

# Auswirkung von Landnutzungsänderungen auf den Wasserhaushalt eines mesoskaligen Einzugsgebietes

Werner Lahmer, Alfred Becker

## 1 Einführung

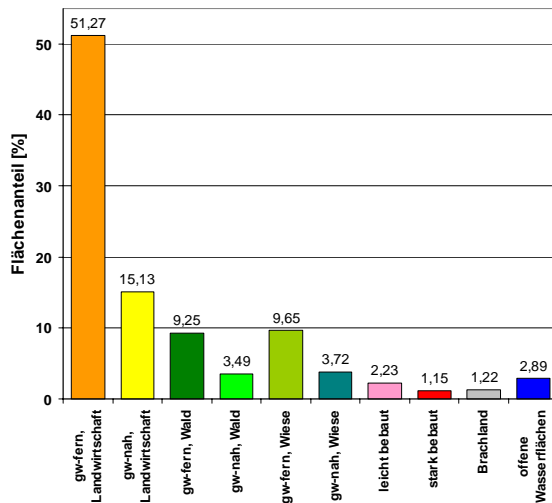
Die Landnutzung beeinflusst als Randbedingung viele hydrologische Prozesse direkt oder indirekt. Hauptzielstellung des Teiles "Wasser- und Stoffrückhalt im Tiefland des Elbeeinzugsgebietes" des BMBF-Forschungsschwerpunktes "Elbeökologie" ist die Entwicklung und praktische Umsetzung von Konzepten zur dauerhaft umweltgerechten Landnutzung in unterschiedlichen Natur- und Wirtschaftsräumen im Elbegebiet unter Berücksichtigung ihrer Auswirkungen auf den Gebietswasserhaushalt. Dazu wird in einem Modellgebiet des pleistozänen Tieflandes der Landschaftswasserhaushalt dynamisch flächendifferenziert modelliert. In dem für die Untersuchungen ausgewählten Einzugsgebiet der Stepenitz (Land Brandenburg, ca. 575 km<sup>2</sup>) sind einige schwierige hydrologisch-wasserwirtschaftliche und landschaftsökologische Probleme zu lösen, die maßgebend aus der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung sowie durchgeführten Meliorationsmaßnahmen (Flußbegradigungen, Trockenlegung natürlicher Feuchtgebiete, Flächenstilllegungen etc.) resultieren. Diese haben in der Vergangenheit zu erheblichen Verlusten an natürlichen Retentionsflächen geführt und weisen das Einzugsgebiet im Zusammenspiel mit natürlichen Faktoren als ein System mit einer komplexen Problemstruktur aus.

## 2 Methodisches Konzept

Voraussetzung für das Studium des Einflusses von Landnutzungsänderungen auf den Wasserhaushalt ist ein Modellierungskonzept, das der räumlichen Differenzierung des Untersuchungsgebietes gerecht wird und mit dessen Hilfe die Auswirkungen natürlicher und anthropogener Einflüsse abgebildet werden können. Besonders geeignet sind Modelle, die die räumlichen Variabilitäten detailliert erfassen können (polygon-basierter Ansatz zur Berücksichtigung auch kleiner, hydrologisch aber wichtiger Teilflächen) und deren Parameter physikalisch interpretierbar sind (direkte Kopplung an digitale Daten). Für die hier vorgestellten Untersuchungen wurde das Modellierungssystem ARC/EGMO (Pfützner et al. 1997) verwendet, das sich durch eine variable Unterteilung des Gebietes in *Elementarflächen* (kleinste Modellierungseinheiten), *Hydrotople* (anhand hydrologischer Ähnlichkeitskriterien aggregierte Elementarflächen), *Hydrotopklassen* (ortsunabhängige Zusammenfassung gleicher Hydrotople) und Teilgebiete auszeichnet und damit eine Modellierung auf der Basis von Raumeinheiten unterschiedlicher Größe und Heterogenität erlaubt. Dieses System hat seine Eignung für die meso- bis makroskalige Modellierung bei Untersuchungen in der Oberen Stör (Schleswig-Holstein, ca. 1.200 km<sup>2</sup>) (Lahmer et al. 1997, Becker und Lahmer 1997a/b) und bei der elbeweiten Anwendung im Rahmen des o.g. BMBF-Projektes (Lahmer 1997, Becker und Behrendt 1998) bewiesen.

### 3 Datenaufbereitung und Flächenuntergliederung

Die Untersuchungen in der Stepenitz wurden auf das Gebiet bis zum Pegel Wolfshagen beschränkt, da dieser nicht durch Rückstau aus der Elbe beeinflusst ist. Grundlage der Modellierung mit ARC/EGMO ist die sog. "Elementarflächen (EFL)-Karte", die sich durch Verschneidung der räumlichen Basiskarten (Landnutzung, Boden, Topographie,



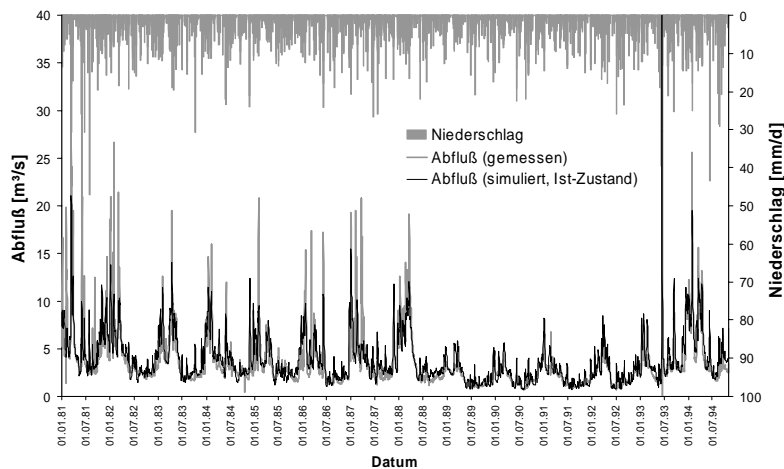
**Abb. 1.** Flächenanteile der für die Wasserhaushaltsmodellierungen im Stepenitzgebiet verwendeten 10 Hydrotopklassen am Gesamtgebiet.

Grundwasserflurabstand) ergibt und im vorliegenden Fall zu insgesamt 30.176 Einzelflächen in 64 Teileinzugsgebieten führt. Wasserhaushaltsberechnungen auf EFL-Basis stellen die genaueste Approximation an die Realität dar, doch sind für größerräumige Untersuchungen räumliche Aggregationen zweckmäßig, um die Anzahl der Flächeneinheiten (und damit die Rechenzeiten) zu reduzieren. Dazu bietet sich die bereits früher erfolgreich praktizierte Untergliederung in Hydrotone und Hydrotopklassen an. Im Fall der Stepenitz wurde eine Unterteilung in 10 solcher Klassen vorgenommen, deren Flächenanteile in Abb. 1 dargestellt sind. Danach stellen landwirtschaftliche Flächen mit 51.3% (grundwasserfern) bzw. 15.1% (grundwassernah) die dominierenden Hydrotopklassen dar.

### 4 Analyse des Ist-Zustandes

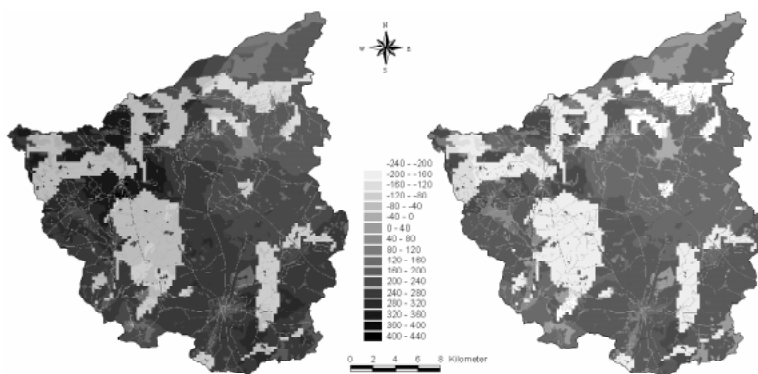
Um die Auswirkungen anthropogen verursachter Einflüsse auf den Wasserhaushalt abschätzen zu können, wurde zunächst eine Analyse des „Ist-Zustands“ durchgeführt. Wie die in Abb. 2 dargestellte Ganglinie zeigt, weist dieser im Untersuchungszeitraum 1.1.1981 bis 31.10.1994 erhebliche Abflussschwankungen auf, die durch eine „Trockenperiode“ (7/88-3/93) und eine „Feuchtperiode“ (1/83-6/88) charakterisiert werden können. Die ebenfalls wiedergegebene simulierte Ganglinie zeigt, daß das Modell den Gebietsabfluß ansprechend reproduziert.

Aus früheren Untersuchungen war bekannt, daß die räumliche Verteilung der meteorologischen Eingangsgrößen (Niederschlag, mittlere Tagestemperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Sonnenscheindauer) besonders bei größerskaligen Untersuchungen erheblichen Einfluß auf die Simulationsergebnisse haben kann. Deshalb wurden für die Rechnungen im Stepenitzgebiet alle vorhandenen meteorologischen Informationen genutzt, um eine hohe räumliche Differenzierung bei der Flächenübertragung sicherzustellen. Für die hier dargestellten Ergebnisse wurden Zeitreihen von 9 Klimahaupt- sowie 24 Nieder-



**Abb. 2.** Niederschlag, gemessener und für den „Ist-Zustand“ im Zeitraum 1.1.81 bis 31.10.94 berechneter Abfluß am Pegel Wolfshagen.

emplarisch sind in Abb. 3 Verteilungen der Sickerwasserbildung dargestellt. Erkennbar sind starke Korrelationen zu den Basiskarten (insb. des Grundwasserflurabstandes und der Landnutzung) sowie eine deutliche Abnahme der Sickerwasserbildung in der Trockenperiode.

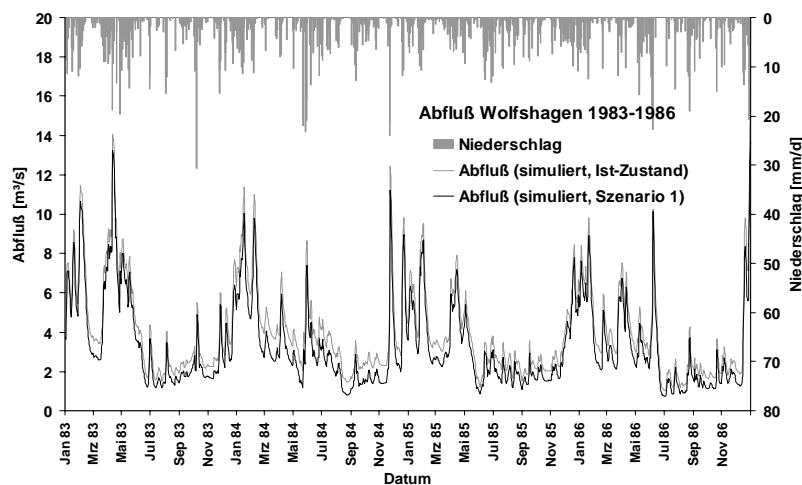


**Abb. 3.** Räumliche Verteilungen der Sickerwasserbildung für den Zeitraum 1/83-6/88 („Feuchtperiode“, links) sowie 7/88-10/94 („Trockenperiode“, rechts) (mittlere Jahressummen in mm).

schlagsstationen verwendet. Mit Hilfe der interpolierten meteorologischen Eingangsgrößen wurden auf der Basis der 10 Hydrotopklassen für den Zeitraum 1/83 bis 10/94 die für den Wasserhaushalt von Landflächen maßgebenden Wasserhaushaltsgrößen reale Verdunstung, Sickerwasserbildung und Oberflächenabflußbildung berechnet. Ex-dargestellt. Erkennbar sind starke Korrelationen zu den Basiskarten (insb. des Grundwasserflurabstandes und der Landnutzung) sowie eine deutliche Abnahme der Sickerwasserbildung in der Trockenperiode. Geringe (und z.T. negative) Bildungsraten weisen all jene Flächen auf, die durch hohe Verdunstungswerte charakterisiert sind (verdunstungsintensive Zehrflächen). Teilversiegelte Flächen (wie Städte, Straßen etc.) heben sich durch ihre deutlich geringeren Bildungsraten von der Umgebung ab.

## 5 Szenarioanalysen

Auf der Basis der Ist-Zustands-Analyse wurden erste Berechnungen mit vorgegebenen Änderungsszenarien der Landnutzung durchgeführt. Dabei wurden zunächst recht pauschale Annahmen gemacht, um die Sensitivität des Modellierungsansatzes zu untersuchen. Eine dieser Annahmen bestand darin, die in der Landnutzungskarte ausgewiesenen Ackerflächen in Waldflächen umzuwidmen (Szenario 1), um die Auswirkungen auf die Wasserbilanz und das Abflußverhalten zu überprüfen. Als Beispiel für die auftretenden Auswirkungen sind in Abb. 4 die für den Ist-Zustand und das Szenario 1 simulierten



**Abb. 4.** Am Pegel Wolfshagen für den Ist-Zustand (helle Linie) und das Szenario 1 (dunkle Linie) simulierter Abfluß für den Zeitraum 1983-1986.

Ganglinien für den Zeitraum 1983-1986 dargestellt. Deutlich erkennbar ist die Verringerung des Abflusses gegenüber dem Ist-Zustand. Diese fällt in den Sommermonaten wegen der höheren Verdunstung der Waldflächen besonders hoch aus und erreicht für den dargestellten Zeitraum insgesamt 18.5%. Für den in der „Trockenperiode“

gelegenen Zeitraum 1989-1991 werden sogar Werte von fast 37% erreicht, da auch in den Wintermonaten ein deutlicher Abflußrückgang eintritt. Anzumerken ist weiterhin, daß der höhere Waldanteil extreme Abflußspitzen dämpft, was besonders an dem Extremereignis vom 12.6.1993 (117 mm Niederschlag, siehe Abb. 1) deutlich wird. Für den Ist-Zustand wird der Scheitelabfluß mit 66.2 m<sup>3</sup>/s, für das Szenario 1 dagegen mit lediglich 39.1 m<sup>3</sup>/s simuliert. Weitere Szenarien umfassen eine Erhöhung versiegelter Flächen sowie Landnutzungsänderungen, die auf Planungsvorgaben des Landes Brandenburg beruhen.

## Literatur

- Becker, A., Behrendt, H. (1998) Auswirkungen der Landnutzung auf den Wasser- und Stoffhaushalt der Elbe und ihres Einzugsgebietes. Zwischenbericht, Januar 1998
- Becker, A., Lahmer, W. (1997a) Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben "Großskalige Hydrologische Modellierung" im Rahmen des Schwerpunktprogramms der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) "Regionalisierung in der Hydrologie"
- Becker, A., Lahmer, W. (1997b) Disaggregation und Skalierung bei Parameterermittlungen für die hydrologische Modellierung und Regionalisierung. Proceedings zur Fachtagung „Modellierung in der Hydrologie“, TU Dresden, 22.-24. Sept. 1997, 155-165
- Lahmer, W., Müller-Wohlfeil, D.-I., Pfützner, B., Becker, A. (1997) GIS-based Hydrological Modelling with the Integrated Modelling System ARC/EGMO. International Conference on Regionalization in Hydrology, Braunschweig, FRG, March 10-14, 1997. Accepted for IAHS publication
- Lahmer, W. (1997) Flächendeckende Modellierung des Wasserhaushalts im deutschen Teil des Elbegebietes unter Anwendung großflächiger Aggregierungsprinzipien". Bericht an das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, unveröffentlicht
- Pfützner, B., Lahmer, W., Becker, A. (1997) ARC/EGMO - Programmsystem zur GIS-gestützten hydrologischen Modellierung. Kurzdokumentation zur Version 2.0, unveröffentlicht