

WASSERWIRTSCHAFT

Technik — Forschung — Praxis

4
2021

Gewässer | Oberflächenabflüsse bei Starkregen



SNCS - Habersr. 4a - 69126 Heidelberg
60
Deutsche Post - Postvertriebsstück E+4 - Entgelt bezahl. - 10812
W12157612 3000327266 3000327266
Ruiz Rodriguez + Zeisler + Blank
GBR
Peter Zeisler
Mühlhohle 2
65205 Wiesbaden



Diskussionsbeitrag zur Fließwiderstandsparametrisierung zur Simulation der Oberflächenabflüsse bei Starkregen

Bei der hydraulischen Starkregensimulation kommen Verfahren aus der Fließgewässermodellierung zum Einsatz. Eine Übertragung der empirischen Formeln und Parameter auf die stark unterschiedlichen Randbedingungen (u. a. Fließtiefe, Neigung) ist jedoch nur eingeschränkt möglich. Der Beitrag stellt die Auswertung einer Vielzahl publizierter Feld- und Laborversuche sowie grundsätzliche Überlegungen zur Praxistauglichkeit gängiger Ansätze und Parameterangaben zur Berücksichtigung des Fließwiderstandes bei Starkregen zur Diskussion.

Peter Oberle, Andreas Kron, Tim Kerlin, Ernesto Ruiz Rodriguez und Franz Nestmann

Kompakt

- Es werden Wertespektren von Rauheitswerten (k_{st}) für Dünnschichtabfluss auf Basis einer Literaturstudie vorgestellt.
- Kleinskalige Abflusskonzentration auf natürlichen Oberflächen führt zu erheblicher Streubreite der Widerstandsparameter.
- Die Darcy-Weisbach-Formel in Verbindung mit logarithmischen Ansätzen zur Bestimmung des Widerstandsbeiwertes λ (z. B. Colebrook-White) kann in überhöhtem Flächenrückhalt resultieren.

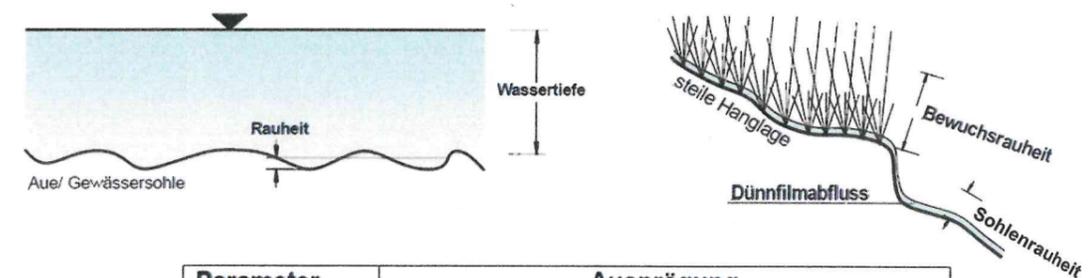
1 Hintergrund

Starkniederschläge und Sturzfluten verursachen regelmäßig gravierende Überschwemmungen mit erheblichen Sachschäden und Gefährdung von Menschenleben. Die Schäden liegen hierbei in der Größenordnung von 50 % der Gesamtschäden, die durch Hochwasser in Deutschland im Mittel jährlich verursacht werden.

Während das Risiko von Flusshochwasser über die Hochwassergefahrenkarten (Schadenspotenzialanalysen und Managementpläne) weitgehend flächendeckend und öffentlich zugänglich dokumentiert wird, bestehen bei der Bewertung der

Flusshydraulik: Wassertiefe \gg Rauheit

Oberflächenabfluss: Wassertiefe \ll Rauheit



Parameter	Ausprägung	
	Gewässer und Aue	Steile Hanglage
Gefälle	klein wenige ‰ bis 5 ‰	groß 5 ‰ bis über 100 ‰
Wassertiefe	groß Dezimeter bis mehrere Meter	klein Dünnschichtabfluss bis Dezimeter
Rauheit	kleiner als Wassertiefe	größer als Wassertiefe

Bild 1: Gegenüberstellung maßgeblicher Randbedingungen in der Fließgewässerhydraulik und für Oberflächenabfluss infolge von Starkregen

Gefährdungen von Siedlungsflächen durch lokalen Starkregen vielfach keine oder nur sehr vage Kenntnisse.

Der Leitfaden „Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg“ [1] zeigt den Kommunen, wie sie auch das von einem Starkregen ausgehende Risiko beurteilen können und mit welchen Maßnahmen sich mögliche Schäden verringern lassen. Damit soll im Land eine einheitliche standardisierte Vorgehensweise für die Ermittlung von Gefahren und Risiken durch Starkregenereignisse sowie die Erstellung von Handlungskonzepten bereitgestellt werden. Wesentliches Hilfsmittel hierfür sind Starkregengefahrenkarten (SRGK), in welchen für vorgegebene Oberflächenabflusskennwerte (OAK, effektiver Niederschlag) detailliert Fließwege und Abflussakkumulation mit Angabe von Überflutungstiefen und Fließgeschwindigkeiten im Bereich der

Ortslagen bzw. ihrer lokalen Einzugsgebiete auf Basis zweidimensionaler hydraulischer Strömungsmodelle ausgewiesen werden.

Während sich der Einsatz mehrdimensionaler Strömungsmodelle für Fließgewässer seit ca. 20 Jahren in der Ingenieurpraxis bewährt hat und diesbezüglich umfassende Erfahrungen und Regelwerke vorliegen, ist der Einsatz der hydraulischen Berechnungsverfahren zur Simulation von Starkregenabflüssen mit deutlich größeren Unsicherheiten belegt. Eine direkte Übertragung der Erfahrungswerte aus der Fließgewässerhydraulik ist aufgrund der sehr unterschiedlichen Spektren bzw. Skalen der maßgeblichen Fließtiefen (bis hin zum Dünnschichtabfluss), Geländegradien und morphodynamischen Prozesse (Verschlammung, Rinnenbildung) nicht zulässig (Bilder 1 und 2).



Bild 2: Komplexe Fließcharakteristik (links), morphodynamische Prozesse (Mitte) auf Wiesen und Ackerflächen (exemplarisch) und „roll waves“ auf einer Straße (rechts)

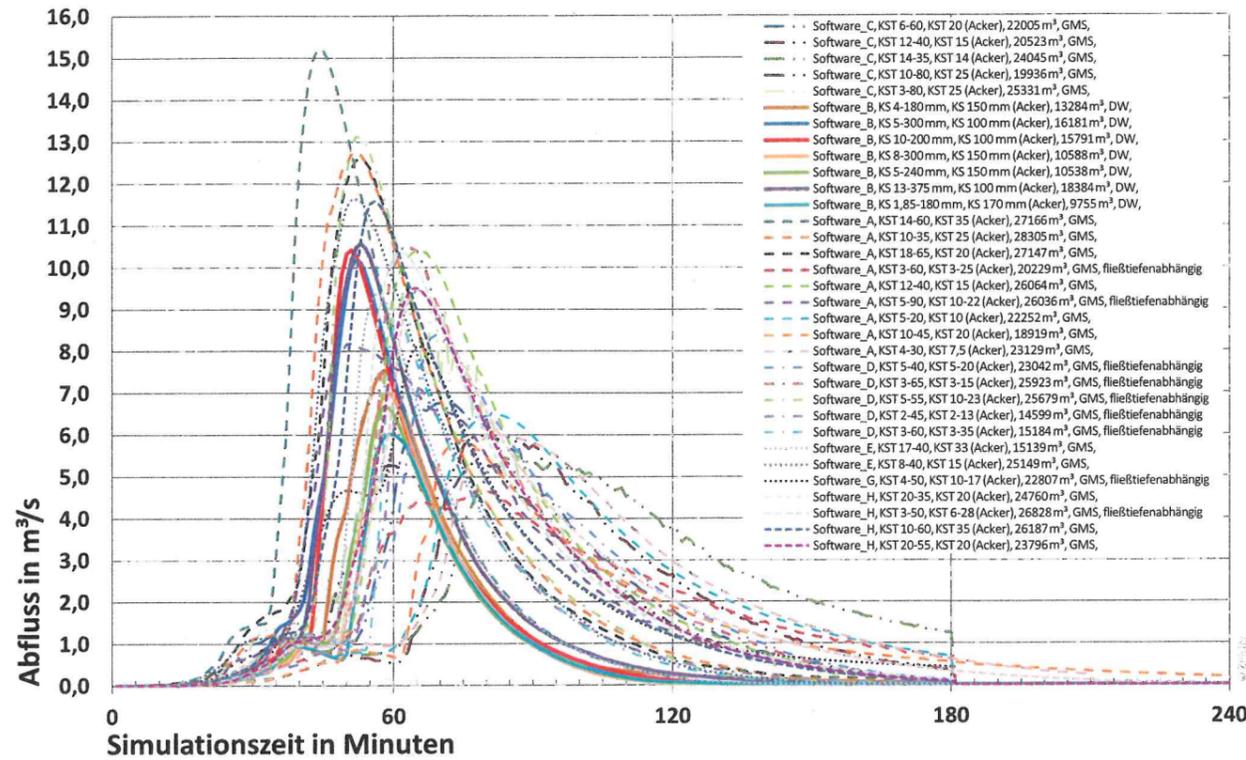


Bild 3: Streubreite berechneter Abflusskurven in einem ausgewählten Abflussquerschnitt im Rahmen des Zertifizierungsprozesses Baden-Württemberg für ein ausgewähltes Referenzgebiet

Neben der Frage, welche geometrischen Strukturen mit welcher Genauigkeit bzw. Auflösung für eine zielführende Prognose der Überflutungsflächen abgebildet werden müssen, stellt die adäquate Erfassung der Fließwiderstände infolge Oberflächen- und Formrauheiten bzw. Vegetation die maßgebliche Herausforderung dar. So zeigen vergleichende Untersuchungen und Sensitivitätsstudien eine erhebliche Streubreite der sich in den Ortstagen einstellenden Abflussganglinien, welche letztendlich zu unterschiedlichen Risikoeinschätzungen und ggf. Handlungsempfehlungen führen können (Bild 3).

Vorliegender Beitrag stellt die Ergebnisse einer Literaturstudie im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg sowie weiterführende Überlegungen zur Anwendbarkeit gängiger Fließformeln zur Diskussion.

2 Fließformeln und deren Anwendungsgrenzen

Den Berechnungsverfahren gängiger 2-D-Simulationsprogramme liegen die für die Fließgewässerhydraulik entwickelten bzw. angepassten Fließformeln (i. d. R. Gauckler-Manning-Strickler und Darcy-Weisbach) zugrunde, welche jedoch auf Grund der unterschiedlichen maßgeblichen physikalischen Prozesse zur Simulation des Oberflächenabflusses (Dünnschichtabfluss) in den Hanglagen der Einzugsgebiete nur eingeschränkt Gültigkeit besitzen. So beruhen die Ansätze auf Empirie und werden bei Fließgewässern mit geringem Gefälle und vergleichs-

weise großen Fließtiefen (>1-2 dm) eingesetzt. Für die Fließgewässermodellierung haben sich die Verfahren in der Ingenieurpraxis gut bewährt. Allerdings führt auch hier die Tiefenabhängigkeit der festzulegenden Widerstandsparameter insbesondere bei heterogener Oberflächenstruktur und Mangel an belastbaren Kalibrierungsdaten zu signifikanten Unsicherheiten vor allem bei instationären Berechnungen über ein größeres Abflussspektrum. Zudem ist die Berücksichtigung des komplexen Einflusses von durch- bzw. überströmter Vegetation weiterhin nicht umfassend gelöst. So hängt die Prognosefähigkeit bzw. Güte eines Strömungsmodells auch in der Fließgewässermodellierung weiterhin stark von der Erfahrung des Modellierers ab.

Eine Verwendung der genannten Fließformeln bzw. der gängigen Rauheitsklassifizierungen von Fließgewässern und deren Vorländer kann in der Starkregensimulation mit stark abweichenden Randbedingungen (steiles Gefälle, geringe Wassertiefen mit im Verhältnis sehr großen Rauheitsstrukturen) zu Fehlern und u. U. unrealistischen Ergebnissen führen [12].

Bei Verwendung des Ansatzes nach Gauckler-Manning-Strickler (GMS) können über die Festlegung angepasster tiefenabhängiger Strickler-Beiwerte (k_{st}) prinzipiell dennoch physikalisch plausible Ergebnisse in Bezug auf die instationären Abflussbildungsprozesse (Scheitelhöhe und Fülle) erzeugt werden. Die Definition von k_{st} -Werten für geringe Fließtiefen sowie die tiefenabhängige Interpolationsfunktion kann auf Basis von Literaturwerten (siehe nachfolgende Kapitel) überschlägig, aber für die Anforderung in der Praxis zweckmäßig, vorgegeben werden.

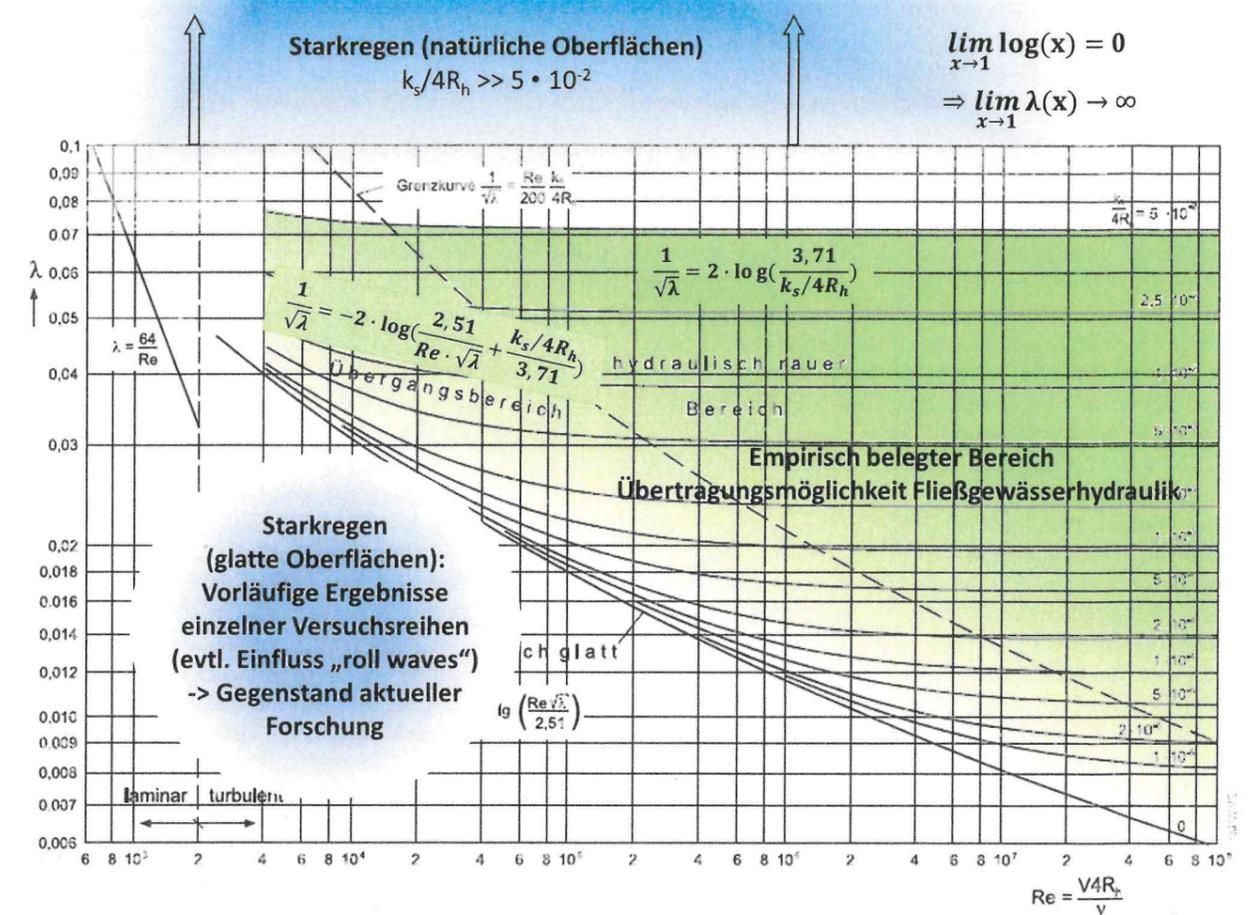


Bild 4: Der Anwendungsfall Starkregen wird vom Moody-Diagramm nicht abgebildet

Bei Verwendung der Darcy-Weisbach-Gleichung besteht das Problem, dass bei der Ermittlung des Widerstandsbeiwertes λ für sehr kleine Fließtiefen (h bzw. große k_s/h -Verhältnisse sehr stark in einen empirisch (im Moody-Diagramm) nicht belegten Bereich extrapoliert werden muss. Wird der Widerstandsbeiwert λ unter Annahme turbulenter Fließverhältnisse mit logarithmischen Ansätzen wie Colebrook-White (Übergangs-

bereich) oder Nikuradse (hydraulisch rau) ermittelt (Bild 4), beginnt ein relevanter Fließprozess ($v > 0$) für k_s -Werte >100 mm (natürliche Oberflächen) bedingt durch die Logarithmusfunktion rechnerisch erst ab einem Schwellenwert im Bereich von 1-2 cm (Bild 5).

Hierdurch kann rechnerisch ein signifikantes und unrealistisch hohes Wasservolumen auf der Fläche zurückgehalten

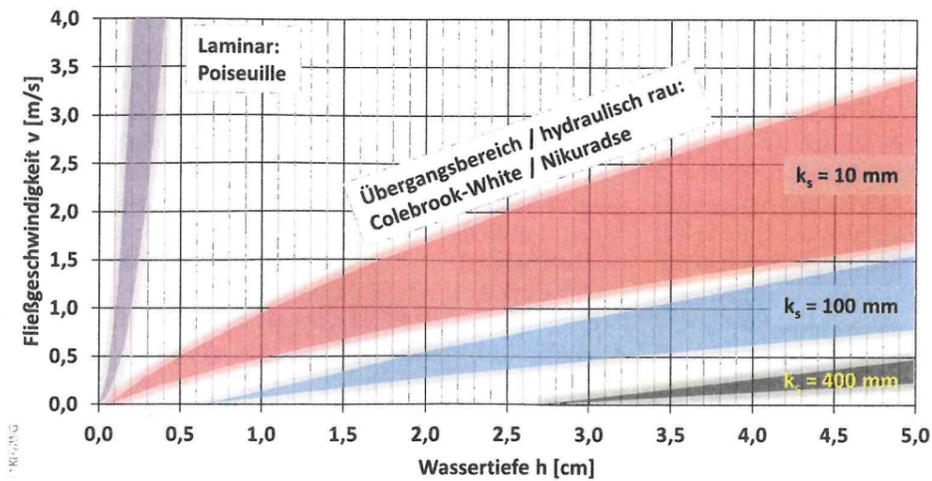


Bild 5: Rechnerisch ermittelter Fließbeginn und -geschwindigkeitsspektrum für exemplarische Sohlenneigungen von 5 bis 20 ‰ mit unterschiedlichen Sandrauheiten

werden, welches im Rahmen der Simulation gar nicht zum Abfluss kommt. Dieser Effekt ist verfahrensbedingt und lässt sich nicht mit dem Flächenrückhalt infolge Oberflächenrauheit (Benetzungs-, Muldenverluste o. ä.) begründen, welcher bereits in den hydrologischen Oberflächenabflusskennwerten (OAK) als Eingangsgröße der hydraulischen Modellierung bilanziert ist [3]. Über die Verwendung sehr glatter k_s -Werte kann dieser Effekt zwar rein rechnerisch kompensiert und damit der Erhalt der Abflussfülle erzwungen werden. Bei größeren Fließtiefen z. B. >1 cm führen die glatten k_s -Werte jedoch wiederum zu unrealistisch hohen Fließgeschwindigkeiten und damit zu überhöhten Scheitelwerten in den Ortslagen. Auch bei der Bestimmung des Widerstandsbeiwertes λ unter Annahme laminarer Fließverhältnisse bspw. mit der Poiseuille-Formel ergeben sich rechnerisch bereits bei geringen Fließtiefen von wenigen mm (unabhängig vom k_s -Wert) viel zu hohe und exponentiell ansteigende Fließgeschwindigkeiten (Bild 5).

Um die Abflussbildung in Bezug auf Scheitel und Fülle realitätsnah abzubilden, müssten speziell angepasste k_s -Funktionen in Abhängigkeit der Fließtiefe h vorgegeben werden, die den mathematischen Effekt der Logarithmusfunktion kompensieren. Die hierzu notwendigen großen Wertespektren sowie der Verlauf von sehr glatt (z. B. für $h < 1$ cm) zu sehr rau (z. B. $h > 10$ cm) sind jedoch weder physikalisch schlüssig noch vermittelbar. Zudem sind hohe Sensitivitäten und damit Unsicherheiten zu erwarten.

Während für flache, befestigte Gebiete (z. B. Siedlungsflächen) mit vergleichsweise hohen Fließtiefen und geringen Rauheitswerten die Verwendung der bekannten logarithmischen Funktionen zur Ermittlung des Widerstandsbeiwertes λ noch zielführend sein kann, ist für Außengebiete mit natürlichen Oberflächen deren praktische Anwendbarkeit in Frage zu stellen. Auch alternative Ansätze zur Bestimmung von λ für hohe relative Rauheiten (z. B. Bathurst, Julien, Larence in [4]) basieren zumeist auf einem logarithmischen Zusammenhang und unterliegen im Dünnschichtbereich somit denselben Einschränkungen. Inwieweit evtl. eine Kombination dieser Formulierungen mit angepassten Extrapolationsfunktionen zur Bestimmung von λ über das gesamte relevante Fließtiefenspektrum zielführend sein könnte, wird aktuell am KIT/IWG untersucht.

Programmentwickler sollten nachvollziehbar machen, wie mit dieser Problematik in ihren Simulationswerkzeugen umgegangen wird. Zur Gewährleistung einer angemessenen Modellgüte ist es zudem notwendig, neben der Plausibilisierung der Scheitelabflüsse (in der Ortslage) auch einen quantitativen Nachweis der Abflussfülle in den Qualitätssicherungsprozess aufzunehmen. So kann der „reale“ Rückhalt in topographischen Senken recht präzise mittels GIS-Funktion über das originäre Geländemodell ermittelt und mit dem vorgegebenen Volumen des Oberflächenabflusses sowie der Abflussfülle am unteren Modellrand bilanziert werden. Zu berücksichtigenden ist hierbei noch eine aus modelltechnischen bzw. numerischen Gründen zu definierende Grenzwassertiefe (z. B. 1 mm), welche keinen signifikanten Einfluss auf die ausgewiesenen Gefährdungsflächen haben sollte und daher tolerierbar ist. Eine einheitliche Vorgabe, ob mit oder ohne Vorfüllung des Toleranz-

volumens als Anfangsbedingung gerechnet werden soll, ist sinnvoll.

3 Methoden zur Ermittlung von Widerstandsbeiwerten

Eine Vielzahl dokumentierter Forschungsarbeiten beschäftigt sich mit den Niederschlag-Abfluss-Prozessen in Einzugsgebieten bezogen auf unterschiedliche Landnutzungsarten, wobei zumeist hydrologische Fragestellungen der Abflussbildung und Fragen der Erosivität im Vordergrund stehen. Die Ermittlung von hydraulischen Kenngrößen (Fließgeschwindigkeit, -tiefen und Widerstandsparameter) ist dabei oftmals eher nebensächlich und die Angaben sind methodenbedingt mit hohen Unsicherheiten behaftet.

Im Rahmen der Literaturstudie wurden die dokumentierten Untersuchungen u. a. in Bezug auf die ihnen zugrundeliegende Methodik zur Bestimmung von Widerstandsbeiwerten bewertet. So erfolgt bei Feldversuchen die künstliche Beregnung eines realen Testfeldes (z. B. Messparzelle auf einer Ackerfläche) mit definierter Intensität und der Messung der Abflussganglinie am Flächenauslass [5], [6], [7]. Ein wesentlicher Vorteil liegt hierbei in der Berücksichtigung einer realen heterogenen Bodenstruktur einschließlich (mikroskaliger) morphodynamischer Prozesse und Abflusskonzentration. Eine Messung der Fließtiefen findet jedoch i. d. R. nicht statt und die Bestimmung der Fließgeschwindigkeiten (durch Rückrechnung aus der Abflussganglinie oder über Tracermessung) unterliegt größeren Unsicherheiten.

In Laborversuchen können die hydraulischen Parameter auch des Dünnschichtabflusses mit hoher Genauigkeit bestimmt werden [8], [9]. Zudem ist die Variation der Randbedingungen sowie die differenzierte Betrachtung der einzelnen Einflussgrößen möglich und reproduzierbar. Als Rauheitselemente werden i. d. R. synthetische Materialien (z. B. Kunstrasen) verwendet, die auf ebenen Trägerelementen aufgebracht werden. Die durch Inhomogenitäten einer realen Oberfläche verursachten Effekte werden (bislang) nicht berücksichtigt. Insbesondere für Wiesen und Ackerflächen ist eine Übertragung der Ergebnisse auf reale Verhältnisse daher nur eingeschränkt möglich.

Während sich die Ergebnisse von Feld- und Laborversuchen nur auf die jeweils ausgewählte Strukturcharakteristik der Messparzelle bzw. des Versuchsaufbaus beziehen, kann über Nachrechnung von Messdaten realer Ereignisse auf Einzugsgebietsskala eine große Streubreite unterschiedlicher Einflussgrößen und Randbedingungen pauschal berücksichtigt werden. Die Vielfalt und Komplexität möglicher geometrischer Variationen und (morpho-) dynamischer Prozesse wird hierbei in situ (zumindest exemplarisch für ein EZG und in Form einer „natürlichen Blackbox“) abgedeckt. Eine differenzierte Analyse z. B. der Strömungscharakteristik in Bezug auf Teilflächen unterschiedlicher Rauheit ist jedoch nicht möglich. Zudem unterliegen die Mess- bzw. Beobachtungsdaten erheblichen Unsicherheiten, sowohl hinsichtlich der raum-zeitlich verteilten Niederschlagsintensitäten und Abflussbildungsprozesse als auch der sich in den Ortslagen oder Vorflutern einstellenden Überflutungsprozesse.

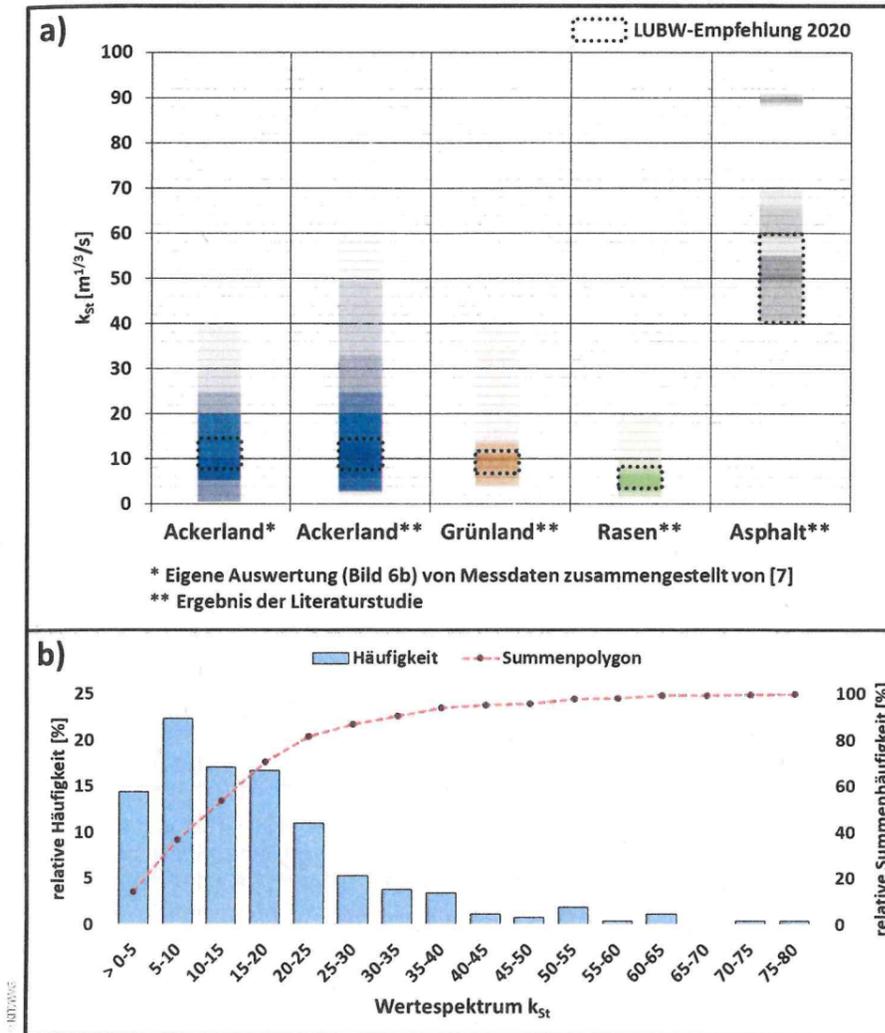


Bild 6: a) Wertespektren für Rauheitswerte (k_{st}) auf Basis von Literaturergebnissen und Laborversuchen für ausgewählte Oberflächenklassen sowie b) Rückrechnung aus Messdaten von Ackerflächen mittels Approximationsansatz

4 Literaturstudie und aktuelle Untersuchungen

Im Rahmen der Literaturstudie wurde eine Vielzahl deutscher und internationaler Publikationen gesichtet, hinsichtlich ihrer Relevanz bewertet und in kategorisierter Form in eine Metadatenbank eingepflegt. **Bild 6** gibt eine Übersicht über dokumentierte bzw. ableitbare Wertespektren für Rauheitswerte k_{st} ausgewählter Oberflächenklassen, welche nachfolgend (tlws. unter Einbeziehung aktueller Erkenntnisse aus Laborversuchen an der Hochschule RheinMain und HTW Saar) andiskutiert werden.

4.1 Ackerflächen

Die Abflussprozesse auf landwirtschaftlich genutzten Flächen haben oftmals sehr maßgeblichen Einfluss auf die Gefährdungssituation in den Ortslagen. Je nach Bewirtschaftungsform und Zustand kann die Oberfläche stark unterschiedliche Randbedingungen für die Abflussbildung und auch die hydraulische Fließcharakteristik aufweisen. Erwartungsgemäß unterliegen die Literaturangaben der Rauheitswerte für Fließtiefen

<3 cm (zumeist ermittelt aus Beregnungsversuchen) hier einer besonders großen Streubreite. Auffallend ist jedoch, dass die Wertespektren sehr häufig auch unerwartet glatte Rauheitswerte umfassen. Es ist zu vermuten, dass dies auf die ungleichmäßige Fließtiefenverteilung resp. Abflusskonzentration zurückzuführen ist, welche in Kapitel 5 weitergehend diskutiert wird.

4.2 Grünland

Grünland kann ähnlich wie Ackerflächen saisonal sehr unterschiedliche geometrische Ausprägungen aufweisen. Zudem sind auch hier die Abflusskonzentration aufgrund kleinskaliger Unebenheiten und Vegetation bei der Wahl der anzusetzenden Widerstandsparameter zu berücksichtigen. Während für den Dünnschichtabfluss bzw. sehr geringe Fließtiefen noch von vergleichsweise hohen Rauheiten ausgegangen werden kann, ist es evtl. sinnvoll, bei größeren Fließtiefen aufgrund der sich legenden bzw. überströmten Vegetation deutlich glattere Werte zu wählen.

Bei Laborversuchen z. B. in Bezug auf eine ebene (synthetische) Rasenfläche erfolgt der Abfluss über den Querschnitt weitestgehend gleichverteilt. Unsicherheiten entstehen aber auch hier, da der Querschnittsverbau durch die Abmessungen der Bewuchselemente i. d. R. in der Berechnung der Widerstandsbeiwerte nicht berücksichtigt wird.

Bei der Anwendung der Rauheitsparameter im Rahmen der Strömungsmodellierung ist zu beachten, dass bei den in der Praxis eingesetzten Verfahren die kleinskalige Abflusskonzentration über die ebenen Gitterelemente eines 2-D-Modells nicht abgebildet wird. Um die instationären Abflussverhältnisse des EZG adäquat (sprich zeit- und volumentreu) abzubilden, müssen die Fließgeschwindigkeit (v) und der Abfluss (Q) bzw. die Fließgeschwindigkeit (v) und die abflusswirksame Querschnittsfläche (A_{effektiv}) zwischen Feldversuch/Laborgerinne und 2-D-Modell übereinstimmen. Je nach Ausprägung der Abflusskonzentration kann das bedeuten, dass sich im 2-D-Modell das gleiche Q und v bei geringeren Wassertiefen als im Realfall (in den Rinnen) einstellen muss. Hieraus ergeben sich zur Kompensation der fehlenden Abflusskonzentration tendenziell ebenfalls glattere Rauheitswerte. Somit wären die Wertespektren, welche sich aus z. B. Berechnungsversuchen ergeben, prinzipiell direkt für die 2-D-Modellierung anwendbar, da in beiden Fällen (sowohl Rückrechnung aus Versuch als auch Simulation) von einer gleichmäßigen Fließtiefe ausgegangen wird. Für die Bewertung der Übertragbarkeit von Rauheitswerten aus Literatur bzw. Labor- oder Feldversuchen auf die 2-D-Modelle ist also entscheidend, ob bei der Rückrechnung des k_{st} -Wertes aus den Messungen eine reduzierte Querschnittsbreite und der Einfluss des benetzten Umfangs berücksichtigt wurde oder nicht.

In **Bild 8 (oben)** ist beispielhaft eine Berechnung von k_{st} -Werten für die Betrachtung mit und ohne Berücksichtigung der kleinskaligen Abflusskonzentration dargelegt. In der linken Bildhälfte ist eine Abflusskonzentration auf zwei Rinnen erkennbar. Hierbei ergibt sich rückgerechnet ein Wert von $k_{st} = 6 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Um die gleiche Widerstandswirkung im HN-Modell abbilden zu können, muss ein Wert von $k_{st} = 12 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ angesetzt werden (rechte Bildhälfte). **Bild 8 (unten)** stellt den rechnerischen Zusammenhang einer prozentualen Abflusskonzentration und dem Verhältnis der jeweils anzusetzenden Rauheitsparameter für das obige Rechenbeispiel (blau) her. Zu beachten ist, dass die Abflusskonzentration in Realität ein großes Spektrum an unterschiedlichen Fließtiefen sowie Rinnenbreiten und -anzahl einnehmen und somit kein exakter Umrechnungsfaktor festgelegt werden kann.

5.3 Fazit

Bei natürlichen Oberflächen haben die Effekte der Abflusskonzentration einen erheblichen Einfluss auf den Fließwiderstand. Die vereinfachende Annahme einer einheitlichen Fließtiefe kann (z. B. im Rahmen von Berechnungsversuchen) zur Ermittlung vergleichsweise „glatter“ Rauheitswerte führen. Auch im Strömungsmodell sind zur Abbildung der Fließprozesse ggf. die glatteren Rauheitswerte zu wählen, da die Abflusskonzentration über die Modellgeometrie nicht abgebildet wird. Dieser Zusammenhang ist ggf. gegenläufig zum bisherigen Verständnis, für die Starkregenmodellierung grundsätzlich deutlich „rauere“ Widerstandsbeiwerte anzusetzen als in der Fließgewässerhydraulik und erklärt evtl. auch die große Streubreite der Literaturwerte.

Tabelle 1: Empfehlung für Rauheitswerte k_{st} zur Modellierung von Starkregengefahrenkarten (Stand 03/2020) gemäß LUBW (Quelle: [1])

Nutzungsart	Rauheit nach Gauckler-Manning-Strickler k_{st} [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$]	
	Dünnsfilm bis 2 cm	ab 10 cm
Ackerland	8-12	15-30
Ackerland, verschlamm	10-15	20-35
Gartenland	3-6	5-15
Wald, Gehölz, Laub- und Nadelholz	3-6	5-20
Grünland	5-10	20-35
Rasen	3-8	20-35
Siedlungsfläche	6-15	10-20
Dachflächen *	50-60	
Fließgewässer, stehendes Gewässer *	15-35	
Fließgewässer, verschlamm *	25-50	
Fließgewässer, stark bewachsen *	5-20	
Wildbach *	10-15	
Gerinne, gemauert, Beton *	50-80	
Landwirtschaftlicher Weg (Kies, Schotter) *	20-40	
Straße, Weg (Asphalt) *	40-60	
Straße, Weg (gepflastert) *	30-50	

* Für diese Nutzungsart sind keine Dünnsfilmaufläufe anzusetzen

6 Empfehlung

Grundsätzlich ist es sicherlich sinnvoll, Ingenieurbüros angepasste Richtwerte für die Festlegung von fließtiefenabhängigen Widerstandsparametern an die Hand zu geben, welche auch im Rahmen einer Qualitätssicherung vergleichbar bewertet werden können. Die von der LUBW [1] veröffentlichten Wertespektren bei Verwendung der GMS-Formel (**Tabelle 1**) sind nach derzeitigem Kenntnisstand für die Praxis durchaus geeignet. Über weiterführende Feld- und Laboruntersuchungen mit Fokus auf die hydraulisch relevanten Prozesse sollten die Angaben in den nächsten Jahren überprüft und ggf. angepasste Verfahren entwickelt werden.

Aufgrund der immensen Vielfalt und Veränderlichkeit der Oberflächenstrukturen in realen Einzugsgebieten sowie der fehlenden Möglichkeit einer Modellkalibrierung wird eine Übertragung von Versuchsergebnissen bzw. Festlegung konkreter Parametersätze jedoch auch weiterhin mit erheblichen Unsicherheiten behaftet bleiben.

Für eine belastbare Einschätzung des Gefährdungspotenzials sind daher jetzt und auch zukünftig umfassende Sensitivitätsstudien hinsichtlich der Parameterwahl in Bezug auf deren Auswirkungen auf die maßgeblichen Zielgrößen (Abflussganglinien, Fließwege, innerörtliche Überflutungsflächen) durchzuführen. Der hierzu notwendige Aufwand muss bei der Kostenkalkulation berücksichtigt werden und macht sich über die erhöhte Planungssicherheit bezahlt.

Autoren

Dr.-Ing. Peter Oberle

Dr.-Ing. Andreas Kron

Tim Kerlin, M. Sc.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. mult. Franz Nestmann

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG)

Kaiserstraße 12

76131 Karlsruhe

peter.oberle@kit.edu

andres.kron@kit.edu

tim.kerlin@kit.edu

franz.nestmann@kit.edu

Prof. Dr.-Ing. Ernesto Ruiz Rodriguez

Hochschule RheinMain

Fachbereich Architektur und Bauingenieurwesen

Fachgebiet Wasserbau/Wasserwirtschaft

Kurt-Schumacher-Ring 18

65197 Wiesbaden

ernesto.ruizrodriguez@hs-rm.de

Literatur

- [1] Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Leitfaden Kommunales Starkregenisikomanagement in Baden-Württemberg. Anhang 1a. Karlsruhe, 2020.
- [2] Zeisler, P.: Erkenntnisse aus dem Standardreferenzverfahren und Optimierungserfordernisse. Erfahrungsaustausch im Bereich der Modellierung von Starkregengefahrenkarten in Baden-Württemberg der LUBW, Tübingen, 2018.

- [3] Steinbrich, A.; Weiler, M.; Leistert, H.: Alles RoGeR? Modellierung von Sturzfluten aufgrund von Starkniederschlägen. In: Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung (2015), Heft 35, S. 115-125.
- [4] Smith, M. W.; Cox, N. J.; Bracken, L. J.: Applying flow resistance equations to overland flows. In: Progress in Physical Geography 31 (2007), Heft 4, S. 363-387.
- [5] Engman, E. T.: Roughness Coefficients for Routing Surface Runoff. In: Journal of Irrigation and Drainage Engineering 112 (1986), Heft 1, S. 39-53.
- [6] Gerlinger, K.: Erosionsprozesse auf Lössböden: Experimente und Modellierung. In: Mitteilungen des Institutes für Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe (1997), Heft 194.
- [7] Seibert, S.; Auerswald, K.; Fiener, P.; Disse, M.; Martin, W.; Haider, J.; Michael, A.; Gerlinger, K.: Surface runoff from arable land - a homogenized data base of 726 rainfall simulation experiments. CRC/TR32 Database (TR32DB), 2011.
- [8] Ruiz Rodriguez, E.; Trost, L.: Umgang mit Starkniederschlägen in Hessen. Auszug aus dem 3. Zwischenbericht. KLIMPRAX Starkregen Arbeitspaket 2. Hochschule RheinMain, Wiesbaden, 2017.
- [9] Yörüük, A.: Empfehlung zur Modellparametrisierung von Sturzflutsimulationsmodellen. HTW Saar, Saarbrücken, 2020.
- [10] Karantounias, G.: Dünnschichtabfluß auf stark geneigter Ebene. In: Mitteilungen des Institutes für Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe (1974), Heft 162.
- [11] Hieke, F.: Experimentelle Untersuchungen zum Einfluss physikalischer Bodeneigenschaften auf die Rillenerosion. Dissertation an der TU Freiberg (Sachsen), 2009.
- [12] Gunzenhäuser, I.: Evaluierung von Maßnahmen zur Vorsorge gegen Starkregen auf Basis 2D-hydrodynamischer Modellierung. Masterarbeit am Karlsruher Institut für Technologie, 2020 (unveröffentlicht).

Peter Oberle, Andreas Kron, Tim Kerlin, Ernesto Ruiz Rodriguez and Franz Nestmann

Contribution to the discussion on the flow resistance parameterization for the simulation of sheet flow in extreme precipitation events

For the simulation of urban flooding methods from river modeling are used. However, transferring the empirical formulas and parameters to the widely differing boundary conditions (a.o. including flow depth, slope) is only possible to a limited extent. The article discusses the evaluation of a large number of published field and laboratory tests as well as fundamental considerations on the practical suitability of common approaches and parameters taking into account the flow resistance in extreme precipitation events. In this context it is shown that the application of the Darcy-Weisbach formula using logarithmic equations (e.g. Colebrook-White) for the calculation of the resistance coefficient λ can lead to unintended retention effects. Also small-scale runoff concentration on natural surfaces result in a significant spread of corresponding resistance parameters.



Starkregen

Pohl, C.: Starkregengefahrenpunkte schnell identifizieren. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 6/2020. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2020. www.springerprofessional.de/link/18039056

Vonden, E.: Starkregen und Sturzfluten. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 4/2020. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2020. www.springerprofessional.de/link/17872026