

Hochwassersimulation für Starkregen – Abschließende Ergebnisse der Testrechnungen und Ausblicke

Dr. Manfred Bremicker

LUBW, Referat 43 – Hydrologie, Hochwasservorhersage

Norbert Demuth

LfU Rheinland-Pfalz, Referat 72 – Hydrometeorologie, Hochwassermeldedienst

Dr. Ingo Haag

HYDRON GmbH, Karlsruhe



Baden-Württemberg

Einführung

- Abflussreaktion kleinräumiger, intensiver Niederschläge auf trockenen Boden wurde in LARSIM WHM bis 2017 nicht ausreichend gut nachgebildet

→ LARSIM Weiterentwicklungen

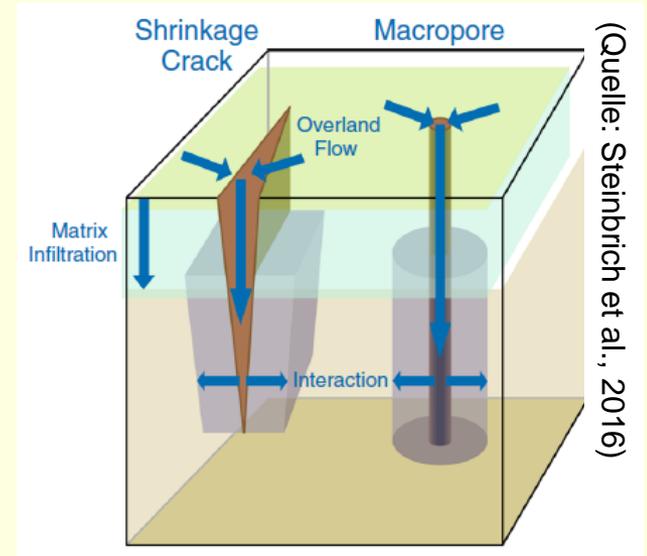
- Berechnungs-Zeitschrittweite kleiner 1 Std. für WHM
 - beliebige ZS-Weite ab 5 Minuten ✓
- Verbesserte Prozessabbildung: Dynamisches Infiltrationsmodul zur Simulation von Infiltrationsüberschuss und Horton-Overland-Flow
 - Konzeption und modelltechnische Umsetzung ✓
 - Ableitung der physikalisch basierten Boden-Parameter ✓
 - Testrechnungen und Folgerungen

Dynamische Infiltration: Prozessbeschreibung

Prozessbeschreibung in enger Anlehnung an bodenhydrologisches Modell RoGeR der Professur für Hydrologie / Uni Freiburg (Steinbrich et al., 2016)

Gekoppelte Simulation der Infiltration über:

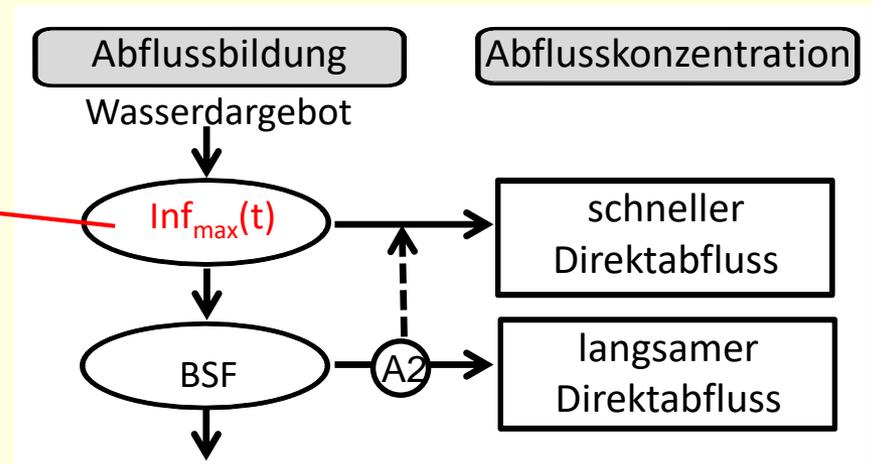
- Matrix
- Makroporen
- Trockenrisse



Optional zusätzlich jahreszeitliche Verschlämmung

Summe aus den 3 Teilprozessen:

→ Dyn. berechnete maximale Gesamtinfiltration



Dynamische Infiltration: Ableitung der Parameter

- 9 physikalisch basierte (Boden-) Parameter
- Auf Ebene der Unterteilgebiete (Hydrotope)

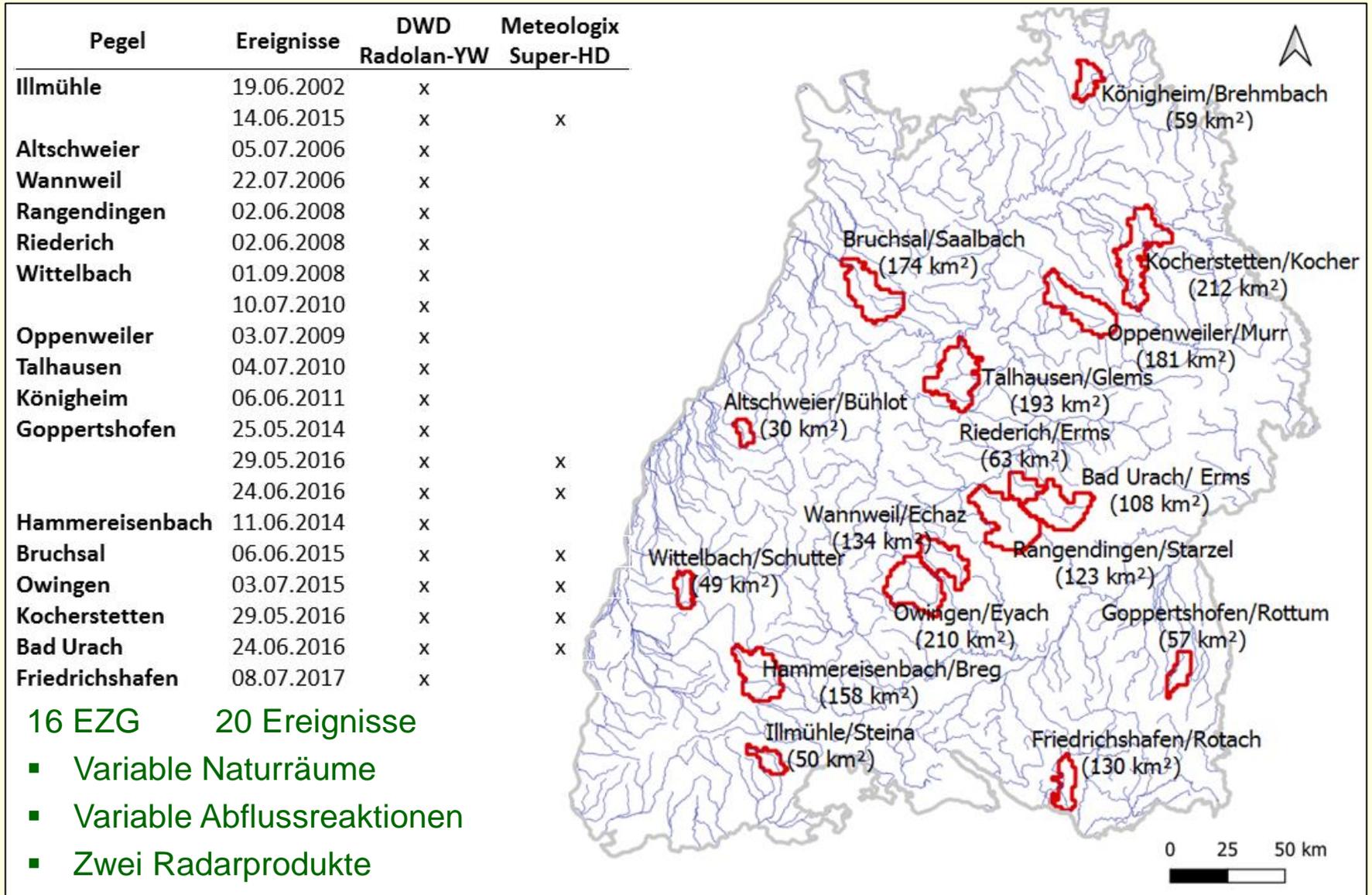
Infiltrations-Parameter:

- kf: gesättigte hydraulische Leitfähigkeit [mm/h]
 - nFKVol als Volumenanteil []
 - LKVol als Volumenanteil []
 - wsf: Saugspannung an der Sättigungsfront [mm]
 - MPdichte: Dichte der vertikalen Makroporen [Anzahl/m²]
 - MPLaenge: Länge bzw. Tiefe der vertikalen Makroporen [mm]
 - TRtiefe_max: Maximale Tiefe der Trockenrisse [mm]
 - AusrGr100: Wassergehalt bei der Ausrollgrenze
 - SchrGr100: Wassergehalt bei der Schrumpfungsgrenze
- Ableitung der Parameter für Landesfläche von BaWü auf Basis von Bodenkarte und Landnutzung (in Zusammenarbeit mit Uni FR und LGRB)
- Dokumentation der Vorgehensweise
- Erfolgreiche Übertragung auf RLP (→ Vortrag Berndt & Gerlach)

UTGB mit spez. Inf.-Parametern
Innerhalb eines 1x1 km² TGB

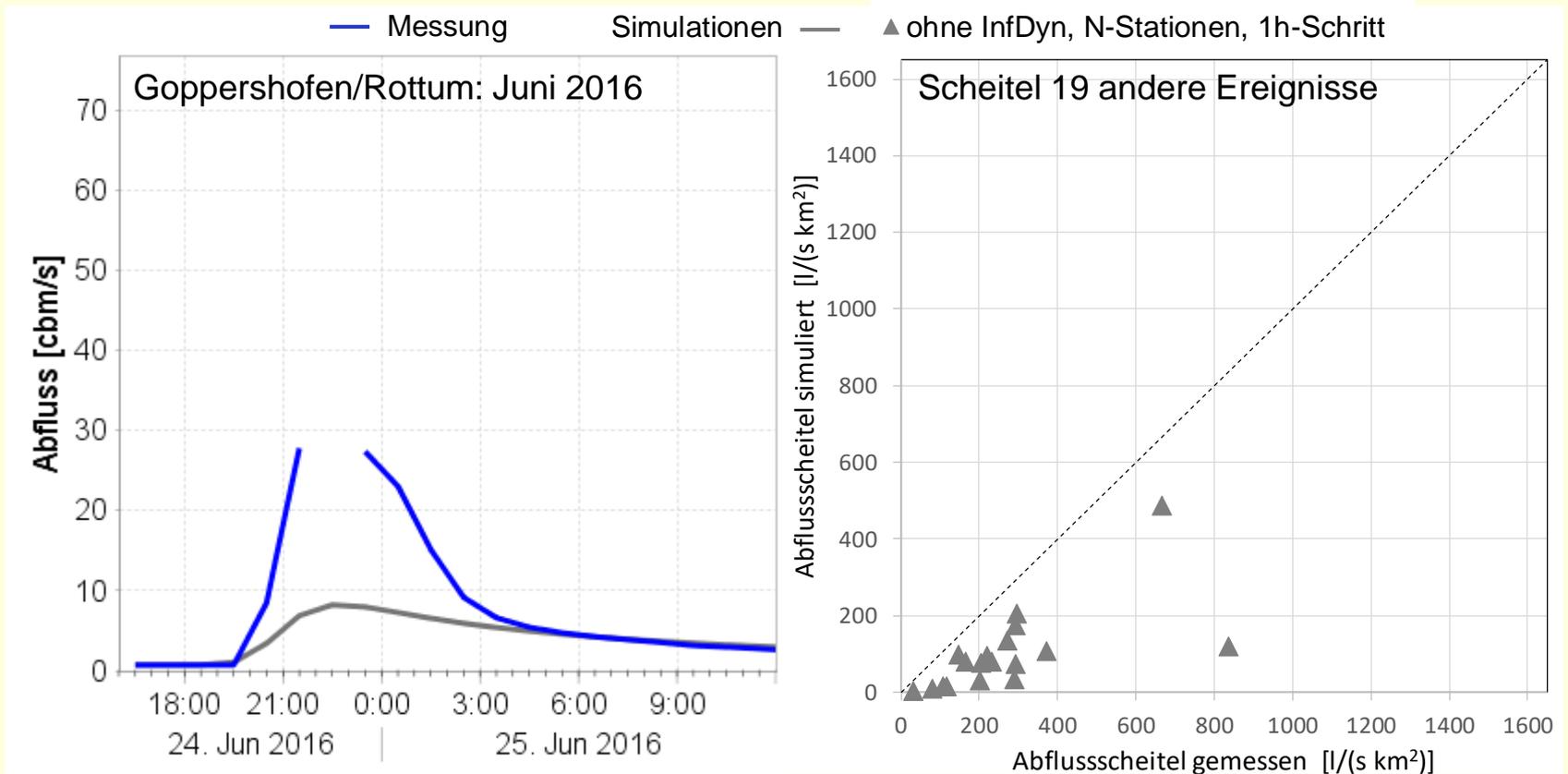


Testrechnungen: Überblick BaWü



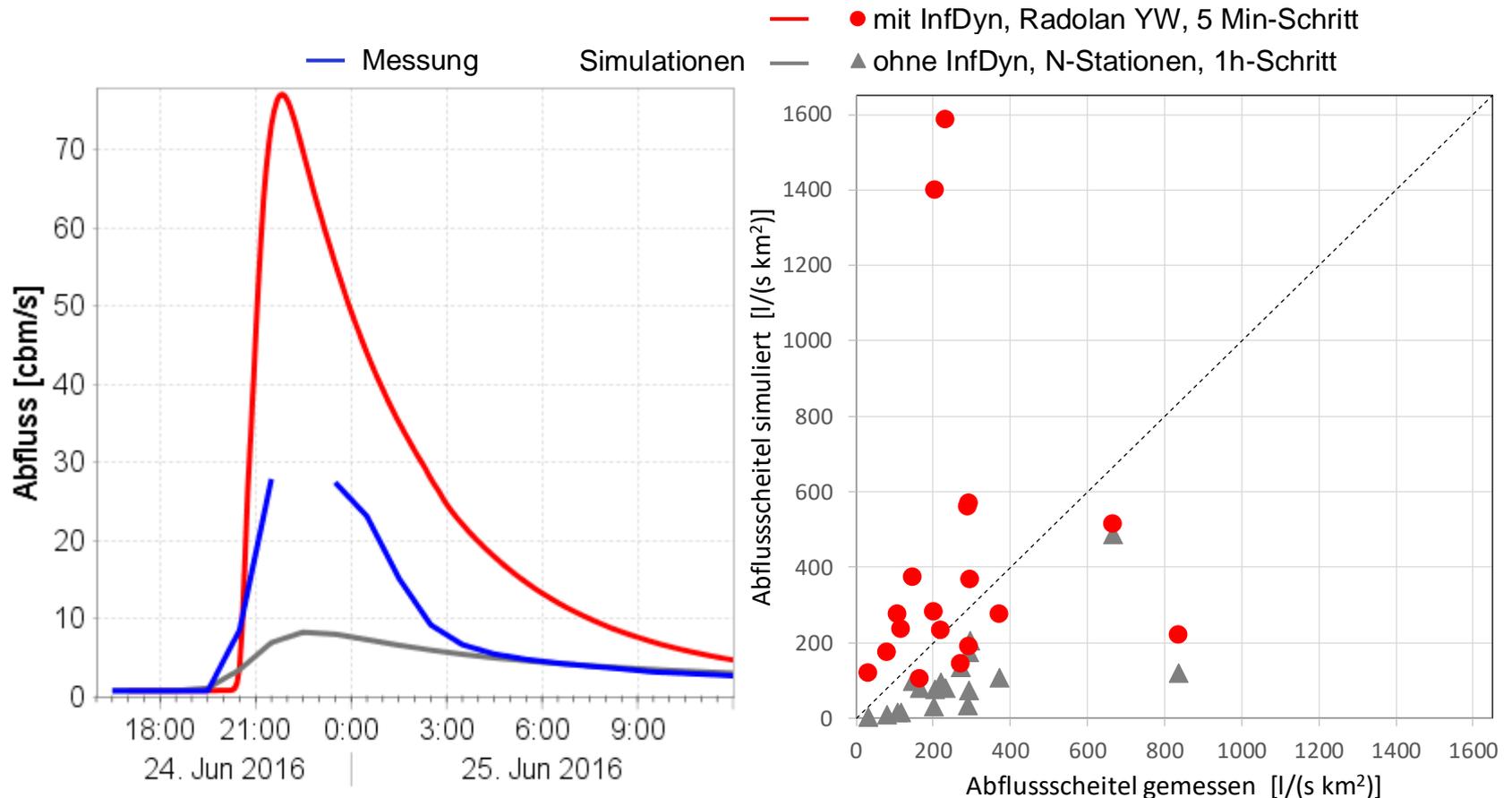
Testrechnungen: Ergebnisse BaWü

- Ausgangslage: Stations-Niederschlag, Stundenwerte, ohne Dyn. Infiltration
- Bekannte systematische Unterschätzung der Abflussreaktion



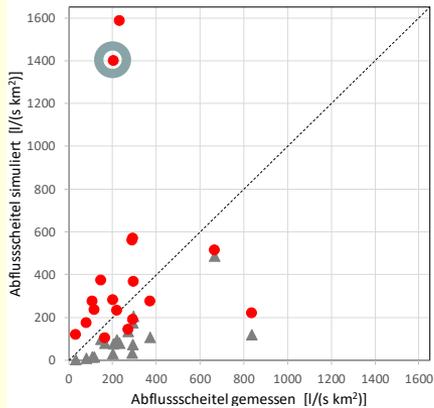
Testrechnungen: Ergebnisse BaWü

- Dynamisches Infiltrationsmodul + Zeitschritte 5 Minuten
- Radolan YW Produkt des DWD (Re-Analyse-Daten)
- Meist plausible Abbildung der Ereignisse, leichte Tendenz zur Überschätzung
- Aber: Ausreißer → Analyse



Testrechnungen: Ergebnisse BaWü

Analyse der Ausreißer: Ursachen? Modell \leftrightarrow Inputdaten



Beispiel Wannweil / Echaz:

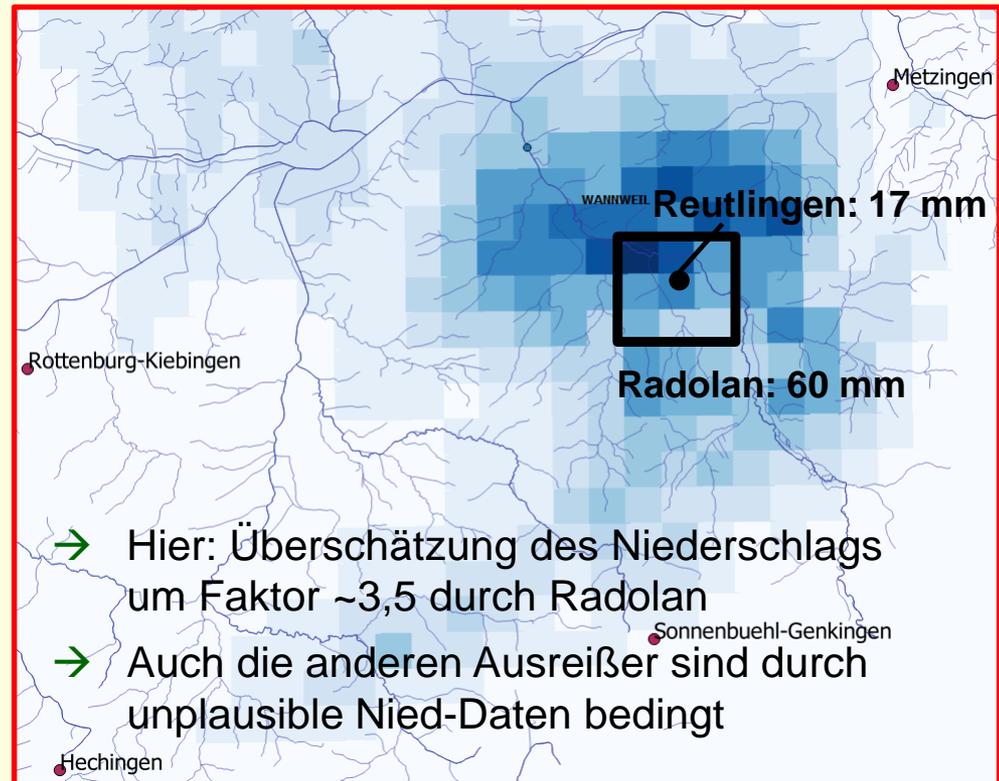
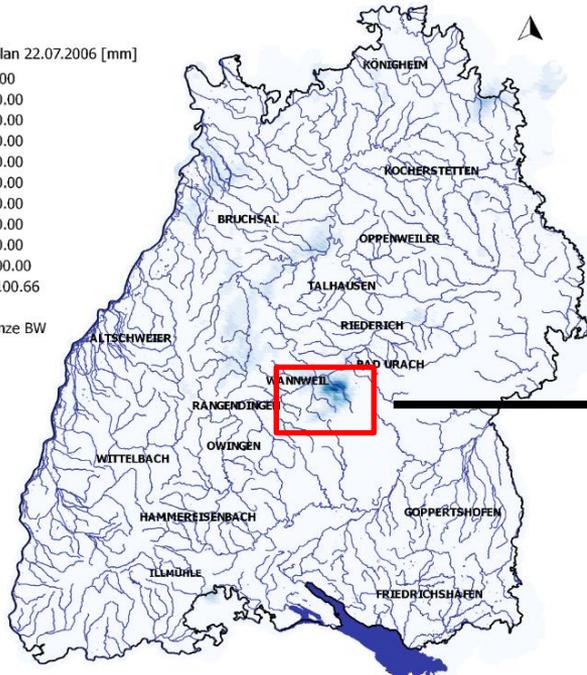
- Am 22.7.15 landesweit nur ein signifikantes Ereignis
- Für Aneichung verfügbare Stationen liegen außerhalb des Nied.-Gebiets (rote Punkte)
- Kontrollstation Reutlingen (schwarzer Punkt) im Nied.-Gebiet, liefert wesentlich geringere Nied.-Summe als Radolan

Legende

N-Summe Radolan 22.07.2006 [mm]

- 0.00 - 10.00
- 10.00 - 20.00
- 20.00 - 30.00
- 30.00 - 40.00
- 40.00 - 50.00
- 50.00 - 60.00
- 60.00 - 70.00
- 70.00 - 80.00
- 80.00 - 90.00
- 90.00 - 100.00
- 100.00 - 100.66

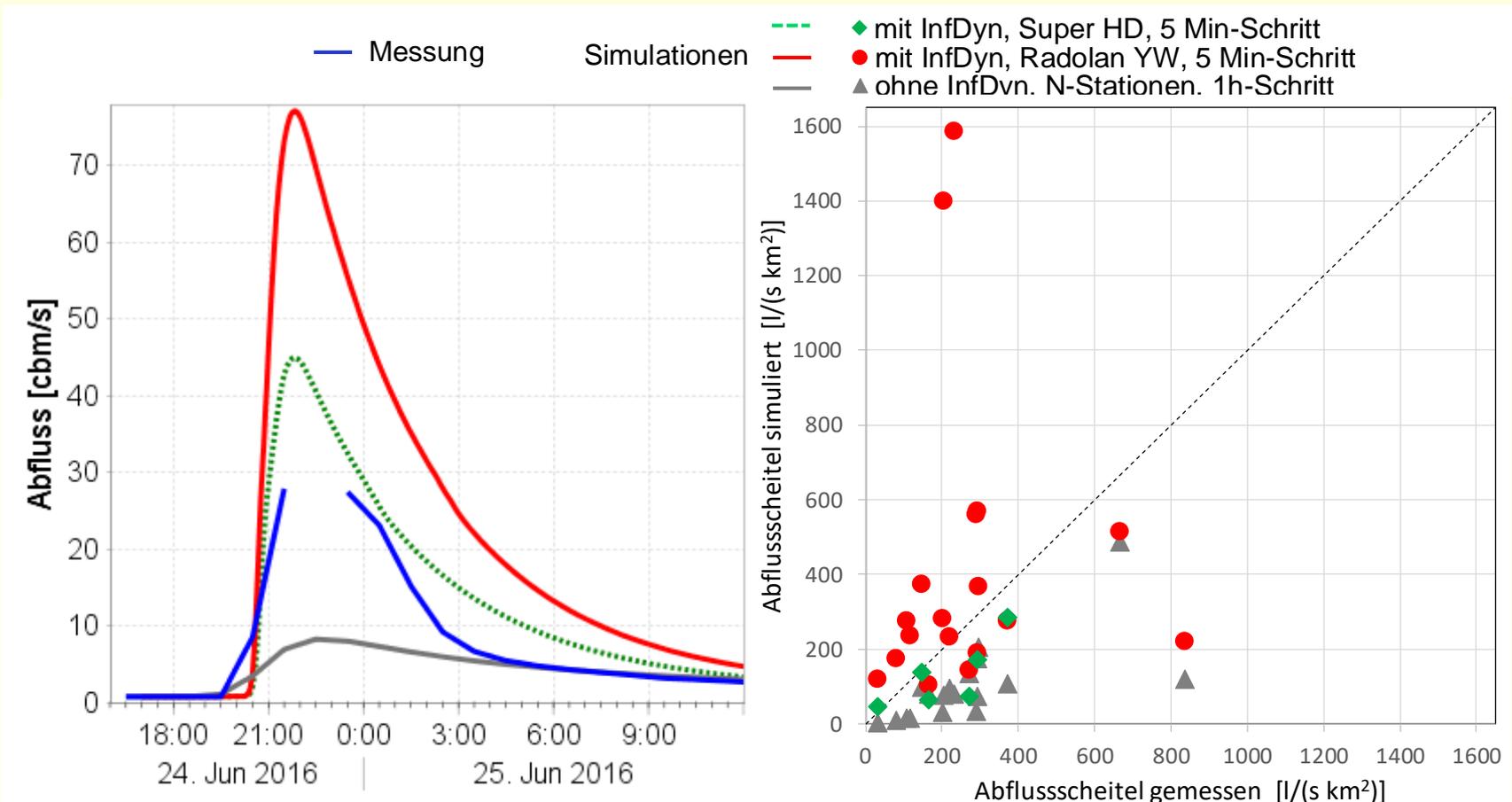
— Gewässer
□ Landesgrenze BW



- Hier: Überschätzung des Niederschlags um Faktor $\sim 3,5$ durch Radolan
- Auch die anderen Ausreißer sind durch unplausible Nied-Daten bedingt

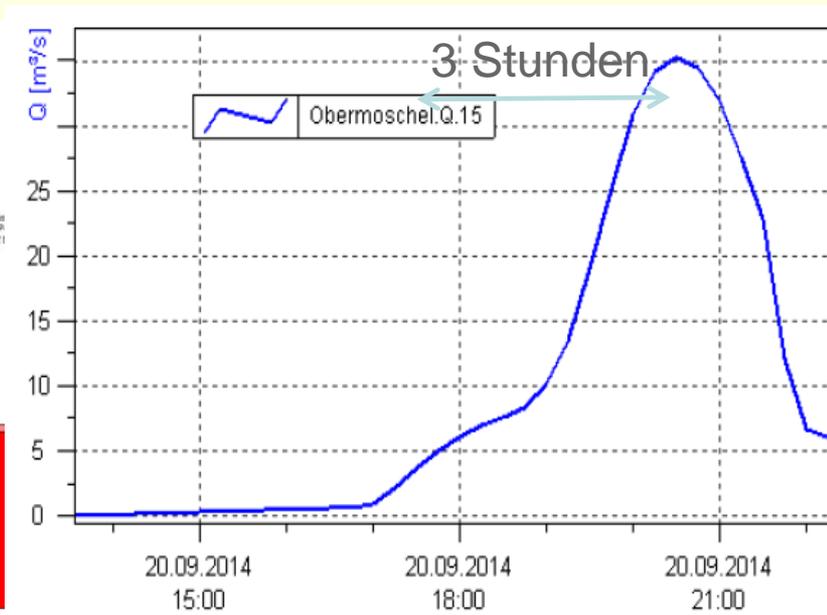
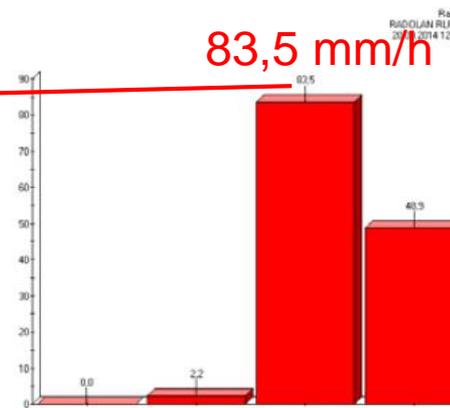
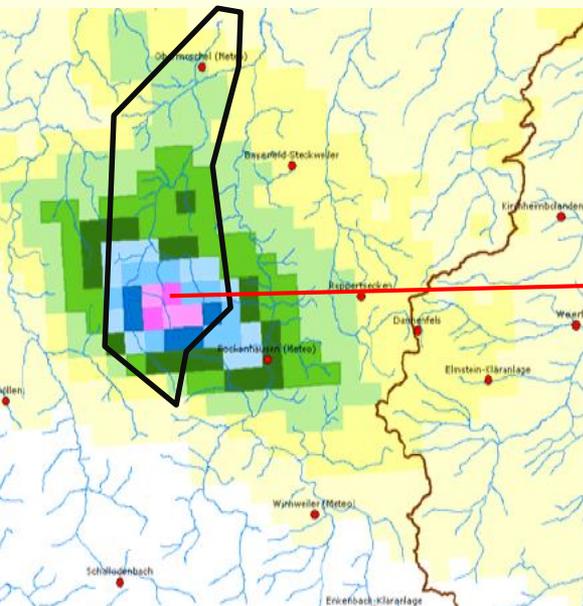
Testrechnungen: Ergebnisse BaWü

- Dynamisches Infiltrationsmodul + Zeitschritte 5 Minuten
- Super HD Produkt der Firma Meteologix (nur 7 der 20 Ereignisse)
- Deutliche Unterschiede der zwei Radar-Produkte
- Super HD liefert in der Regel geringere Niederschläge als Radolan YW



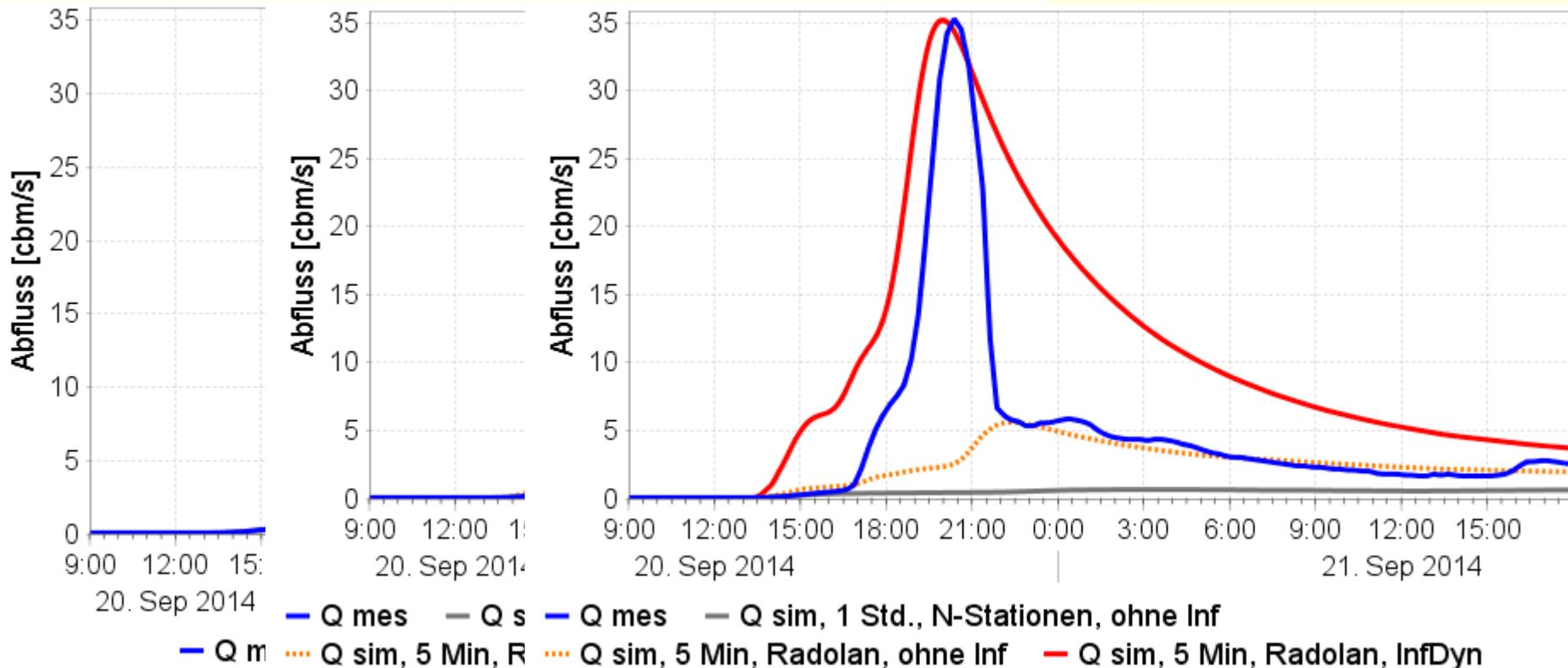
Testrechnung: Obermoschel RLP

- Extremes Starkregenereignis am 20.09.2014
- Im EZG Obermoschel / Moschel (61 km²)
- Erzeugte innerhalb sehr kurzer Zeit extremes Hochwasser
- Ereignis wurde von LARSIM mit Stationsdaten nicht erfasst
- Testrechnungen für dieses Ereignis mit Dynamischer Infiltration



Testrechnungen: Ergebnisse RLP

- Ausgangslage: Ereignis wird mit N-Stationen nicht erfasst
- Mit 5 Min.-Schritten + Radolan ohne Dyn. Infiltration → grobe Unterschätzung
- Mit 5 Min.-Schritten + Radolan mit Dyn. Infiltration → Ereignis wird gut erfasst
- Aber: Volumen mit Radolan und InfDyn überschätzt



Zusammenfassung

- Dynamische (und statische) Infiltration erfolgreich in LARSIM implementiert und getestet
- Vorgehen zur physikalischen Parametrisierung für Baden-Württemberg abgeleitet und dokumentiert, darauf basierend erfolgreich auf RLP übertragen

Testrechnungen für 21 Ereignisse und 17 Pegel zeigen:

- Durch das Infiltrationsmodul und Nutzung raum-zeitlich hoch aufgelöster Radardaten werden Hochwasser infolge von Starkregen wesentlich besser erfasst und abgebildet
- Einzelne Ausreißer können auf klar unplausible Radar-Niederschläge zurückgeführt werden
- Mit DWD Radolan YW Tendenz zur Überschätzung der Abflussereignisse (Niederschlags-Bias? Modell-Bias?)
- Große Unterschiede zwischen Meteologix Super HD und DWD Radolan YW (7 Ereignisse)
 - Erfolgreiche Weiterentwicklung von LARSIM WHM
 - Detailverbesserungen an LARSIM sicher möglich
 - Basis für weitere Verbesserung der Hochwasser-Frühwarnung für kleine Einzugsgebiete
 - Weiterführende Anwendungsmöglichkeiten

Ausblick

Radarprodukte:

- Deutliche Unterschiede von zwei hier analysierten Radar-Produkten
- Unsicherheit durch Radar-Nied vermutlich größer als durch Modell / Parametrisierung
- Weitere Verbesserung der Radar-Niederschläge sehr wünschenswert

LARSIM Analyse / Entwicklung:

- Indirekter Einfluss der Kalibrierung über Bodenfeuchte und EQD2 auf Starkregenabfluss
→ Analyse und Berücksichtigung in Kalibrierstrategie
- Mittelfristig Überprüfung / Verbesserung der Parametrisierung der Dyn. Infiltration
(z. B. Makroporen, Trockenrisse, Verluste bei Abflusskonzentration)

Kurzfristige Nutzungsmöglichkeiten:

- Weiterentwicklung der Hochwasser-Frühwarnung
- Ermittlung von Oberflächen-Abfluss-Karten / Bemessungsgrößen
auch kleinräumig auf Ebene der Unterteilgebiete / Hydrotope

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Literatur und Quellen:

- Haag, I., Aigner, D., Krumm, J., Regenauer, J., Steinbrich, A., Weiler, M., Sieber, A., Bremicker, M., 2019. Simulation von Hochwassern in der Folge von Starkregen mit LARSIM – ein Beispiel für die zielführende Nutzung vorhandener Bodendaten. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 41.19 (im Druck).
- Steinbrich, A., Leistert, H., Weiler, M., 2016. Model-based quantification of runoff generation processes at high spatial and temporal resolution. Environ. Earth Sci. (2016)75, 1423 (DOI 10.1007/s12665-016-6234-9)