

Untersuchungen zu gängigen Berechnungsansätzen anhand gemessener Ereignisse



Prof. Dr.-Ing. Joachim Sartor
Hochschule Trier
FR Bauingenieurwesen
Sartor@Hochschule-Trier.de
+49 651 8103 - 231

Grundsätzliches

Untersuchte „gängige“ Berechnungsansätze:

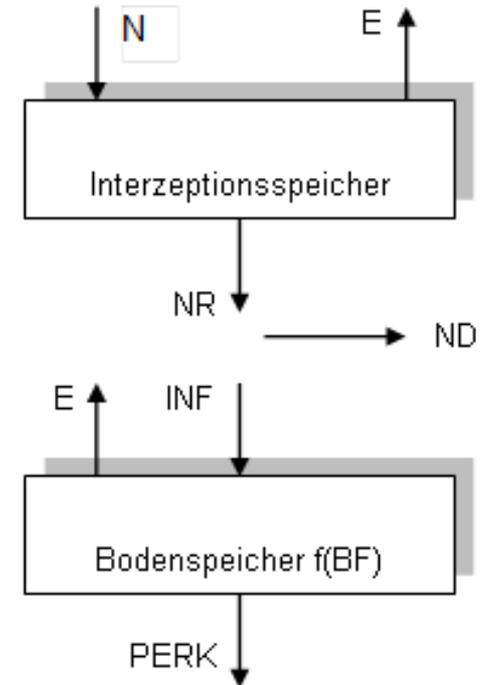
- Schwerpunkt auf Abflussbildung, da Konzentrationsansätze (z.B. Speicherkaskade nach DWA, 2008) zunehmend durch GIS-Ansätze/Schichtabfluss (1D/2D) verdrängt werden
- 3 Abflussbeiwertansätze (SCS, Zaiß, Lutz) variabel gemäß DWA, 2008
- ohne Ansatz nach Overland (relativ aufwendig und wenig verbreitet)
- 1 einfaches Bodenspeichermodell nach Ostrowski.

Problem Gebietsniederschlag:

- Maßgebend sind oft sommerliche Konvektivregen → extrem ortsvariabel
- Trotz/wegen kleiner Gebiete und 1 bis 2 Bodenstationen sowie z.T. Radarmessungen → mittlerer Gebietsniederschlag großer Unsicherheitsfaktor
- → Parameterangaben nur Größenordnungen
- → Tendenzen und relativer Vergleich der Ansätze untereinander glaubwürdig

Bodenspeichermodell nach Ostrowski, 1982

- **“einfach“**: Keine detaillierte Nachbildung der Prozesse wie in DWA, 2008 (kurz) oder in M 922 E beschrieben
- ehemals aml. Modell NASIM in NRW
- bzgl. den wichtigsten Komponenten „noch übersehbar“

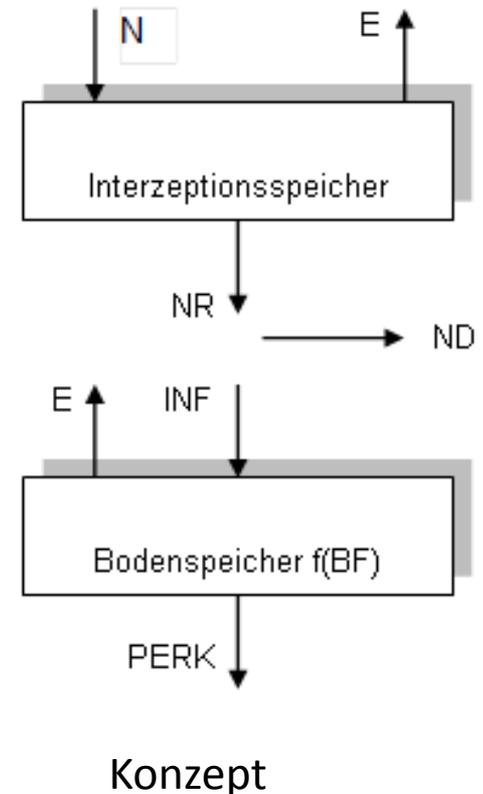
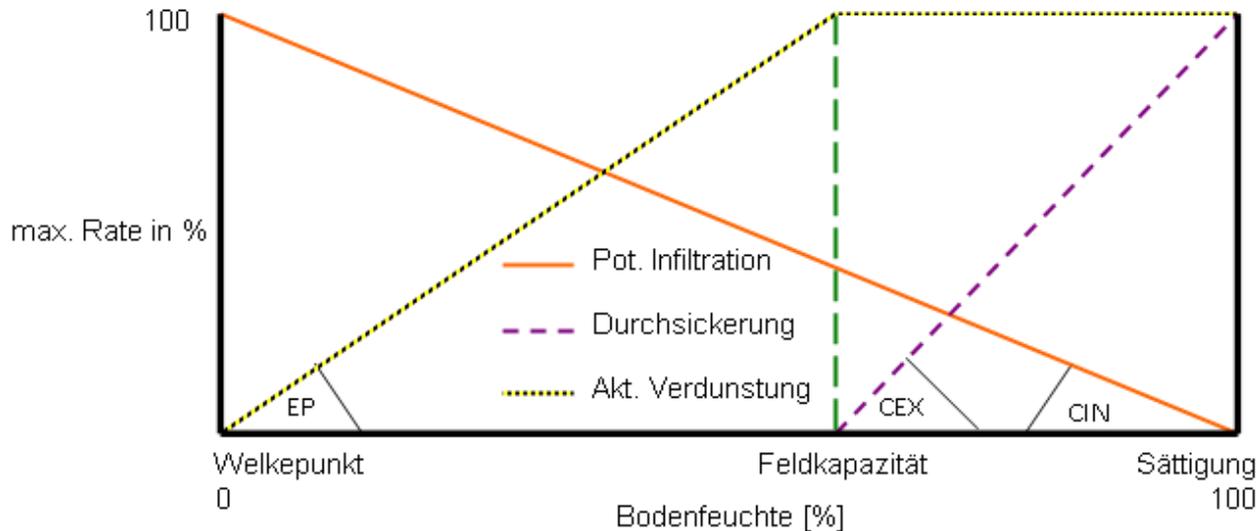


Konzept

Bodenspeichermodell nach Ostrowski

Bilanzierung der aktuelle Bodenfeuchte $BF(t)$ mit:

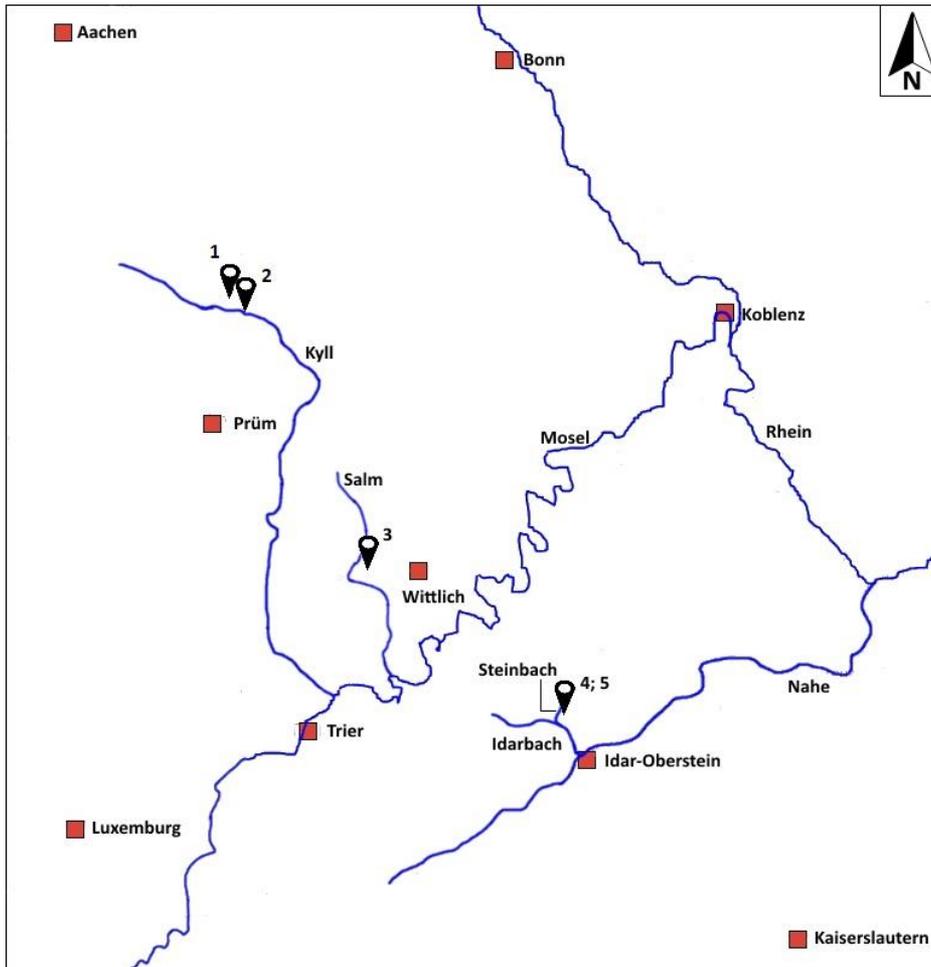
- $NR(t)$: um Interzeption reduzierter Niederschlag N
- $INFP(t)/INFA(t)$: potentielle/aktuelle Infiltration, Parameter CIN
- $PERK(t)$: aktuelle Tiefensickerung, Parameter CEX
- $E(t)$: Verdunstung



In der Praxis verwendete Niederschlagsbelastungen

- **Bemessungsregen:** Modellregen(gruppen), gebildet aus N-Höhen nach KOSTRA o.ä. – mit/ohne Kalibrierung an Einzelereignissen
Problem: Für beide Gebietstypen (AG, Kanalisation) maßgebendes Ereignis
- **Einzelereignisse:** zur Kalibrierung oder zur Nachrechnung (auch ohne Kalibrierung) von z.B. schadbringenden Ereignissen
- **Langzeitsimulation:** Kontinuum- oder Seriensimulation mit Ereignisauswahl z.B. nach DWA-M 165 für Kombinationen aus kanalisierten und natürlichen Gebieten

Untersuchungsgebiete



Gebiet 1:
Baasem/Grisselsiefen (NRW),
AE = 33 ha

Gebiet 2:
Berk/Esterbach (NRW),
AE = 49 ha

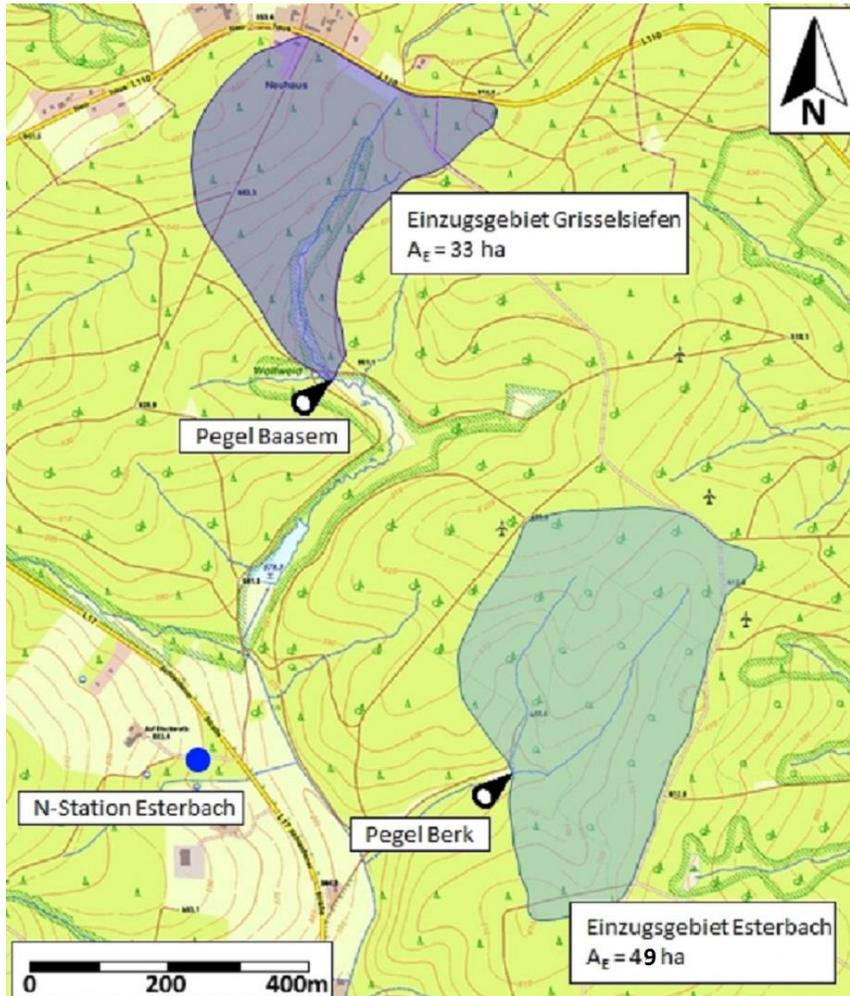
Gebiet 3: Burgscheider Mauer
(RLP), AE = 42 ha

Gebiet 4: Zufluss-West zur
Steinbachtalsperre (RLP),
AE = 43 ha

Gebiet 5: Zufluss-Ost zur
Steinbachtalsperre (RLP),
AE = 107 ha

Untersuchungsgebiete 1 und 2

Messintervall $\Delta t = 5'$ (alle Stationen)



Baasem: 599,6 m+NN, AE = 33 ha

- Offz. Landespegel 1975-89 (15 a)
- $M_q = 18 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$
- HHQ = 303 l/s (9,2 l/(s·ha))
- nur 1 HQ_a im Sommer-HJ
- Nadelwald

Berk: 569,62 m+NN, AE = 49 ha

- Offz. Landespegel 1963-89 (27 a)
- $M_q = 20,8 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$
- HHQ = 939 l/s (19,2 l/(s·ha))
- nur 2 HQ_a im Sommer-HJ
- Laub-/Mischwald

N-Daten:

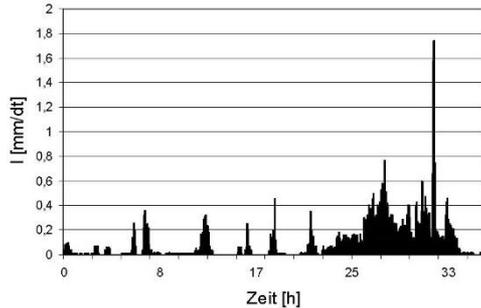
- N-Schreiber Esterbach, Land NRW
 $h_{Nm} = 982 \text{ mm/a}$ (1966-89)
- N-Messer Dahlem-Schmidtweiler,
ca. 7 km östlich

Untergrund:

Schluffiger Lehm, Braunerde,
Pseudogley (Devon)

Gebiet Baasem – Modellanpassung

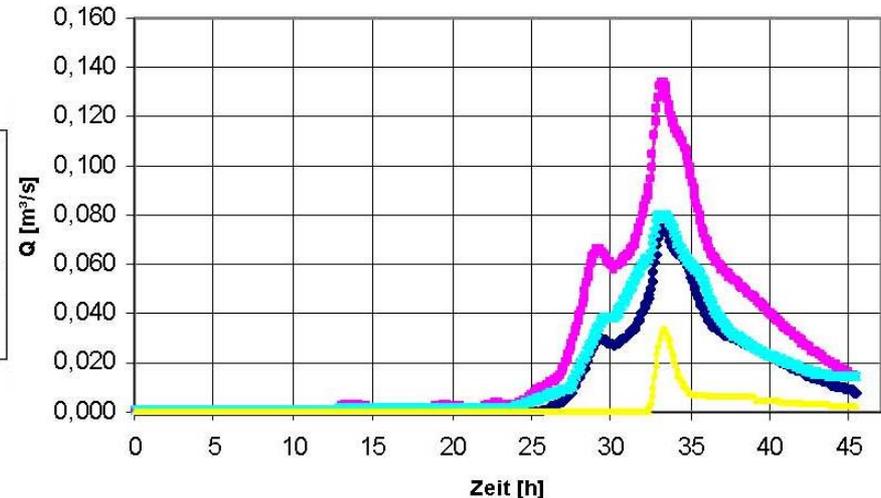
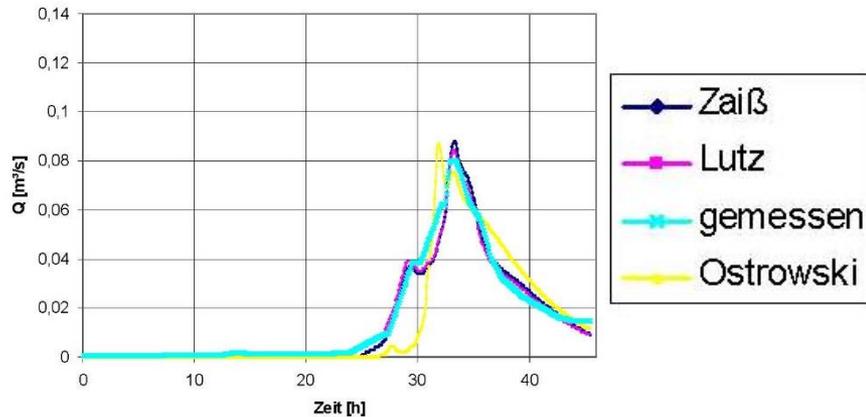
aus M-Thesis Braun, FH Trier, 2011 (Förderpreis SW Trier)



Bsp. 5.10.88

$h_N = 47,9 \text{ mm}$; $SN_5 = 0$ (BFK I); $VN_{21} = 6,5 \text{ mm}$

$\psi_M = 0,159 = h_{Ne}/h_N$ ($\neq \psi_S$!)



Parameter individuell angepasst

u.a. $C_{NII} = 74$; $B1 = 27$

$C_E = 0,65$; $C_1 = 0,025$; $C_2 = 3,5$

$CIN = 25$; $FK = 70$; $BFMAX = 72$

Mittlere Parameter aus 3 „Eich“ereignissen

u.a. $C_{NII} = 71$; $B1 = 26$

$C_E = 0,75$; $C_1 = 0,037$; $C_2 = 3,0$

$CIN = 35$; $FK = 70$; $BFMAX = 100$

Gebiet Berk – Langzeit-Seriensimulation

aus M-Thesis Braun, 2011

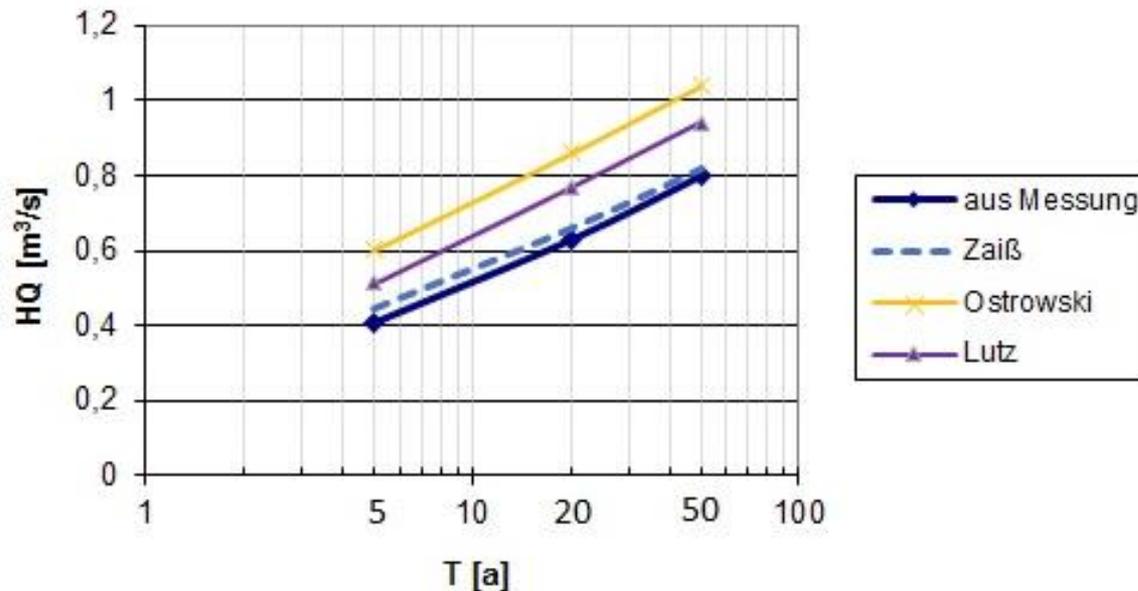
Mittlere Parameter aus 3 „Eich“ereignissen:

$C_{NII} = 79$; $B1 = 29$; $k_p = 0,05/h$ (Zwischenverluste gemäß DWA, 2008)

$C_E = 0,8!$; $C_1 = 0,050!$; $C_2 = 3$; $BEF = 0$; $k_p = 0,05/h$; $q_B = Mq$; $AV = 2 \text{ mm}$ (Lutz $\neq f(VN21)$ o.ä.)

$CIN = 30 \text{ mm/h}$; $CEX = 3 \text{ mm/h}$; $FK = 64 \text{ mm}$; $BFMAX = 93 \text{ mm}$; $CBF = 0,08/\text{mm}$ ($BF_O = 1 - e(-CBF \cdot VN21)$)

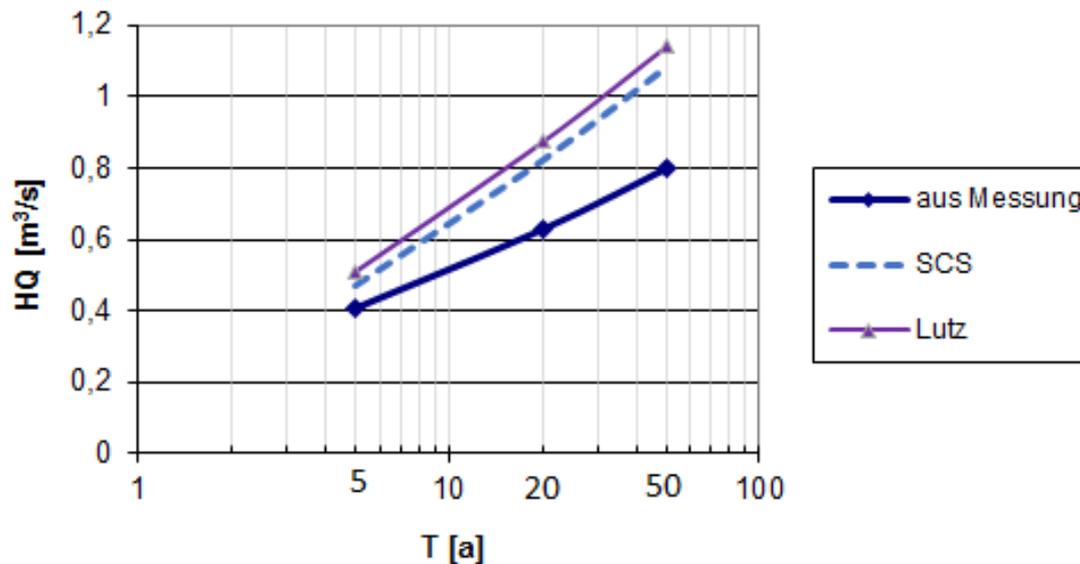
Seriensimulation mit 275 Einzelereignissen aus 24 a; Ereignisauswahl nach ATV-DVWK-M 165, Statistik nach DWA-M 251 für $T = 5, 20$ und 50 a



Gebiet Berk – Bemessungsregenkonzept

mittels DVWK-Modellregen (s. DWA, 2008) aus KOSTRA 2010R

a) Kalibrierte Modellparameter gemäß Seriensimulation

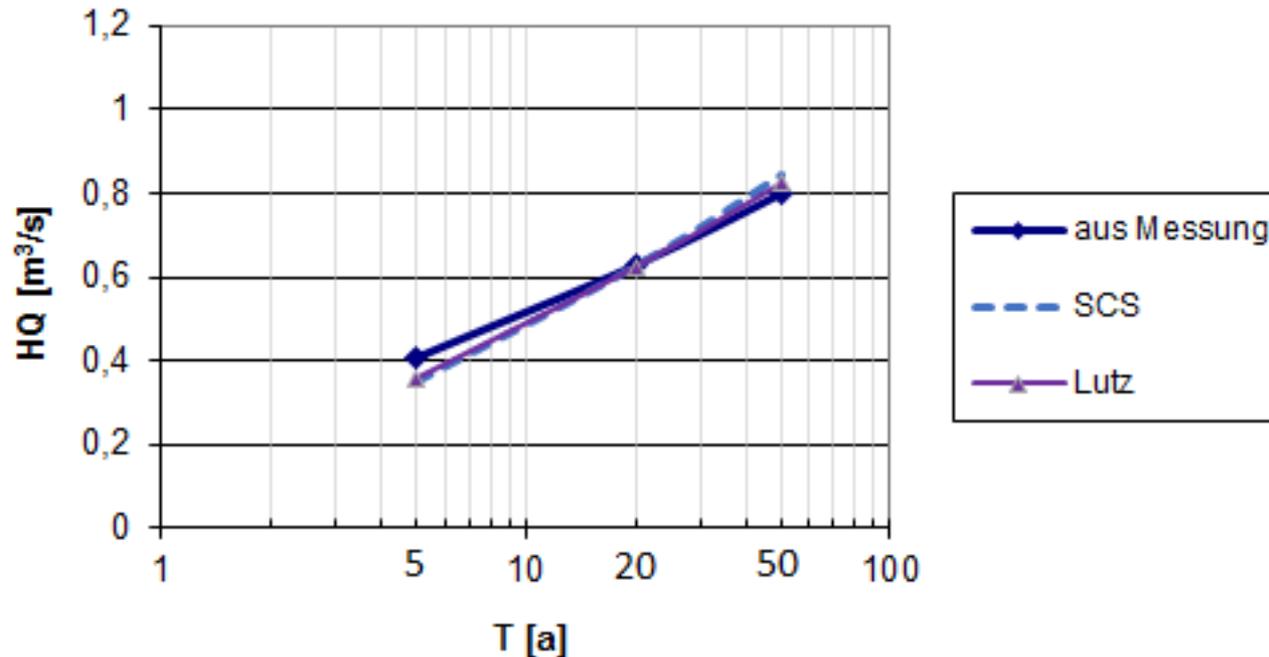


SCS: CNII = 79 (BFK II) aus Kalibrierung Zaiß; VV = 0,05

Lutz: WZ = WZ_m = 13 !

Gebiet Berk – Bemessungsregenkonzept

b) An Pegelstatistik angepasste Modellparameter (Zielgröße HQ_{20})



SCS: CNII = (79→) 73 (= Bodentyp C, mittlerer Wald!)

Lutz: C_E = (0,8→) 0,62 („Bodentyp C“, Wald); C_2 = (3→) 4 (Laub-/Mischwald);
AV = (2→) 3 mm (Wald); C_1 = 0,05 (wie vor, da Bereichsobergrenze)

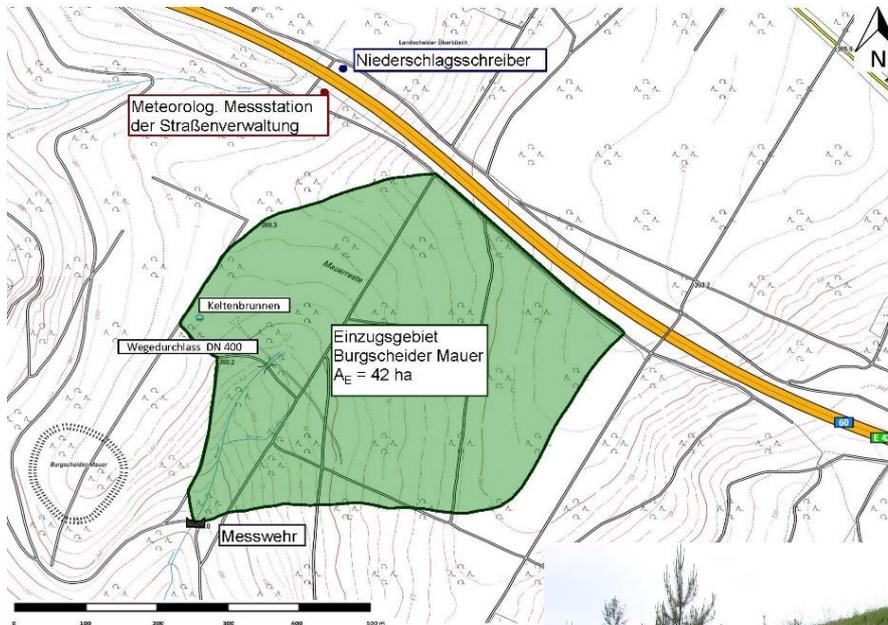
Untersuchungsgebiet 3



Burgscheider Mauer: 330 m+NN,
 $A_E = 42 \text{ ha}$, $\Delta t = 4'$

- Als NW-Pegel des Flugplatzes Spangdahlem seit 2003
- Erweitert zum HW-Pegel durch HS Trier 2010
- $HHQ \approx 200 \text{ l/s}$ ($4,8 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$)
- Laub-/Mischwald
- Schluffig-lehmige Braunerde (Sandstein)

Untersuchungsgebiet 3



Burgscheider Mauer: 330 m+NN,
 $A_E = 42 \text{ ha}$, $\Delta t = 4'$

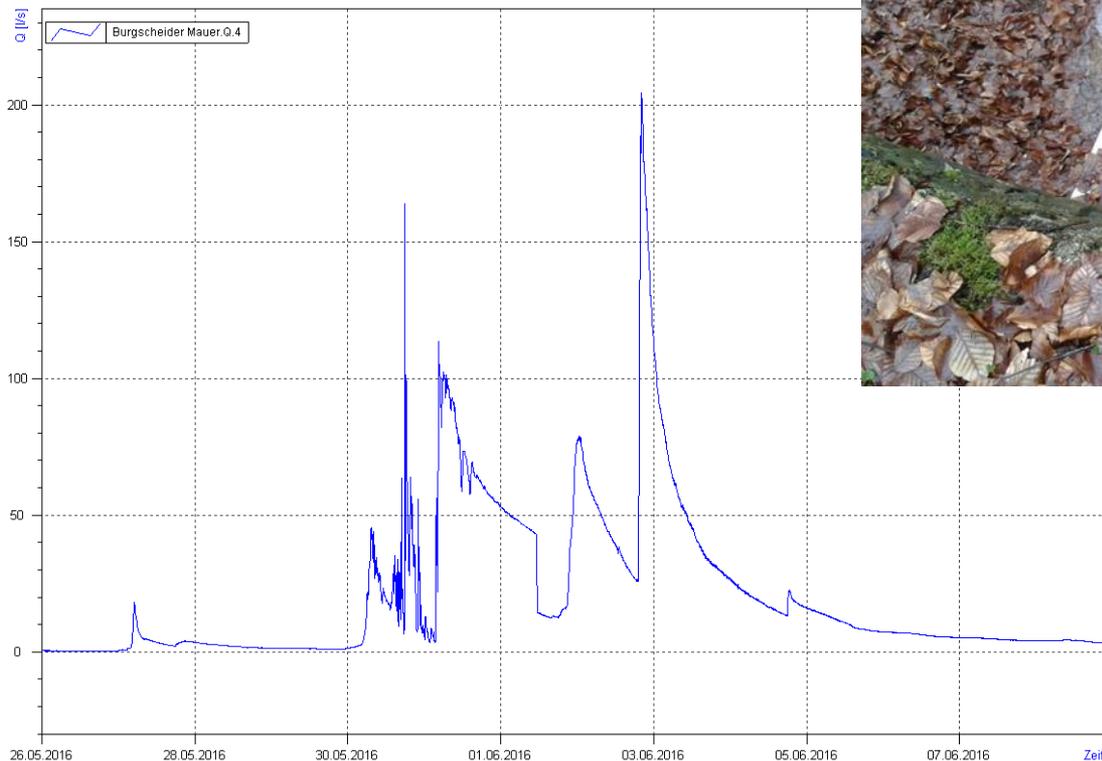
- Als NW-Pegel des Flugplatzes Spangdahlem seit 2003
- Erweitert zum HW-Pegel durch HS Trier 2010
- $HHQ \approx 200 \text{ l/s}$ ($4,8 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$)
- Laub-/Mischwald
- Schluffig-lehmige Braunerde (Sandstein)

N-Daten:

- N-Schreiber/HS Trier seit 2010
 $h_{Nm} = 799 \text{ mm/a}$ (2011-17)
- 2 N-Schreiber Flugplatz Spangdahlem, ca. 3,5 km südwestlich

Burgscheider Mauer

Problem Messfehler:
HHQ ≈ 200 l/s (4,8 l/(s·ha))

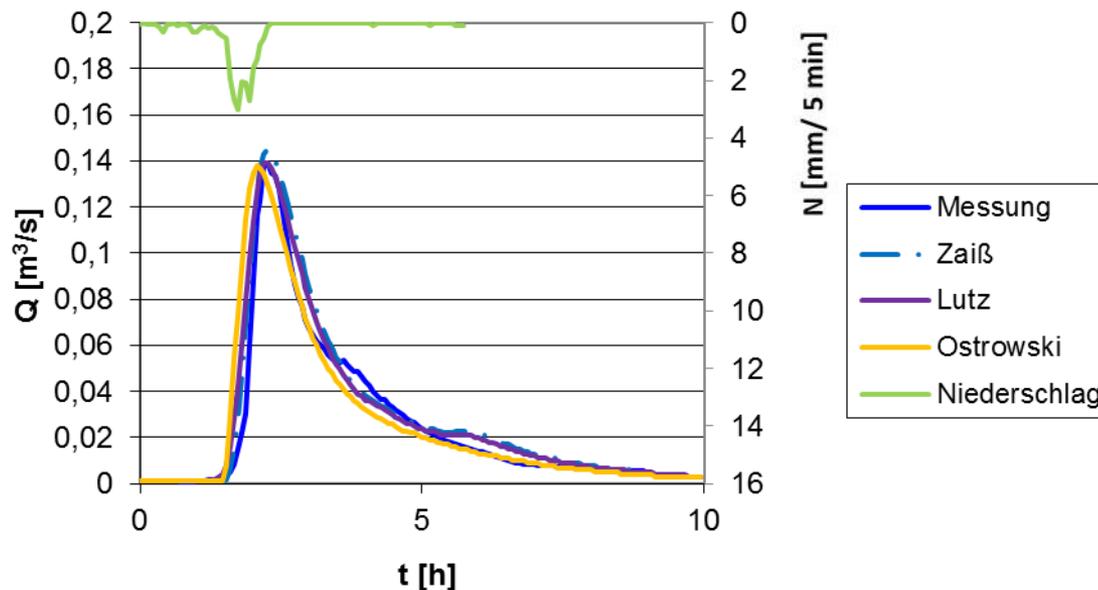


Quelle: SGD Trier

Burgscheider Mauer

Bsp. 10. Juli 2017

$h_N = 23,1 \text{ mm}$; $VN_{21} = 41,6 \text{ mm}$; $SN_5 = 43 \text{ mm}$ (BFK II - III); $\Psi_M = 0,1$; $HQ = 139 \text{ l/s}$ (3,3 l/(s·ha))



Modellanpassung:

$CN_{II} = 50$ ($\rightarrow CN = 70$); $B1 = 24,5$ (vereinfacht)

$C_E = 0,7$; $C_1 = 0,035$; $C_2 = 3$; $BEF = 0$; $q_B = 10 \text{ l/(s·km}^2)$; $AV = 1 \text{ mm}$

$CIN = 50 \text{ mm/h}$; $CEX = 3 \text{ mm/h}$; $FK = 150 \text{ mm}$; $BFMAX = 250 \text{ mm}$; $CBF = 0,0105/\text{mm}$
($\rightarrow BF_O = 1 - e^{-(CBF \cdot VN_{21})} = 0,354$)

Land unter nach Regen: Wehren im Einsatz

WITTLICH (will) Zu zahlreichen Einsätzen sind die Wehren der VG Wittlich-Land seit der Nacht auf Montag ausgerückt, wie Wehrleiter Stephan Christ auf TV-Nachfrage mitteilte. Auf der A 60 hat es gegen 1.45 Uhr einen Unfall wegen Aquaplanings gegeben, kurze Zeit später wurden die Feuerwehrleute zu Einsätzen in Osann-Monzel und Landscheid gerufen. Am frühen Nachmittag standen aufgrund des Regens die Straßen in Großlittgen und Binsfeld unter Wasser.

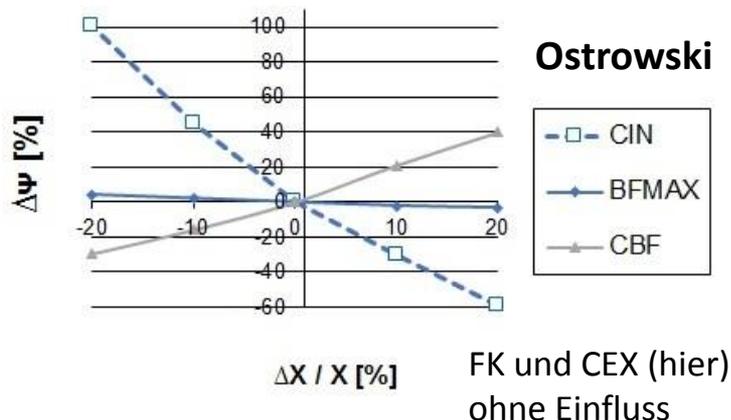
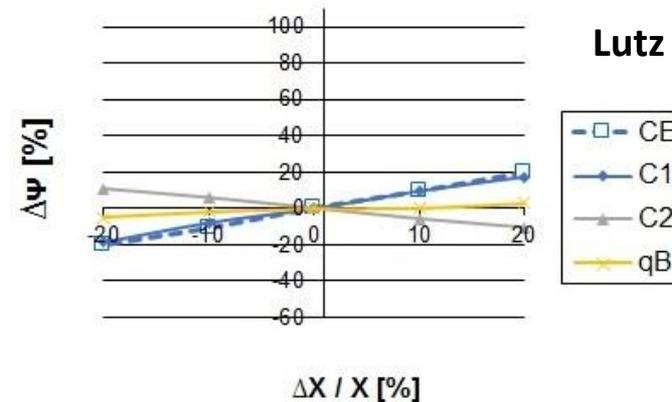
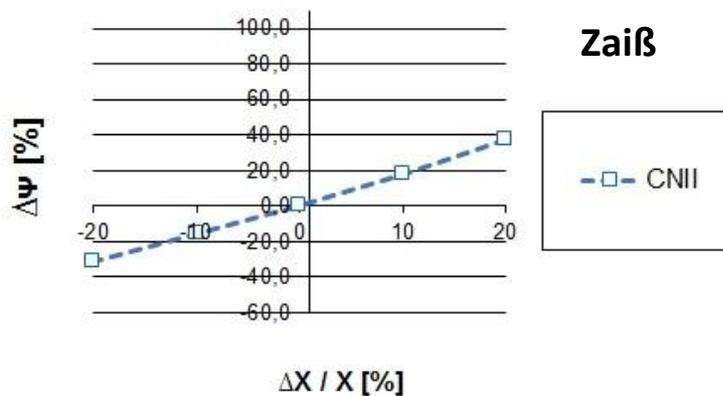
Beim Eifelpark in Gondorf hieß es zudem Land unter auf dem Parkplatz. Der wurde nach Angaben der Feuerwehr, die dort schnell zum Einsatz anrückte, überspült. Felder und Wiesen konnten wohl das heftige Regenwasser nicht aufnehmen. Auch in Spangdahlem und Pickliefem gab es Einsätze.

Quelle: Trierer Volksfreund

Burgscheider Mauer

Ereignis 10. Juli 2017

Sensitivität der wichtigsten Parameter (Änderung um jeweils ± 10 und 20% unter Beibehaltung der übrigen Parameter)

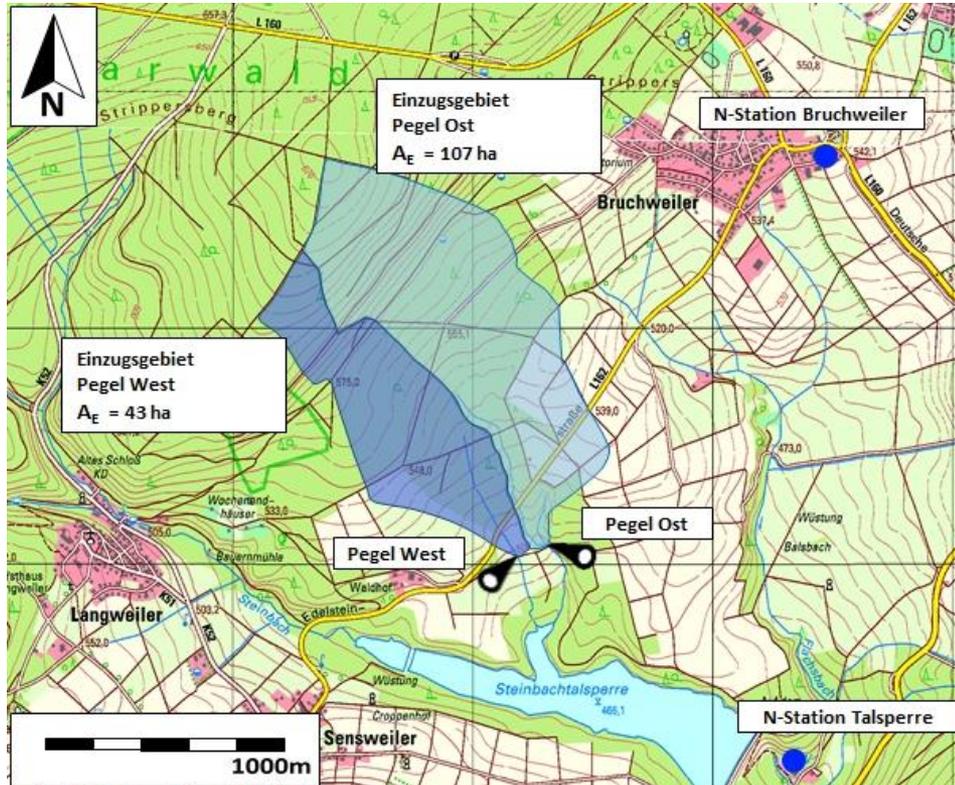


→ **Bodenspeichermodell weist größte Sensitivität auf!**

Tendenzielle Übereinstimmung mit *Braun, 2011* (Baasem, Berk) und Untersuchungsergebnissen zu Gebieten mit $A_E = 37$ bis 50 km^2 (*Sartor, Die Wasserwirtschaft, Heft 5/97*)

Untersuchungsgebiete 4 und 5

Zuflüsse zur Steinbachtalsperre Idar-Oberstein



Ost: 495 m+NN, $A_E = 107$ ha
und

West: 495 m+NN, $A_E = 43$ ha

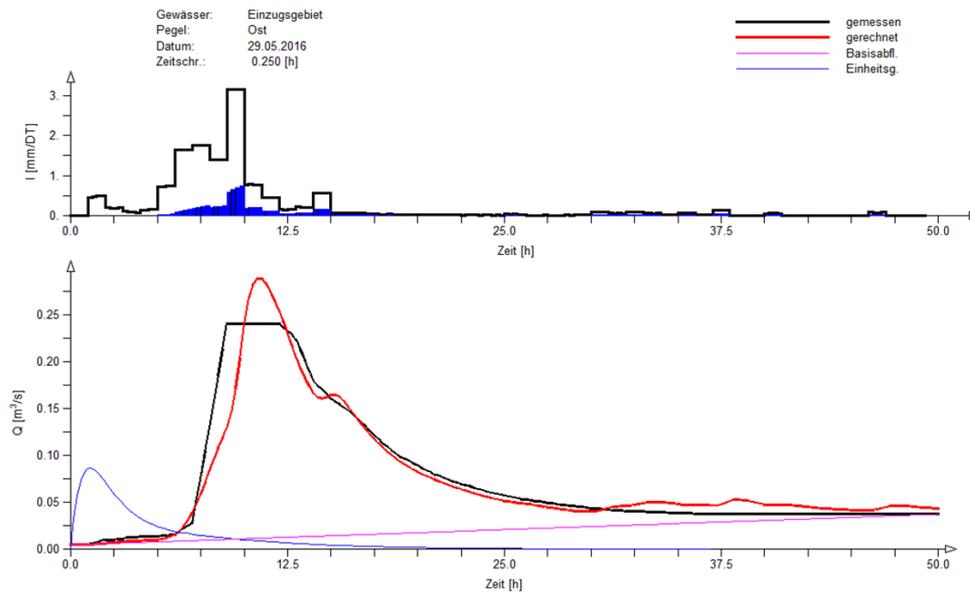
- Dreiecks-Messwehre mit $\Delta \leq 1$ h für Volumenbilanz der Talsperre
- Eignung „nur“ für Größenordnung Abflussbildung
- HHQ ≈ 250 l/s (2,3 l/(s·ha) seit Umbau 2016/Pegel Ost
- Mischwald
- Sandig- bis schluffig-lehmige Pseudogley-Braunerde

N-Daten:

- N-Schreiber Bruchweiler
www.am.rlp.de
- $h_{Nm} = 803$ mm/a (2011-17)
- N-Schreiber Talsperre
 $h_{Nm} = 832$ mm/a (1967-2017)

Zufluss Ost zur Steinbachtalsperre

Problem Messfehler (ähnlich Gebiet 3):
„HHQ“ ≥ 250 l/s (2,3 l/(s·ha))



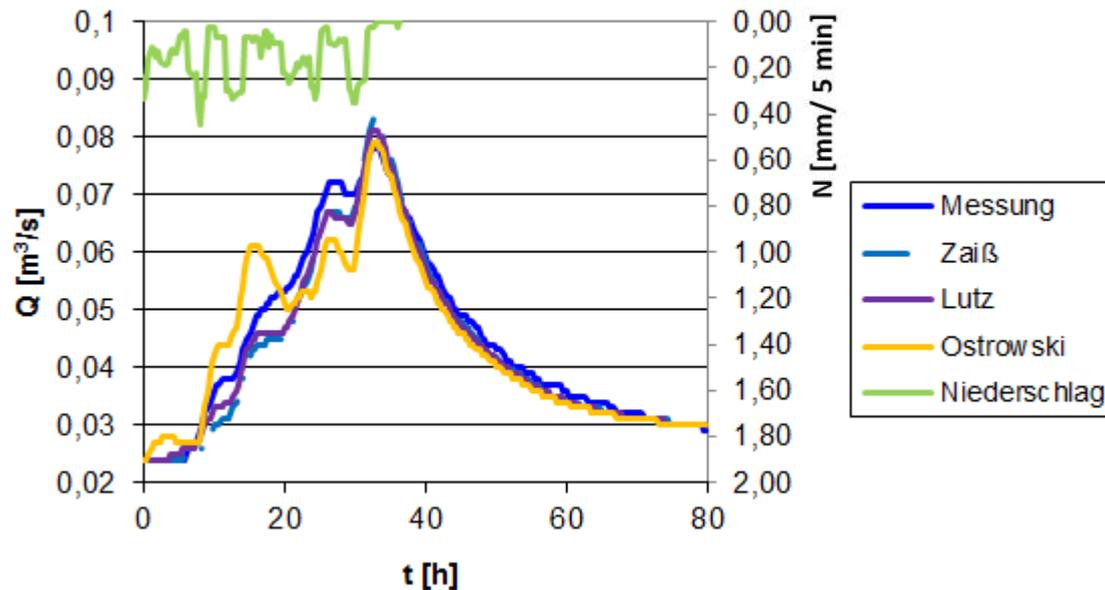
aus B-Thesis Fuchs, HS Trier, 2017



Pegel Ost

Bsp. 8. März 2017 (nach Nachtfrost)

$h_N = 16,3 \text{ mm}$; $VN_{21} = 23 \text{ mm}$; $SN_5 = 17,5 \text{ mm}$ (BFK I - II); $\Psi_M = 0,21$; $HQ = 78 \text{ l/s}$ ($0,73 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$)



Modellanpassung:

$CN_{II} = 89,5!$ ($\rightarrow CN = 85$); $B1 = 52$ (vereinfacht)

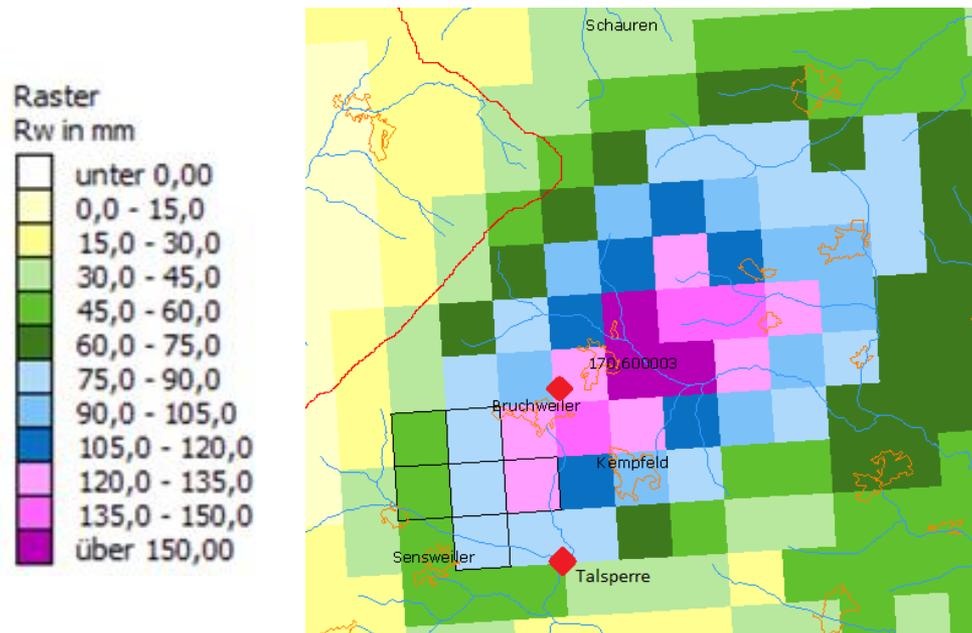
$C_E = 0,9!$; $C_1 = 0,05$; $C_2 = 3,5$; $BEF = 0$; $q_B = 22,4 \text{ l/(s}\cdot\text{km}^2)$; $AV = 1 \text{ mm}$

$CIN = 6 \text{ mm/h!}$; $CEX = 1 \text{ mm/h!}$; $FK = 120 \text{ mm}$; $BFMAX = 150 \text{ mm}$; $IZMAX = 1 \text{ mm}$

$CBF = 0,08/\text{mm}$ ($\rightarrow BF_O = 1 - e(-CBF \cdot VN_{21}) = 0,841!$)

Zuflüsse Steinbachtalsperre

Problem Gebietsniederschlag (ähnlich Gebiet 3): Bsp. 27. Mai 2018



RADOLAN RW

Quelle: LfU, MZ, ergänzt



Quelle: Björn Hey

Sturzflut im Fischbachtal

Talsperre $h_{Nd} = 19,3 \text{ mm}$

Bruchwlr. $h_{Nd} = 146,7 \text{ mm}$ (davon 109,5 mm in 1 h!)

Radar $h_{Nd} \approx 81 \text{ mm}$ (\approx Gebietsmittel für 4 und 5, Q-Werte noch ungeprüft)

**Abstand der beiden N-Schreiber:
nur knapp 3 km!**

Resume

1. **Weitere Absicherung an (zuverlässigen) Messwerten** erscheint dringend **notwendig!**
2. **Abflussbeiwertansätze** relativ **robust**
3. **Bodenspeichermodelle** eher **sensitiv** und führen **nicht automatisch zu besseren Ergebnissen** (zumindest Ostrowski). **Hoher Arbeitsaufwand** und **Sachverstand** erforderlich.
4. Aufgrund der genannten Untersuchungen können folgende **Abflussbildungsansätze empfohlen** werden:
 - **Bemessungsregen ohne Kalibrierung:** SCS, Lutz
 - **Bemessungsregen mit Kalibrierung:** SCS (Zaiß für Kalibrierung), Lutz
 - **Einzelereignisse** (ohne Kalibrierung): Zaiß, Lutz
 - **Seriensimulation:** Zaiß, Lutz, Bodenspeichermodelle
 - **Kontinuumssimulation:** Zaiß (s. Modell „Moment“ bzw. DWA, 2008), Bodenspeichermodelle

Vielen Dank !
Ihre Fragen ?