

Masterarbeit

Thema: Automatisierte, geodatenbasierte Modellierung am Beispiel
des Schmarler Baches

Bearbeiter: Kerstin Rautenberg

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Tränckner

Datum: 05.04.2019

Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war der Aufbau eines möglichst automatisierten, szenarienfähigen hydrologisch-hydraulischen Modells auf Basis von Geodaten unter Verwendung von Open Source Software. Ein Vergleich der verfügbaren Open Source Softwarelösungen (HECHMS und HEC-RAS, SWMM, KalypsoHydrology und KalypsoWSPM, SWAT) wurde anhand von Bewertungskriterien durchgeführt, die an der Eignung für das norddeutsche Tiefland orientiert wurden. Die Kombination der HEC-Programme und SWMM erwiesen sich beide passend für die Anforderungen des Einzugsgebietes, aufgrund der guten Umsetzung von landnutzungsabhängiger Evapotranspiration fiel die Wahl aber auf HEC-HMS und HEC-RAS, auch in Hinblick auf die Szenarienfähigkeit.

Die Modellierung bei HEC-HMS teilt sich in verschiedene Berechnungsmethoden für die einzelnen Abflusskomponenten auf, die sich in ihrem Detailgrad und ihrer Modellbasis (empirisch, physikalisch) unterscheiden. Um einen Aufbau des Modells aus Geodaten umzusetzen, wurden für HEC-HMS die Berechnungsmethoden Dynamic/Simple Canopy für die Vegetation (Langzeit/Eventsimulation), Simple Surface für den Oberflächenspeicher, Soil Moisture Accounting Loss für die Versickerung, Kinematic Wave für den Oberflächenabfluss und Linear Reservoir Baseflow für den Basisabfluss gewählt. Gewässernetze, TEZG-Polygone, Landnutzungsdaten, Bodendaten und digitale Geländemodelle wurden analysiert und mit Literaturdaten verknüpft, um die Eingangsparameter für die Methoden zu generieren.

Der Modellaufbau für HEC-RAS wurde auf Basis der gleichen Geodaten mithilfe des QGIS Plugins RiverGIS umgesetzt. Limitierende Programmeigenschaften beider Softwarekomponenten führten zu einer Einschränkung des Modells auf die hydraulische Modellierung des Hauptstranges mit wenigen Bauwerken und eine hydrologische Modellierung in Teileinzugsgebieten mit Durchschnittsparametern.

Für die Kalibrierung wurden Messdaten aus dem Projekt KOGGE für den Zeitraum Januar bis Juni 2017 verwendet und im Anschluss mit der zweiten Jahreshälfte (Juli bis Dezember 2017) validiert. Der Modellaufbau wurde in seine verschiedenen Aufgabenbereiche und Schnittstellen unterteilt, um sie auf die jeweiligen Automatisierungsmöglichkeiten und –methoden zu überprüfen. Um zusätzlich

die Szenarienfähigkeit des Modells zu kontrollieren, dienten ein Niederschlagsereignis (1h, 100-jährliches Wiederkehrintervall, nach KOSTRA Atlas 2010 R) und ein Landnutzungsszenario (Nutzungsänderung von Acker auf Siedlung in einem 3.62 ha großen Gebiet).

Für den kalibrierten Zeitraum konnte ein Simulationsergebnis mit einem Volumenfehler von 4.88 % und Korrelationskoeffizienten von 0.47 (Nash-Sutcliffe), 0.90 (d) und 0.849 (R^2) erreicht werden, das vor allem aus den Modelleinschränkungen und den Eingangsdaten resultiert. Im Rahmen der Kalibrierung wurden die Eingangsparameter auf ihre Sensitivität überprüft; die Grundwasserparameter stellten sich als überaus sensitiv für den gesamten Abflussverlauf heraus, während Rauheit und Längenparameter der Kinematic Wave Methode, Versickerungsparameter, Interzeptionsspeicher und Drosselabfluss der Speicherelemente ebenfalls einen großen Einfluss auf Peakform und -höhe hatten. Kalibrierung und Validierung zeigen deutlich die Grenzen des Modells auf. Neben Problemen mit Niederschlagsdaten, die nicht direkt im Modellgebiet gemessen werden, und den Auswirkungen der programmbedingten Modelleinschränkung, handelt es sich dabei vor allem um die fehlende Grundwassermodellierung und die Charakteristik des Interzeptionsspeichers.

Die Soil Moisture Accounting Loss Methode ist laut Benutzerhandbuch explizit nicht für die Modellierung von Grundwasserprozessen geeignet und kann höchstens für kurze Zeiträume auf ein bestimmtes Abflussverhalten angepasst werden. Gemeinsam mit dem Fehlen einer zeitlichen Variabilität für den Interzeptionsspeicher sorgt das dafür, dass eine jahreszeitenübergreifende Kalibrierung des Modells für Langzeitsimulationen nicht möglich ist.

Für die Automatisierung wurde eine Umsetzung der Aufbereitung der Geodaten und Zeitreihen für den Input bei HEC-HMS und HEC-RAS und eine Übertragung der Ergebnisse zwischen den Programmen durch die Programmierung von VBA-Makros erreicht. Grenzen zeigten sich für die Automatisierung im Bereich der Geodatenaufbereitung (Auslass-

Positionierung, Sorgfalt der Datenvorbereitung für das Plugin RiverGIS und optische Auswertungen anhand von DGM Daten) und den präzisen Anforderungen an die Eingangsdaten für die Verwertung in den Makros. Innerhalb von HEC-RAS mussten die Geometriedaten durch Interpolation von Gewässerquerschnitten zusätzlich aufbereitet werden, um eine stabile Simulation zu erreichen. Die Simulation des KOSTRA-Niederschlagsereignisses und einer Landnutzungsänderung zeigten dennoch, dass das aufgebaute Modell im Rahmen seiner Automatisierung szenarienfähig ist.

Auf Basis dieser Ergebnisse stellt sich die Frage, ob der Aufbau eines weitgehend automatisierten, szenarienfähigen hydrologisch-hydraulischen Modells mit HEC-HMS und HEC-RAS auf Basis von Geodaten möglich ist. Generell ist der Aufbau eines gekoppelten HECModells aus Geodaten mit leichten Einschränkungen möglich. Die programmbedingten, starken Einschränkungen im Modellaufbau, in Kombination mit der Grundwasserproblematik und eingeschränkter Eignung für Langzeitsimulationen, führen jedoch zu nicht ausreichend zufriedenstellenden Simulationsergebnissen. Die Automatisierung eines solchen neuen Modellaufbaus (beispielsweise für die Übertragung auf andere Einzugsgebiete) stößt besonders in HEC-RAS durch nötige programminterne Ergänzungen und ein hohes Maß an Instabilität an ihre Grenzen. An einem fertig aufgebauten Modell lassen sich Szenarien dennoch ohne Probleme simulieren. Abschließend muss festgestellt werden, dass sich bei Reflektion, Wichtung und Ergänzung der Bewertungsparameter für die Programmauswahl, die HEC-Programme nicht als beste Softwarelösung für die Projektanforderungen und Zielsetzungen von PROSPER-RP herausstellen.