden. Dies ist von erheblicher Bedeutung für die gesellschaftliche Akzeptanz von Maßnahmen zum Hochwasserschutz im Bereich der Oberlieger, die letztlich den Unterliegern nützt. Aufgrund der transnationalen Struktur in den Flusseinzugsgebieten werden aus den Erfassungsroutinen und mit Hilfe des hydrologischen Informationssystems Open Source-Übertragungsmodule für länder-spezifische (Rheinland-Pfalz, Saarland, Luxemburg, Schweiz) großräumige hydrologische Modelle geschaffen werden.

Die hydrologische Modellierung und die Übertragungsmodule zur Umsetzung der Bewertungsverfahren in die Fläche werden an bereits längerfristig beobachteten Modellgebieten kalibriert und validiert (Hellebrand et al., 2004). Nach erfolgreicher Validierung der Rückhaltepotenziale werden Szenarien von hochwasservorsorgenden Landnutzungsmaßnahmen in der Fläche in grenzüberschreitenden Einzugsgebieten von Deutschland, Luxemburg und Frankreich mit dem Ziel einer **mesoskaligen Wirkungsabschätzung** erstellt.

Landnutzungsmaßnahmen zur Hochwasservorsorge können nur unter Berücksichtigung **ökonomischer und ökologischer Folgeabschätzungen** erfolgreich umge-

setzt werden. Die Wirkung in mesoskaligen Einzugsgebieten ist ebenfalls Grundlage einer **Ökoeffizienzanalyse**. Gerade in transnationalen Zusammenhängen kommt neben dem Rationalitätsprinzip sozio-ökonomischen Gesichtspunkten eine große Rolle zu. Die Ökoeffizienzanalyse muss auch Effizienzbestandteile beachten, die nicht vollständig quantifizierbar sind, wie soziale und kulturelle Aspekte. Die Bewertungsmaßstäbe für die Ökoeffizienzanalyse werden in Expertenumfragen und in Workshops hergeleitet. Diese Experten-Workshops werden projektbegleitend durchgeführt.

Die im Rahmen des Gesamtprojektes entwickelten Instrumentarien, insbesondere die hochwasservorsorgenden Landnutzungsmaßnahmen und ihre Ökoeffizienz tragen nur dann zur Verringerung der Hochwasserschäden bei, wenn sie von der Raumplanung genutzt und die entsprechenden Maßnahmen in der Folge auch umgesetzt werden. Im Hinblick darauf müssen **nationale und transnationale Umsetzungsempfehlungen** in der Form von Rahmenrichtlinien untersucht und ggf. in Kooperation mit den nationalen Behörden weiterentwickelt werden.

Aus der Synthese aller Querschnittsaufgaben mit den Methoden zur Erstellung eines hydrologischen Informationssystems, mit den Erfassungsroutinen und den Bewertungsmodulen für Hochwasser- und Rückhaltepotenziale für mesoskalige hydrologische Modelle, mit der Erfahrung aus der Kalibrierung von flächenbezogenen Maßnahmepotentialen in Flusseinzugsgebieten und deren Ökoeffizienz im Hinblick auf die Hochwasservorsorge sowie mit den multinationalen Steuerungselementen ergibt sich das Instrumentarium **„ökoeffizientes Decision Support System (DSS) für Hochwasser- und Rückhaltepotenziale in der Raumplanung“**. Das Instrumentarium zur Entscheidungsfindung für effiziente Landnutzungsmaßnahmen wird in ein Geografisches Informationssystem (GIS) zur Lokalisierung dieser Vorsorgemaßnahmen und Visualisierung ihrer Folgen eingebunden.

## **5 WaReLa besitzt einen transnationalen Charakter**

Hochwasserschutz stellt eine transnationale Aufgabe dar, die nur in Zusammenarbeit aller Staaten von Flusseinzugsgebieten angemessen zu bewältigen ist. In einer mittleren Maßstabsebene haben effiziente Methoden der Landnutzung im Hinblick auf die Hochwasservorsorge regionale, aber grenzüberschreitende Bedeutung: Die Landschaft und die Böden in der Landschaft dienen als effektive Zwischenspeicher für Überschusswasser. Dadurch werden an Flüssen niederer Ordnung Hochwasserschäden durch Verringerung und zeitliche Verzögerung der Scheitelwellen vermieden. Auf der Ebene von Flussgebietseinheiten haben sie transnationale Bedeutung durch die Reduktion und das zeitlich verzögerte und zeitlich versetzte Zuflussgeschehen aus Nebenflüssen in Flüsse höherer Ordnung. Hierzu werden in dem Projekt wissenschaftlich fundierte Maßnahmenkataloge erarbeitet, ihre Wirksamkeit hin-

sichtlich einer Spitzenabflussreduktion quantifiziert und in international anwendbare homogene Kriterien umgesetzt. Das Projekt zielt außerdem auf die Entwicklung eines transnationalen raumplanerischen Instrumentariums ab, das sowohl den diversen länderspezifischen Formen des Hochwassermanagements Rechnung trägt, sowie auch den sehr heterogenen physiographischen Rahmenbedingungen und den dazu gehörenden verschiedenen Niederschlag-Abflussverhaltensmustern. Um die Akzeptanz zur Anwendung des Instrumentariums auf transnationaler Ebene zu erreichen, arbeiten in diesem Projekt sich einander ergänzende Partner-Institute aus vier verschiedenen europäischen Staaten unter Beachtung der jeweils nationalen raumplanerischen Bedürfnisse interaktiv zusammen. Deren Kompetenzen reichen von der hydro-klimatologischen Analyse, über hydrologische und hydraulische Modellierung, bis hin zum Hochwassermanagement.

## **6 WaReLa ist innovativ**

Der innovative Ansatz des Vorhabens setzt bereits bei der Maßnahmenplanung an. Im Bereich des Hochwasserschutzes und der Wasserwirtschaft spielt die in diesem Projekt zentral angesiedelte Landnutzungsplanung für die Land- und Forstwirtschaft sowie die Siedlungsentwicklung eine wichtige Rolle. Innovativ ist auch der Ansatz einer länderübergreifend harmonisierten Raumplanung und die Vernetzung der Rückhaltepotenziale von hochwasservorsorgenden Landnutzungsmaßnahmen im mikroskaligen Bereich mit mesoskaligen Wirkungsabschätzungen für einen präventiven Hochwasserschutz.

Ein integratives System, wie das Schlüsselprodukt dieses Projektes „ökoeffizientes Decision Support System (DSS) für Hochwasser- und Rückhaltepotenziale in der Raumplanung“ existiert bisher weder im nationalen noch im transnationalen Bereich. Hiermit sollen Entscheidungen für hochwasserrelevante Maßnahmen der Flächennutzung vorbereitet werden. So soll mit diesem Instrumentarium die Möglichkeit beurteilt werden, Abflusswellen zu vermindern und/oder zeitlich zu verzögern. Die Effektivität von hochwasservorsorgenden Landnutzungsmaßnahmen soll in Abhängigkeit der Geofaktoren sowie der Landschaftsstrukturen prozessgesteuert auf der Ebene von mesoskaligen Flusseinzugsgebieten beurteilt werden können. Dazu werden in dem Instrumentarium Erfassungsroutinen für flächen- und maßnahmenbezogene Hochwasser- und Rückhaltepotenziale implementiert. Integriert in das raumplanerische Instrumentarium sind ökologische und ökonomische Bewertungen der Effizienz von möglichen hochwasservorsorgenden Maßnahmen und Maßnahmebündeln. In einem Geografischen Informationssystem (GIS) sollen erstmalig das Hochwasser- bzw. Rückhaltepotenzial mit Maßnahme- und Wirkungsszenarien in Abhängigkeit der Geofaktoren und Landschaftsstrukturen visualisiert werden.

## 7 Zusammenfassung

Wasserrückhaltende und abflussverzögernde Maßnahmen müssen in ein Bewirtschaftungskonzept einfließen, das sowohl die sehr unterschiedlichen standortstypischen Eigenschaften als auch mögliche meteorologische Situationen berücksichtigt. Hierbei ist zu beachten, dass ein solches Bewirtschaftungskonzept Maßnahmenvorschläge enthält, die einer ökonomisch ausgerichteten Flächenbewirtschaftung Beschränkungen auferlegen kann. Die Umsetzung bedarf eines gesellschaftlichen Konsens unter Einbindung der jeweiligen Flächennutzer.

Zur Hochwasservorsorge müssen sämtliche raumbewirtschaftenden und – beplanenden Disziplinen zusammenwirken – Wald- und Wasserwirtschaft, Landwirtschaft und Weinbau, Siedlungswirtschaft und Verkehr sowie Raum- und Landesplanung. Hierfür wird im Rahmen des INTERREG III B NWE-Projektes **WaReLa** die Effektivität von wasserrückhaltenden und abflussverzögernden Maßnahmen bei der Bewirtschaftung von Waldflächen, landwirtschaftlichen Nutzflächen, Gewässern und Auen sowie im Siedlungs- und Verkehrsbereich in kleinen Raumeinheiten gemessen, auf große Raumeinheiten übertragen und deren Ökoeffizienz bewertet. Modellierungen von Maßnahmen und Szenarien sowie die Entwicklung von hydrologischen Informationssystemen geben planerische Entscheidungshilfen. Ziel ist die Ausarbeitung von raumplanerischen Steuerungselementen für ein transnationales Flussgebietsmanagement zur Hochwasservorsorge und die Entwicklung eines international anwendbaren raumplanerischen Instrumentariums „ökoeffizientes Decision Support System (DSS) für Hochwasser- und Rückhaltepotentiale in der Raumplanung“ zur Verringerung von Hochwasserschäden durch vorsorgende Landnutzung.

## 8 Literatur

Feldwisch, N. (2000a): Definition: Sensible Niederschlagsflächen und Bachauen, schonende Bewirtschaftung. IRMA-Berichte (Hrsg.: Landesamt für Wasserwirtschaft), 21 S.

Feldwisch, N. (2000b): Leitfaden und Leitbilder: Schonende Bewirtschaftung sensibler Niederschlagsflächen und Bachauen in der Landwirtschaft IRMA-Berichte (Hrsg.: Landesamt für Wasserwirtschaft), 19 S.

Gockel, R. (2000): Ökonomische Bewertung von schonenden Bewirtschaftungsformen. IRMA-Berichte (Hrsg.: Landesamt für Wasserwirtschaft), 37 S. und Anhang

Hellebrand, H., Juillet, J. und Pfister, L. (2004): Physiographical description of the Aar river basin. Annex to the MESO activity report of June 2004 for the WaReLa project (unveröffentl.), 42 S. und Anhang

Kohl, A. (2001): Schonende Bewirtschaftung sensibler Niederschlagsflächen und Bachauen in der Landwirtschaft, Materialsammlung. IRMA-Berichte (Hrsg.: Landesamt für Wasserwirtschaft), 126 S. und Anhang

Lilienthal, A. (2001): Pilotanlagen zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung. In: Hochwasserschutz heute - Nachhaltiges Wassermanagement (Hrsg.: Heiden, S., Erb, R. und Sieker E.). E. Schmidt-Vlg., Bd. 31, 141-149



Maurer, T. und Zehe E. (2000): Catflow – a Physically Based and Distributed Hydrological Model for Continuous Simulation of Catchment Water- and Solute Dynamics. User Guide and Programme Documentation of the University of Karlsruhe, 112 S.

v.d. Ploeg, R.R., Ilsemann, J., Hermsmeyer, D. und Machulla, G. (2001): Eine geänderte Landnutzung in der Nachkriegszeit als Mitverursacher der Hochwasserprobleme in Deutschland ? In: Hochwasserschutz heute - Nachhaltiges Wassermanagement (Hrsg.: Heiden, S., Erb, R. und Sieker E.). E. Schmidt-Vlg., Bd. 31, 151-180

Reichert, D. (2001): Der Einfluss der Landnutzung auf Verdunstung und Grundwasserbildung – Modellierung und Folgerungen für das Einzugsgebiet des Glan. PIK-Report, N° 73, 196 s. und Anhang

Röttcher, K. (2001): Hochwasserschutz für kleine Einzugsgebiete im Mittelgebirge am Beispiel der Bauna. Kasseler Wasserbau – Mitt. H. 11, 184 S.

Sartor, J. (1997): Weiterentwicklung der Langzeit-Seriensimulation des Niederschlag-Abfluß-Prozesses für kanalisierte und natürliche Einzugsgebiete. Wasserwirtschaft, Heft 5

Sartor, J. (2002): Wasserbilanzmodelle in der Wasserwirtschaft - Kontinuierliche Niederschlagabflussmodelle. BWK-Merkblatt 2, Düsseldorf

Scherrer, S., Demuth, N. und Meuser, A. (2002): A procedure for the identification of dominant runoff processes by field investigations to delineate the relevant contributing areas for flood modelling. In: Int. Conf. On Flood Estimation (eds.: Spreafico, M. und Weingartner, R.). Proceedings CHR Report II-17

Schmocker-Fackel, P. (2004): A Method to Delineate Runoff Processes in a Catchment and its Implications for Runoff Simulations. Diss. ETH Zürich, 187 S

Schüler, G. (2001): Schonende Bewirtschaftung sensibler Niederschlagsflächen und Bachauen in der Waldwirtschaft, Materialsammlung. IRMA-Berichte (Hrsg.: Landesamt für Wasserwirtschaft), 51 S.

Schüler, G. (2003): Hochwasservorsorge in Waldgebieten Südwestdeutschlands. Ber. Freiburger Forstliche Forschung „Boden- und Wasservorsorge“, H. 49, 177 – 194

Sieker, F. (2001): Evolution in der Siedlungswasserwirtschaft. Das Zeitalter der strikten Regenwasserableitung geht zu Ende. In: Hochwasserschutz heute - Nachhaltiges Wassermanagement (Hrsg.: Heiden, S., Erb, R. und Sieker E.). E. Schmidt-Vlg., Bd. 31, 29-56