

Einflussgrößen der Starkregenmodellierung

DAWAKO 2024

Darmstädter wasserbau- und wasserwirtschaftliches Kolloquium

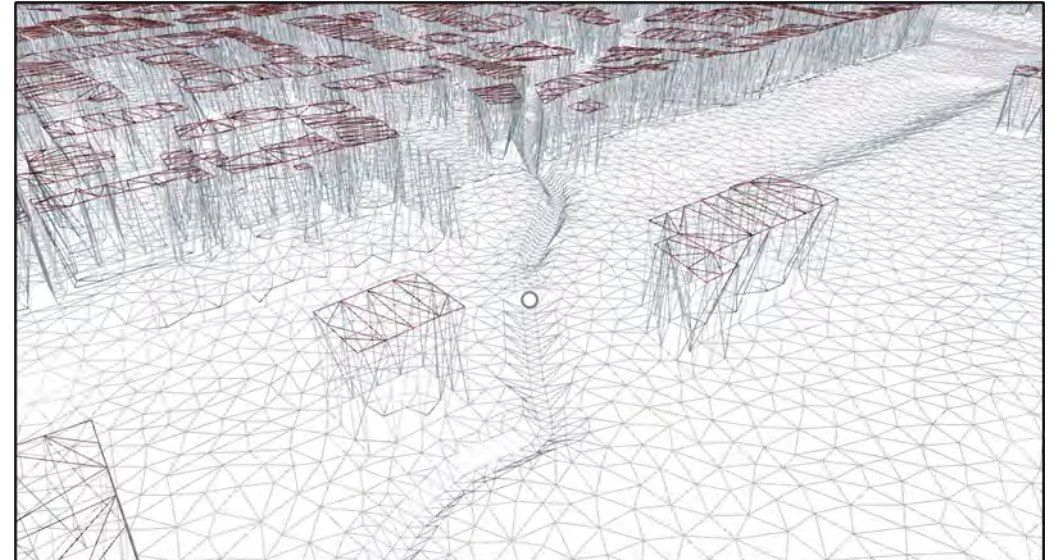
28.02.2024

Dr. techn. Jonatan Zischg

Dr.-Ing. Arne Klawitter

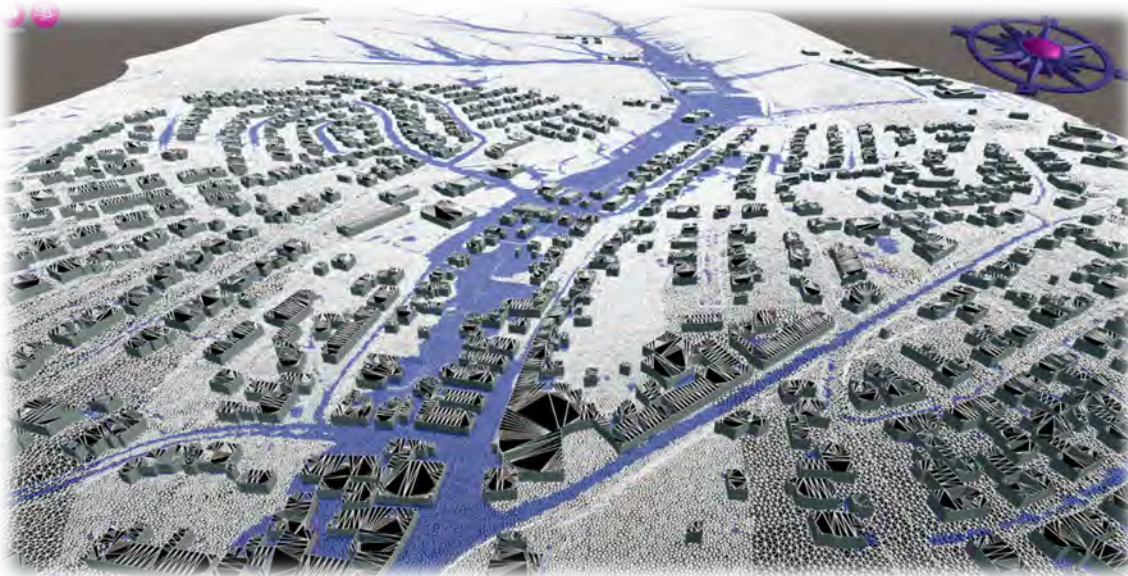


- **Einführung**
- **Einflussgrößen und deren Unsicherheiten**
 - » Modellparametrisierung
 - » Teileinzugsgebietsbildung und Wahl / Ansatz des Niederschlags
 - » Fließhindernisse / abflussbeeinflussende Strukturen
- **Interpretation der Ergebnisse und Fazit**



Berechnungsgitter eines Oberflächenmodells [J. Zischg, 2024]

- Starkregen: flächenhafter Abfluss zum Gewässer hin
- Pluviale Überflutungen (nicht fluviale Überflutungen)



Überflutung bei Starkregen, Berechnungsmodell [J. Zischg, 2023]



Starkregenzelle [Bildquelle: AdobeStock]

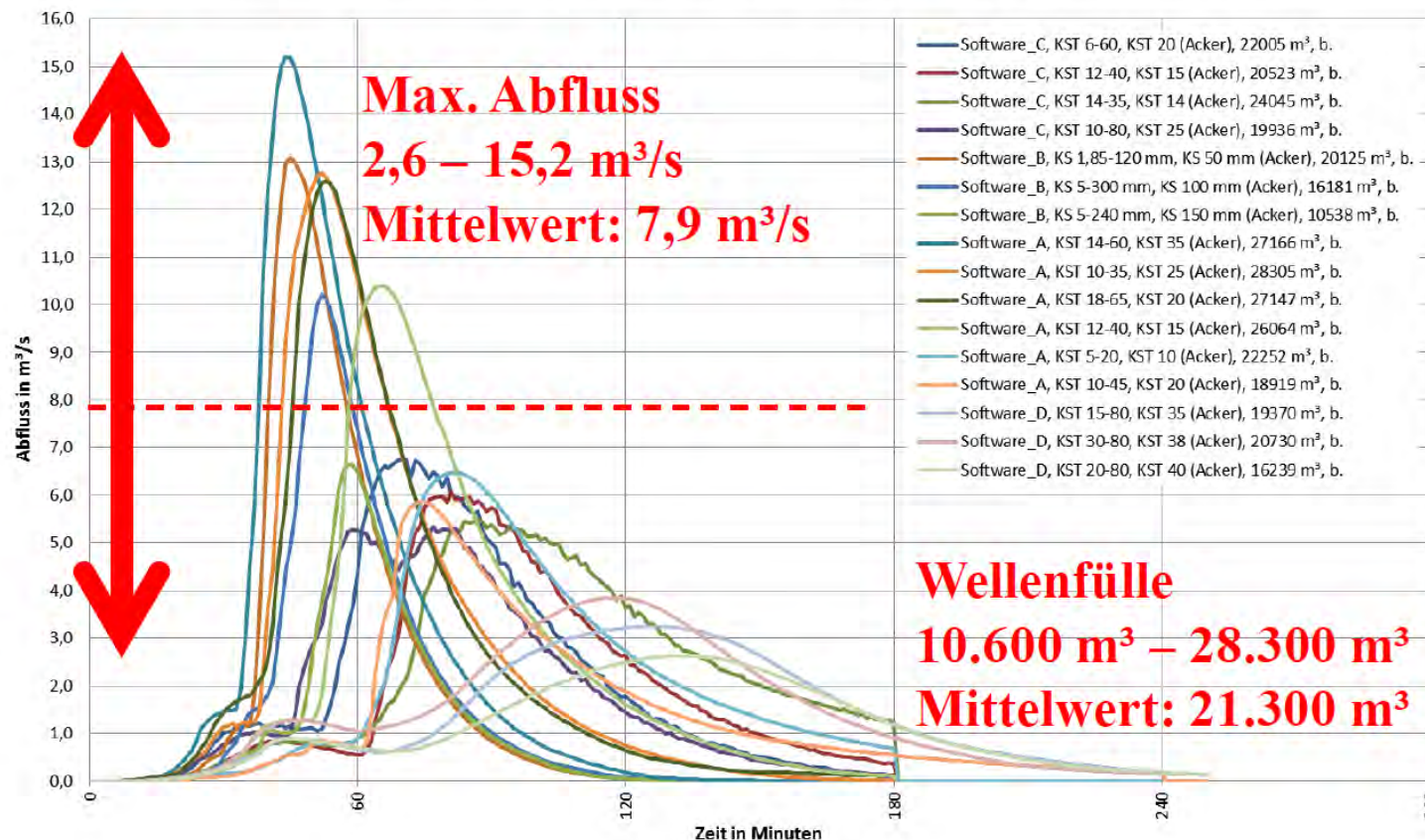


Überflutung bei Starkregen [Bildquelle: A. Klawitter]

Modellparametrisierung

■ Beispiel: Standardreferenzverfahren in Baden-Württemberg (LUBW)

Abflussverlauf Kontrollquerschnitt 101 im Vergleich (nur bestandene)



Ergebnisse und Erkenntnisse aus 16 bestandenen Prüfungen:

- unterschiedliche Modellsoftware
- verschiedene Rauheiten
- Dünnfilmabfluss erforderlich

Quelle: RUIZ RODRIGUEZ + ZEISLER + BLANK (2019); Ingenieurgesellschaft für Wasserbau und Wasserwirtschaft, anonymisierte Abgabedaten

- » Möglichst genaue physikalische Abbildung der bodenhydrologischen Prozesse
- » Detaillierte Versickerung empfohlen (Bodenspeicher und Endversickerung)
- » Keine Versickerung auf versiegelten Flächen (z.B. Straßen, Dachflächen)
- » Reduzierte Versickerungswerte im Siedlungsbereich

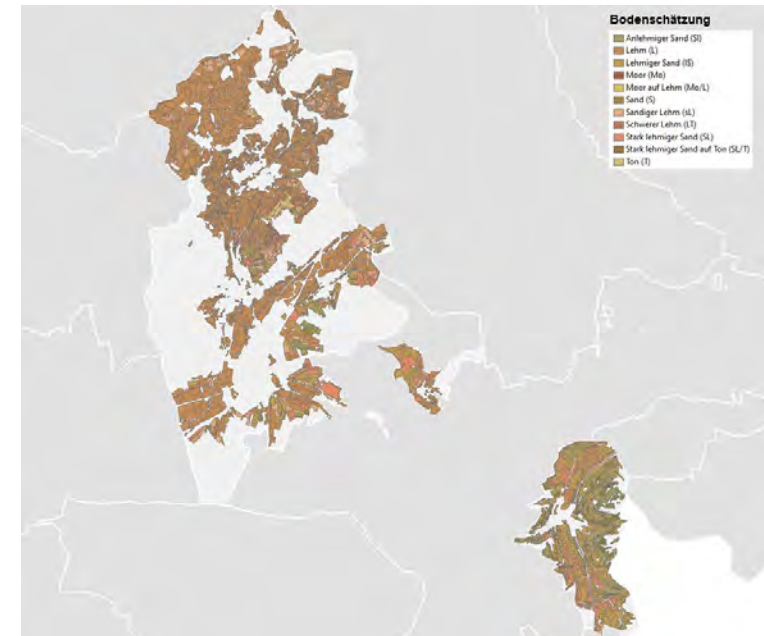
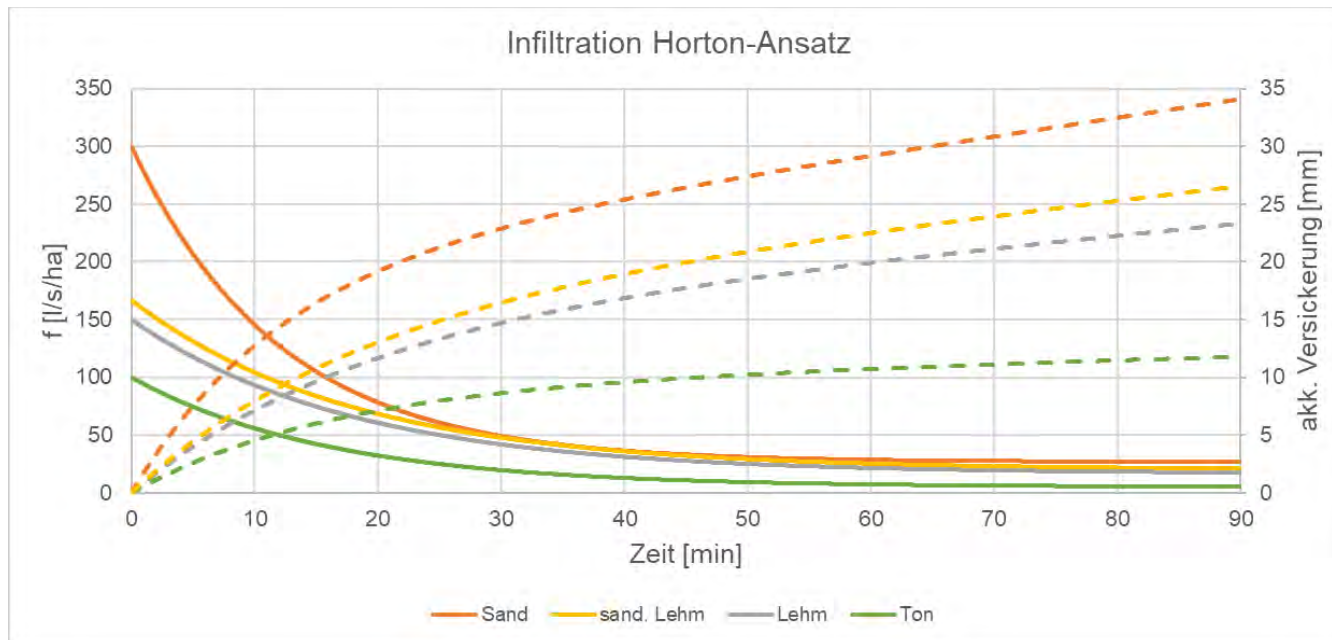
$$f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt}$$

Horton:

f_c ...Endversickerung

f_0 ...Anfangsversickerung

k ...Rückgangskonstante



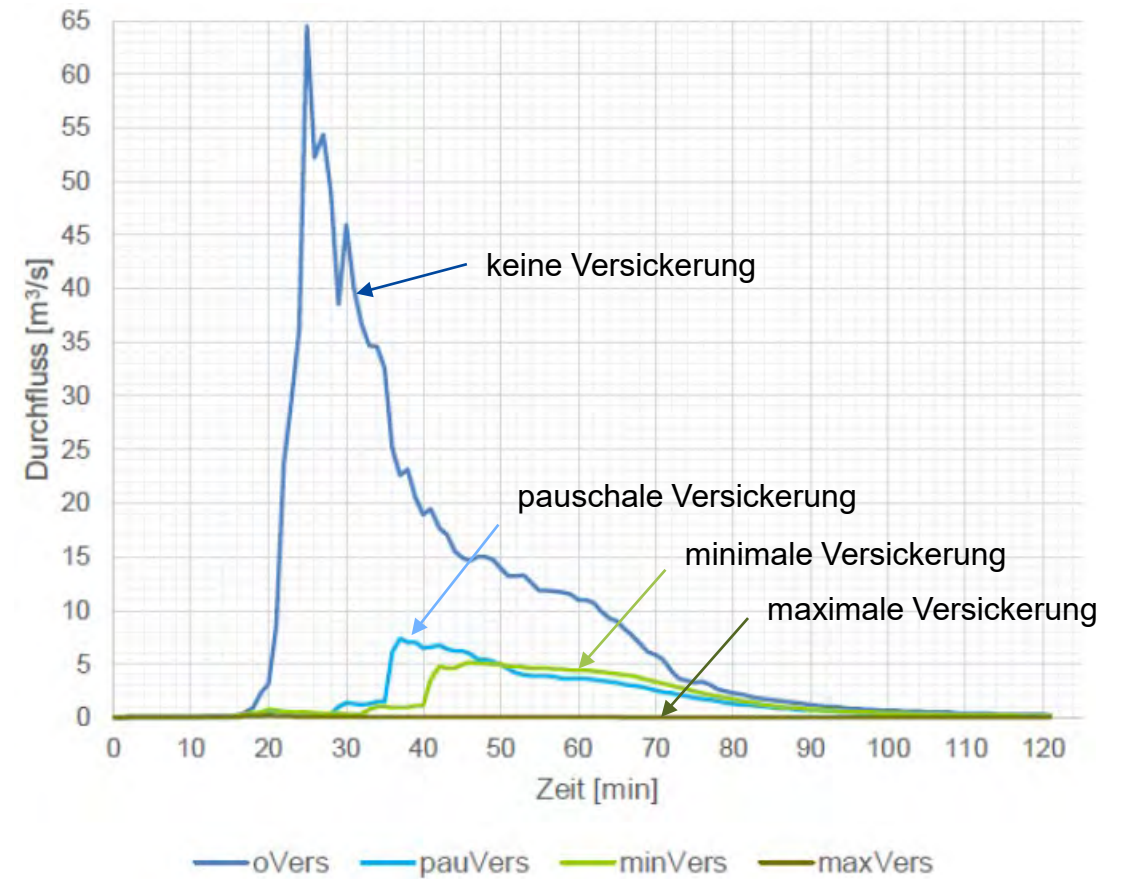
ALKIS – Daten (Kartengrundlage: Geodaten Online, Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation)

■ Versickerung

- » Literaturwerte
- » hohe Schwankungsbreiten
- » Sensitivitätsanalyse

Bodenart	Vegetation	f_0 in l/(s*ha)			f_e in l/(s*ha)		
		MIN	MITTEL	MAX	MIN	MITTEL	MAX
sandige / kiesige Böden	dicht	694	706	5.556	40	71	1.389
	wenig	167	300	353	15	27	69
lehm. Sand / sand. Lehm	dicht	694	706	1.389	21	71	333
	wenig	131	167	353	10	32	58
lehmige Böden	dicht	139	424	564	10	35	56
	wenig	50	167	212	5	8	14
Böden mit hohem Tongehalt	dicht	3	142	211	0	7	8
	wenig	0,3	50	71	0	5	5

Quelle: Tandler.com, Masterarbeit: Julia Schiehandl

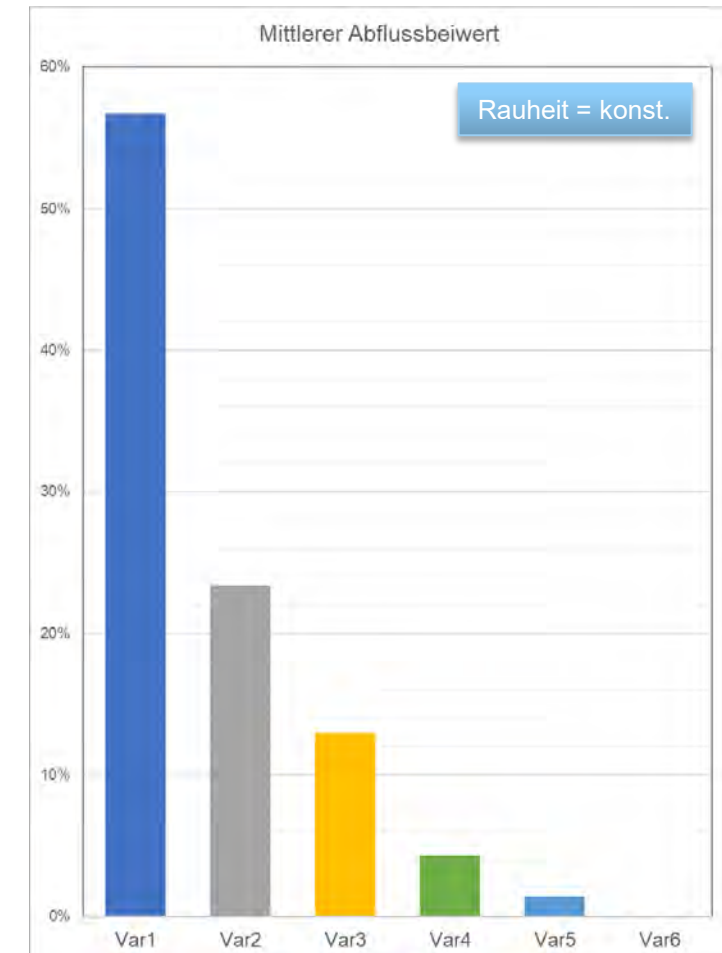
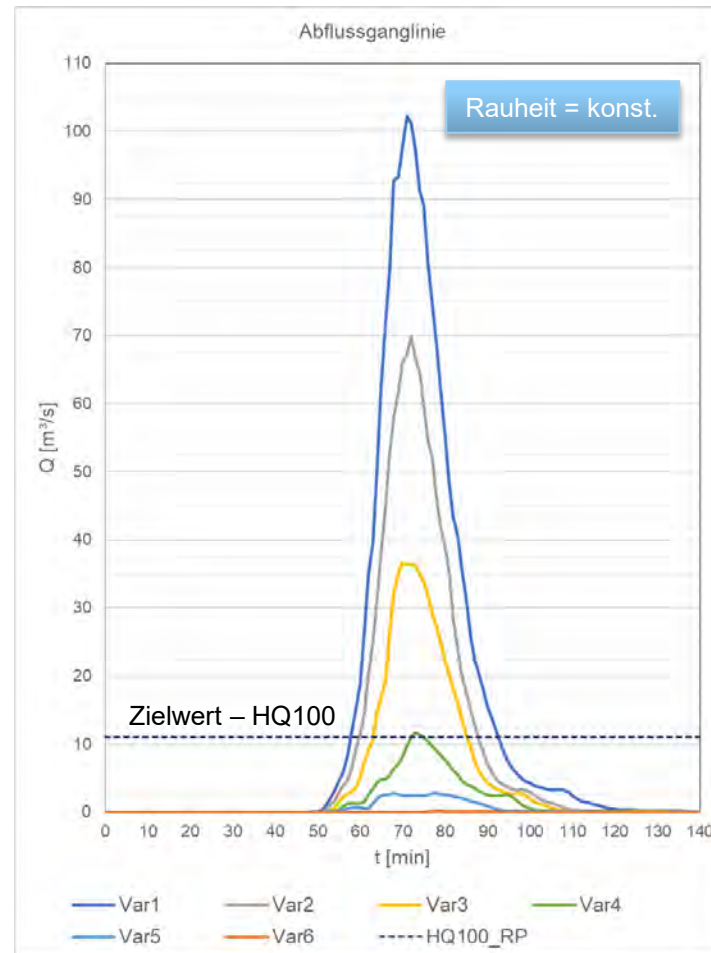


Quelle: angepasst nach Tandler.com, Masterarbeit: Julia Schiehandl

■ Versickerung auf Waldflächen

- » Var1: Ansatz eines Lehmbodens (typisch in der Umgebung)
- » Var4: beste Übereinstimmung mit Ergebnissen der Hochwasseranalyse und Vorgaben RP Darmstadt

Variante	f_0 [l/s/ha]	f_c [l/s/ha]	k [1/min]
Var1	150	16,7	0,0550
Var2	150	100	0,0550
Var3	200	150	0,0550
Var4	250	200	0,0550
Var5	275	225	0,0550
Var6	500	167	0,0550



Untersuchungen zur Versickerung auf Waldflächen*

- » Einzugsgebiete mit hohem Anteil an Waldflächen
- » Humose Schichten (Schutz vor Verschlammung)
- » Hohe Variabilität der Infiltrationsraten
- » Hohe Infiltrationsleistung von Waldböden
- » Verschlechterung durch:
 - » Trockenheit,
 - » Verdichtungen und intensive Waldarbeiten
- » Erhöhte Verluste auf Waldflächen berücksichtigen
 - » Plausibilisieren
 - » Pegel, Historische Ereignisse, Erfahrungen

*Hümann, M. (2012): Abflussgeschehen unter Wald - Validierung und Weiterentwicklung eines GIS-basierten Tools zur Erstellung von Abflussprozesskarten auf forstlich genutzten Standorten, Dissertation, Fachbereich Geografie/Geowissenschaften der Universität Trier, Trier.

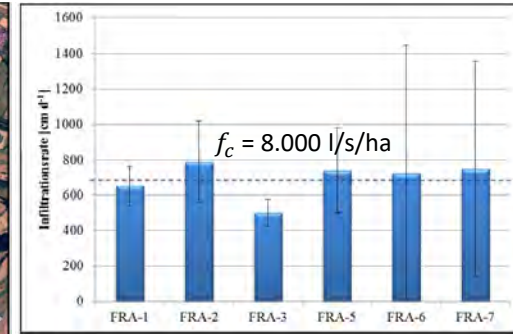


Abb. 5.5: Endinfiltrationsraten inkl. Standardabweichung und Mittelwert (gestrichelte Linie): Frankelbach

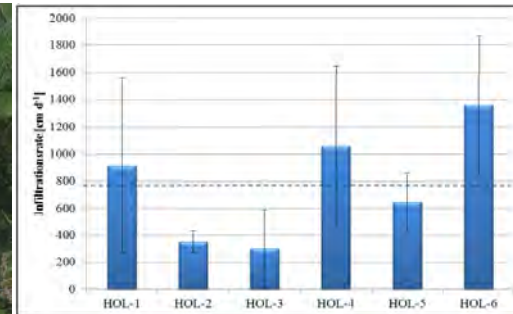
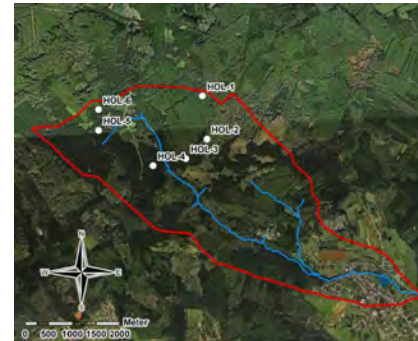


Abb. 5.16: Endinfiltrationsraten inkl. Standardabweichung und Mittelwert (gestrichelte Linie): Holzbach

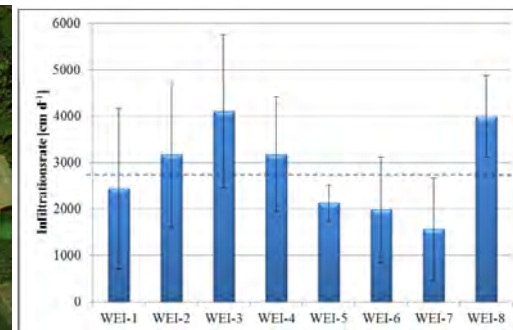
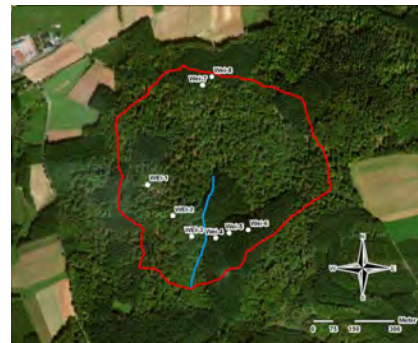


Abb. 5.27: Endinfiltrationsraten inkl. Standardabweichung und Mittelwert (gestrichelte Linie): Weyerbach

- FRA-1: 1-jährige Aufforstung
- FRA-2: 30-jährige Aufforstung
- FRA-3: Alter Laubwald
- FRA-4: Douglasie
- FRA-5: Alter Nadelwald
- FRA-6: Acker
- FRA-7: Schneise

- HOL-1: Buche, Oberhang
- HOL-2: Buche, oberer Mittelhang
- HOL-3: Buche, unterer Mittelhang
- HOL-5: Fichte, oberer Mittelhang
- HOL-6: Fichte, Oberhang

- WEI-1 (Laubwald, Buche/Eiche)
- WEI-2 (Laubwald, Buche/Eiche)
- WEI-3 (Laubwald, Buche/Eiche)
- WEI-4 (Nadelwald, Fichte)
- WEI-5 (Nadelwald, Fichte)
- WEI-6 (Nadelwald, Fichte)
- WEI-7 (Plateau, Laubwald, Buche)
- WEI-8 (Plateau, Nadelwald, Fichte)

■ Beispiel: Oberflächenabflusskennwerte (OAK) in Baden-Württemberg (LUBW)

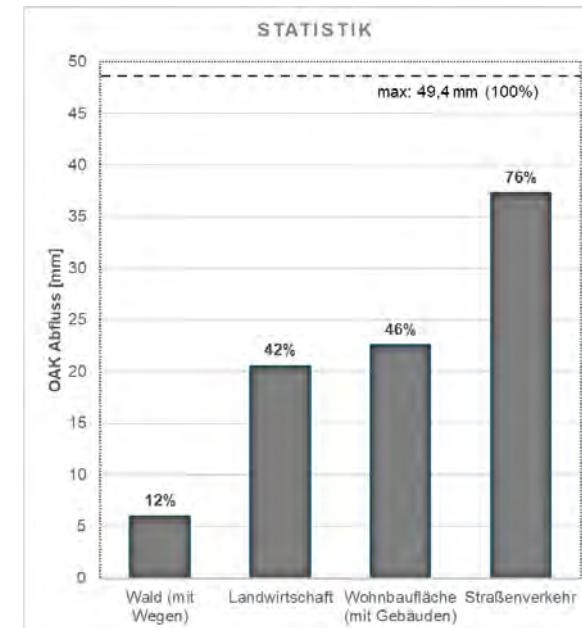
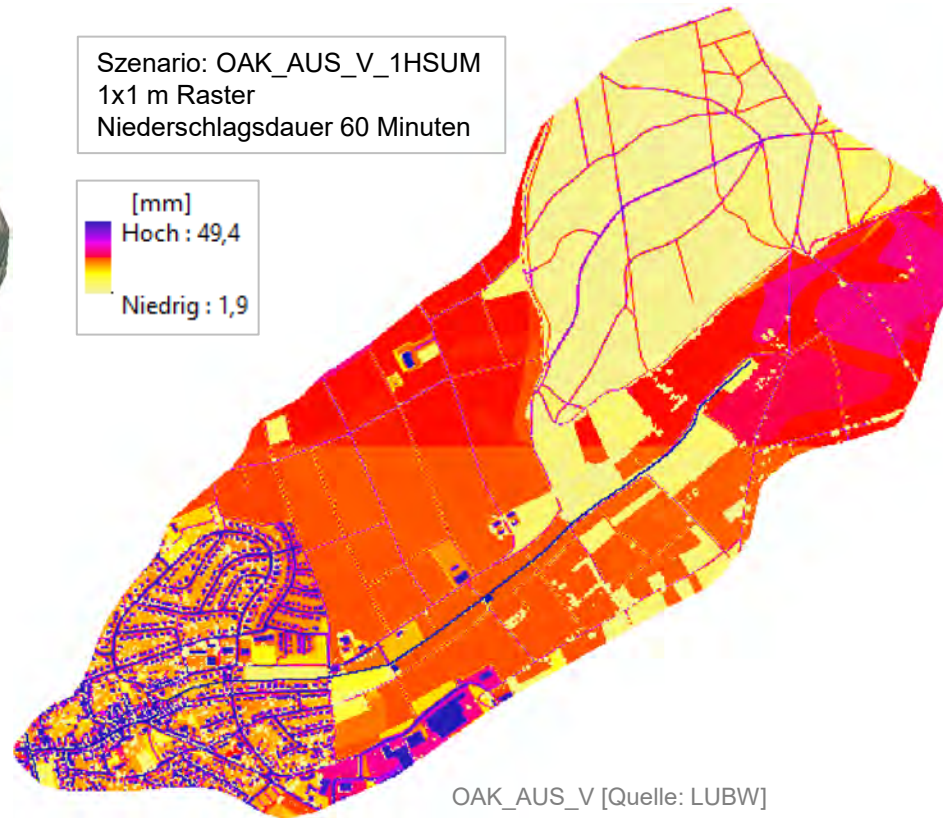
» Modell RoGeR (Professur für Hydrologie der Universität Freiburg)

» OAK: Niederschlag, Boden, Bodenvorfeuchte, Landnutzung → weniger „Kalibrierungsparameter“



Szenario: OAK_AUS_V_1HSUM
1x1 m Raster
Niederschlagsdauer 60 Minuten

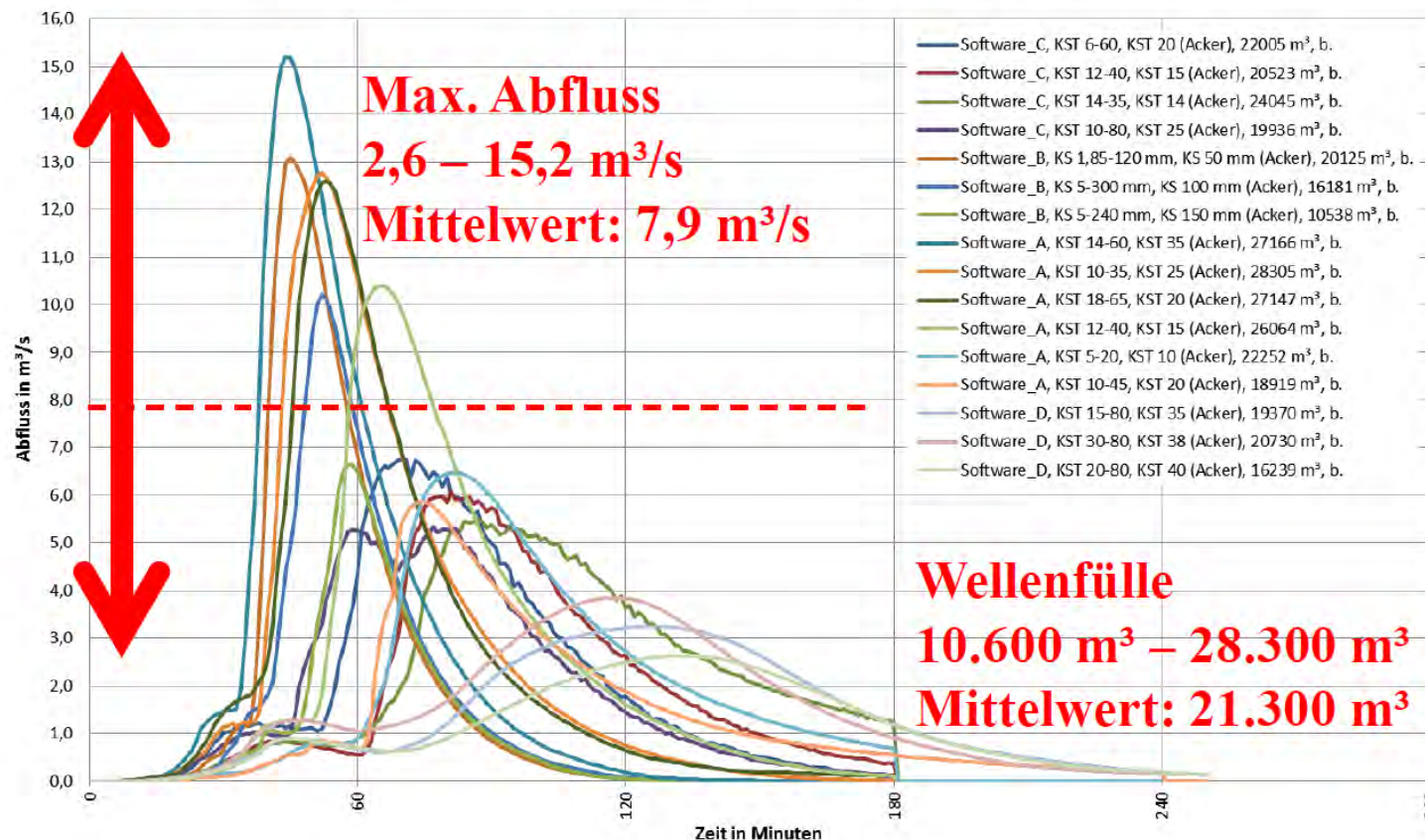
[mm]
Hoch : 49,4
Niedrig : 1,9



Eigene Auswertung,
Datengrundlage: ALKIS – tatsächliche Nutzung

■ Beispiel: Standardreferenzverfahren in Baden-Württemberg (LUBW)

Abflussverlauf Kontrollquerschnitt 101 im Vergleich (nur bestandene)



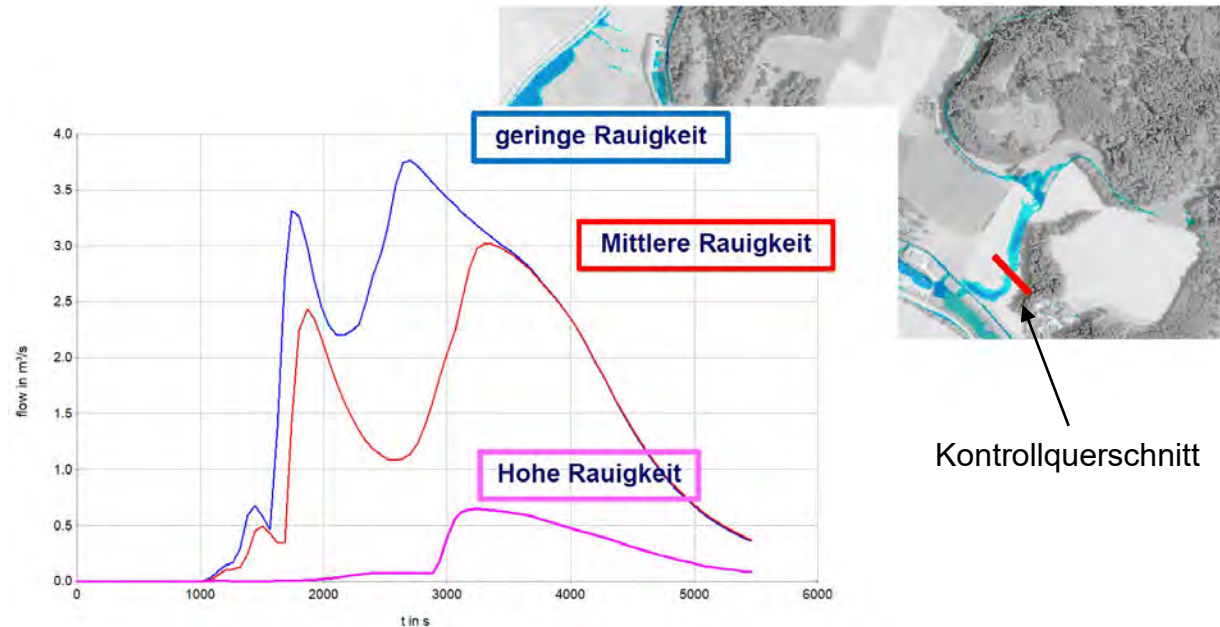
Ergebnisse und Erkenntnisse aus 16 bestandenen Prüfungen:

- unterschiedliche Modellsoftware
- verschiedene Rauheiten
- Dünnfilmabfluss erforderlich

Grundlage sind
OAK-Daten

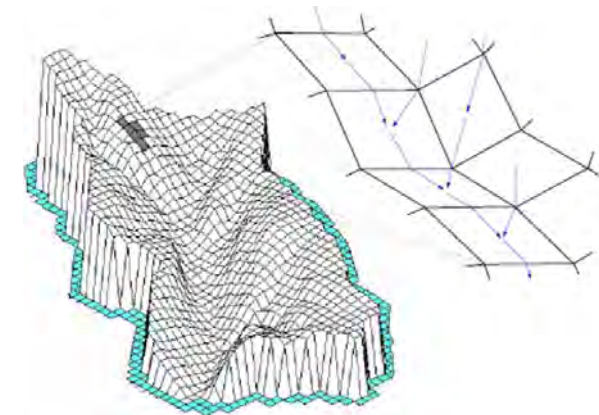
Quelle: RUIZ RODRIGUEZ + ZEISLER + BLANK (2019); Ingenieurgesellschaft für Wasserbau und Wasserwirtschaft, anonymisierte Abgabedaten

- **Beispiel: Sensitivität der Oberflächenrauheiten bei Waldflächen**
 - » Vergleich: geringe, mittlere, hohe Rauheiten aus Literatur



Rauheiten	gering	mittel	hoch
Wald	250	300	400
Landwirtschaft	150	200	350
Wohnbaufläche	80	100	120

Quelle: angepasst nach Tandler.com



Quelle: angepasst nach Lempert (2000)

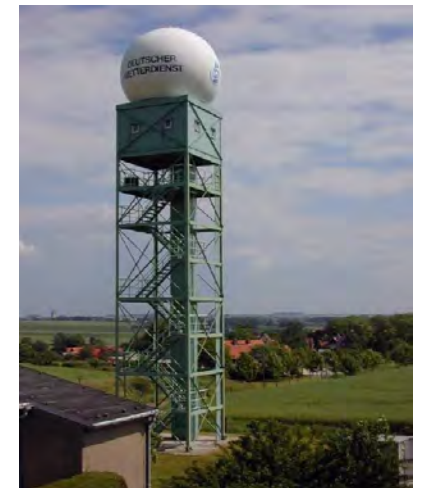
Teileinzugsgebietsbildung und Wahl / Ansatz des Niederschlags

■ Starkregen

- » kleinräumige Niederschlagszellen
- » sehr hohe Intensitäten
- » Starke räumliche Variabilität
- » z.B. Sommergewitter

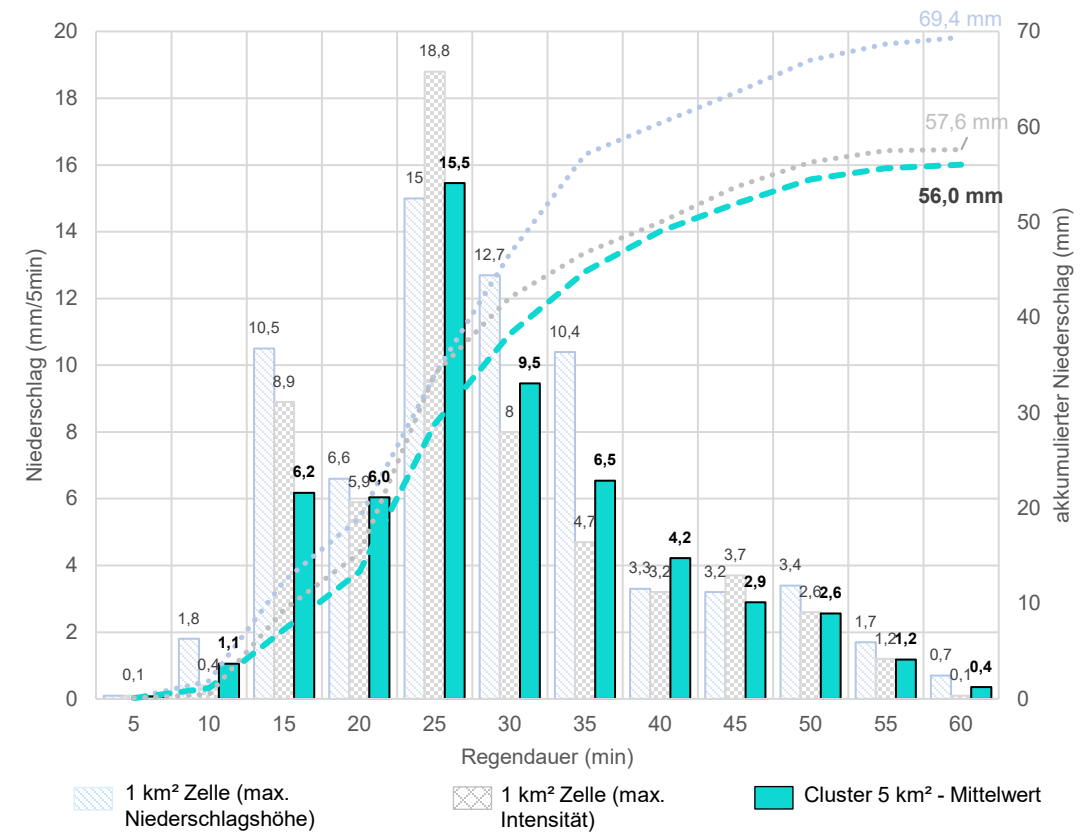
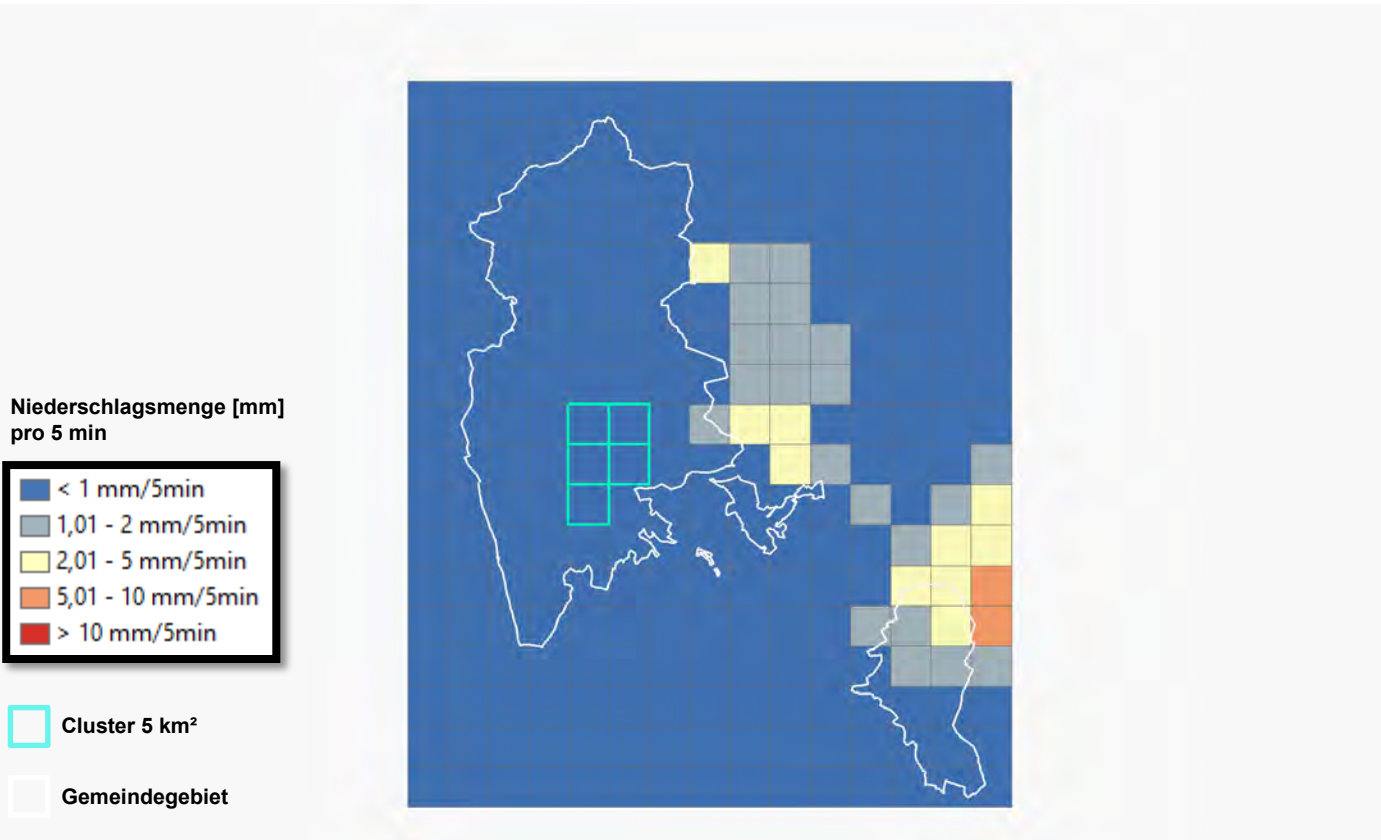
■ Datengrundlage

- » RADOLAN (Radar-Online-Aneichung) Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD)
- » räumlich und zeitlich hoch aufgelöste Niederschlagsdaten
- » Kombination aus punktuellen Messwerten aus Niederschlagsstationen (Ombrometern) und flächendeckender Erfassung von 17 Wetterradarstationen
- » RADOLAN YW Daten: 5-Minuten-Niederschlagsraten



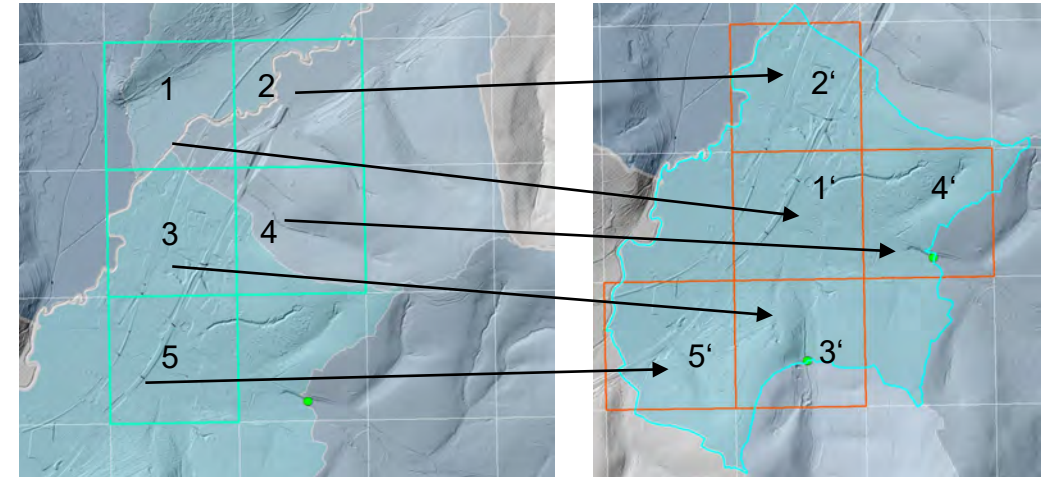
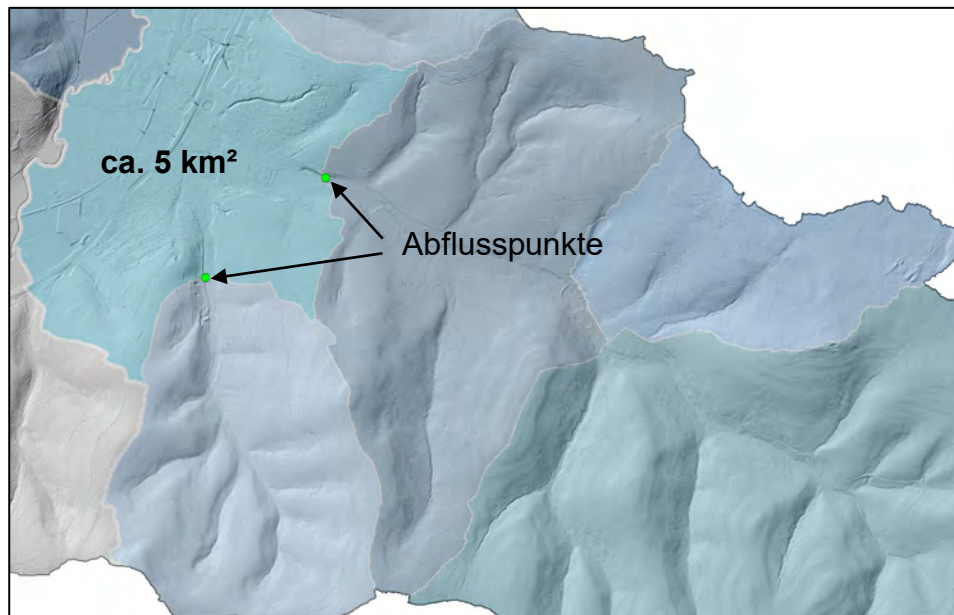
Bildquellen: Deutscher Wetterdienst

■ Beispiel: Starkregenereignis 08.06.2018 (1 Stunde)

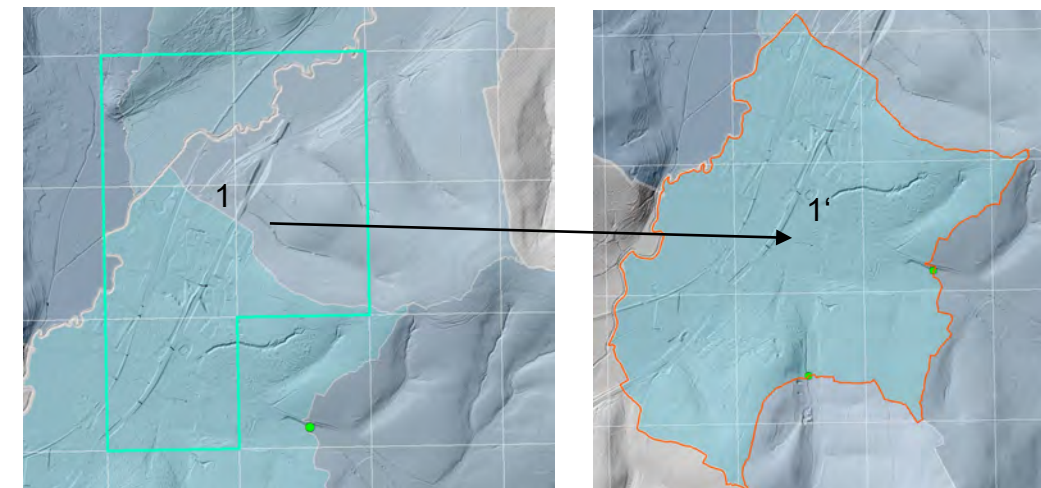


Niederschlagsbelastung im Gesamtgebiet

- **Hydrologisches Einzugsgebiet > 5 km²**
 - » Gebietsaufteilung
 - » Unterteilung in Teileinzugsgebiete je ca. 5 km²
 - » Verschiebung der Starkregenzelle (Cluster)



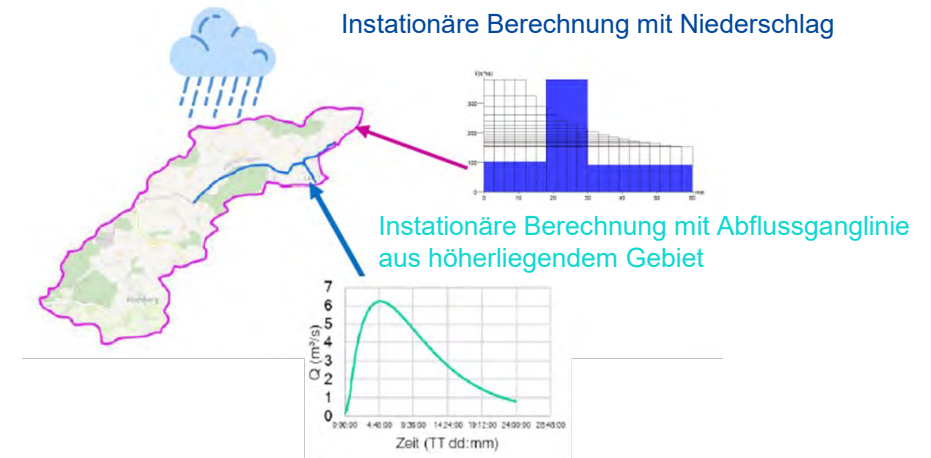
5! = 120 Möglichkeiten der Kachelverteilung, um maßgebende Verteilung zu finden



Aggregation der Starkregenzelle (5km²) und 1 Verschiebung

■ Berechnungsansatz für Rumpfgebiete

- » Berechnung 1:
 - » Individuelle Berechnung des TEG (Flächenbelastung)
- » Berechnung 2:
 - » Quelle am Modellrand (Punktbelastung)



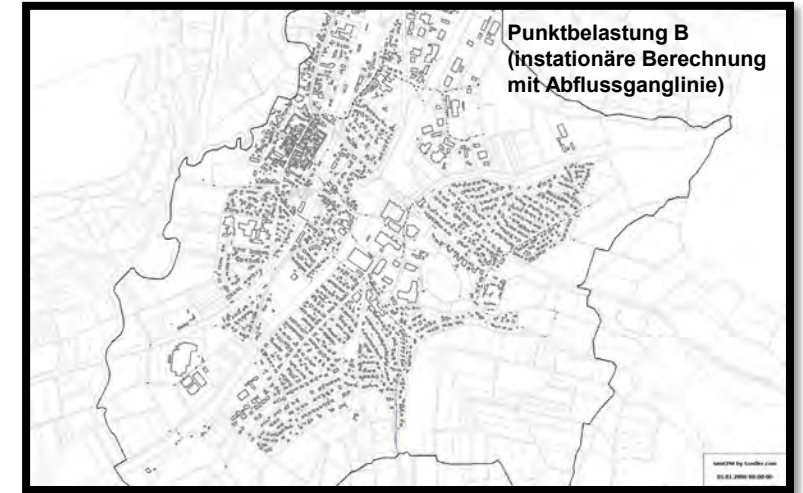
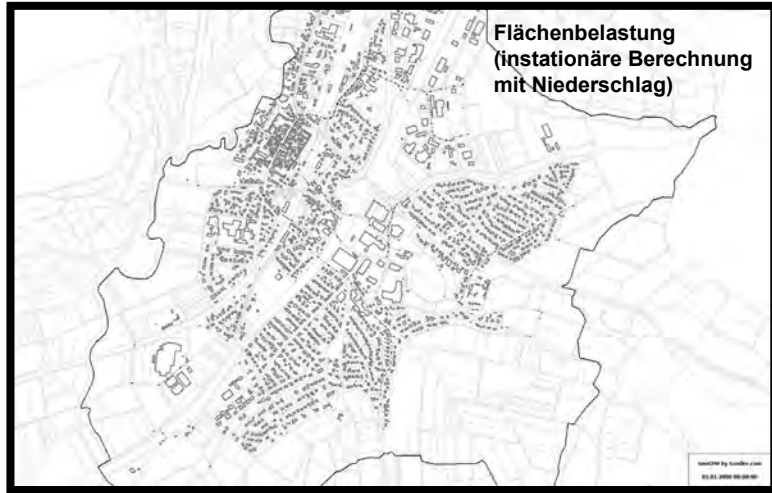
- » Gleichzeitige Belastung würde das Starkregenereignis deutlich überschätzen → EZG >> 5 km²
 - » Starkniederschläge mit kleiner Ausdehnung, daher sollte der Modellausschnitt EZG < 5 km² sein (Hessen¹)
 - » EZG > 10 km² sind dem Wirkungsbereich einer Hochwasseranalyse zuzuordnen (LUBW²)
 - » EZG > 25 km² sind dem Wirkungsbereich einer Hochwasseranalyse zuzuordnen (Bayern³)
- » Gewässer, für die HWGK vorliegen, werden nicht mitberechnet (unbeschränkte Kapazität)
- » Bei Einzugsgebieten im Siedlungsbereich ist ggf. eine Überlagerung der Niederschläge erforderlich

¹ Hinweise zur Berechnung und Erstellung von Starkregengefahrenkarten in Hessen, Projekt KLIMPRAX Starkregen und Katastrophenschutz in Kommune, Hochschule RheinMain (2021)

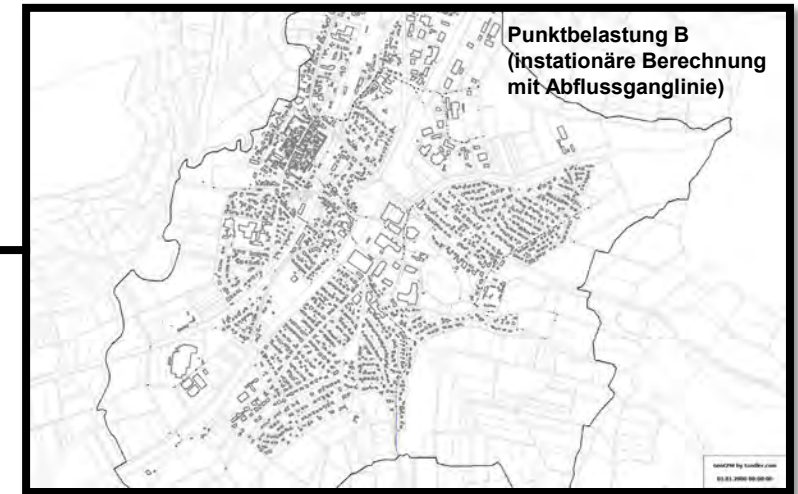
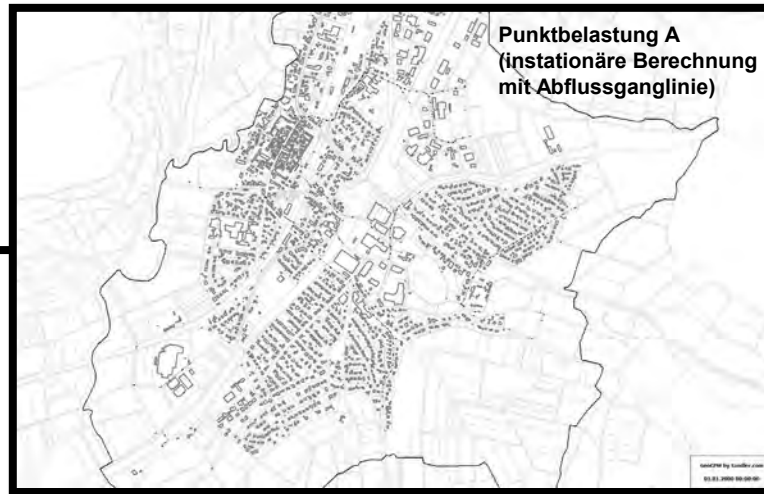
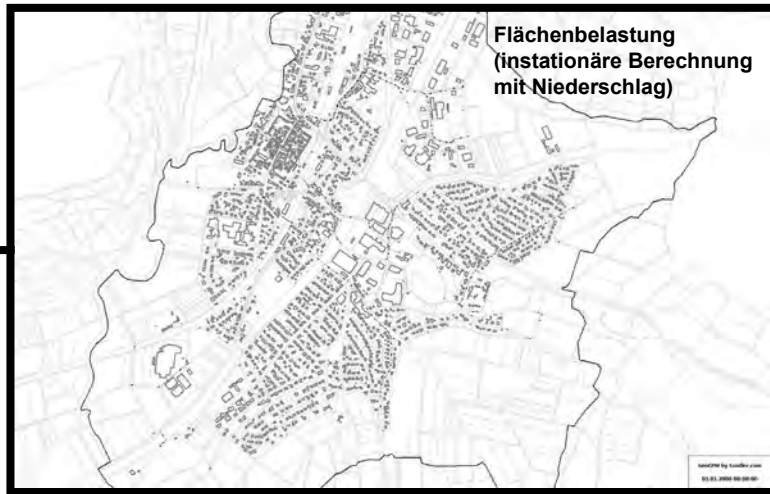
² Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2016)

³ Leitfaden zur Aufstellung von Konzepten zum kommunalen Sturzflut-Risikomanagement, Bayerisches Landesamt für Umwelt (Entwurfssfassung)

Simulation von Rumpfbereichen (Beispiel)

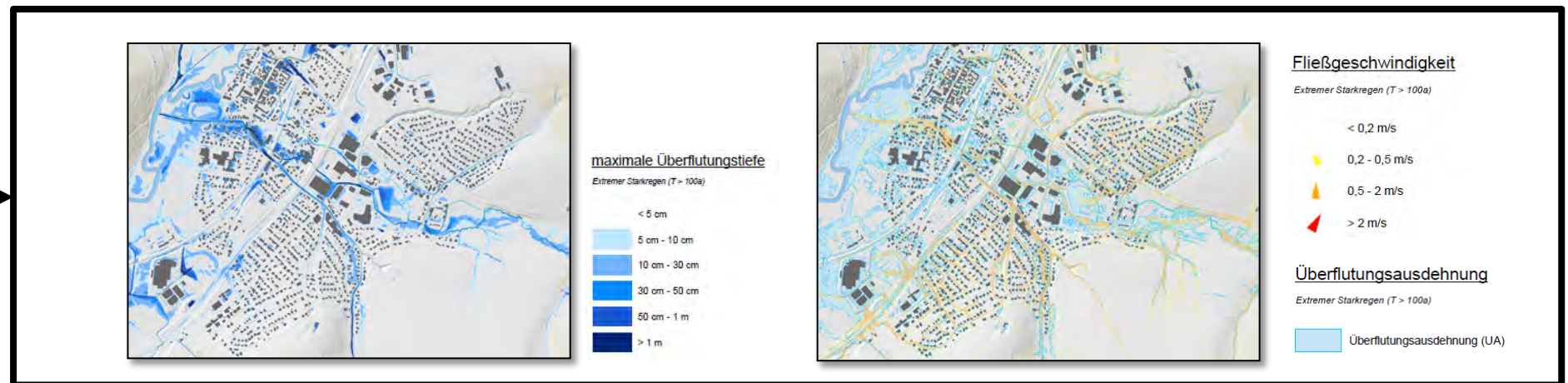


Simulation von Rumpfgebieten (Beispiel)



Kombinierte Betrachtung der
instationären Berechnungen

Erstellung der SRGK



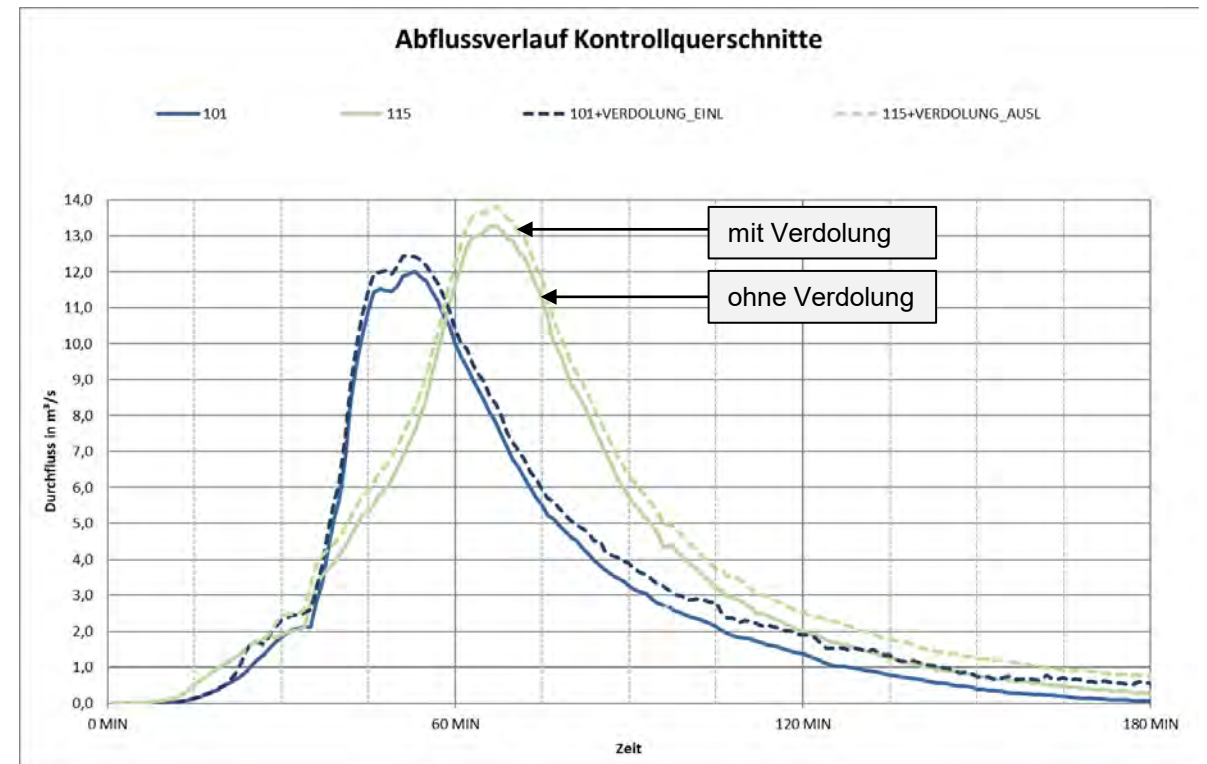
Fließhindernisse / abflussbeeinflussende Strukturen

■ Beispiel:

» Einfluss der Verdolung auf den Gesamtabfluss bei außergewöhnlichem Starkregen gering (<10%)



Einlauf Verdolung DN600 [Foto: N. Hahn]



Abfluss an zwei Kontrollquerschnitten (mit und ohne Verdolung) bei außergewöhnlichem Starkregen

■ Beispiel: Unterführung Autobahn

- » Unterbrechung des Fließwegs im Digitalen Geländemodell
- » Großer Einfluss durch unrealistischen Aufstau und „Schutz“ der Unterlieger
- » Modifikation im Berechnungsmodell zwingend erforderlich



Unterführung Autobahn [Foto: J. Zischg]



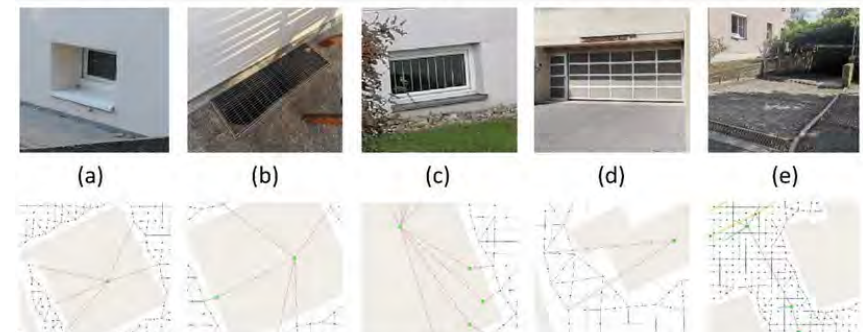
■ Beispiel: Gebäudeöffnungen*

- » Gebäude sind i.d.R. als geschlossene Hindernisse modelliert
- » entspricht oft nicht der Realität
- » Öffnungen: z.B. gekippte Fenster, offene Türen, Tiefgaragen...
- » zusätzliches Speichervolumen
- » nur geringe Auswirkungen auf Überflutungsflächen
- » sinnvoll bei Einzelfallbetrachtung von (vulnerablen) Gebäuden



Gebäude ohne Öffnungen im Berechnungsmodell [J. Zischg, 2023]

Figure 3. Examples of the 5 different types of inlets in reality and in model representation (green are storage elements, pink are orifice elements and blue are weirs with an outlet): (a) basement window, (b) window with funnel, (c) window with infiltration gravel bed, (d) door/garage door, and (e) underground garage door with trench drain.

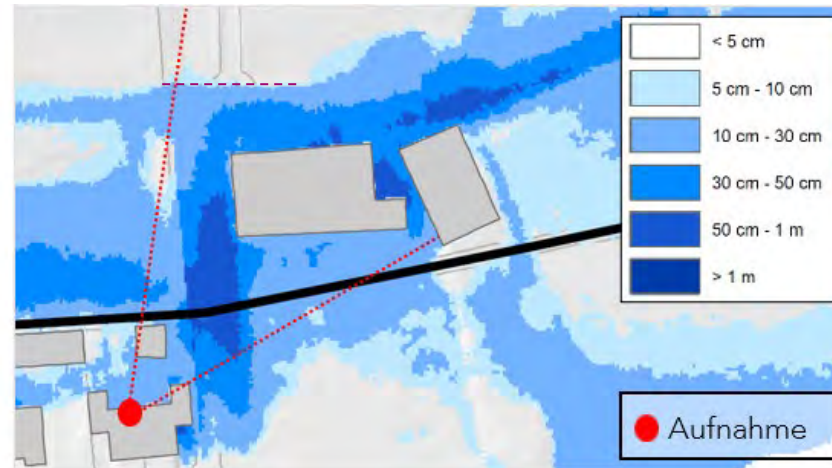


Modellierung von verschiedenen Gebäudeöffnungen [Hauser et al., 2024]

*Hauser, M.; Reinstaller, S., Oberascher, M; Muschalla, D. und Kleidorfer, M. (2024): The Impact of Underground Structures on Urban Flood Models, Water 16 (1), 170

Interpretation der Ergebnisse und Fazit

- **Große Unterschiede im Abflussverhalten je nach Parametrisierung**
 - » Versickerung und Rauheiten
 - » Erhöhte Aufmerksamkeit bei der Modellierung von Waldflächen
 - » Unterschiede in den Ergebnissen sind potentiell größer, als bei verschiedenen Starkregenszenarien
- **Kalibrierung ist nicht möglich**
- **Es gibt kein richtig oder falsch, aber die Plausibilität ist prüfbar**



Überflutungsdokumentation bei Starkregen (links) und Ausschnitt aus dem Modellergebnis (rechts)
[Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=KMe7Ch7IZRU>; A. Steponawitsch, zuletzt abgerufen am 23.02.2023]

- **Jedes Modell ist nur eine „Annäherung“ der Realität**
- **Jedes Starkregenereignis ist individuell**
- **Plausibilisierung und Validierung der Modelle erforderlich**
 - » Abflüsse aus vergleichbaren Gebieten
 - » Beobachtungen bei Starkregenereignissen
 - » Störungsmeldungen der Entwässerungsbetriebe
 - » Feuerwehreinsätze
 - » Bild- und Filmmaterial
 - » ggf. Messdaten von Wasserständen
- **Die Modelle liefern wertvolle Erkenntnisse über Abflussvorgänge und potentielle Gefahren**
 - » Wir müssen aufhören im Zusammenhang mit Starkregen (intensiv / außergewöhnlich / extrem) von Jährlichkeiten zu sprechen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

