

# Modellierung hydrologischer Extremereignisse und ihrer Auswirkungen im Harz

Paul D. Wagner und Nicola Fohrer

Institut für Natur- und Ressourcenschutz, Abteilung Hydrologie und Wasserwirtschaft, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Deutschland

## Einleitung

Hydrologische Extremereignisse haben in der Vergangenheit zu sichtbaren Auswirkungen im Harz geführt. Hierzu zählt einerseits das Hochwasserereignis in Goslar 2017 und andererseits das fortschreitenden Baumsterben. Überdies ist im Zuge des Klimawandels mit einer zunehmenden Häufigkeit von Extremereignissen zu rechnen. Deshalb ist eine gute Abbildung dieser extremen hydrologischen Bedingungen in hydrologischen Modellen beispielsweise im Kontext der Betrachtung von Klimaszenarien besonders wichtig. Ziel dieses Beitrags ist eine möglichst genaue Abbildung von Extremereignissen im Harz mit dem hydrologischen Modell SWAT+.

## Material und Methoden

**Modellierung mit SWAT+** (Soil and Water Assessment Tool, Bieger et al. 2017)

Eingangsdaten:

- Digitales Geländemodell 5 m x 5 m (LGLN 2022)
- Gewässernetz (LGLN)
- Bodenübersichtskarte 1: 200 000 (BGR)
- Landnutzungsklassifikation 2023 (TU Braunschweig)
- Wetterdaten (DWD, Harzwasserwerke), Niederschlagsinterpolation mittels Regressions-IDW-Ansatz mit mittlerer Niederschlagsverteilung als Kovariable (CHELSA-Daten, Karger et al. 2017)

**Kalibrierung:**

- Kopfeinzugsgebiete definiert durch die Pegel Sennhütte, Altenau I, Harzburg, Gitterkopf (Abb 1.)
- Latin Hypercube Sampling von 3000 Parametersätzen für 11 Modellparameter
- **Auswahl von Parametersätzen** nach verschiedenen Kriterien für die Jahre 2017-2021:
  - **Referenzmodell:** beste Kling-Gupta-Effizienz (KGE)
  - **Niedrigwasser-, Hochwasser- und Extreme-Modell:** geringste Abweichung (RSR: Mittlerer quadratischer Fehler / Standardabweichung der Messungen) im untersten, obersten bzw. in diesen beiden 5%-Segmenten der Abflussdauerlinie

## Einzugsgebiet

Oker im Harz oberhalb  
des Pegels Schladen

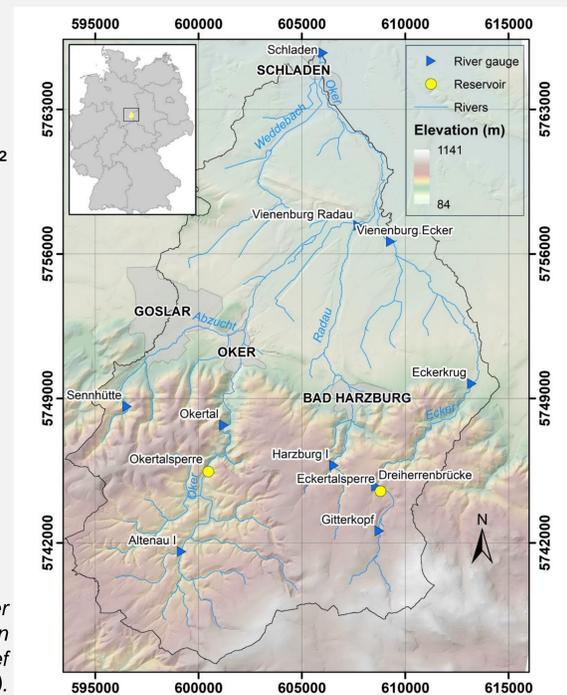
Gebietsgröße: 361,6 km<sup>2</sup>

Höhe: 89 m - 1141 m

Landnutzung:

- 55 % Wald
- 28 % Landwirtschaft
- 8 % Siedlungsfläche

Abb. 1: Einzugsgebiet der Oker oberhalb des Pegels Schladen mit Gewässernetz und Relief (DGM: LGLN 2022).



## Ergebnisse

Für alle Pegel konnten Parametersätze gefunden werden, die zu einer zufriedenstellenden Modellgüte (KGE: 0.65-0.84, Tabelle 1) führen. Die beste Modellgüte wurde am Pegel Altenau I erzielt, die schlechteste am Pegel Gitterkopf. Durch die Auswahl eines Hoch- bzw. Niedrigwassermodells verschlechtert sich die KGE im Vergleich zum Referenzmodell um einen Wert von 0.08 bis 0.14. Hingegen ist die Verbesserung im Niedrigwassermodell gegenüber dem Referenzmodell im Niedrigwasserbereich zum Teil erheblich (Gitterkopf: RSR von 3.33 auf 0.49, Harzburg: RSR von 2.1 auf 0.18). Im Hochwasserbereich fällt die Verbesserung geringer aus. Die Parameterwahl unter Berücksichtigung von Hoch- und Niedrigwassergüte (Extreme-Modell) weicht vom Referenzmodell um 0.04-0.08 in der KGE ab. Die Unterschiede im Hoch- und Niedrigwasserbereich sind im Vergleich zu den Hoch- und Niedrigwassermodellen relativ klein (RSR Differenz: 0.02-0.12). In einem Fall entspricht das Extreme-Modell dem Niedrigwassermodell (Gitterkopf, Tabelle 1, Abbildung 2).

Tabelle 1: Güte der verschiedenen Modelle an den vier Pegeln

Pegel	Modell	KGE	RSR 5% höchste RSR 5% niedrigste	
			Abflüsse	Abflüsse
Sennhütte	Referenz	0.71	0.58	6.88
	Hochwasser	0.65	0.47	6.39
	Niedrigwasser	0.63	0.53	6.34
	Extreme	0.67	0.49	6.37
Altenau I	Referenz	0.84	0.29	1.42
	Hochwasser	0.82	0.22	1.68
	Niedrigwasser	0.75	0.36	1.06
	Extreme	0.79	0.28	1.09
Gitterkopf	Referenz	0.65	0.46	3.33
	Hochwasser	0.64	0.43	3.86
	Niedrigwasser	0.57	0.55	0.49
	Extreme	0.57	0.55	0.49
Harzburg	Referenz	0.78	0.39	2.1
	Hochwasser	0.76	0.36	0.96
	Niedrigwasser	0.64	0.51	0.18
	Extreme	0.72	0.39	0.24

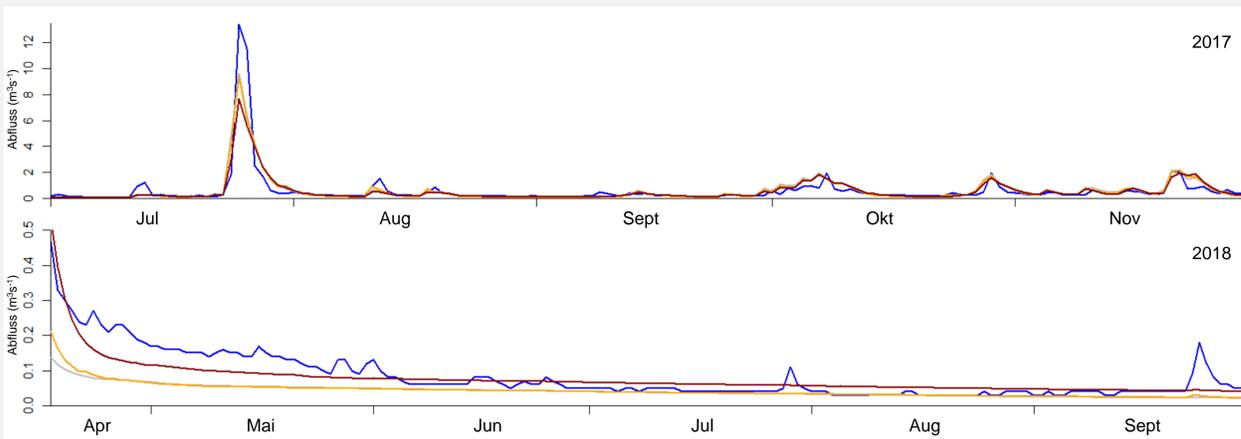


Abb.2.: Gemessener (blau) und modellierter Abfluss am Pegel Gitterkopf mit einem Hochwasserereignis 2017 und für eine Niedrigwasserphase 2018: Referenzmodell (orange), Hochwassermodell (grau) und Niedrigwassermodell (rot).

Die Abflussganglinie am Pegel Gitterkopf (Abb. 2) zeigt, dass das Hochwasserereignis 2017 durch das Hochwassermodell nur geringfügig besser abgebildet werden konnte. Das Niedrigwassermodell bildet den Abfluss in der Trockenperiode im Jahr 2018 hingegen besser ab als das Referenzmodell.

## Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Einbeziehung von Niedrig- und Hochwasserphasen in die Modellkalibrierung für die Untersuchung von hydrologischen Extremereignissen sinnvoll ist. Die für Extremereignisse kalibrierten Modelle sollen dazu verwendet werden, die Auswirkungen von hydrologischen Extremen (Trockenperioden, Baumsterben) im Harz zu untersuchen.

## Danksagung

Wir danken LGLN, Harzwasserwerken, BGR, DWD und den Projektpartnern für die Bereitstellung von Modelleingangsdaten. Diese Arbeit wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Projekts EXDIMUM gefördert. Weitere Informationen finden Sie auf der offiziellen Projektseite [www.exdimum.org](http://www.exdimum.org).

### Quellen

Bieger, Arnold, Rathjens, White, Bosch, Allen, Volk, Srinivasan, 2017. Introduction to SWAT+, a Completely Restructured Version of the Soil and Water Assessment Tool. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 53(1), 115-130.  
Karger, Conrad, Böhrer, Kawohl, Krefl, Soria-Auza, Zimmermann, Linder, Kessler, M., 2017. Climatologies at high resolution for the Earth land surface areas. *Scientific Data*. 4 170122.  
LGLN 2022: Auszug aus den Geodaten des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen 2022.