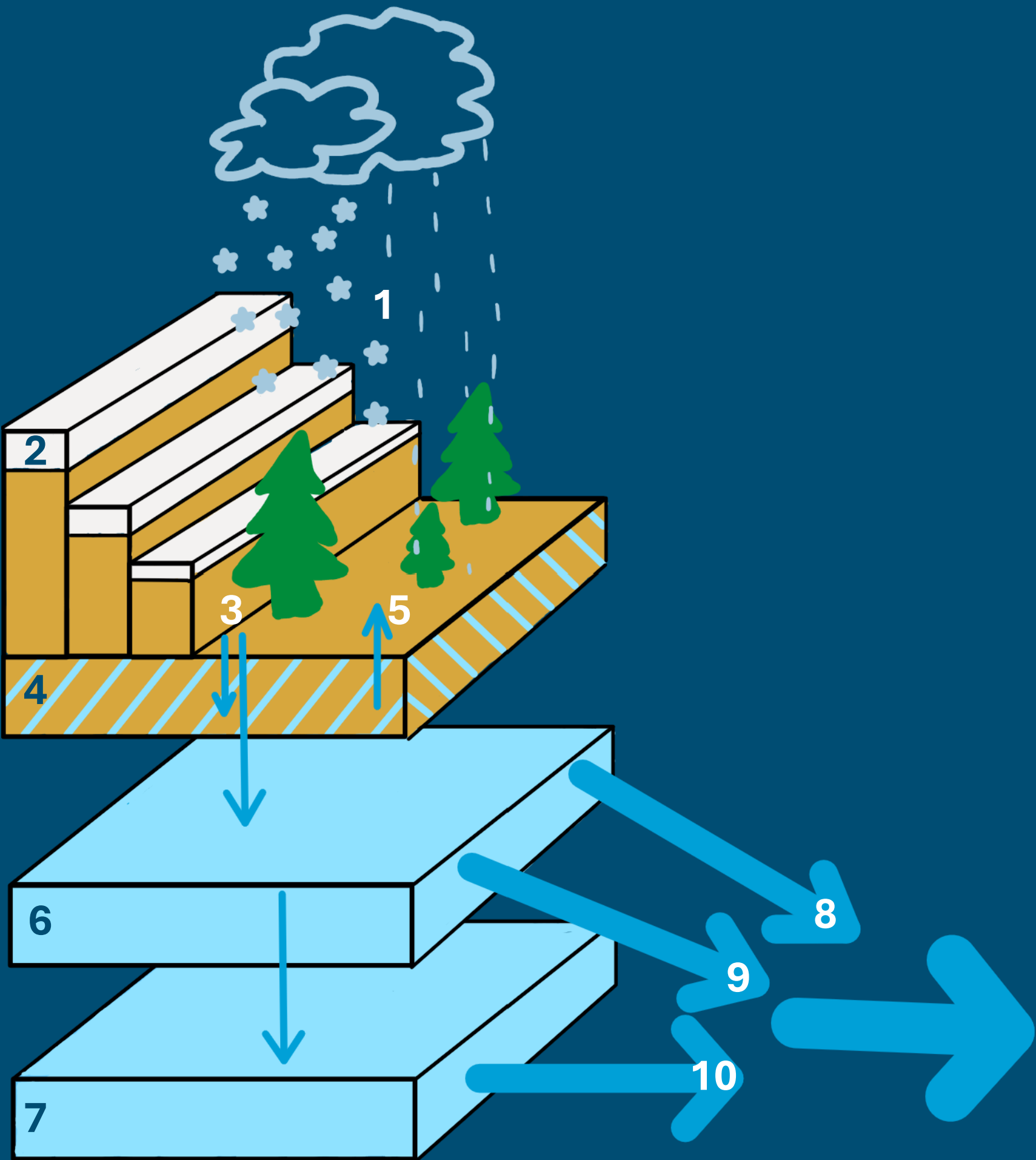


Hydrologisches Modell für das Einzugsgebiet der Simme

Berechnung von Abfluss mit Hilfe der Programmiersprache R

Mit einem hydrologischen Modell kann der Prozess, wie aus Niederschlag Abfluss resultiert, mathematisch nachgebildet werden. Mit Programmcode wird aus Niederschlagsdaten einer Messstation der Abfluss an einem bestimmten Punkt eines Flusses berechnet. Solche hydrologischen Modelle werden eingesetzt, um beispielsweise Hochwasserprognosen zu erstellen oder um die Auswirkungen des Klimawandels auf ein Gewässer abzuschätzen. In dieser Arbeit habe ich mich mit der Frage beschäftigt, welche Faktoren wichtig sind, damit das hydrologische Modell ein möglichst gutes Abbild der Natur wird. Vor allem interessierte es mich, wie Hochwasser (Spitzenabflüsse) möglichst gut berechnet werden können.



Methode

Das verwendete Modell ist eine Version des HBV-Modells. Dabei handelt es sich um ein hydrologisches Modell, das ursprünglich in Schweden entwickelt wurde, heute aber weltweit eingesetzt wird. Es hat nicht so viele Parameter und braucht nur wenige Inputdaten (tägliche Niederschlags- und Temperaturdaten). Die verwendete Version besteht aus zwei Teilen:

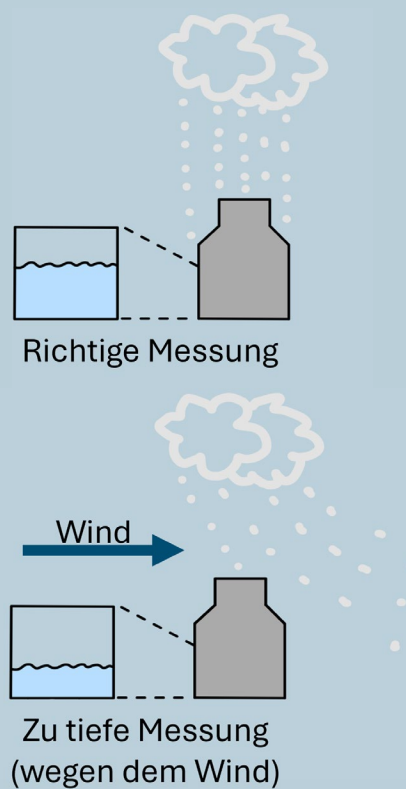
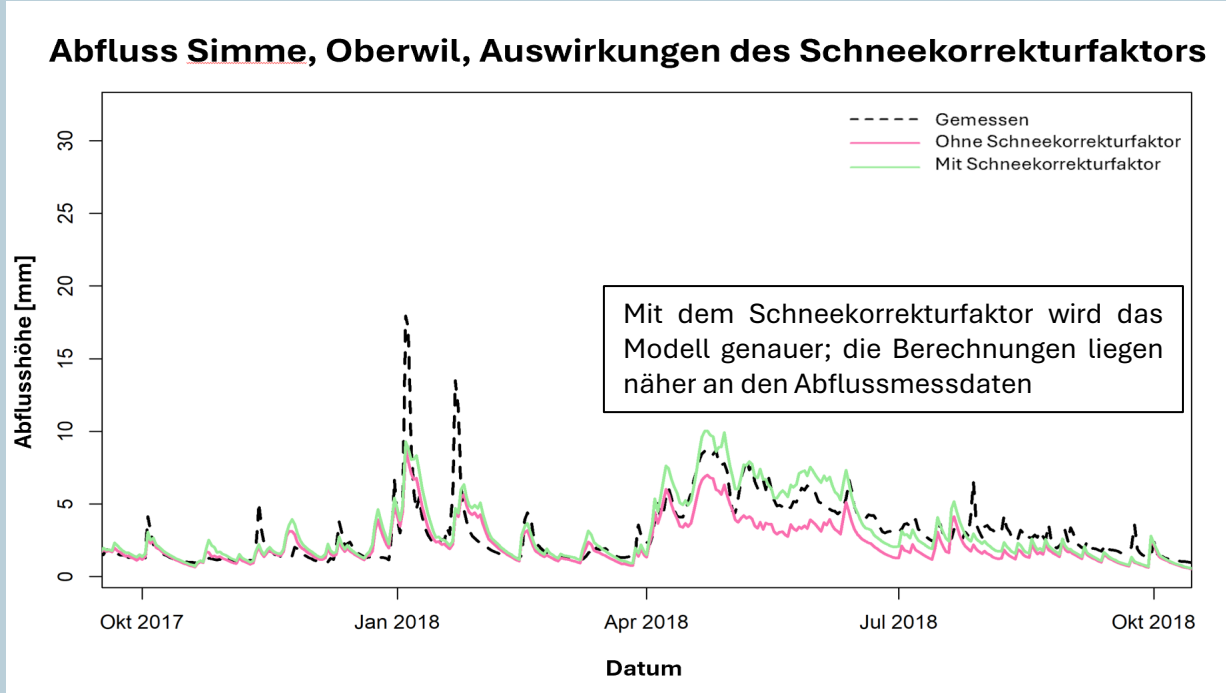
Die Schneeroutine: Dieser Teil berechnet alles, was mit Schnee zu tun hat. Es wird abhängig von der gemessenen Temperatur entschieden, ob der Niederschlag als Schnee oder als Regen fällt [1: siehe Abbildung links]. Für jeden Tag wird die Schneedecke für jede der 24 Höhenzonen neu berechnet [2]: Wie viel Schnee ist gefallen und wie viel Schnee ist geschmolzen? Diesen Teil des Modells habe ich mit Hilfe von Formeln und aufgrund einer bestehenden Programmstruktur selbst programmiert.

Die Bodenroutine: Das Regen- und das Schmelzwasser infiltrieren in den Boden [3]. Das Programm entscheidet, in welche Schicht das Wasser geht: Die oberste Schicht, den Bodenwasserspeicher [4], kann man sich wie einen Schwamm vorstellen. Er ist wichtig für die Verdunstung [5]. Ist diese oberste Schicht bereits mit Wasser gesättigt, fließt das Wasser direkt hindurch in die Schichten darunter. Sie stellen das Grundwasser dar, wobei man zwischen oberem und unterem Grundwasserspeicher [6 und 7] unterscheidet. Aus den beiden Grundwasserspeichern werden die drei Abflüsse berechnet (sehr schneller [8], schneller [9] und langsamer Abfluss [10]).

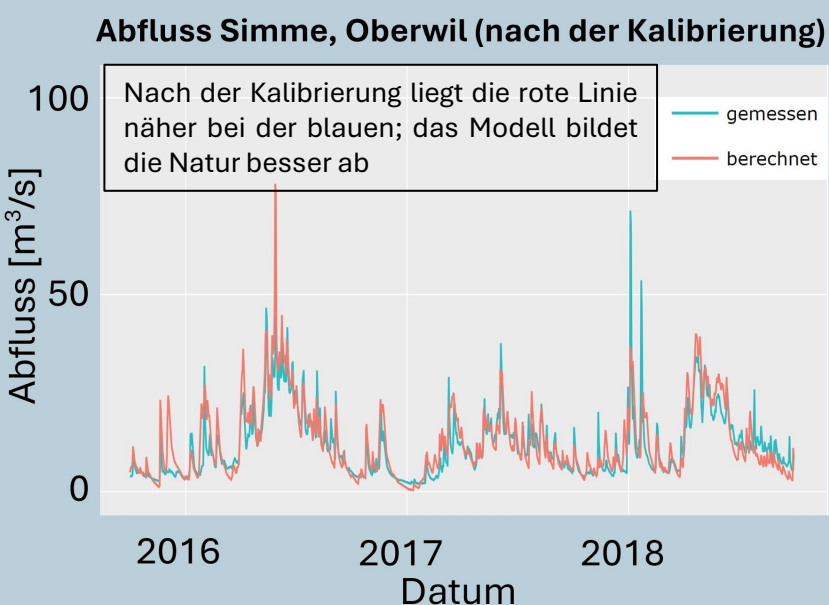
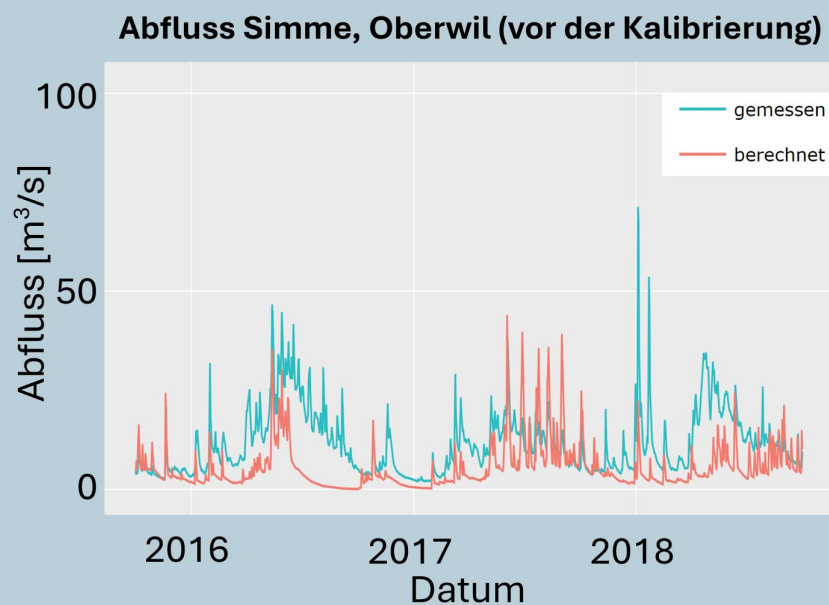
Diese konzeptionelle Vereinfachung dient der möglichst genauen mathematischen Nachbildung der Prozesse in der Natur.

Ergebnisse

Für die Verlässlichkeit der Berechnungen ist entscheidend, dass die Niederschlagsdaten genau und möglichst repräsentativ für das gesamte Einzugsgebiet sind. Insbesondere bei Schneefall können wegen Ablenkung durch Wind Messfehler entstehen. Die Niederschlagsmengen, die dann gemessen werden, sind zu tief. Um das zu «korrigieren», wurde ein Schneekorrekturfaktor im Code eingefügt. Das heisst, dass der gemessene Niederschlag, der als Schnee fällt, mit einem Faktor multipliziert wird.



Das Modell hat verschiedene «Stellrädchen», sogenannte Parameter, mit welchen es an das konkrete Einzugsgebiet angepasst werden kann. Ein Beispiel für einen Parameter ist die Feldkapazität, ein Wert, der angibt, wie viel Wasser die oberste Bodenschicht speichern kann. Ein weiterer Parameter bestimmt darüber, wie schnell die Schneedecke schmilzt. Diese Parameter mussten an die konkreten Bedingungen im Einzugsgebiet der Simme angepasst werden. Diese sogenannte Kalibrierung hat einen erheblichen Einfluss auf die Qualität der (Spitzen-)Abflussmodellierung. In der Arbeit werden drei Parameter beschrieben, welche besonders wichtig für die Spitzenabflussmodellierung sind: Die Speicherkoeffizienten «k0» und «k1» bestimmen, wie schnell die Grundwasserspeicher [6 und 7] geleert werden. Der Parameter «uzl» gibt an, ab wann zusätzlich der sehr schnelle Abfluss [8] gebildet wird.



Ausblick

Eine Schneedecke kann in der Natur bis zu ca. 10% des eigenen Gewichts in flüssiger Form aufnehmen. Wenn sie schmilzt, bleibt also vorerst ein Teil des Schmelzwassers in der Schneedecke, bevor es in den Boden infiltriert. Im Modell wurde dieses «Zwischenspeichern» nicht berücksichtigt. Bei der Modellierung von Abflüssen, bei denen die Schneeschmelze eine wichtige Rolle spielt, kann dies zu Ungenauigkeiten führen, was in der Arbeit an einem konkreten Hochwasser gezeigt wird (Mai 1999). Es wäre eine mögliche Erweiterung des Modells, den Flüssigwassergehalt zu modellieren.