

Aus der Professur für Wasserwirtschaft
der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät

Zusammenfassung der kumulativen Dissertation

Model-based Generation of High-Resolution Flood Flow Characteristics for Small Ungauged Streams in the Northeast German Lowlands

An Automated Approach Based on Available Geodata

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)

an der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Rostock

vorgelegt von M.Sc. Frauke Kachholz

Verteidigung am 08. Dezember 2023

Zusammenfassung

Ein intensivierter Wasserkreislauf aufgrund des Klimawandels und eine beobachtbare Zunahme der Flächenversiegelung infolge der Urbanisierung führen zu häufigeren und stärkeren Hochwasserereignissen. Um den daraus resultierenden Herausforderungen für die Stadt- und Raumplanung gerecht zu werden, ist die Kenntnis gewässerabschnittsspezifischer hydrologisch/hydraulischer Hochwasserkennwerte unerlässlich. Diese sind jedoch für die zahlreichen kleinen Bäche nur selten verfügbar. Es müssen also Wege gefunden werden, um diese Informationslücken flächendeckend zu schließen. Um einer ganzheitlichen Betrachtung der Gewässer und ihrer Einzugsgebiete gerecht zu werden, ist die Nutzung gekoppelter hydrologisch/hydraulischer Fließgewässermodelle ein geeignetes Mittel. Die besondere Herausforderung hierbei besteht jedoch darin belastbare Modelle aufzustellen, obwohl keine oder nur wenige Messdaten für die Kalibrierung und Validierung zur Verfügung stehen. Anhand eines beobachteten Einzugsgebietes mit vorhandenen Messdaten wurde daher ein Verfahren entwickelt, mit dem größtenteils physikalische Modellparameter auf der Basis verfügbarer Geodaten abgeleitet und deren Zusammenhänge anschließend automatisiert auf unbeobachtete Gebiete übertragen werden können. So werden räumlich und zeitlich hoch aufgelöste Hochwasserkennwerte für eine ganze Region berechnet. Zwar ist mit der Methode grundsätzlich eine Abnahme der Modellgüte verbunden, jedoch liegt diese im akzeptablen Bereich (Kalibrierungsgebiet: MAE = 0,032 m³s⁻¹, R = 0,84, NSE = 0,84; Validierungsgebiet: MAE = 0,045 m³s⁻¹, R = 0,88, NSE = 0,59). Während Basisdurchflüsse und kleine bis moderate Regenereignisse vom Modell gut wiedergegeben werden, werden die durch Starkregenereignisse hervorgerufenen Spitzendurchflüsse überschätzt. Aufbauend auf den generierten Hochwasserkennwerten wurde eine in ein Entscheidungsunterstützungssystem eingebettete GIS-Routine entwickelt, um interaktiv Hochwasserparameter für geplante Landnutzungsänderungen (verbunden mit Bodenversiegelung) zu prognostizieren. Die GIS-Routine verwendet eine vereinfachte Methode zur Abfluss- und Durchflussberechnung, bietet aber den entscheidenden Vorteil, dass sie ohne Modellierungskennnisse anwendbar ist. Für Blockregen > 3 h werden auf diese Weise gute bis sehr gute Ergebnisse erzielt, während bei kürzeren, dynamischen Regenereignissen Abweichungen im berechneten Abfluss um bis zu 30 % zu verzeichnen sind.

Abstract

An intensifying water cycle due to climate change and an observable increase in land sealing as a result of urbanization will lead to more frequent and more severe flood events. In order to meet the resulting challenges for urban and land use planning, the knowledge of stream section-specific hydrological/hydraulic flood characteristics is essential. However, these are rarely available for the numerous small streams. Therefore, it is necessary to find ways to close these information gaps comprehensively. In order to take a holistic view of the streams and their catchments, the use of coupled hydrological/hydraulic models seems to be suitable. The particular challenge, however, is to establish robust models, although no or only few measured data are available for calibration and validation. Therefore, a method was developed by means of a gauged catchment, with which mostly physical model parameters are derived on the basis of available geodata. These relations are then automatically transferred to unobserved areas. This way, high spatial and temporal resolution flood characteristics are calculated for an entire region. Although the method is generally associated with a decrease in model fit, the decrease lies within an acceptable range (calibration site: MAE = 0.032 m³s⁻¹, R = 0.84, NSE = 0.84; validation site: MAE = 0.045 m³s⁻¹, R = 0.88, NSE = 0.59). While base flows and small to moderate rainfall events are well reproduced by the model, peak flows caused by heavy rainfall are overestimated. Building on the generated flood characteristics, a GIS routine embedded in a decision support system was developed to interactively forecast flood parameters for planned land use changes associated with soil sealing. The GIS routine uses a simplified method for runoff and flow calculation, but has the decisive advantage of being applicable without modelling knowledge. For block rains > 3 h, good to very good results are achieved, while for shorter, dynamic rain events, deviations in the calculated runoff of up to 30 % are recorded.