

Außengebietsabflüsse bei Starkregen



Prof. Dr.-Ing. Marc Illgen

Hochschule Kaiserslautern
marc.illgen@hs-kl.de
+49 631 3724-4526

Co-Autor:

*Steven de Priest, M. Eng.
Dahlem Beratende Ingenieure
Darmstadt*

Vortragsübersicht

- Hintergrund und Veranlassung
- Ziel und Methodik der Studie
- Ergebnisse & zentrale Erkenntnisse
- Fazit & Ausblick



Außengebiete

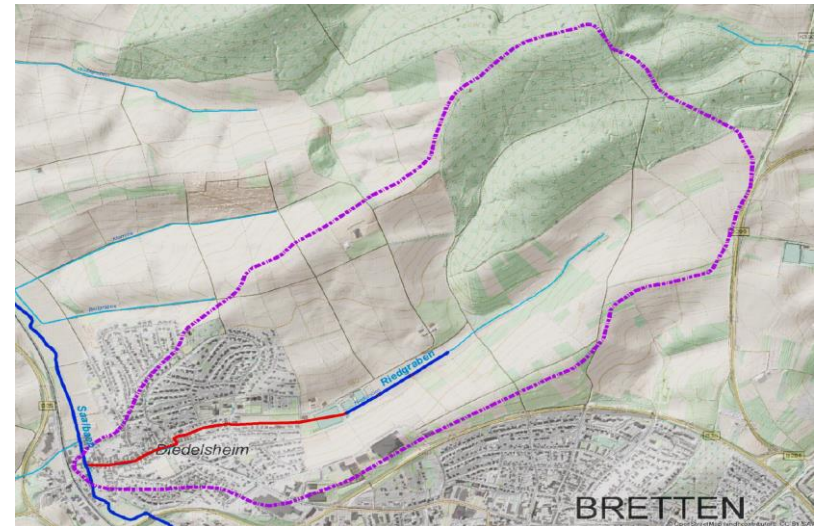
- land-/forstwirtschaftliche sowie natürliche Flächen werden oftmals “stiefmütterlich behandelt”
- Abflüsse werden vielerorts unterschätzt und/oder nicht sachgerecht in Entwässerungsplanung eingebunden
- bei Starkregen in hohem Maße verantwortlich für Überflutungsschäden innerhalb von Siedlungsgebieten



Außengebiete & Starkregen

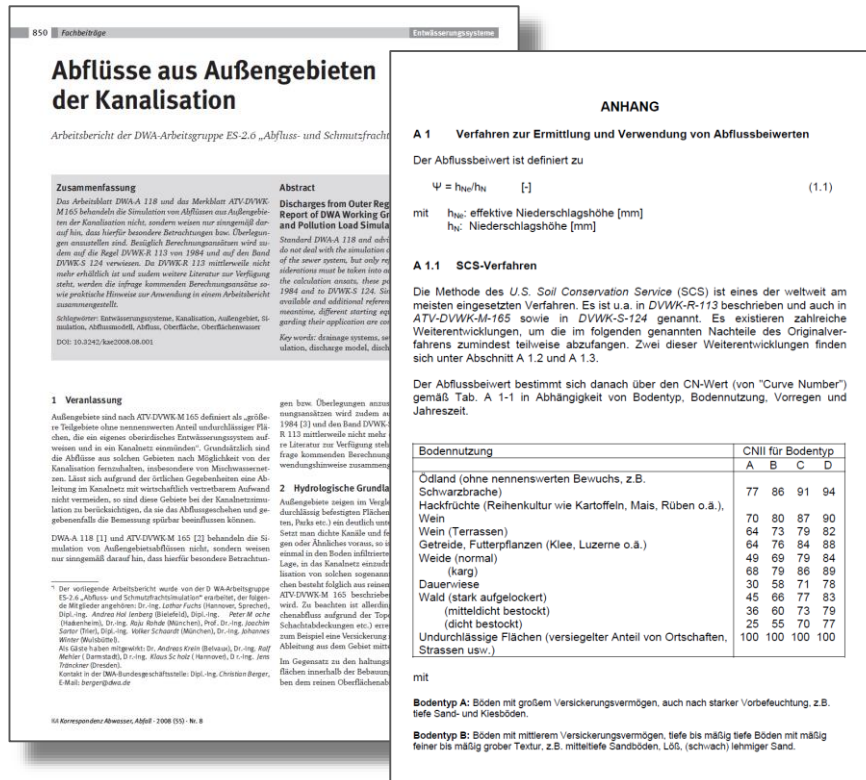


Außengebiete & Starkregen



Ausgangssituation

- Arbeitsbericht DWA-AG ES-2.6 (inkl. Anhang, 2008)



3 Größenangaben aus Literatur und Messprogrammen

3.1 Literaturangaben

Größenordnungen für Abflüsse aus Außengebieten sind in der deutschsprachigen Literatur nur sehr begrenzt zu finden. [8] nennt beispielsweise Größtabflüsse von 2 bis 3 m³/(s × km²) bzw. 20 bis 30 l/(s × ha), wobei der kleinere Wert für Mittelgebirge und der größere für Hochgebirge gilt. Im Flachland gehen die Werte danach auf 1 bis 5 l/(s × ha) zurück. Grundsätzlich sinkt die Abflussspende unter anderem auch mit zunehmender Einzugsgebietsgröße, Bewuchsdichte, Bodendurchlässigkeit, Temperatur und Rauheit der Geländeoberfläche.

[9] gibt die Abflussspenden gemäß Tabelle 1 vor, die ebenfalls als Anhalt dienen können. Bei der Auswahl sind neben dem Geländegefälle J_s auch die Bodenart und Geländestruktur zu berücksichtigen.

Gefällegruppe			
I	II	III	IV
$J_s < 1\%$	$1\% \leq J_s \leq 4\%$	$4\% < J_s \leq 10\%$	$J_s > 10\%$
0–5	5–10	10–15	15–20

Tabelle 1: Abflussspenden aus natürlichen Einzugsgebieten [l/(s × ha)], nach [9]

Laut [10] lagen die höchsten Abflussspenden der Reihe 1902 bis 1993 aus zwei voralpinen, unter 1 km² großen Einzugsgebieten in der Schweiz bei 70 l/(s × ha) (Brennereichen, 25%

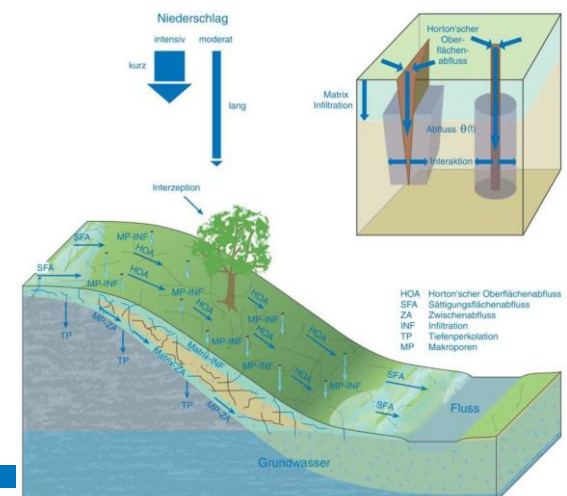
Ausgangssituation

- Abflussberechnung
 - vereinfachte und z.T. mäßig geeignete hydrologische Ansätze
 - v.a. in Programmen zur Kanalnetzberechnung
 - kaum Hinweise in Regelwerken
 - wenig Literaturempfehlungen
 - komplexe Prozesse der Abflussbildung
- Mangel an Orientierungswerten
 - kaum Messwerte
 - keine / kaum Zuordnung zu Regen-/Abflusshäufigkeiten
 - wenig Literaturwerte (Parameter, Abflussbeiwerte, Abflussspenden ...)
 - Plausibilitätsprüfungen kaum möglich

Berechnungsansätze (Auszug)

- Abflussbeiwertansätze in Modellen
 - SCS-Verfahren (CN-Wert)
 - modifiziertes SCS-Verfahren (CN-Wert)
 - erweitertes SCS-Verfahren nach Øverland
 - erweitertes SCS-Verfahren nach Zaiß
 - Verfahren nach Lutz
 - keine / kaum Zuordnung zu Regen-/Abflusshäufigkeiten
 - wenig Literaturwerte (Parameter, Abflussbeiwerte, Abflussspenden)

- weitergehende hydrologische Modelle
 - Verlustratenansätze
 - z.B. Ansätze nach Horton oder Neumann
 - Bodenwasserhaushaltsmodelle
 - ...



Thesen

- Außengebieten sollte zukünftig eine größere Aufmerksamkeit geschenkt werden!
- Bei der Entwässerungsinfrastruktur muss vielerorts nachgebessert werden (Ableitungselemente, Einlaufbauwerke, Rückhalteanlagen, Betrieb etc.)!
- Die Planungen müssen auf belastbaren Bemessungsabflüssen aufbauen!
- Planern fehlen wichtige Grundlagen-/Orientierungswerte!

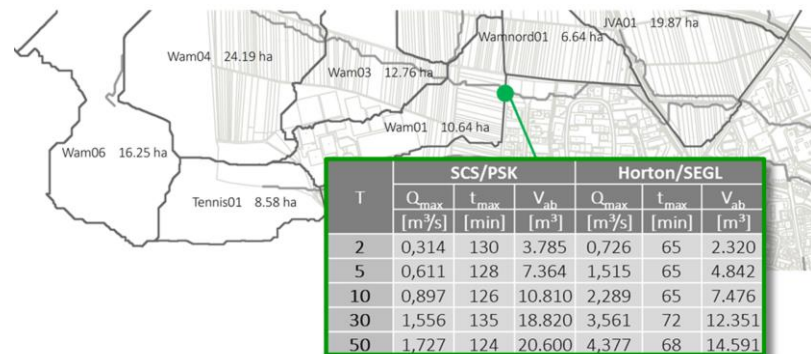
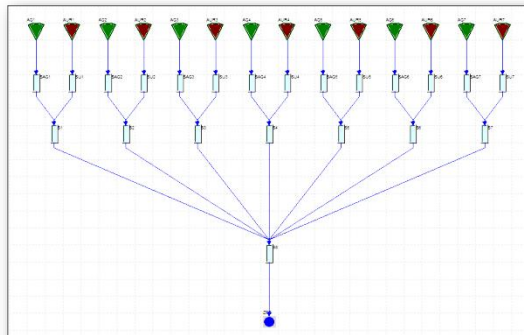
Fragen aus Planersicht

- Welcher Berechnungsansatz liefert die realistischsten Ergebnisse?
- Welche Randbedingungen sind besonders wichtig (Boden, Vegetation, Vorbefeuchtung, Regenhöhe ...)?
- Welche Abflussbeiwerte sind bei einem 5-, 10-, 20-, 50-, ... -jährlichen Starkregen anzusetzen?
- Welche Parameterwerte sind angemessen?
- Welche Abflussspenden sind zu erwarten?
- ...?



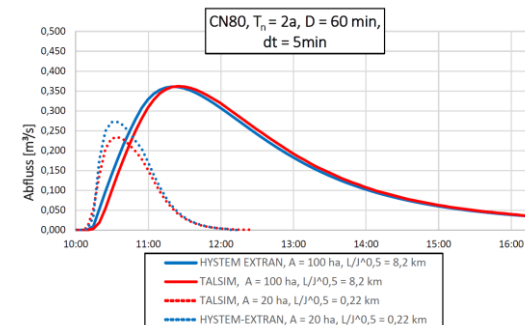
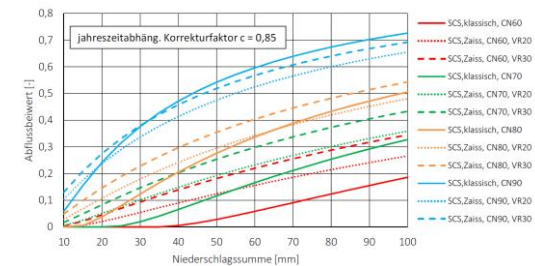
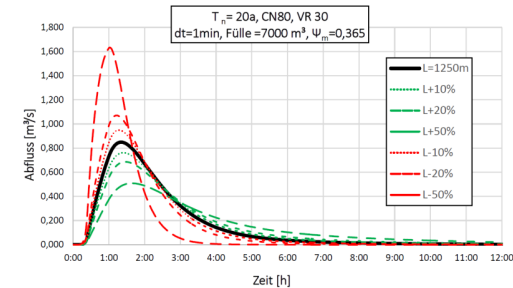
Methodik und Ergebnisanalyse

- hydrologische Simulationsstudie (HE, TALSIM)
- Sensitivitätsanalysen und Vergleich von (urban-) hydrologischen Berechnungsansätzen
 - Ansätze für Abflussbildung und Abflusskonzentration
 - Stadthydrologie (Horton, Standard-Einheitsganglinie etc.)
 - N-A-Modelle (SCS, Parallelspeicherkaskade)
 - Vergleichsrechnungen an fiktiven und realen EZGs



Methodik und Ergebnisanalyse

- Variation von:
 - Niederschlag (Regenhöhe, -dauer, -häufigkeit)
 - Boden- und Gebietscharakteristika (CN-Werte, Vorregen etc.)
 - Simulationsparameter (Zeitschritt)
- Fokus: SCS-Verfahren sowie dessen modelltechnische Umsetzung



Methodik und Ergebnisanalyse

- Vergleichsrechnungen mit dem Ziel:
 - Aufzeigen von und Quantifizierung der modelltechnischen Unterschiede: Stadthydrologie ↔ N-A-Modelle
 - Quantifizierung des Einflusses auf Kanalisation
 - Ableiten von Empfehlungswerten für die Praxis

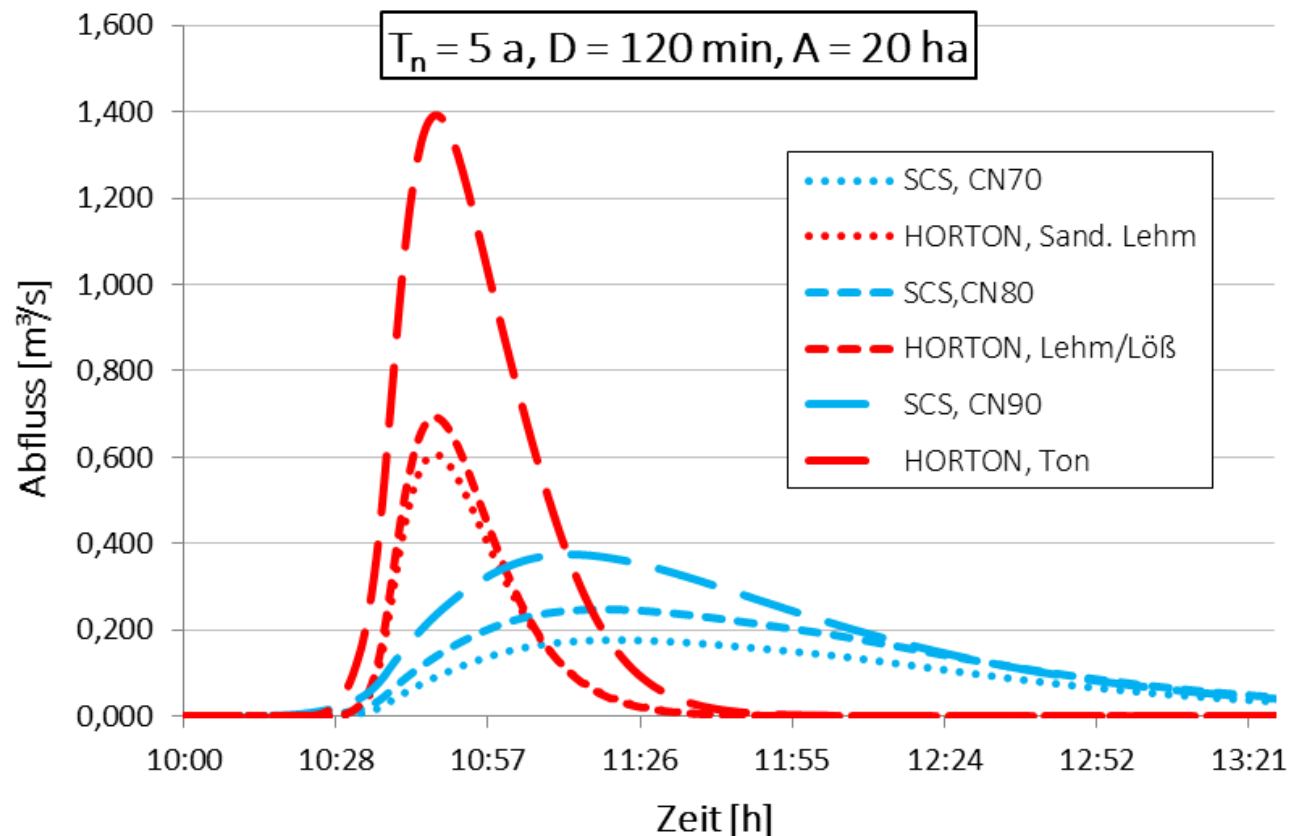
Eingangsparameter			Variation $\beta [-] (= A_{AZ} / A_{urb, \beta})^*$											
CN-Wert	Vorregenhöhe	Jährlichkeit d. Niederschl.	0.1		0.25		0.5		0.75		1		2	
[-]	[mm]	[a]	D [min]**		D [min]		D [min]		D [min]		D [min]		D [min]	
			60	120	60	120	60	120	60	120	60	120	60	120
40 50 60 70 80 85 90	0	1												
		2												
		5												
		10												
		20												
		50												
	10	1												
		2												
		5												
		10												
		20												
		50												
	20	1												
		2												
		5												
		10												
		20												
		50												
	30	1												
		2												
		5												
		10												
		20												
		50												
	50	1												
		2												
		5												
		10												
		20												
		50												

* mit $A_{urb, \beta} = 200$ ha und $A_{urb, \beta} = A_{\beta}$ (VG = 100%),
 ** D: Dauerstufe des jeweiligen Niederschlagsereignisses

Simulation durchgeführt Simulation nicht durchgeführt

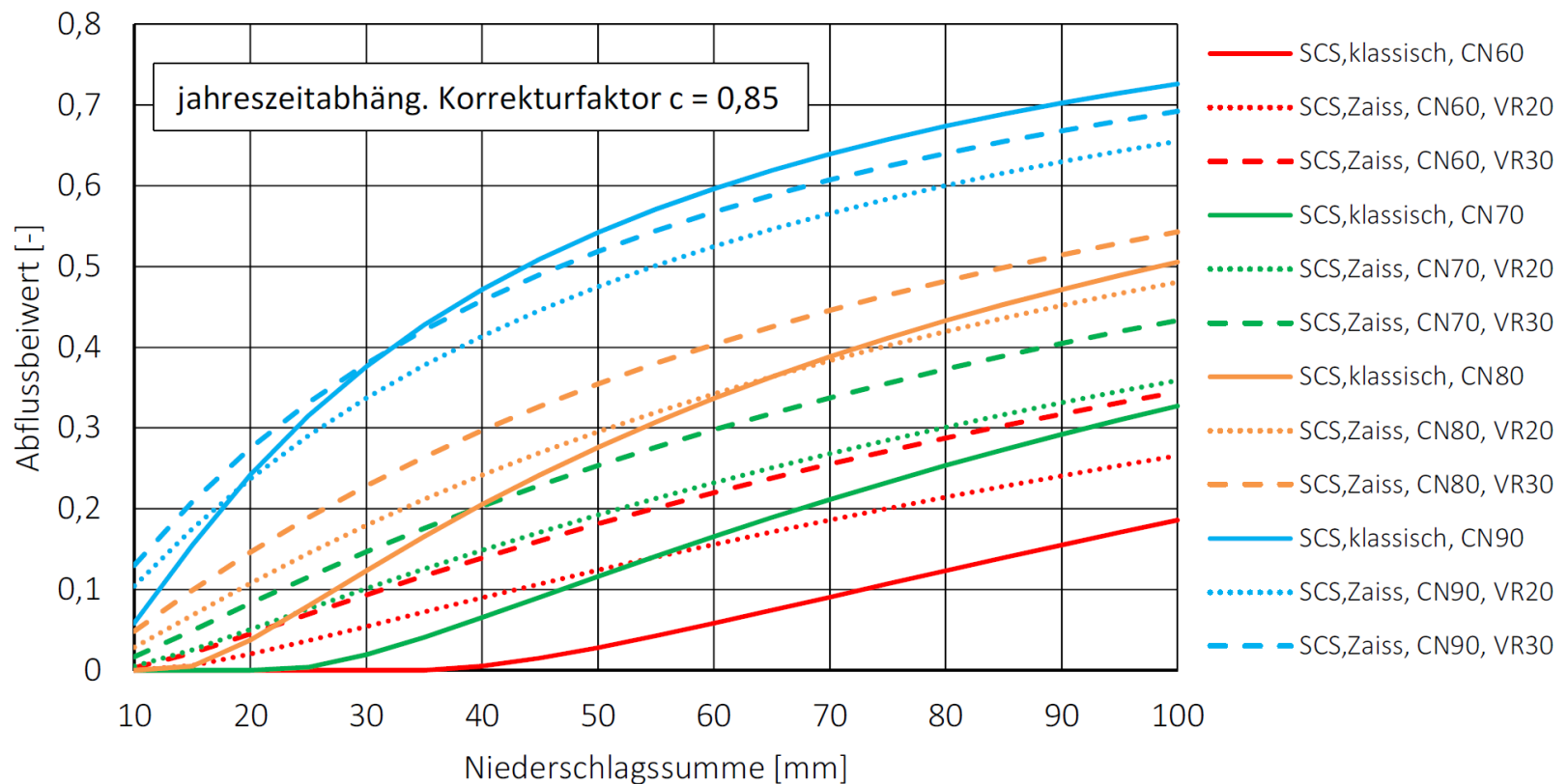
Methodik und Ergebnisanalyse

- Ergebnisbeispiel:



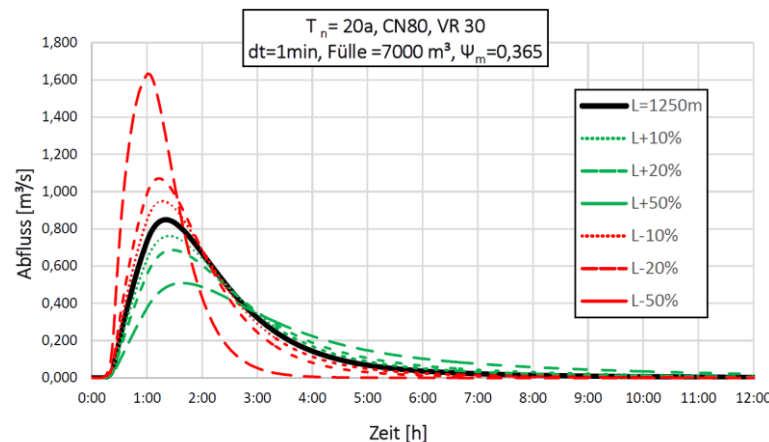
Methodik und Ergebnisanalyse

- Ergebnisbeispiel:



Methodik und Ergebnisanalyse

- Ergebnisse teilweise erwartungsgemäß:
 - CN-Wert zentraler Parameter des SCS-Verfahrens
 - unterschiedliche Abflussspitzen (quantitativ und zeitlich) sowie Abflussfüllen
- teilweise aber auch überraschend:
 - hohe Sensitivität sekundärer Parameter (Fließlänge, Vorregenhöhe, Berechnungszeitschritt etc.)



Zentrale Ergebnisse (1)

- Klassische urbanhydrologische Ansätze (KNB)
 - frühere (-30 bis -60 min) sowie höhere Abflussspitzen (+20 bis +400 %) innerhalb der Studie
- SCS-Verfahren
 - größere Abflussvolumina ($\Psi_m = 0,10 \dots 0,40$)
- auch sekundäre Parameter (Zeitschritt etc.) sollten beachtet werden
- Ansatz eines Vorregens je nach modelltechnischer Umsetzung nicht empfohlen (teilweise überproportionaler Einfluss) innerhalb der Studie

Zentrale Ergebnisse (2)

- hydraulischer Einfluss der Außengebietsabflüsse nimmt mit ansteigender Niederschlagswiederkehrzeit zu
- signifikante Belastungen bei Flächenverhältniswerten ab ca. 0,50 (Außengebietsfläche / unmittelbar betroffenes urbanes EZG)
- Außengebiete unter 10 ha stellen i.d.R. keine nennenswerte Belastung für Kanalnetze dar (GEP/KNB)
- bei kleinen Außengebietsflächen sind spezialisierte Ansätze (SCS-Verfahren etc.) nicht zwingend erforderlich (auf „sicherer Seite“)

Zentrale Ergebnisse (3)

• Empfehlungswerte

- Abflusskennwerte
- Bezug zu Gebietsmerkmalen
- gestaffelt nach Wiederkehrzeiten



Außengebietsabflüsse bei Starkregen / Marc Illgen / 18.06.2018

Boden- und Gebietscharakteristika []	flächengewichteter CN-Wert (ca.) []	orographische Merkmale []	mittl. Geländegefälle [%]	T _n [a]	spez. Abfluss [l/s-ha]
großes bis durchschnittliches Versickerungsvermögen des Bodens (z.B. Sand-, Kies- und Loßböden), mittlerer bis starker Bewuchs oder Waldanteil, großer Wiesen- bzw. Weideanteil, wenig landwirtschaftliche Nutzung, kaum befestigte Flächen (Feldwege, Betriebshöfe etc.)	60 - 70	Flachland	≤ 1	1-2	0-2
				5-10	3-6
				10-20	4-10
				20-50	7-14
		leicht abschüssig	1-5	1-2	0-2
				5-10	3-7
				10-20	5-11
				20-50	8-15
		ausgeprägtes Gefälle	5-10	1-2	1-3
				5-10	4-10
				10-20	6-12
				20-50	10-19
durchschnittliches Versickerungsvermögen des Bodens (z.B. (lehmgige) Sand- und Loßböden), durchschnittlicher Bewuchs oder Waldanteil, durchschnittlicher Wiesen- und Weideanteil, landwirtschaftliche Nutzung vorhanden, wenig befestigte Flächen (Feldwege, Betriebshöfe etc.)	70 - 80	Flachland	≤ 1	1-2	1-3
				5-10	4-9
				10-20	6-11
				20-50	8-13
		leicht abschüssig	1-5	1-2	2-5
				5-10	5-10
				10-20	7-13
				20-50	10-20
		ausgeprägtes Gefälle	5-10	1-2	3-6
				5-10	7-11
				10-20	10-18
				20-50	14-25
geringes bis sehr geringes Versickerungsvermögen des Bodens (z.B. Feinsande, lehmige Böden, Tonböden oder kaum durchlässige Aufschüttungen), kaum Bewuchs oder Waldflächen (Odland), viel Getreideanbau, größerer Anteil an befestigten Flächen	80 - 90	Flachland	≤ 1	1-2	2-5
				5-10	5-10
				10-20	7-13
				20-50	9-18
		leicht abschüssig	1-5	1-2	4-9
				5-10	6-12
				10-20	9-19
				20-50	12-23
		ausgeprägtes Gefälle	5-10	1-2	5-10
				5-10	7-15
				10-20	10-21
				20-50	14-30
		Gebirge	> 10	1-2	5-12
				5-10	9-20
				10-20	15-23
				20-50	17-35

Zentrale Ergebnisse (3)

- Empfehlungswerte**

Boden- und Gebietscharakteristika [-]	flächengewichteter CN-Wert (ca.) [-]	orographische Merkmale [-]	mittl. Geländegefälle [%]	T _n [a]	spez. Abfluss [l/s-ha]
großes bis durchschnittliches Versickerungsvermögen des Bodens (z.B. Sand-, Kies- und Lößböden), mittlerer bis starker Bewuchs oder Waldanteil, großer Wiesen- bzw. Weideanteil, wenig landwirtschaftliche Nutzung, kaum befestigte Flächen (Feldwege, Betriebshöfe etc.)	60 - 70	Flachland	≤ 1	1 – 2	0 – 2
				5 – 10	3 – 6
				10 – 20	4 – 10
				20 – 50	7 – 14
		leicht abschüssig	1 – 5	1 – 2	0 – 2
				5 – 10	3 – 7
				10 – 20	5 – 11
				20 – 50	8 – 15
		ausgeprägtes Gefälle	5 – 10	1 – 2	1 – 3
				5 – 10	4 – 10
				10 – 20	6 – 12
				20 – 50	10 – 19
		Gebirge	> 10	1 – 2	1 – 3
				5 – 10	4 – 10
				10 – 20	8 – 15
				20 – 50	11 – 22

Zusammenfassung

- Außengebiet erfordern mehr Aufmerksamkeit (Starkregenrisikomanagement)
- Mangel an Kennwerten für Simulation & Planung
- Simulationsstudie an realen und fiktiven Außengebieten
- erhebliche Unterschiede in Ergebnissen (Ansätze)
- Tabellen mit (ersten) kompakten Empfehlungswerten zu Abflussspenden, Parametern, Abflussbeiwerten ...

- Empfehlungswerte sollten weiter validiert und ggf. angepasst/erweitert werden
- Studie wird fortgeführt
 - Überprüfung Empfehlungswerte für reale Einzugsgebiete
 - Abgleich mit Ergebniswerten SRRM BaWü (hochaufgelöste Oberflächenabflüsse, Modell RoGeR)
 - Bachelor- und Masterarbeiten
- mehr Mess-/Erfahrungswerte wünschenswert (z.B. systematische Auswertung von RRBs)

**Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit**