

# Modellierung des hortonschen Oberflächenabflusses und dessen Aufteilung in Schicht- und Rillenabfluss: Eine energetische Perspektive

Doğa Yahşi, Erwin Zehe, Christophe Hissler

## Motivation

- Die entscheidende Rolle der Oberflächenabflussprozesse bei der Entstehung von Hochwasser und Bodenerosion
- Häufiges Auftreten des hortonschen Abflusses bei Sturzfluten in subhumiden und semiariden Regionen infolge hochintensiver konvektiver Niederschläge
- Verstärkter Einfluss solcher Ereignisse durch den Klimawandel und die zunehmende Versiegelung
- Notwendigkeit eines besseren Verständnisses der Massen-, Impuls- und Energiebilanzen des Oberflächenabflusses

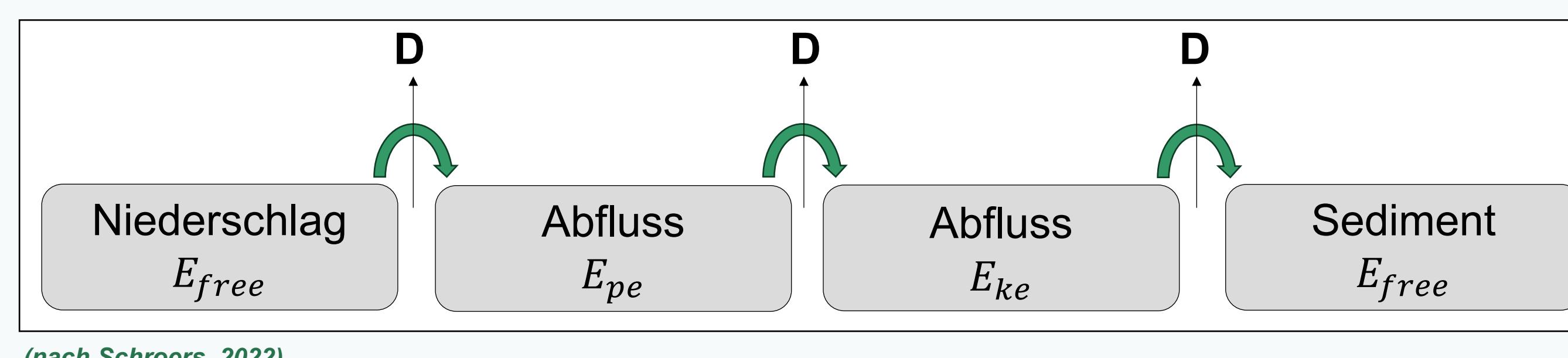
## Hypothese

Die Aufteilung des Oberflächenabflusses in Schicht- und Rillenkomponenten führt zu einer gleichmäßigen Aufteilung der kinetischen Energie zwischen Schicht- und Rillenabfluss.

## Ziele

- Untersuchung der Bildung des hortonschen Oberflächenabflusses
- Analyse der stationären Energiebilanz des Oberflächenabflusses mit besonderem Fokus auf die Aufteilung von Masse und Energie zwischen Schicht- und Rillenbereichen
- Überprüfung, ob der „Open-Book“-Ansatz die Reproduktion des Oberflächenabflusses in beiden Bereichen ermöglicht

## Energiebilanz des Oberflächenabflusses



$$v = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}, \quad R_h = \frac{A_{wet}}{P_{wet}}$$

Höhere Energieeffizienz durch einen größeren hydraulischen Radius

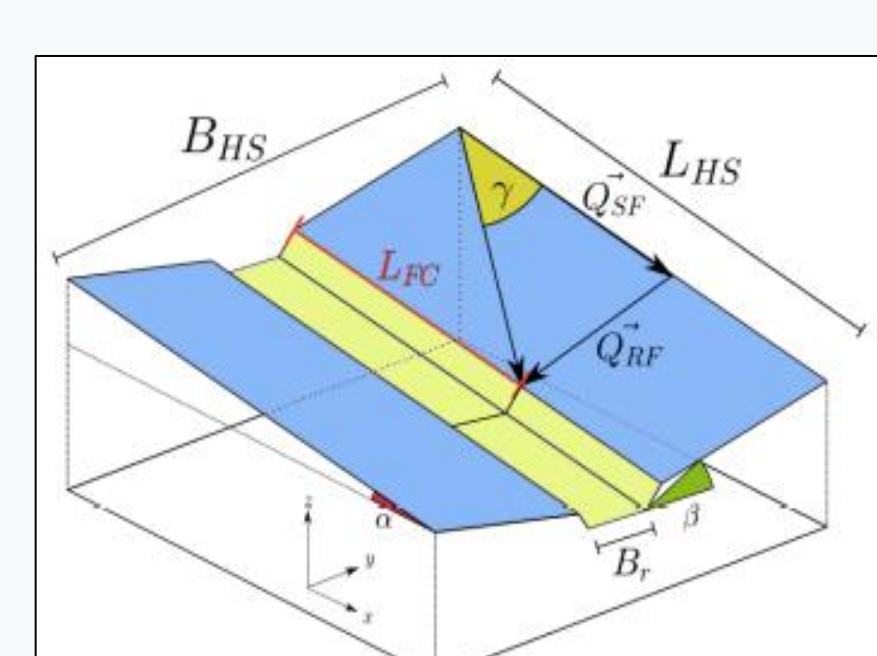
$$\begin{cases} W = F \cdot x, & F = \dot{m}v, \quad \dot{m} = \rho Av \\ P = \frac{W}{t} & F = \rho Av^2 \\ & P = Fv = \rho Av^3 \\ & P = \rho Av^3 \end{cases}$$

## Die Beregnungsversuche im Einzugsgebiet Weiherbach

- 60 Experimente mit einem Düsenregner
- Zwei Hauptniederschlagsintensitäten:  $\sim 35 \text{ mm h}^{-1}$  und  $\sim 65 \text{ mm h}^{-1}$
- Gemessene Abflussraten und Rillengeschwindigkeiten, rückberechnete Schichtabflussgeschwindigkeiten
- Abschätzung der Oberflächenrauheit aus dem abfallenden Ast der Abflussganglinie



## Das Modell CATFLOW-SED und der „Open-Book“-Ansatz



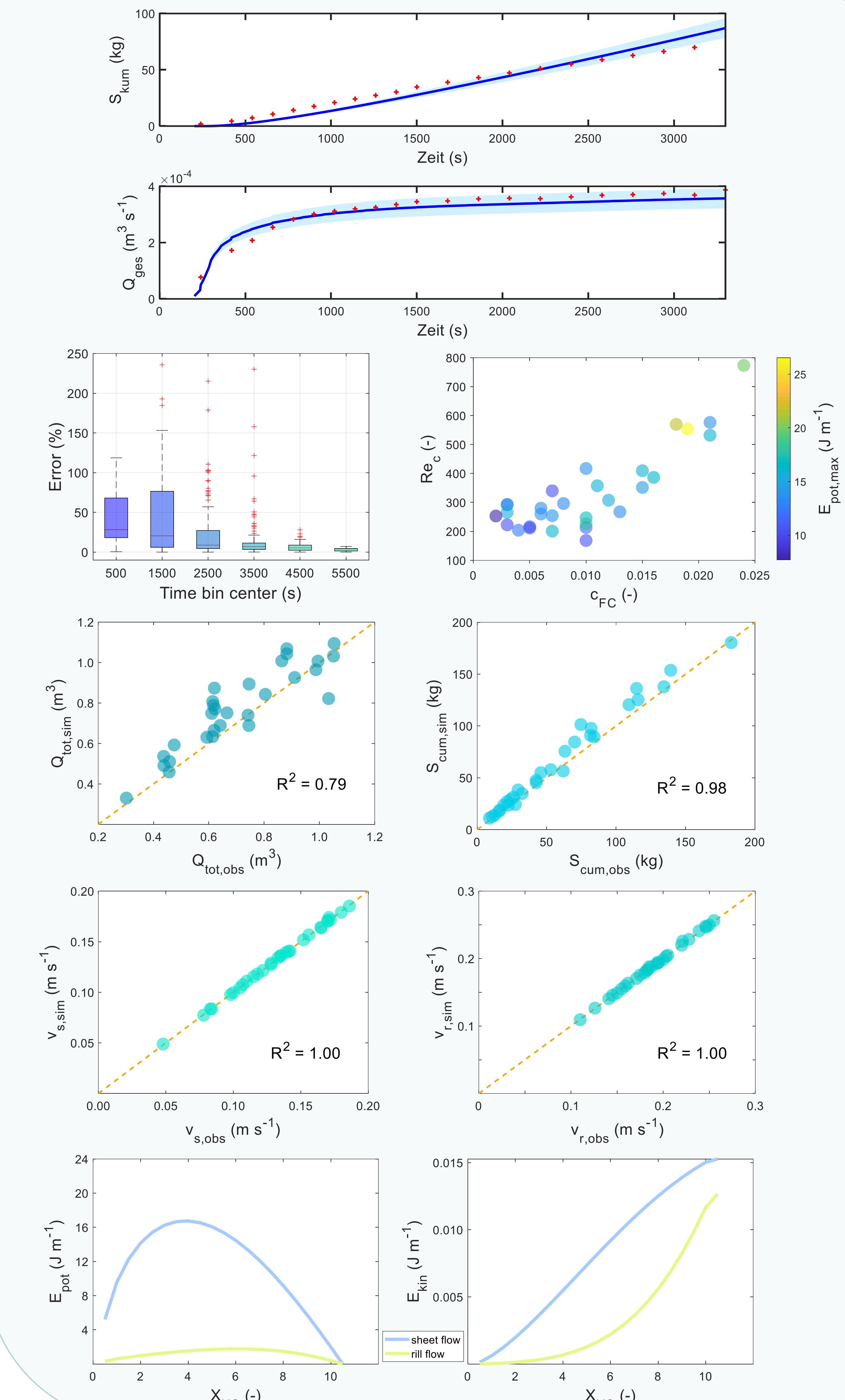
- CATFLOW-SED ist ein physikalisch basiertes numerisches Modell.
- 2D-Hangelemente basierend auf einem digitalen Höhenmodell mithilfe gekrümmter orthogonaler Koordinaten diskretisiert.
- Die Diffusionswellen-Gleichung (vereinfachte Saint-Venant-Gleichung) wurde numerisch mit einem expliziten Upstreaming-Schema gelöst.
- Die Verbindung zwischen den Schicht- und Rillkomponenten wurde durch den Fließakkumulationskoeffizienten  $c_{FC}$  hergestellt.
- Das Modell wurde für den Abfluss mit  $c_{FC}$  und unterschiedlichen Rauheitswerten für Rillen- und Schichtabfluss sowie für die Erosion mit dem Erosionswiderstand  $f_{crit}$  kalibriert.

$$e_{pot} = p_1 \cdot (\tau + P_2 \cdot m_r - f_{crit})^{P_4}$$

## Fazit

- Bodenfeuchte und Oberflächenrauheit sind gute Prädiktoren für die Niederschlags-Abfluss-Dynamik des hortonschen Oberflächenabflusses.
- Höhere Rauheit begünstigt eine größere Fließakkumulation im Rillenbereich.
- Das Modell CATFLOW-SED bildet die Verteilung des Oberflächenabflusses in Schicht- und Rillenabfluss unter Verwendung des „Open-Book“-Ansatzes gut ab.

## Ergebnisse



- Lokales Maximum der Potenzialenergie wird durch den Trade-off Prozess verursacht.
- Größere  $c_{FC}$  steht in Beziehung zu einem höheren lokalen Maximum der Potenzialenergie, das mit einem höheren  $Re_c$  und einem größeren Freiheitsgrad morphologischer Veränderungen korreliert.
- Bei hohen Fließakkumulationskoeffizienten erfolgt eine nahezu gleichmäßige Aufteilung der kinetischen Energie in Schicht- und Rillenabfluss.