

# 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

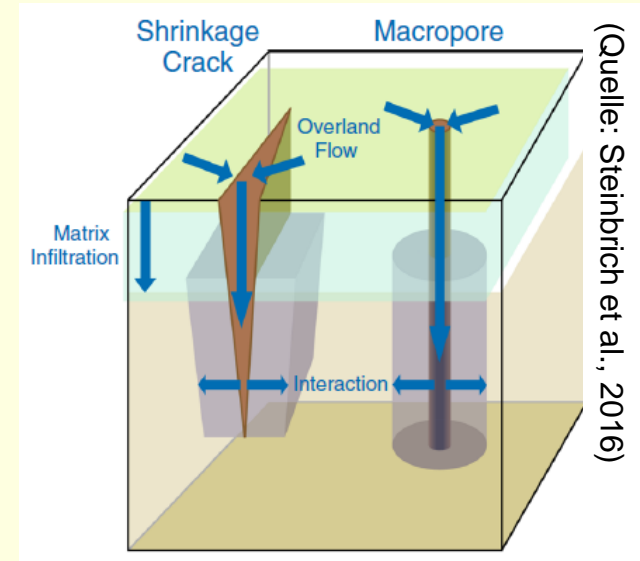
# Dynamische Infiltration: Prozessbeschreibung

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

## Gekoppelte Simulation der Infiltration über:

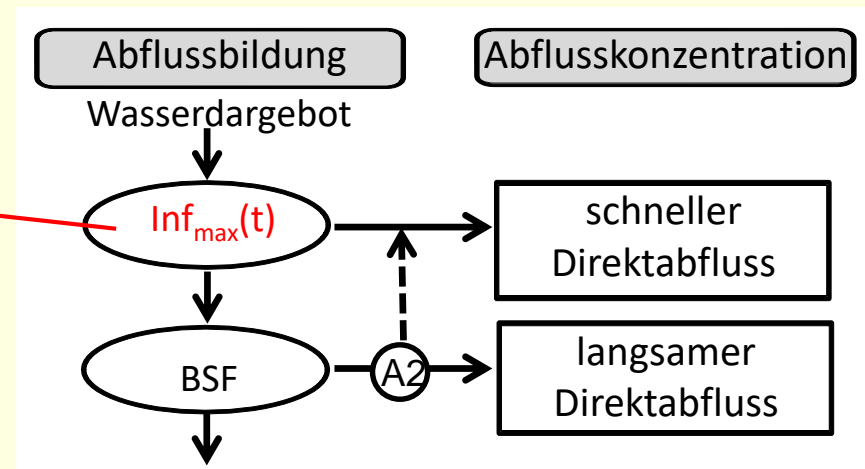
- Matrix
- Makroporen
- Trockenrisse

Optional zusätzlich jahreszeitliche Verschlämmung



## Summe aus den 3 Teilprozessen:

→ Dyn. berechnete maximale  
Gesamtinfiltration



# Dynamische Infiltration: Ableitung der Parameter

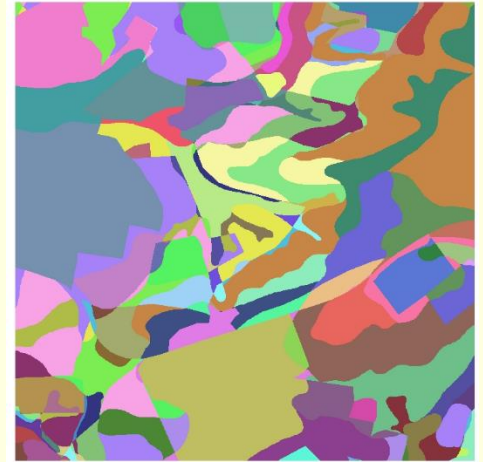
- 9 physikalisch basierte (Boden-) Parameter
- Auf Ebene der Unterteilgebiete (Hydrotupe)

## Infiltrations-Parameter:

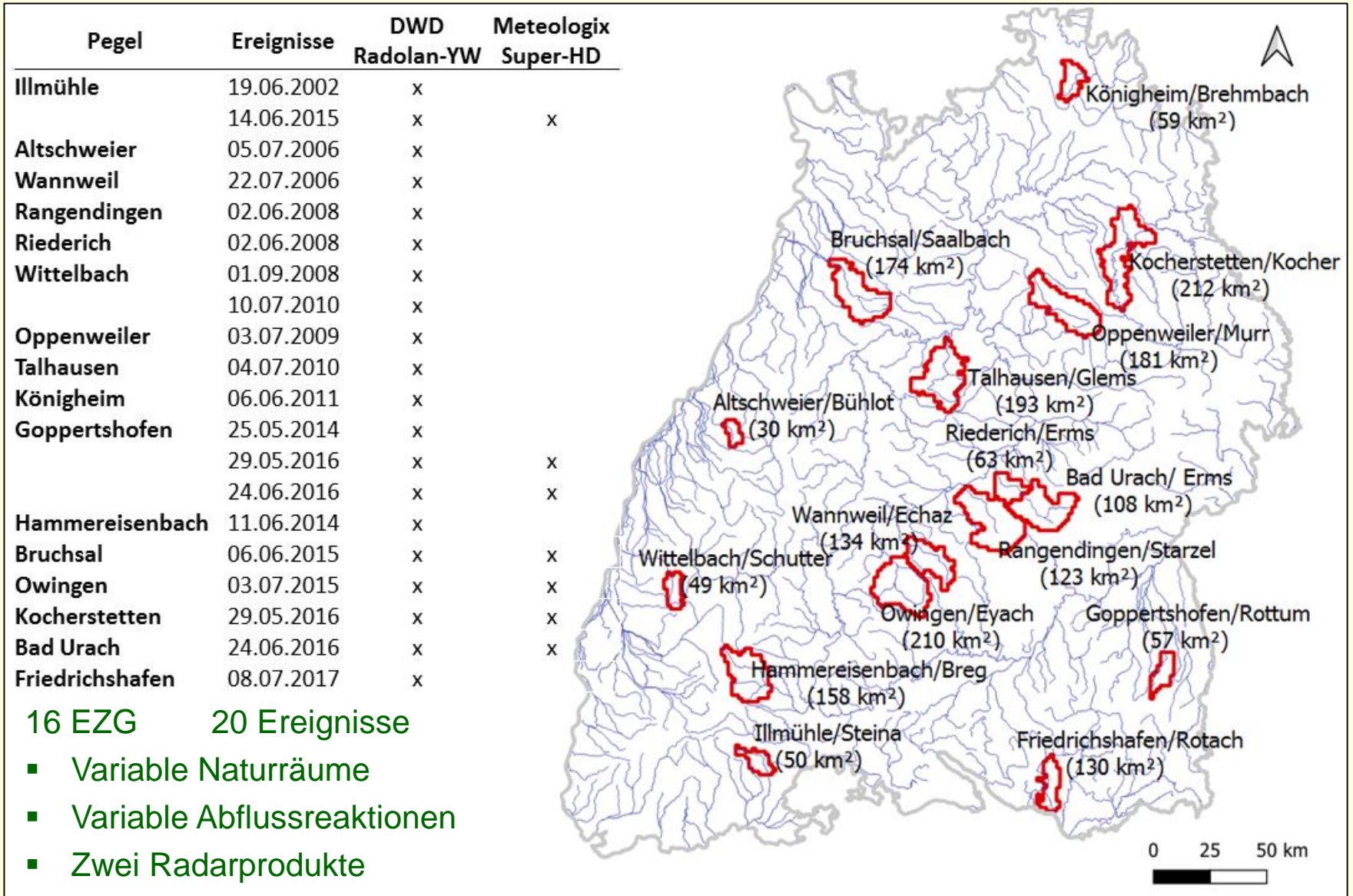
- kf: gesättigte hydraulische Leitfähigkeit [mm/h]
- nFKVol als Volumenanteil [ ]
- LKVol als Volumenanteil [ ]
- wsf: Saugspannung an der Sättigungsfront [mm]
- MPdichte: Dichte der vertikalen Makroporen [Anzahl/m<sup>2</sup>]
- MPLaenge: Länge bzw. Tiefe der vertikalen Makroporen [mm]
- TRtiefe\_max: 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 km<sup>2</sup> TGB

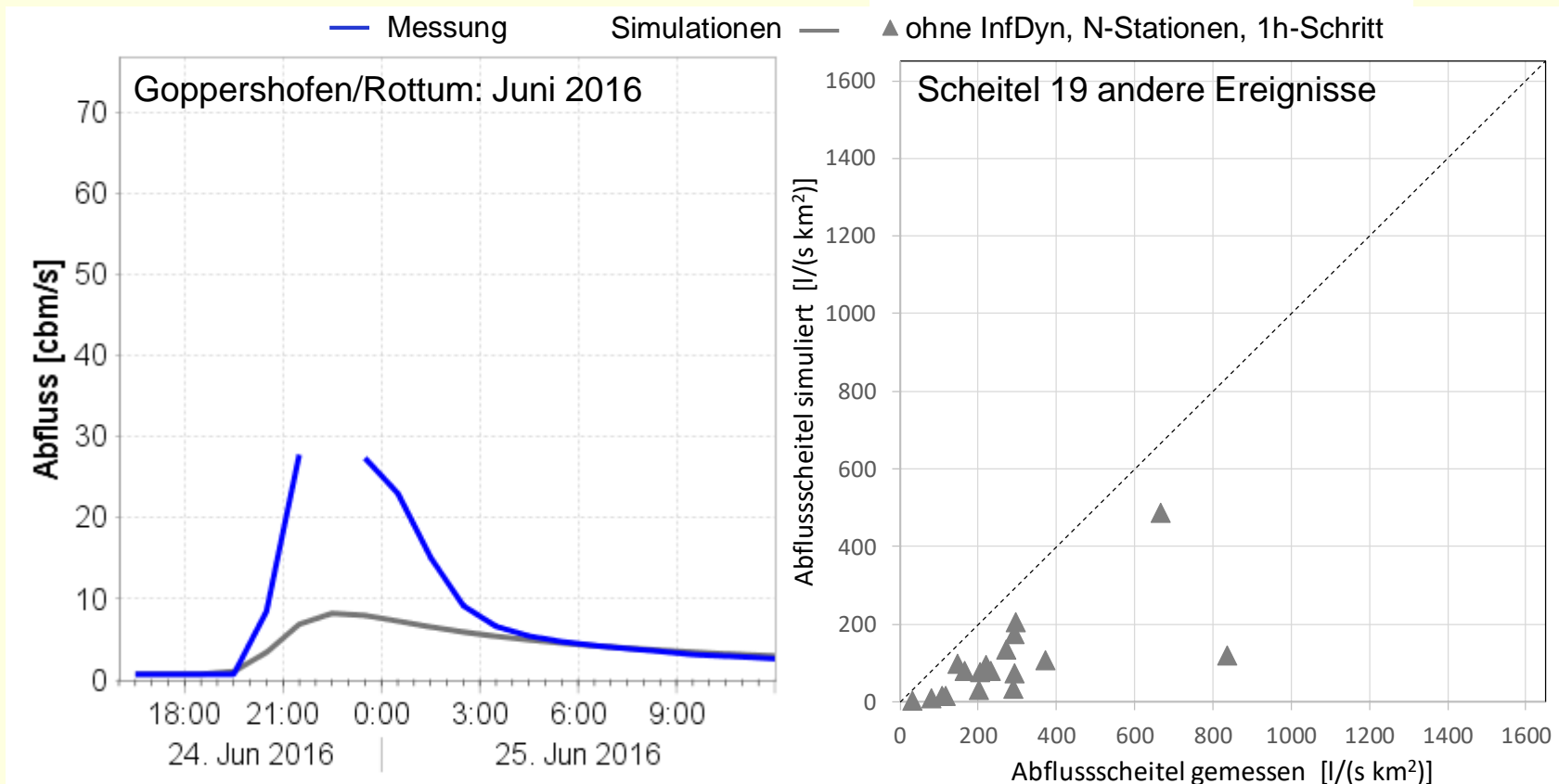


# Testrechnungen: Überblick BaWü



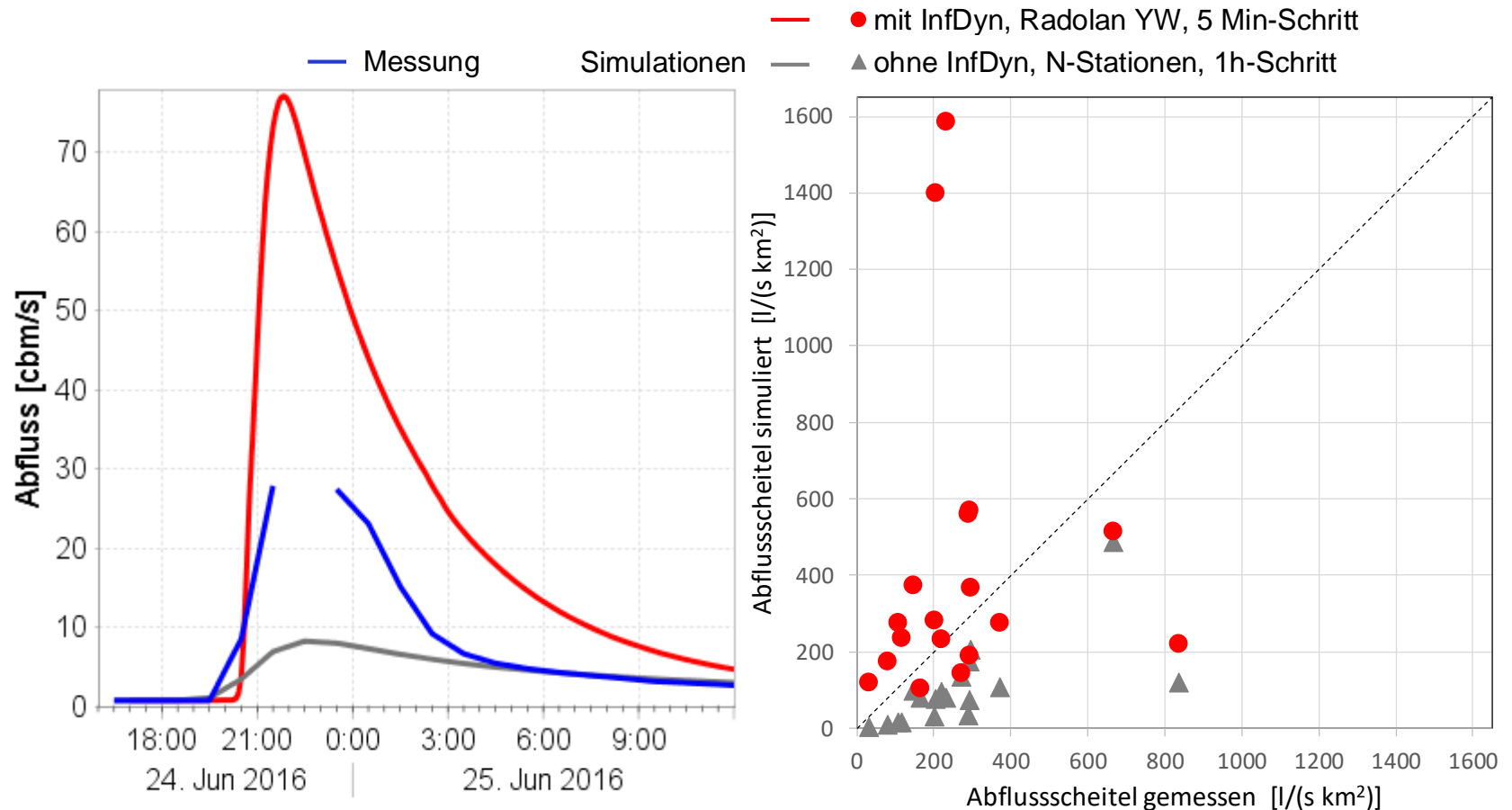
# Testrechnungen: Ergebnisse BaWü

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



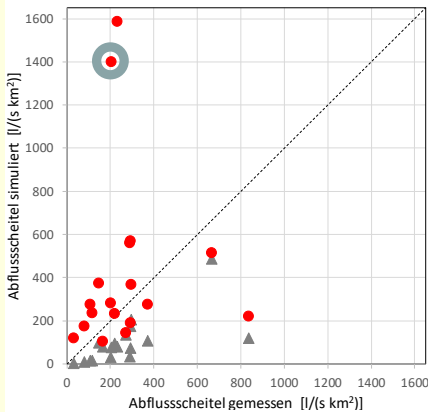
# Testrechnungen: Ergebnisse BaWü

- 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:

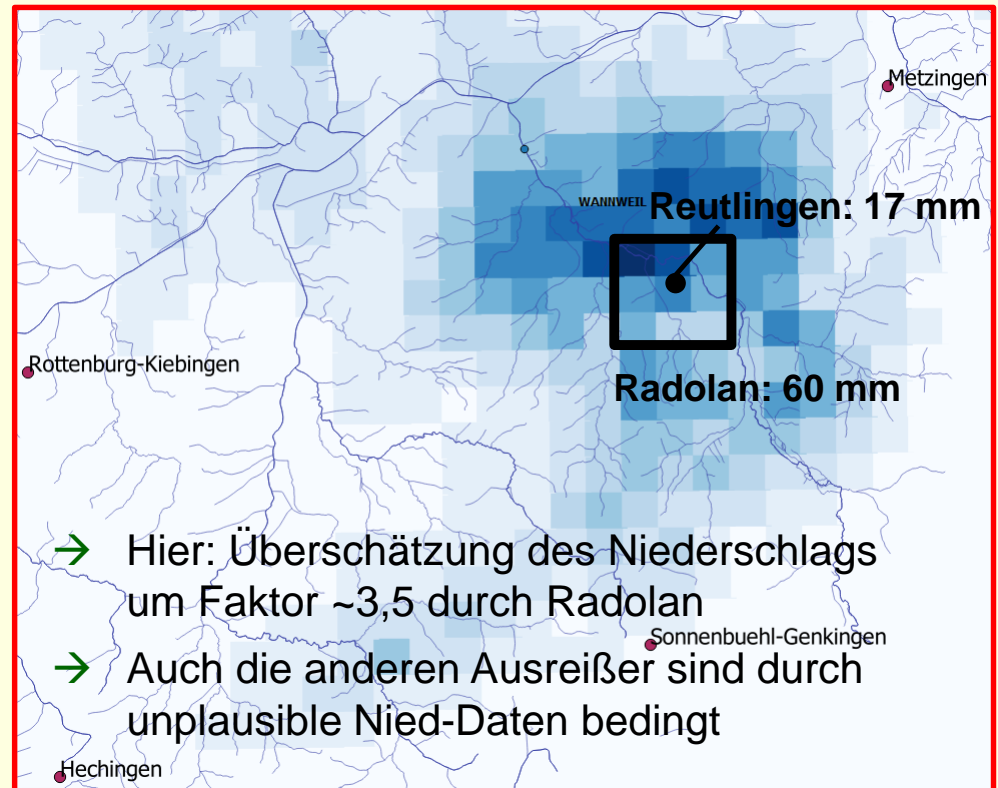
- Am 22.7.15 landesweit nur ein signifikantes Ereignis
- Für Aneichung verfügbare Stationen liegen außerhalb des Nied.-Gebiets (rote Punkte)
- Kontrollstation Reutlingen (schwarzer Punkt) im Nied.-Gebiet, liefert wesentlich geringere Nied.-Summe als Radolan

### 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

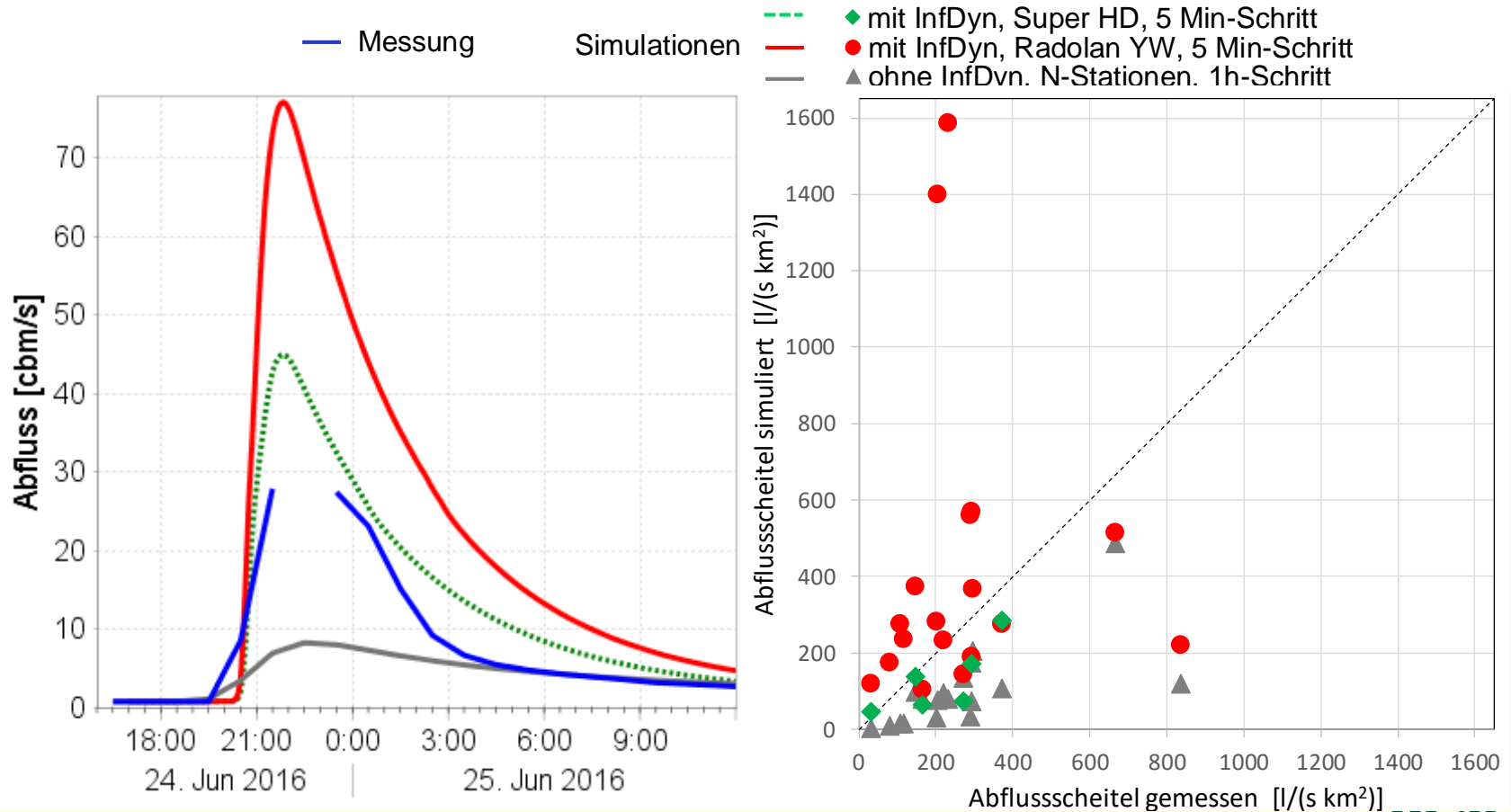
— Gewässer  
□ Landesgrenze BW



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

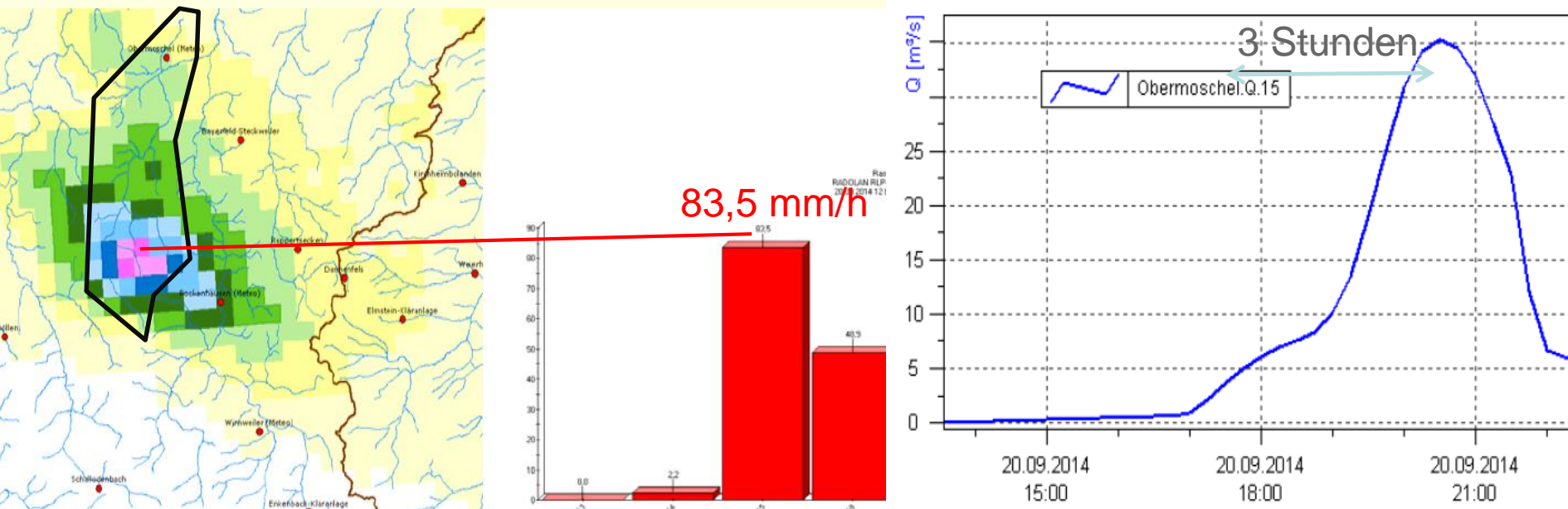
# Testrechnungen: Ergebnisse BaWü

- 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



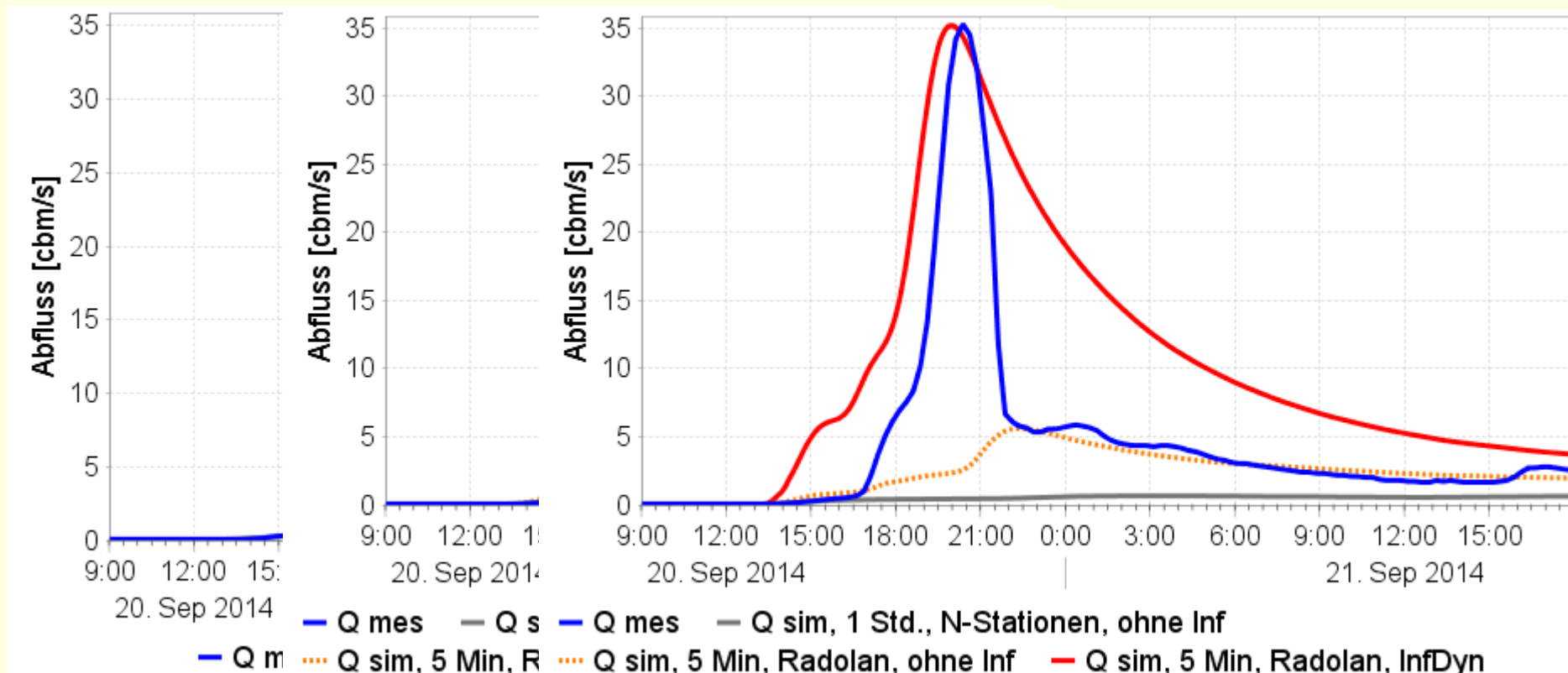
# Testrechnung: Obermoschel RLP

- Extremes Starkregenereignis am 20.09.2014
  - Im EZG Obermoschel / Moschel (61 km<sup>2</sup>)
  - 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)