

Ein Wasserhaushaltsmodell für das Einzugsgebiet des Nord-Ostsee-Kanals - Erfahrungen mit LARSIM im Tiefland -

LARSIM-Anwenderworkshop
9./10.03.2016, Augsburg

Martin Hunger¹, Christian Elpers¹, Sabine Vollmer¹
Anna-Dorothea Ebner von Eschenbach², Jochen Hohenrainer²

¹ Aquantec GmbH, Karlsruhe

² Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

- Wie gut kann LARSIM den Wasserhaushalt und den Abfluss im Tiefland simulieren?
- Modellkonfiguration, Naturräumliche Einordnung
- Exemplarische Modellergebnisse – Wo liegen die Probleme?
- Analyse der Abflussbildung an einem grundwassernahen Geest-Standort

■ LARSIM-WHM im Auftrag der BfG

■ Ziel

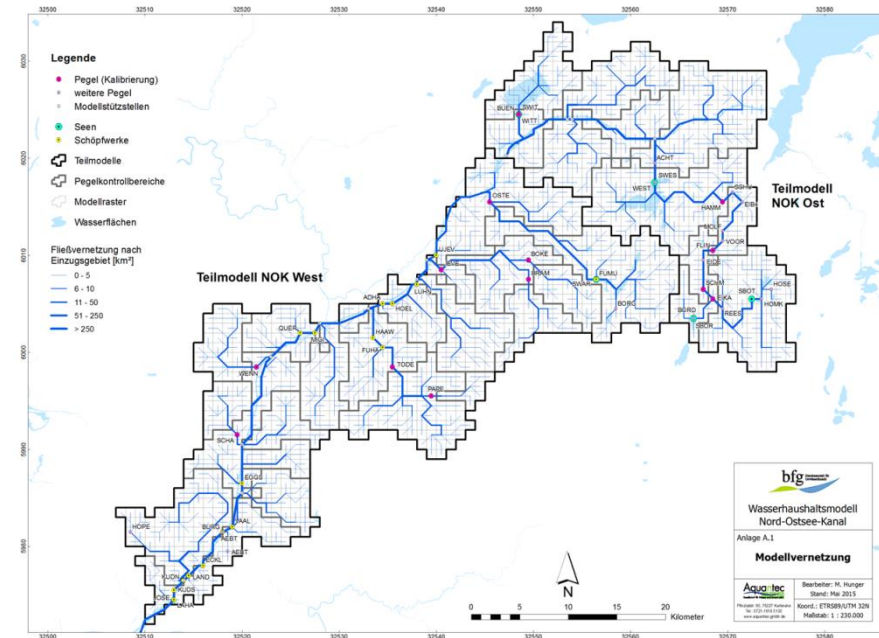
- Simulation der Zuflüsse zum NOK

■ Konfiguration

- Rastermodell (1 km²) , Fläche 1527 km²
- Simulation im Tageszeitschritt, Antrieb: SYNOP-Rasterdaten aus Messwerten
- 4 Abflusskomponenten
- Erweiterte Bodenparameter

■ Besonderheiten

- 18 Schöpfwerke, 5 Seen
- komplexe Gewässerstrukturen in Entwässerungsgebieten (Düker)
- extrem geringes Gefälle in Teilbereichen
- viele grundwassernahe Standorte
- ➔ kein „klassisches“ LARSIM-Gebiet



■ Kalibrierung (9 Jahre, 2002-2010)

- an 13 Pegel mit gemessenen Abflüssen (37 % d. Fläche)
- ➔ Modellgüte gut bis befriedigend (bessere Ergebnisse im östlichen Bereich)

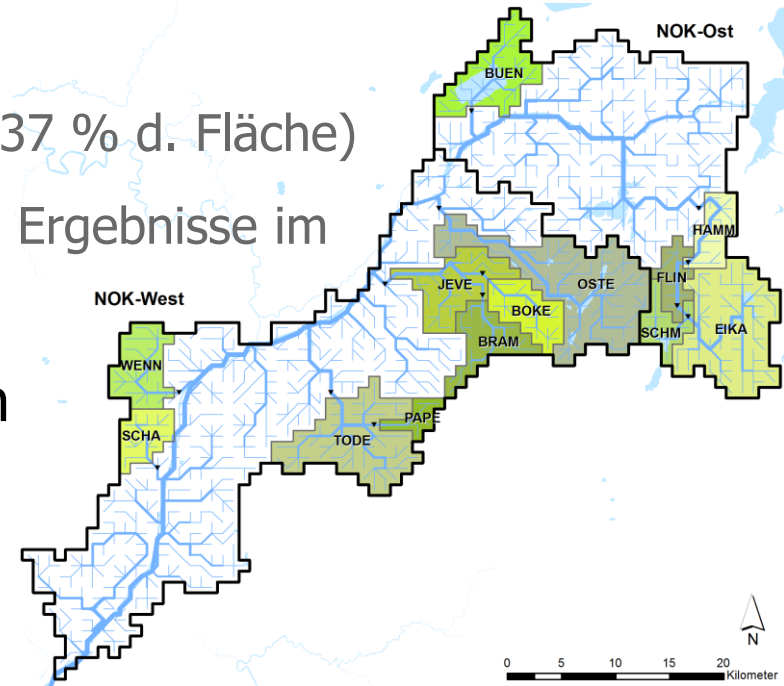
■ Validierung an den kalibrierten Pegeln

- 5 Jahre (1999-2001 u. 2011-2012)
- Zusätzlich mit alternativem Klimadaten-satz (HYRAS): 8 Jahre, 1999-2006

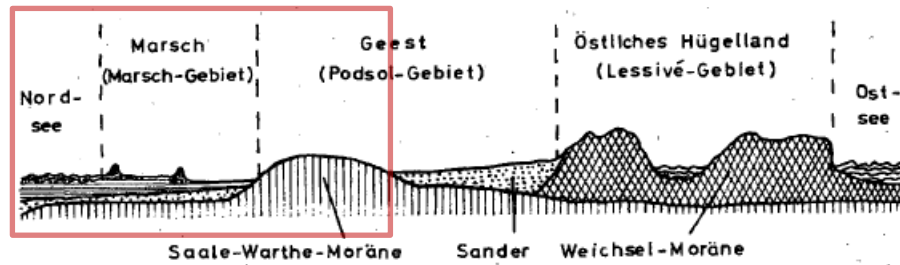
- ➔ Modellgüte gegenüber Kalibrierung vergleichbar, z.T. etwas besser

■ Regionalisierung

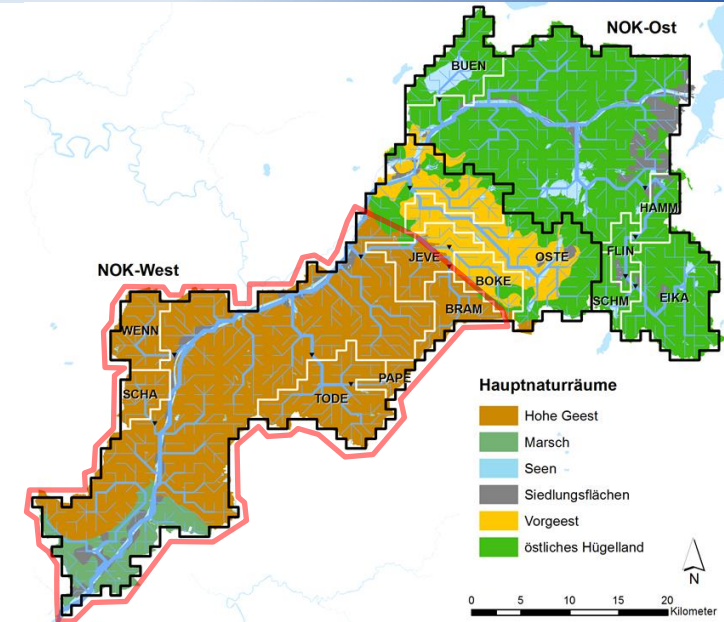
- Übertragung der Modellparameter auf 15 unbeobachtete Pegelkontrollbereiche auf Basis naturräumlicher Kriterien



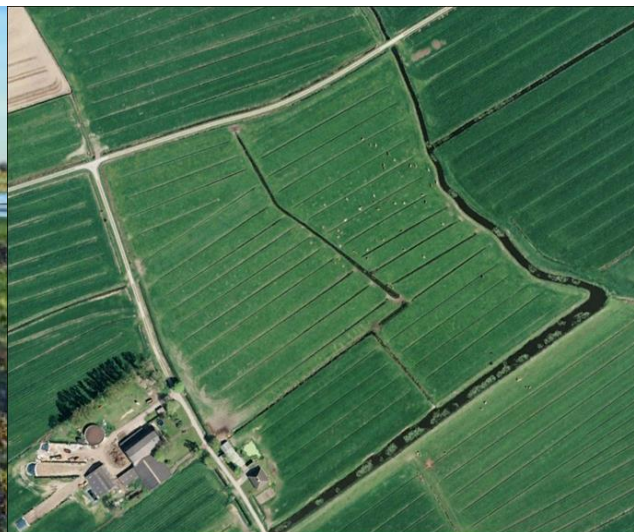
■ südwestliches Modellgebiet: Marsch & Altmoränenlandschaft



Brümmer, G. und Schroeder, D. (1971): Landschaften und Böden Schleswig-Holsteins- insbesondere: Böden der Marsch-Landschaft. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 13, Seiten 7-57.



10.03.2016

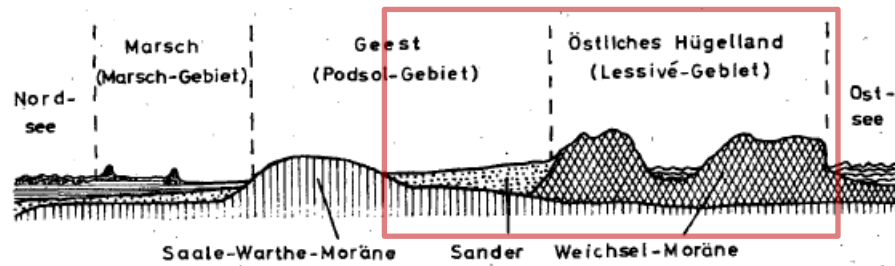


LARSIM-Anwenderworkshop 2016, Augsburg

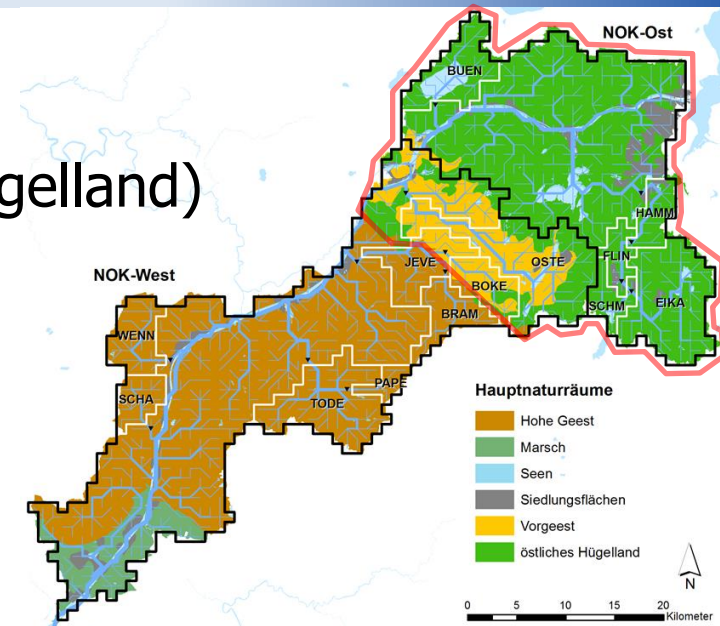


5

- nordöstliches Modellgebiet:
Jungmoränenlandschaft (Vorgeest & Hügelland)

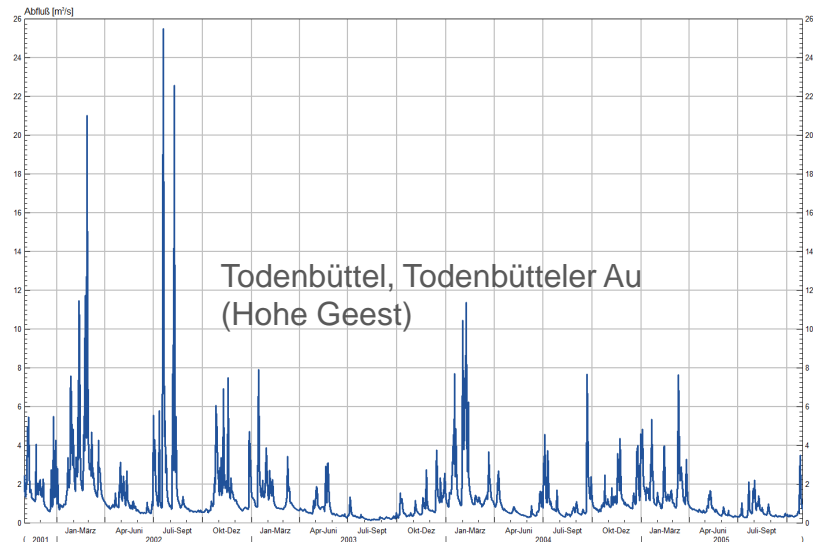
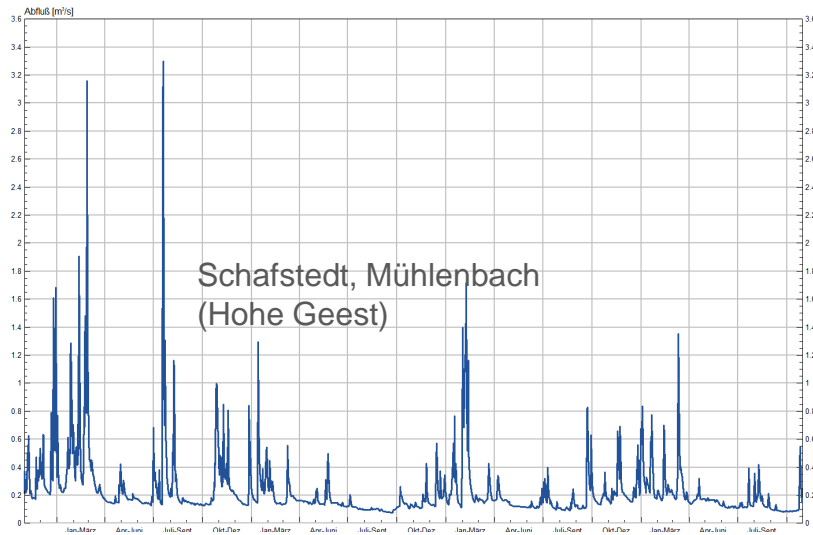


Brümmer, G. und Schroeder, D. (1971): Landschaften und Böden Schleswig-Holsteins- insbesondere: Böden der Marsch-Landschaft. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 13, Seiten 7-57.

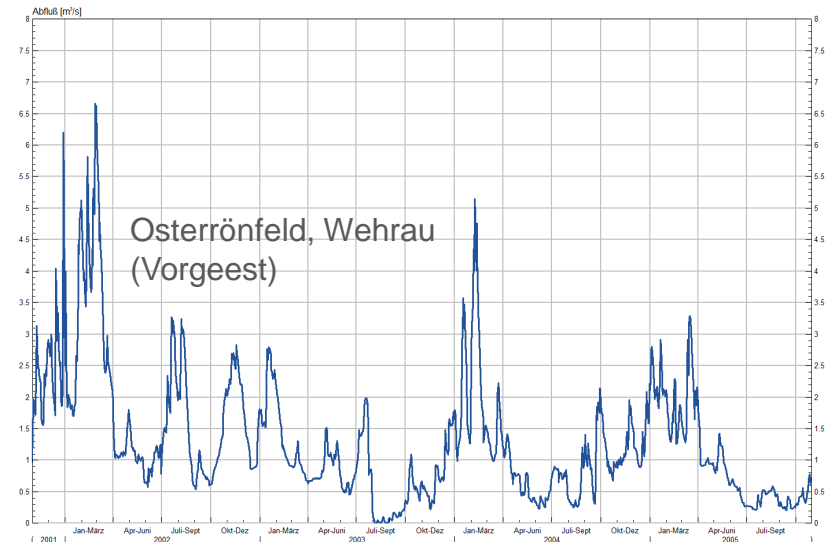
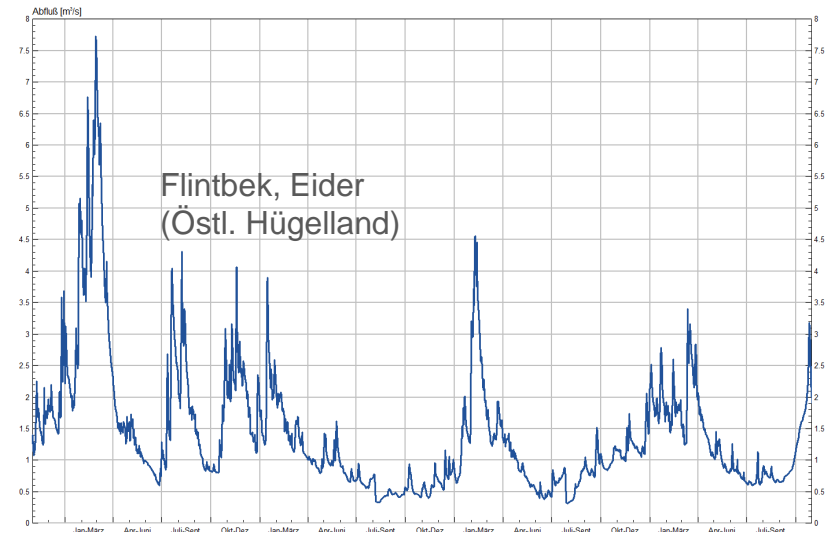


Naturräumliche Einordnung - Abflussverhältnisse

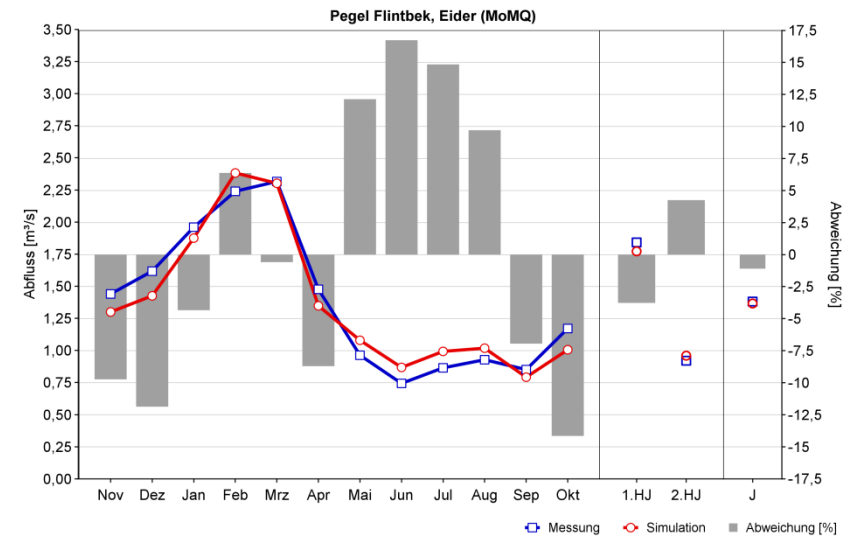
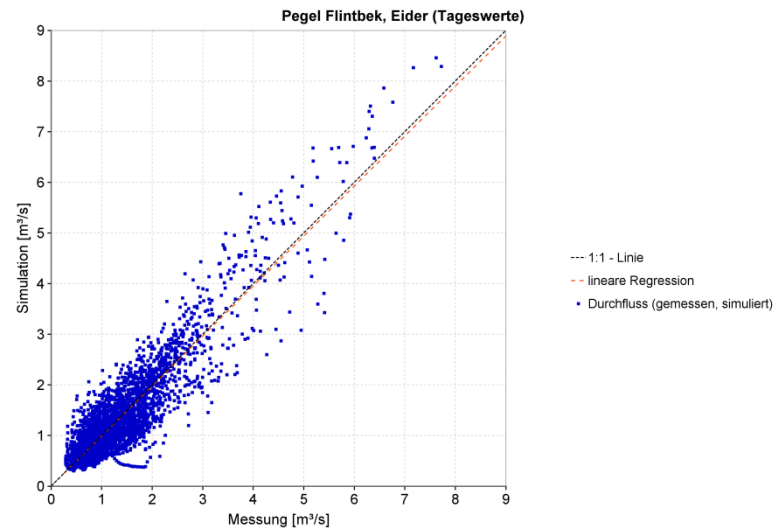
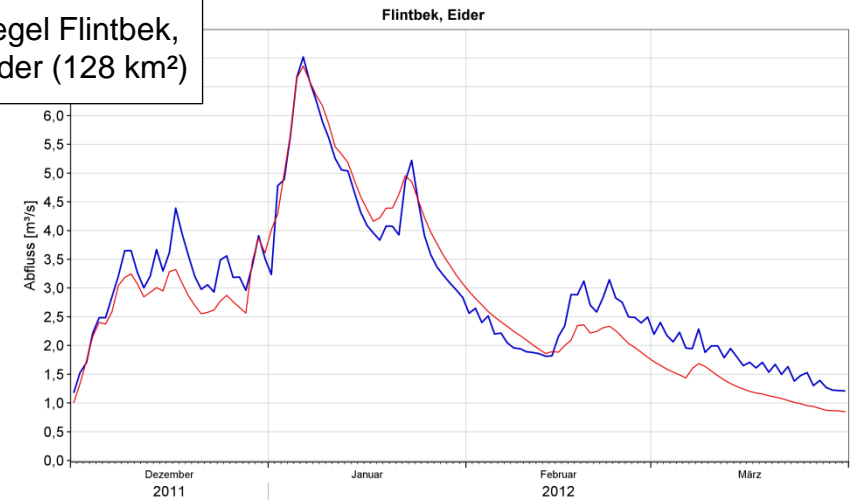
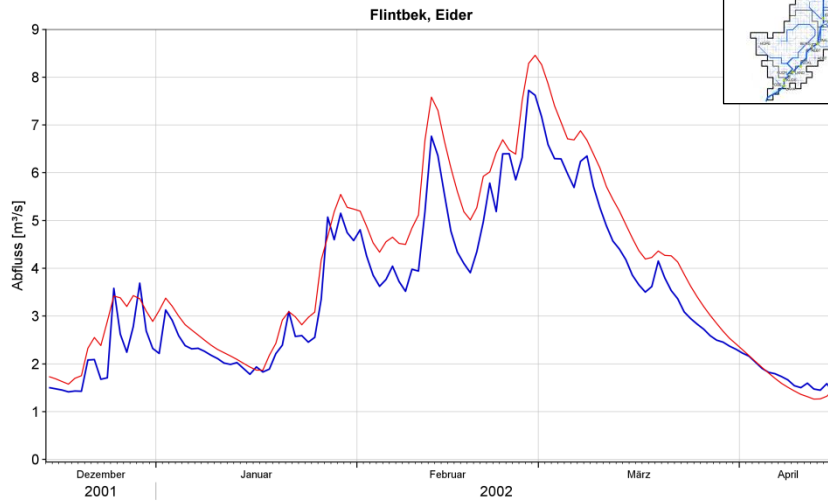
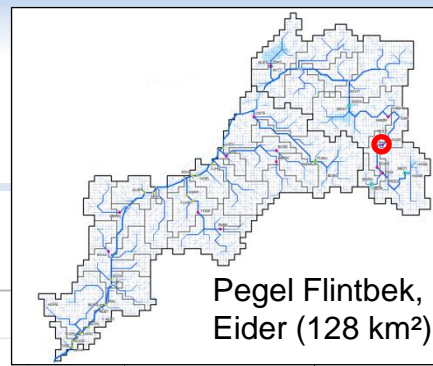
südwestliches Modellgebiet



nordöstliches Modellgebiet



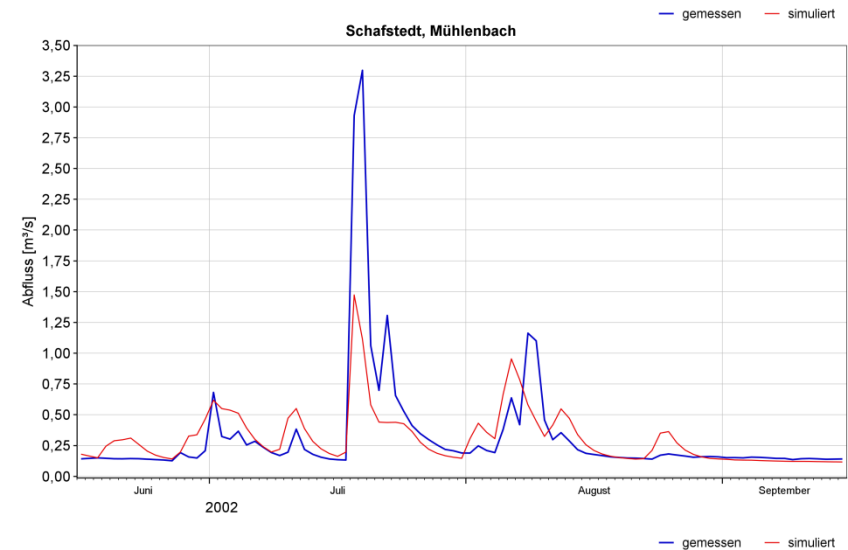
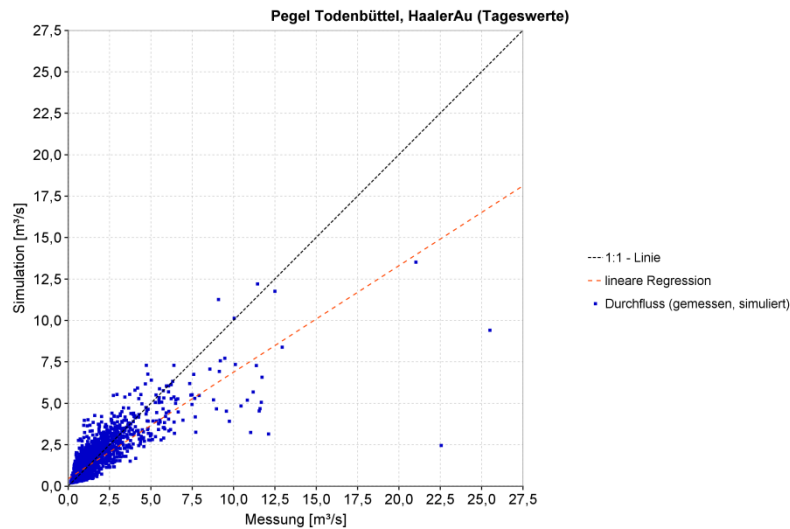
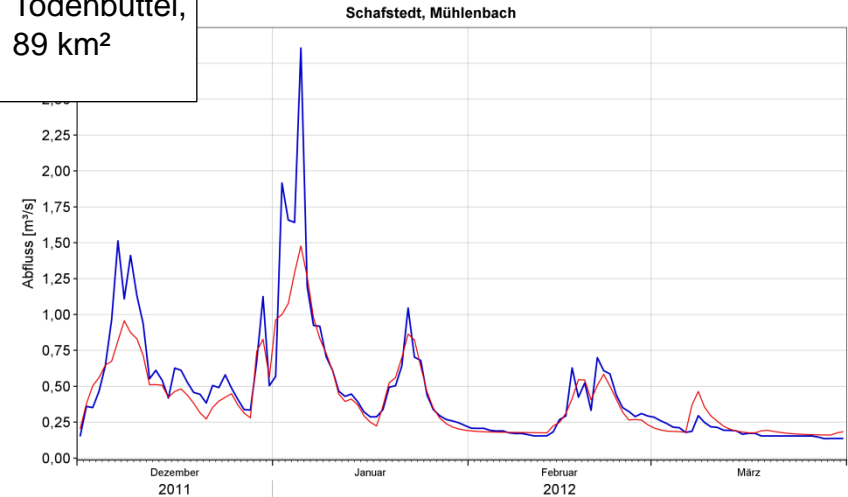
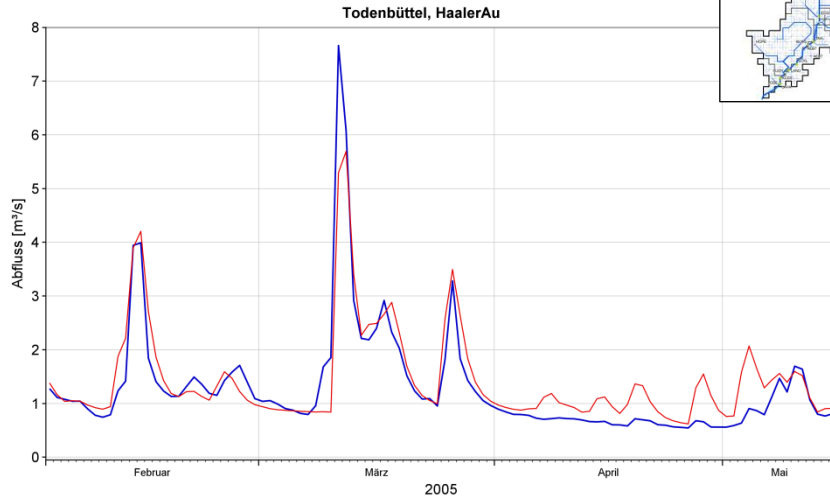
Bsp. Modellergebnisse Hügelland & Vorgeest



Bsp. Modellergebnisse Hohe Geest

Pegel
Schafstedt,
22 km²

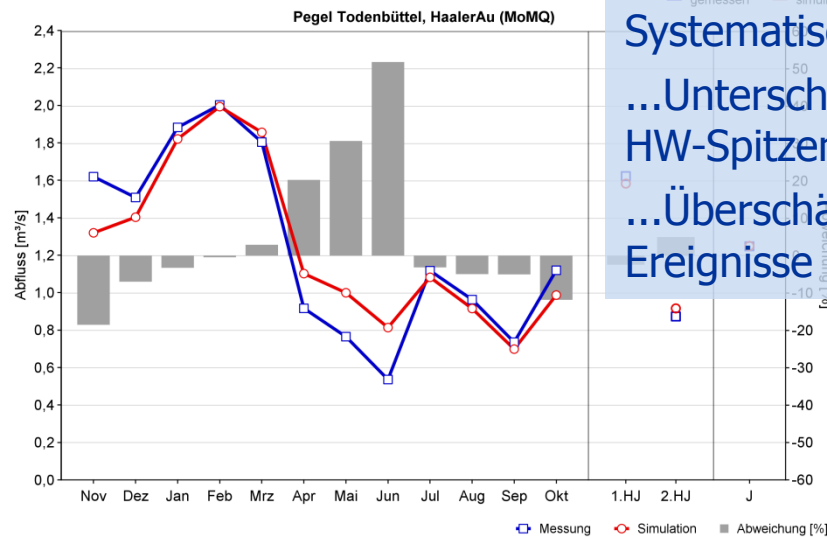
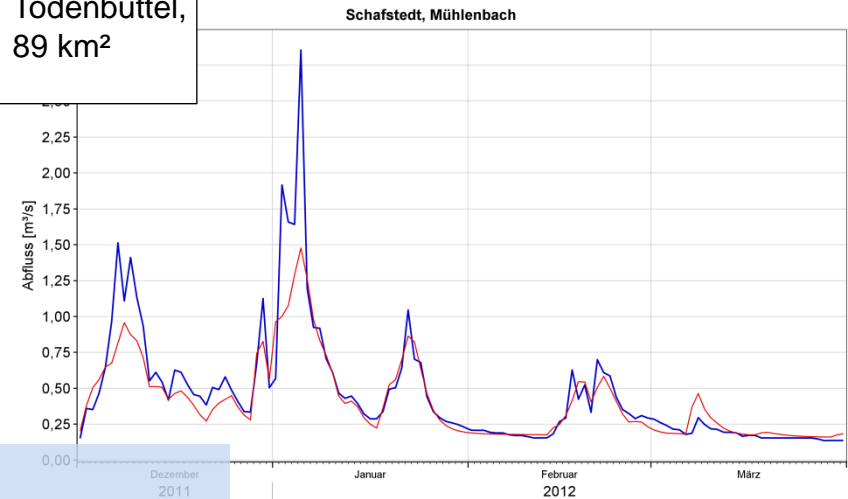
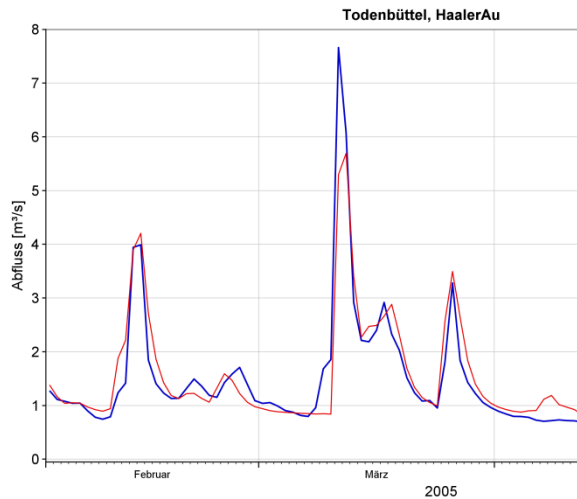
Pegel
Todenbüttel,
89 km²



Bsp. Modellergebnisse Hohe Geest

Pegel
Schafstedt,
22 km²

Pegel
Todenbüttel,
89 km²

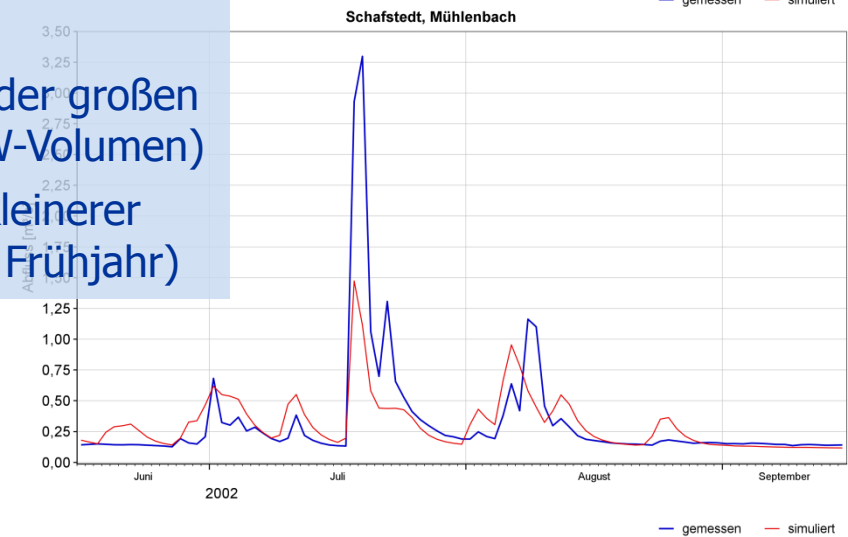


Problem im SW:

Systematische...

...Unterschätzung der großen
HW-Spitzen (u. HW-Volumen)

...Überschätzung kleinerer
Ereignisse (v.a. im Frühjahr)



Verbesserungsansätze Hohe Geest

■ Kalibrierung

- Tests mit unterschiedlich Parameterkonstellationen

■ Daten

- Korrektur der Niederschlagsdaten (Verfahren nach Richter)
- Verbesserte Globalstrahlung (lokale Messdaten)
- Alternativer Klimadatensatz (HYRAS)
- Variation der Speicherkapazität des Bodens

■ Alternative Modellansätze

- GS BASIS LIMITIERT (Begrenzung des Basisabflusses)
➔ Verbesserungen im Detail (einzelne Ereignisse), die grundlegende Problematik bleibt bei der kontinuierlichen Simulation allerdings erhalten
- TIEFENVERSICKERUNG EXPONENTIAL (Exponential Decay)
➔ Vermutlich liegt die Ursache für die Probleme in Prozessen, die vom Modell nicht erfasst werden

■ Modellzeitschritt

- Testgebiete im Stundenzeitschritt

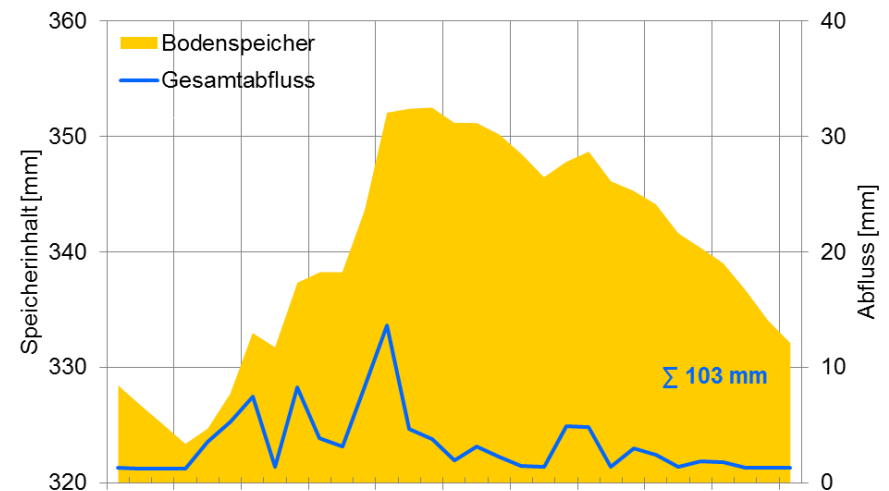
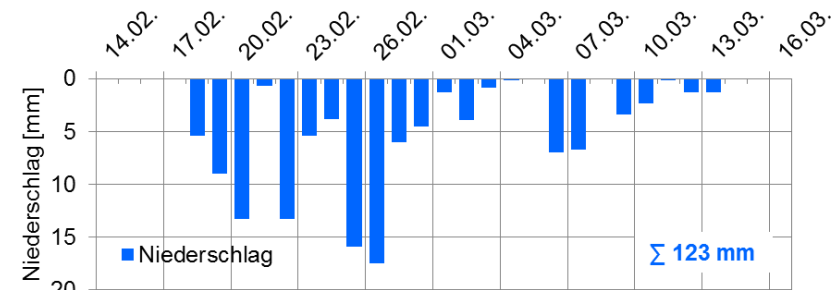
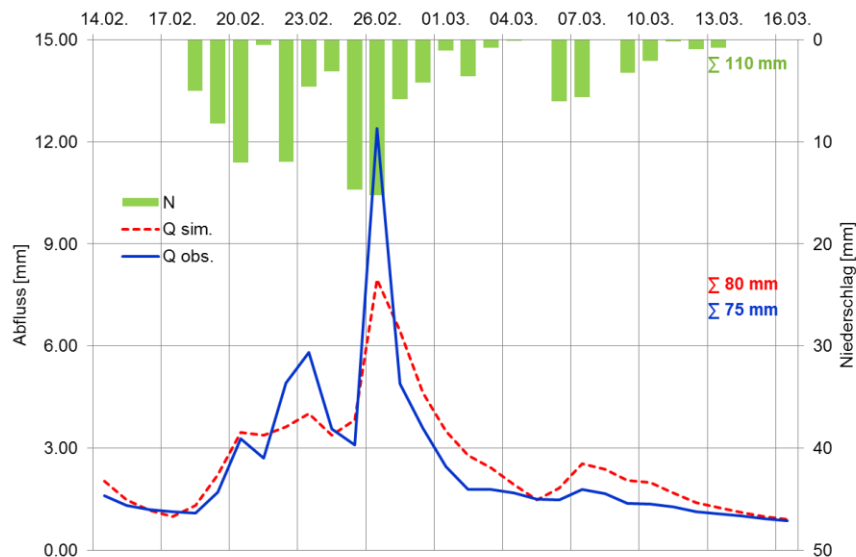
Beispielhafte Analyse der Abflussbildung im Modell an einem grundwassernahen Geest-Standort



Beispielhafte Analyse der Abflussbildung im Modell an einem grundwassernahen Geest-Standort

■ Bsp. HW Februar 2002

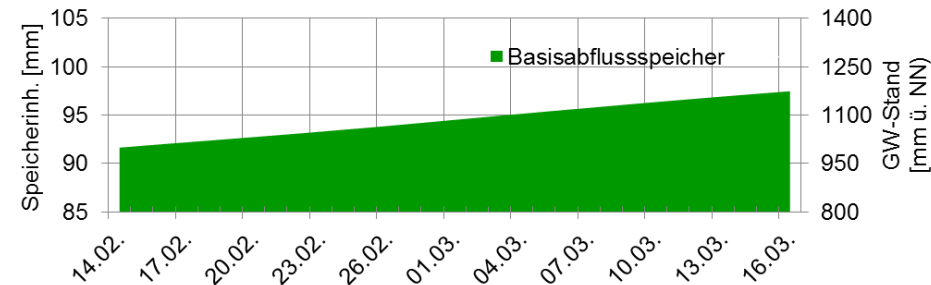
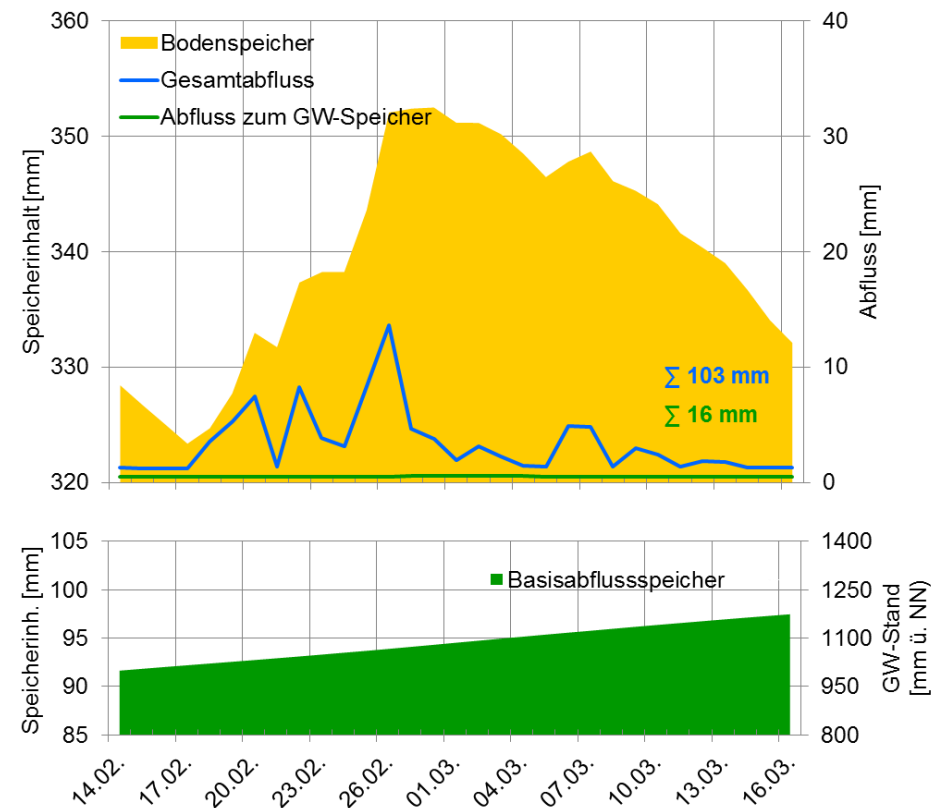
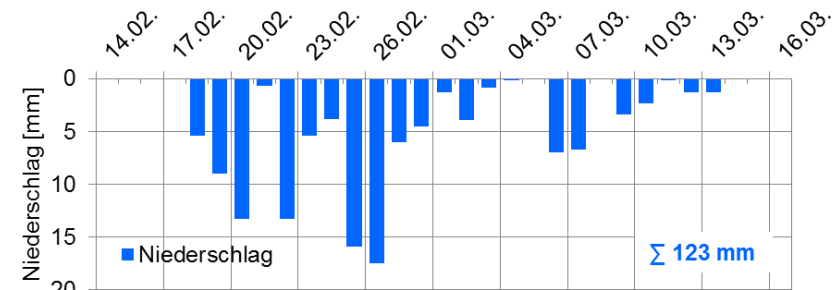
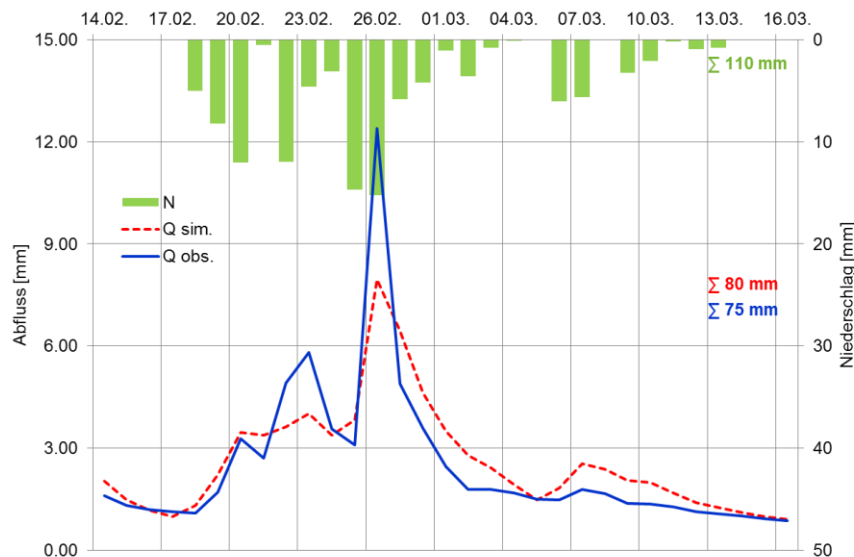
zum Vergleich: Pegel Schafstedt



Beispielhafte Analyse der Abflussbildung im Modell an einem grundwassernahen Geest-Standort

■ Bsp. HW Februar 2002

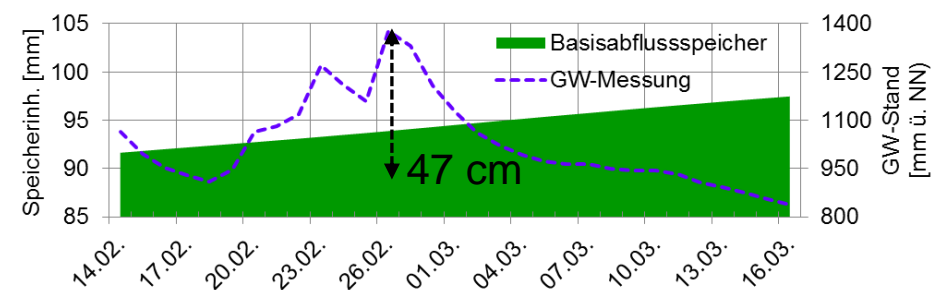
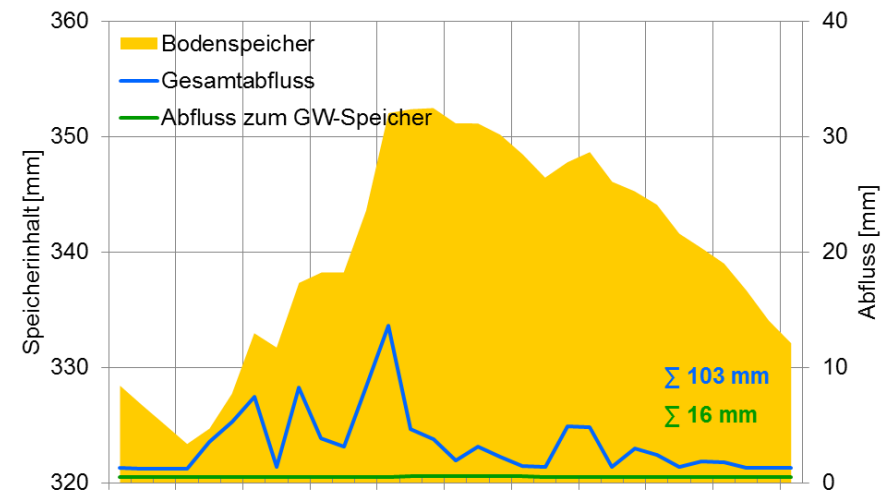
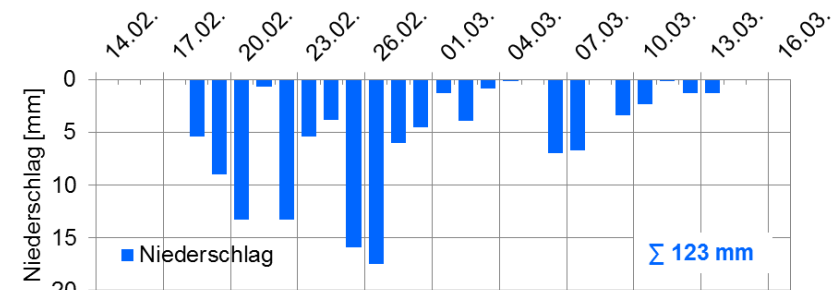
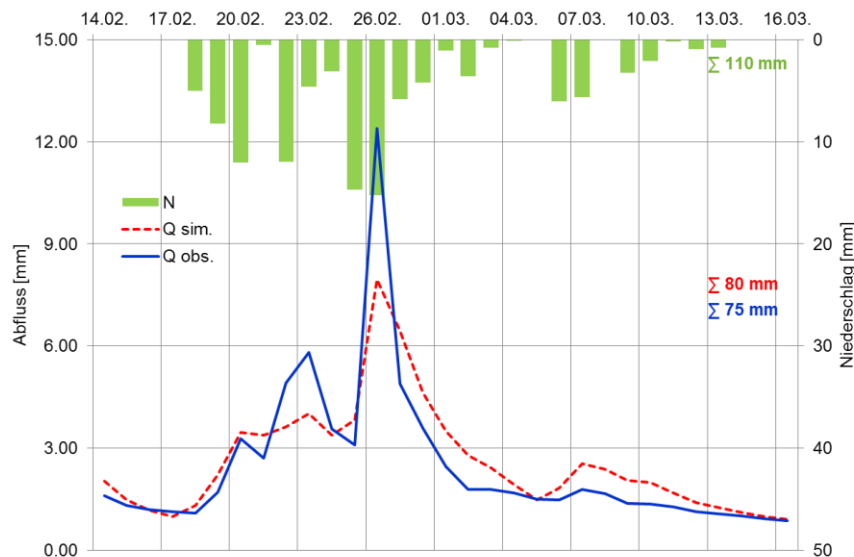
zum Vergleich: Pegel Schafstedt



Beispielhafte Analyse der Abflussbildung im Modell an einem grundwassernahen Geest-Standort

■ Bsp. HW Februar 2002

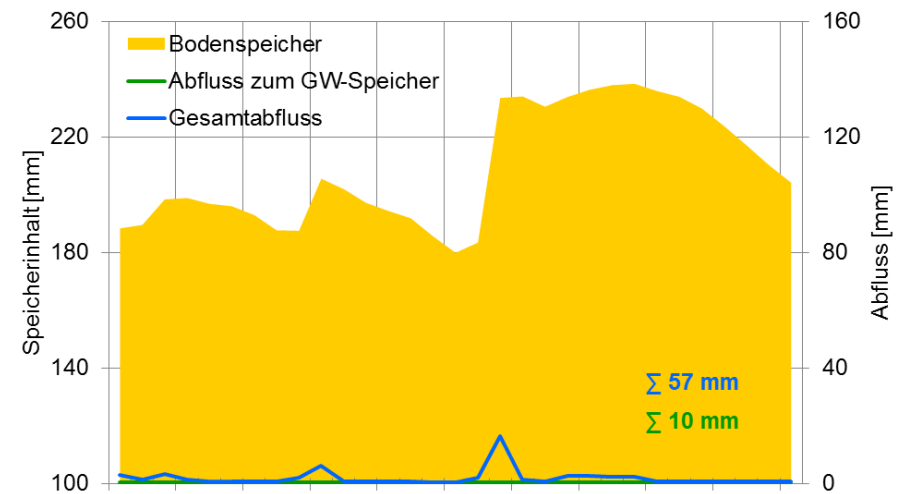
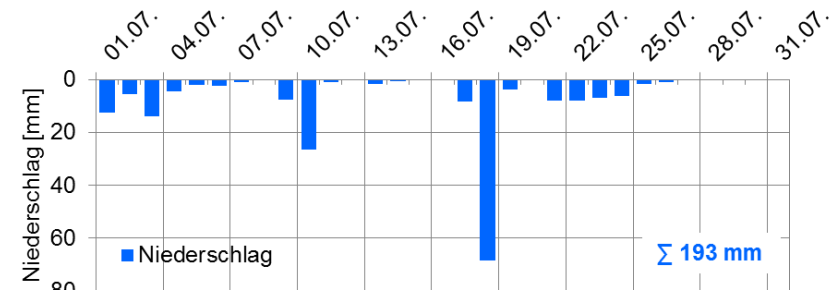
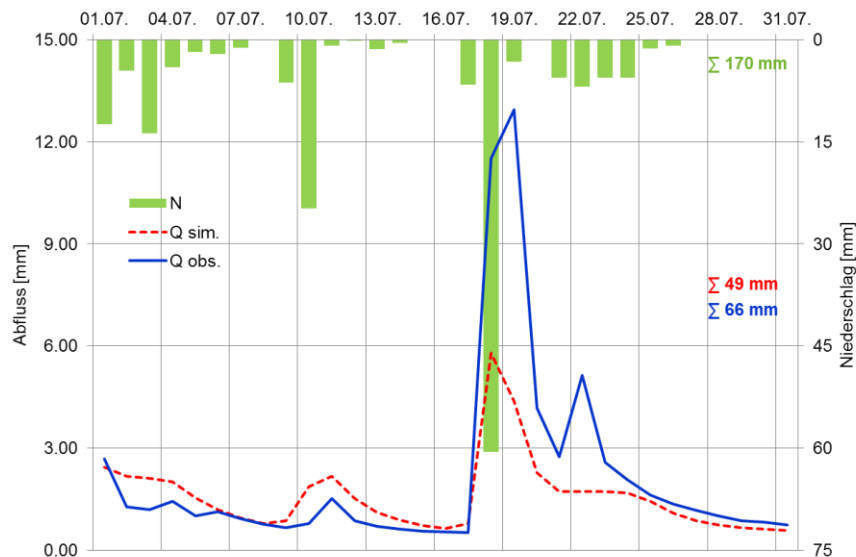
zum Vergleich: Pegel Schafstedt



Beispielhafte Analyse der Abflussbildung im Modell an einem grundwassernahen Geest-Standort

■ Bsp. HW Juli 2002

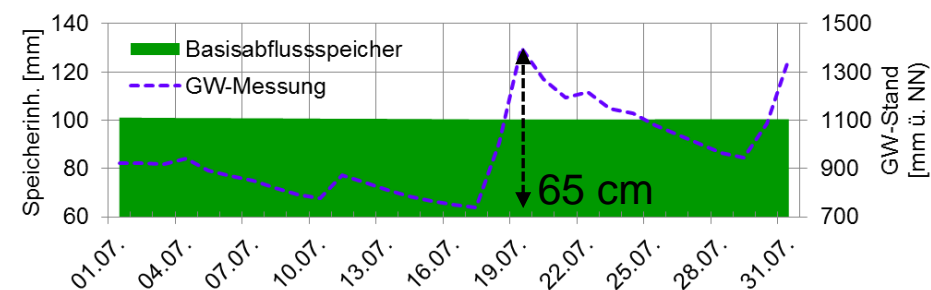
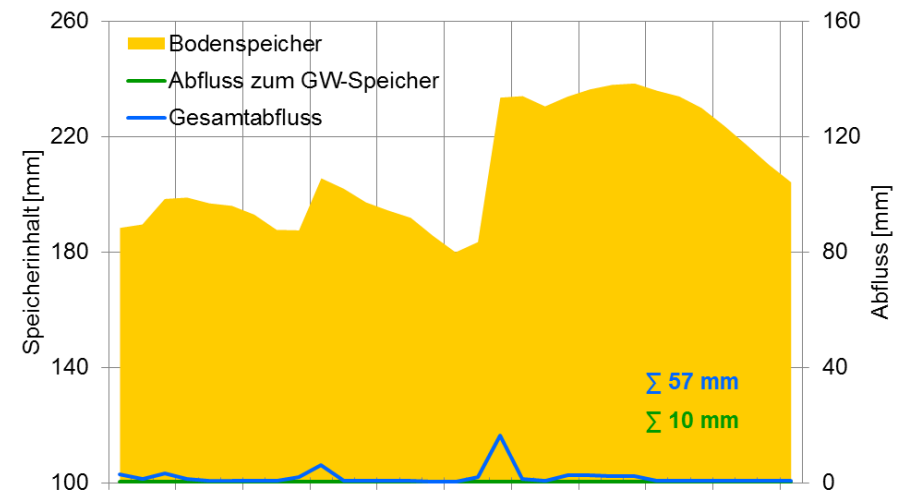
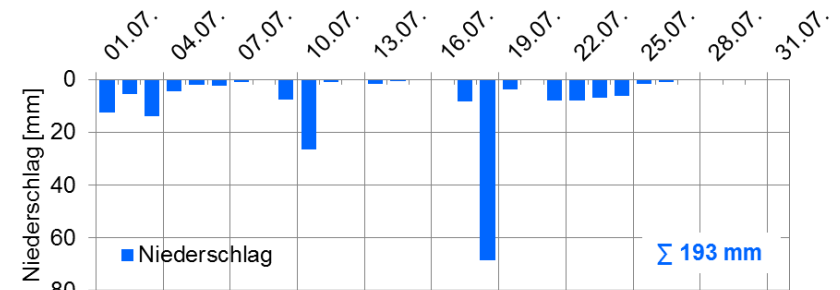
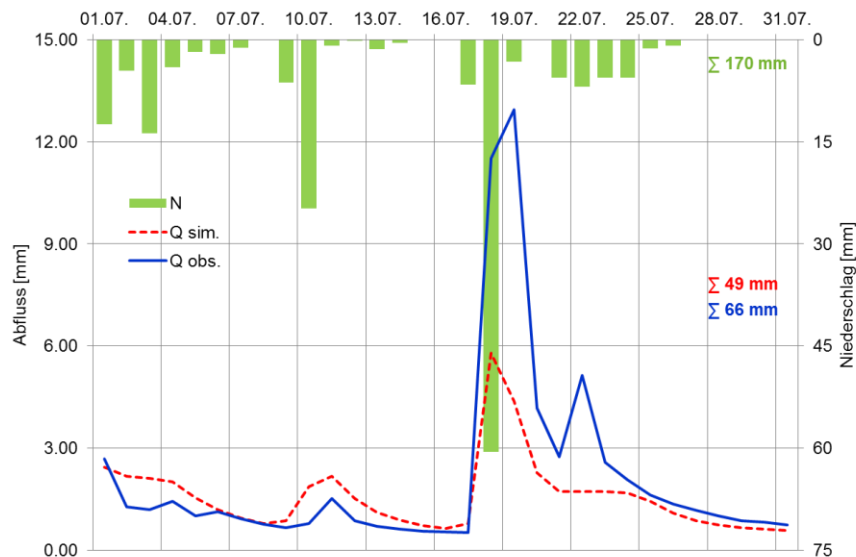
zum Vergleich: Pegel Schafstedt



Beispielhafte Analyse der Abflussbildung im Modell an einem grundwassernahen Geest-Standort

■ Bsp. HW Juli 2002

zum Vergleich: Pegel Schafstedt



■ Erkenntnisse

- Insbesondere im Sommer wird ein erheblicher (zu großer?) Anteil des Niederschlags im LARSIM-Bodenspeicher zurückgehalten
- Das GW reagiert in der Realität sehr dynamisch auf Niederschlagsereignisse und ist maßgeblich an der Abflussbildung von HW-Ereignissen beteiligt
 - Der (konzeptionelle) LARSIM-Basisabflussspeicher kann das dynamische GW-Verhalten nicht abbilden
 - bereits der Zufluss aus dem Boden ist stark gedämpft
 - eine Erhöhung des Basisabflusses führt zu keiner Verbesserung
 - im Modell kommt der HW-Abfluss überwiegend aus dem Boden (v.a. Direktabfluss)
- ➔ Pragmatischer Ansatzpunkt für einen konzeptionellen Verbesserungsansatz: Bodenspeicher

- konzeptioneller Verbesserungsansatz Bodenspeicher (Idee)
 - (wirksame) Berücksichtigung des kapillaren Aufstiegs & evtl. in Verbindung mit einer Verminderung der Speicherkapazität des Bodens
 - ➔ Erhöhung der Bodenfeuchte und der Abflussbereitschaft
 - Hintergrund:
 - Wurzelraum im stetigen Kontakt mit dem GW \Rightarrow kein Wasserdefizit im Boden; das Modell unterschätzt ggf. die Bodenfeuchte
 - oberflächennah anstehendes GW schränkt die ungesättigten Zone von unten ein (zeitl. variabel); das Modell überschätzt ggf. die Speicherkapazität
- Weitere Lösungsansätze
 - GW-Modell in LARSIM oder gekoppelt
 - Ihre Erfahrungen, Anregungen und Ideen ???

- Wie gut kann LARSIM den Wasserhaushalt und den Abfluss im Tiefland simulieren?
 - Zuverlässige Simulationsergebnisse in den stärker reliefierten, vorwiegend grundwasserfernen Bereichen Vorgeest, Östliches Hügelland (vergleichbar mit Modellen im Mittelgebirgsbereich).
 - Größerer Modellunsicherheiten in den flacheren, häufig grundwassernahen Bereichen Geest (und Marsch). Systematische Unterschätzung der großen HW-Spitzen und Überschätzung der Abflüsse im Frühjahr.
 - Die Ursache für die Probleme in den Niederungen liegt mutmaßlich in der Prozessbeschreibung (Interaktion Boden – Grundwasser)
 - Ansatzpunkt für konzeptionelle Verbesserungsansätze: Bodenspeicher

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

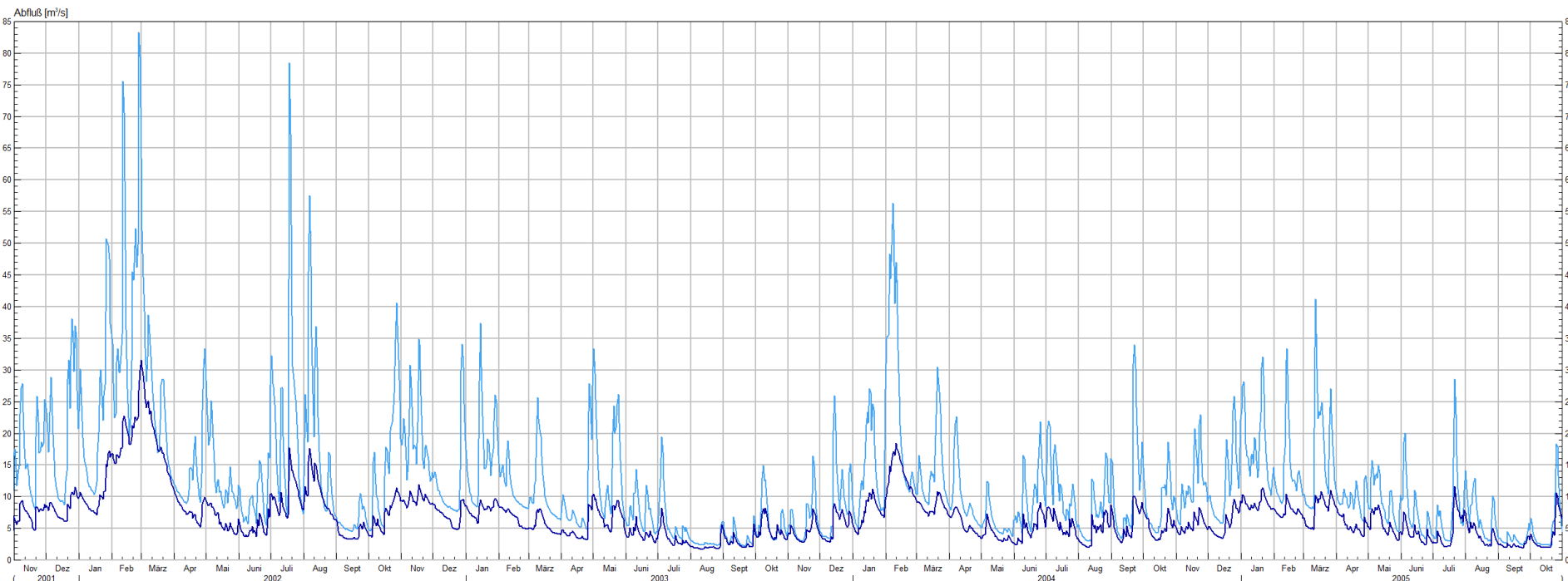


Wacken, Juli/August 2015

ZUSÄTZLICHE FOLIEN

■ Zufluss zum NOK

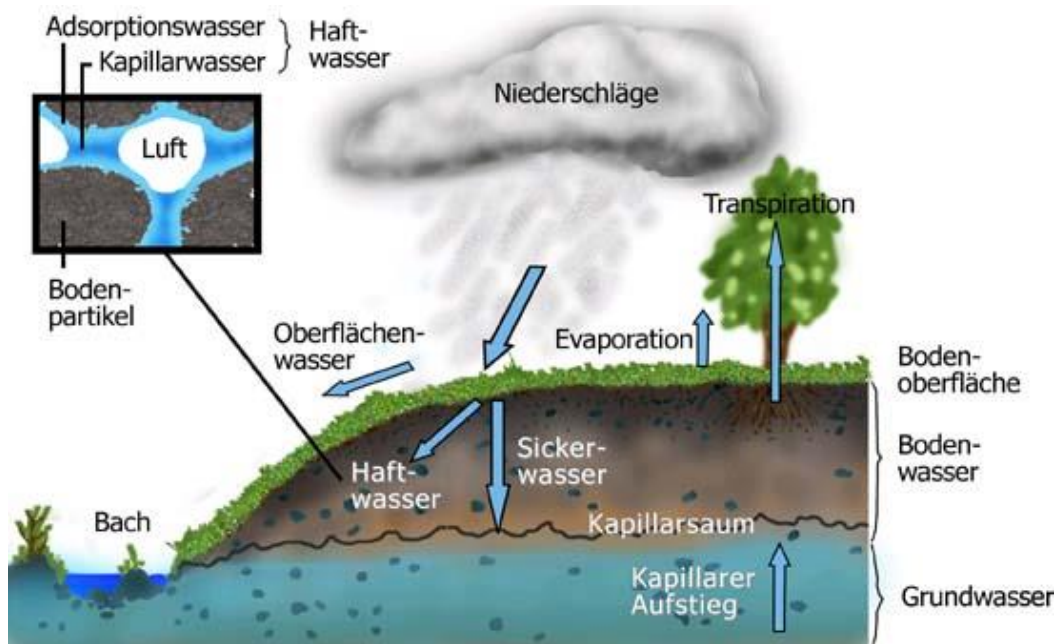
	Fläche [km ²]	MQ [Mio. m ³ /a]	MQ [m ³ /s]	Mq [l/s/km ²]	Qmin [m ³ /s]	Qmax [m ³ /s]
NOK Ost	576	206	6.5	11.3	1.3 (26.07.2006)	31.6 (28.02.2002)
NOK West	951	372	11.8	12.4	1.6 (26.07.2006)	83.3 (26.02.2002)
Gesamt	1527	578	18.3	12.0		



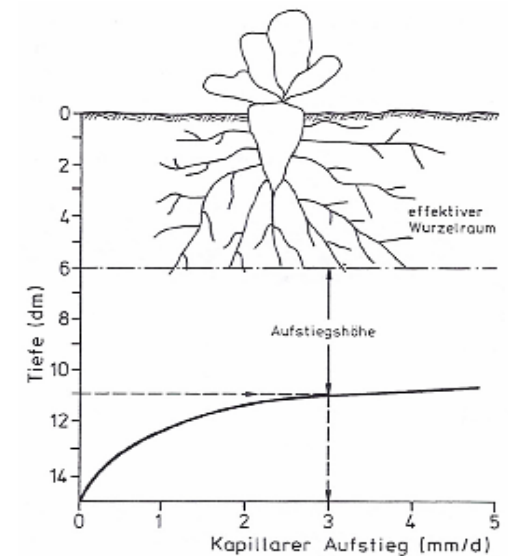
■ Kapillarer Aufstieg

■ Hintergrund

- Aufstieg von GW in den Wurzelraum durch Adsorptions- und Kapillarkräfte
- Ausmaß abhängig v. Bodenart, -feuchte u. Abstand von der GW-Oberfläche
- Größenordnung bis 5 mm/d



Quelle: hypersoil.uni-muenster.de



Tägl. Kapillarer Aufstieg in Abh. vom GW-Stand (Bodenart: Mittelsand)
aus: Wohlrab, B. et. al. (1992): Landschaftswasserhaushalt, Hamburg, Berlin.

Regeln zur nutzbaren Feldkapazität

%nFK	Pflanzenentwicklung
< 30	die Pflanze steht unter Wasserstress, mit Ertragseinbußen ist zu rechnen
30 - 50	noch ausreichende Wasserversorgung der Pflanzen
> 50 - 80	optimales Wasserangebot
> 80 - 100	optimales Wasserangebot
> 100	Übersorgung und Sauerstoffmangel

Quelle: DWD

Tab.12: Kapillare Aufstiegsraten (mm/d) aus dem Grundwasser bis zur Untergrenze des effektiven Wurzelraumes in Abhängigkeit von der Bodenart
Steady-state flow rates (cm/d) of capillary rise from groundwater to the root zone subject to soil texture class and flow distance (dm)

Boden- art Kurz- zei- chen	Kapillare Aufstiegsrate in mm/d																								
	Abstand zwischen der Grundwasseroberfläche und der Untergrenze des effektiven Wurzelraumes in dm:																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	20	25	Ψ*						
Ss	>5	>5	5	1,6	0,9	0,5	0,3	0,2	0,1																130
Si2	>5	>5	5	2,6	1,3	0,8	0,5	0,3	0,2	0,1															150
Si3	>5	>5	>5	5	2,5	1,6	1,1	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1													150
Si4	>5	>5	>5	5	3,6	2,4	1,6	1,2	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1											180
Sliu	>5	>5	>5	>5	5	3,6	2,6	1,9	1,5	1,1	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1								230
St2	>5	>5	5	2,9	1,8	1,1	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1													260
St3	>5	>5	5	2,9	1,8	1,1	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1													200
Su2	>5	>5	>5	>5	5	3,0	2,2	1,7	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1								240
Su3	>5	>5	>5	>5	>5	5	3,5	2,8	2,2	1,7	1,4	1,2	0,9	0,8	0,7	0,5	0,3	0,1							300
Su4	>5	>5	>5	>5	>5	>5	5	3,9	2,9	2,3	1,8	1,5	1,2	1,0	0,8	0,5	0,3	0,1							250
Ls2	>5	>5	>5	>5	>5	>5	4,0	3,0	2,2	1,7	1,3	0,9	0,7	0,5	0,4	0,2	0,1								200
Ls3	>5	>5	>5	>5	>5	5	3,3	2,5	2,0	1,5	1,2	1,0	0,8	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1							270
Ls4	>5	>5	>5	>5	>5	3,6	2,6	2,0	1,5	1,2	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,1								250
Lt2	>5	>5	>5	>5	5	3,8	2,8	2,2	1,7	1,3	1,1	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3	0,1								250
Lt3	>5	>5	>5	>5	5	3,4	2,6	1,9	1,5	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3	0,2	0,1							350
Lts	>5	>5	>5	>5	5	3,2	2,2	1,6	1,2	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1									280
Lu	>5	>5	>5	>5	>5	5	4	3,1	2,4	1,9	1,5	1,2	1,0	0,8	0,7	0,5	0,3	0,1							300
Uu	>5	>5	>5	>5	>5	>5	>5	>5	>5	5	4	3,3	2,8	2,4	2,0	1,5	1,0	0,5	0,4						400
Uls	>5	>5	>5	>5	>5	>5	>5	>5	>5	5	4,4	3,6	3	2,6	2,2	1,9	1,4	0,9	0,5	0,3					350
Us	>5	>5	>5	>5	>5	>5	5	4,1	3,3	2,7	2,2	1,8	1,5	1,2	1,0	0,7	0,4	0,1	0,3						300
Ut2	>5	>5	>5	>5	>5	>5	>5	5	3,5	2,8	2,3	1,9	1,5	1,3	1,1	0,7	0,4	0,1	0,3						300
Ut3	>5	>5	>5	>5	>5	>5	>5	5	3,5	2,8	2,2	1,8	1,5	1,3	1,1	0,7	0,4	0,1	0,3						300
Ut4	>5	>5	>5	>5	>5	>5	5	3,6	2,8	2,2	1,8	1,5	1,2	1,0	0,8	0,5	0,3	0,1	0,3						300
Tt	>5	5	2	1	0,6	0,4	0,3	0,2	0,15	0,1															900
Ti	>5	5	2,6	1,3	0,8	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1															750
Tu2	>5	5	2,6	1,3	0,8	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1															750
Tu3	>5	>5	5	2,4	1,4	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1											500
Tu4	>5	>5	>5	5	2,4	1,6	1,2	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1									300
Ts2	>5	>5	5	2	1,2	0,8	0,5	0,4	0,3	0,2	0,15	0,1													500
Ts3	>5	>5	5,0	2,9	1,8	1,1	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1													300
Ts4	>5	>5	5,0	2,9	1,8	1,1	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1													300
Sande																									
fS	>5	>5	>5	>5	5	3,3	2,2	1,4	0,9	0,5	0,3	0,2	0,1												140
mS	>5	>5	5	1,6	0,9	0,5	0,3	0,2	0,1																130
gS	>5	5	1,4	0,5	0,2	0,1																			130

*) Angenommene Wasserspannung an der Untergrenze des effektiven Wurzelraumes W_e , dies entspricht etwa 70% der nFK an dieser Grenze, bezogen auf den ganzen Wurzelraum etwa 50% der nFK_{W_e}

aus: Wessolek, G. et.al. (2009): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis, Bodenökologie und Bodengenese, Heft 40, Berlin.

■ Vgl. LARSIM-Ansatz vs. modifizierter Ansatz

