

Übernahme und Anpassung der Parameter aus dem LARSIM-WHM in das LARSIM-NA-Modell

Dr.-Ing. Kai Gerlinger

HYDRON Ingenieurgesellschaft für Umwelt und Wasserwirtschaft
Juni 2020

Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

Modellparameter des NA-Modells:

- Der Parameter A dient der Aufteilung des Effektivniederschlags in den Direktabfluss und Interflow. Je geringer der Parameter A, umso höher ist der Direktabflussanteil. Bei einem Wert von $A = 0$ erfolgt eine Berechnung des Abflusses nur im Direktabflussbereich. Ist A größer als der Effektivniederschlag, erfolgt eine Berechnung des Abflusses nur im Interflow-Bereich.
- Die Parameter EQI und EQD steuern den Rückhalt der Gebietsspeicher für Interflow bzw. Direktabfluss. Je höher die Werte für EQI bzw. EQD sind, umso größer ist der Rückhalt des Gebietsspeichers der entsprechenden Abflusskomponente.
- Über die Parameter EKM, EKR und EKL werden der Rauigkeitsbeiwerte des Flussbetts sowie des rechten und linken Vorlands modifiziert. Höhere Werte bewirken eine größere Rauigkeit und damit verringerte Fließgeschwindigkeiten im Gerinne bzw. Vorland.

Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

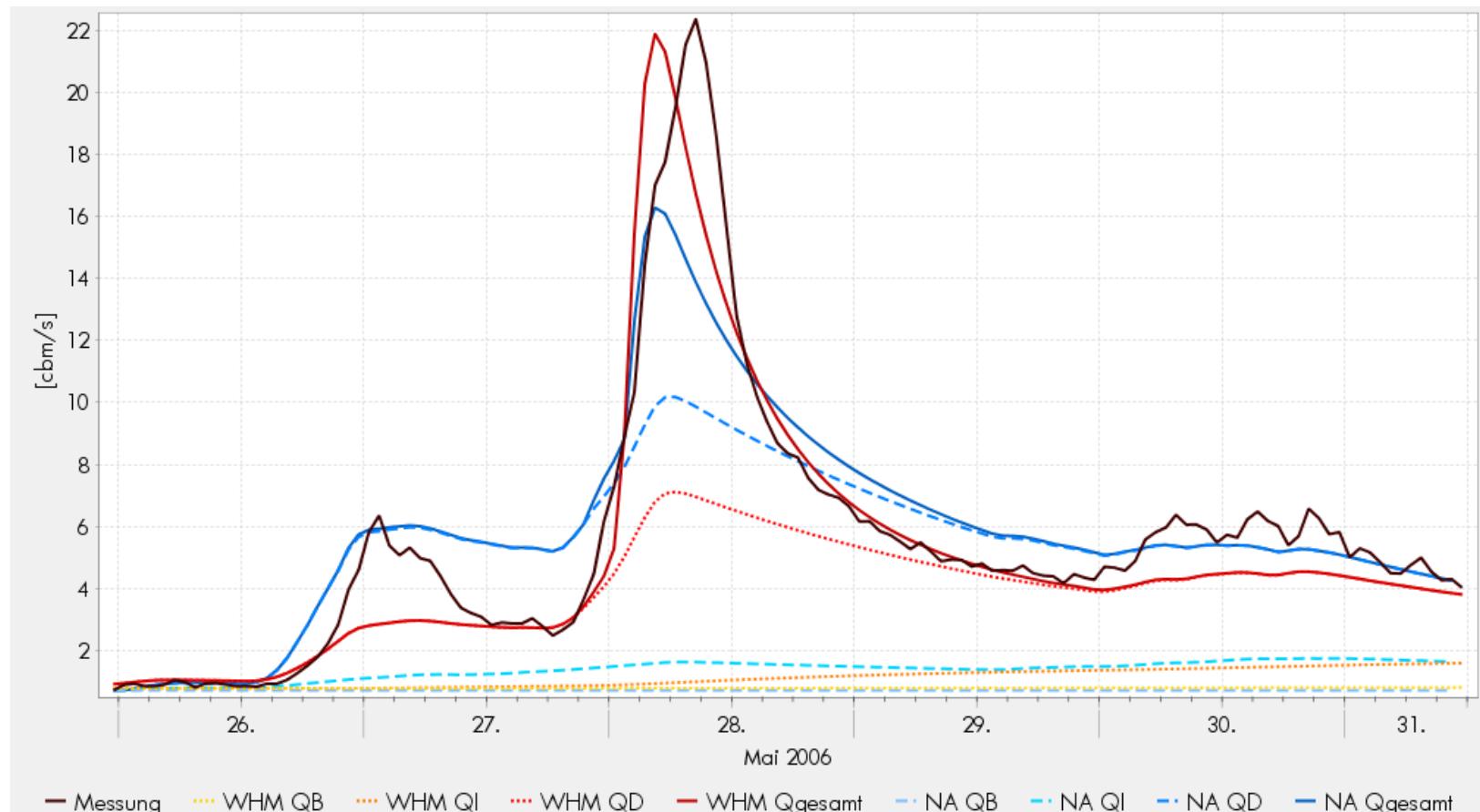
Beispiel: Pegel Untersteinach an der Warmen Steinach (Modellgebiet oberer Mains, Kopfpegel mit einem Einzugsgebiet von ca. 74 km²). Ereignis im Mai 2006 (Größenordnung: HQ10 bis HQ20)

Variante 1:

- Übernahme der Parameterwerte EKM, EKL und EKR zur Anpassung der Rauigkeitsbeiwerte für das Gerinne unmittelbar aus dem WHM.
- Übernahme der Parameterwerte EQI, EQD, EQD2 und A2 für die Gebietsspeicher direkt vom WHM auf das NA-Modell (Berechnung des NA-Modells unter Berücksichtigung von vier Abflusskomponenten (Option 2. DIREKTABFL.-SPEICHER))
- Übernahme des minimal gemessenen Abfluss des betrachteten Ereignisses über die Option BASISABFLUSS MINIMAL als Basisabfluss.
- Anpassung des Parameters A zur Aufteilung des Effektivniederschlags in die Gebietsspeicher-Komponenten Interflow und Direktabfluss, so dass die Höhe des berechneten Interflow in WHM und NA-Modell eine ähnliche Größenordnung aufweist.
- Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung: Abflussbeiwert-Verfahren mit Optimierung des über das Ereignis konstant verlaufenden Abflussbeiwerts.

Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

Variante 1: NA-Berechnung mit 4 Abflusskomponenten bei Übernahme der Parameterwerte für EQI, EQD, EQD2 und A2 aus dem WHM sowie Anpassung von A (Abflussbeiwert-Verfahren)



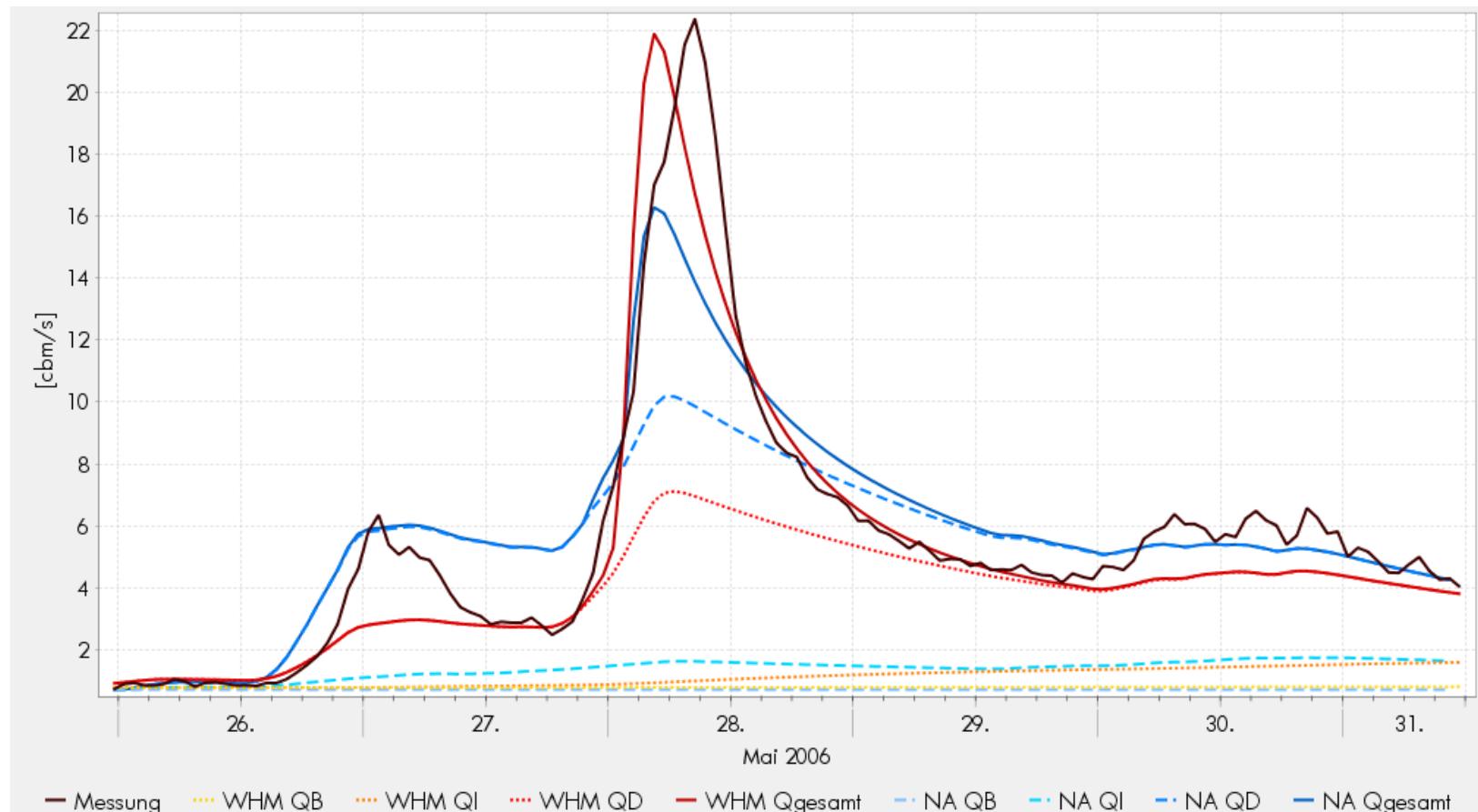
Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

Variante 2:

- Berücksichtigung von nur drei Abflusskomponenten im NA-Modell.
 - Übernahme von EQI ($=EQD_{WHM}$), EQD ($=EQD2_{WHM}$) und A ($=A2_{WHM}$) aus dem WHM (unter Vernachlässigung einer langsamen Interflow-Komponente, da der Wert für EQI aus dem WHM unberücksichtigt bleibt)
- ähnliches Ergebnis wie für die NA-Berechnung mit vier Komponenten.

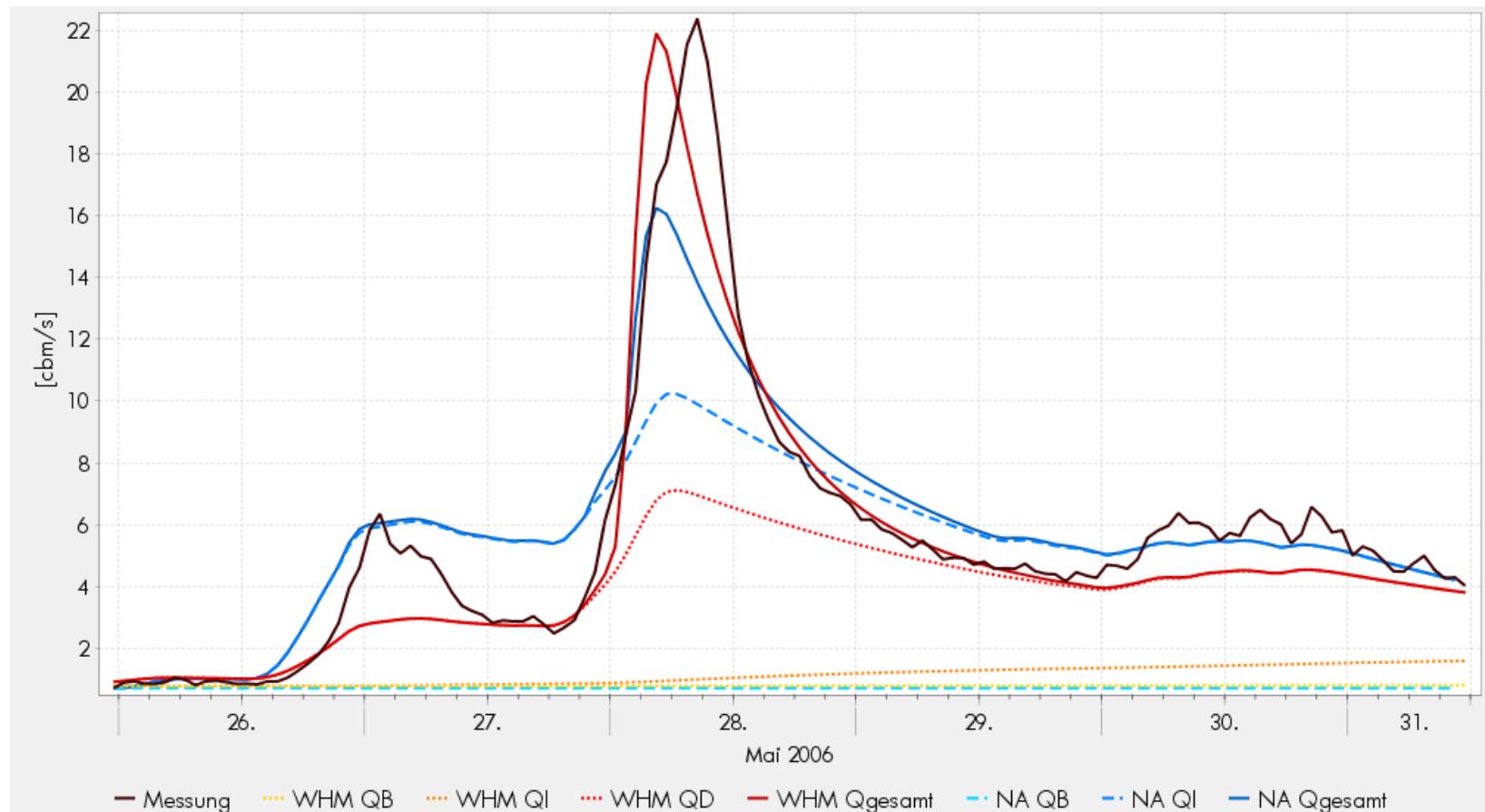
Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

Variante 1: NA-Berechnung mit 4 Abflusskomponenten bei Übernahme der Parameterwerte für EQI, EQD, EQD2 und A2 aus dem WHM sowie Anpassung von A (Abflussbeiwert-Verfahren)



Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

Variante 2: NA-Berechnung mit 3 Abflusskomponenten bei Übernahme der Parameterwerte für EQI ($=EQD_{WHM}$), EQD ($=EQD2_{WHM}$) und A ($=A2_{WHM}$) aus dem WHM (Abflussbeiwert-Verfahren)



Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

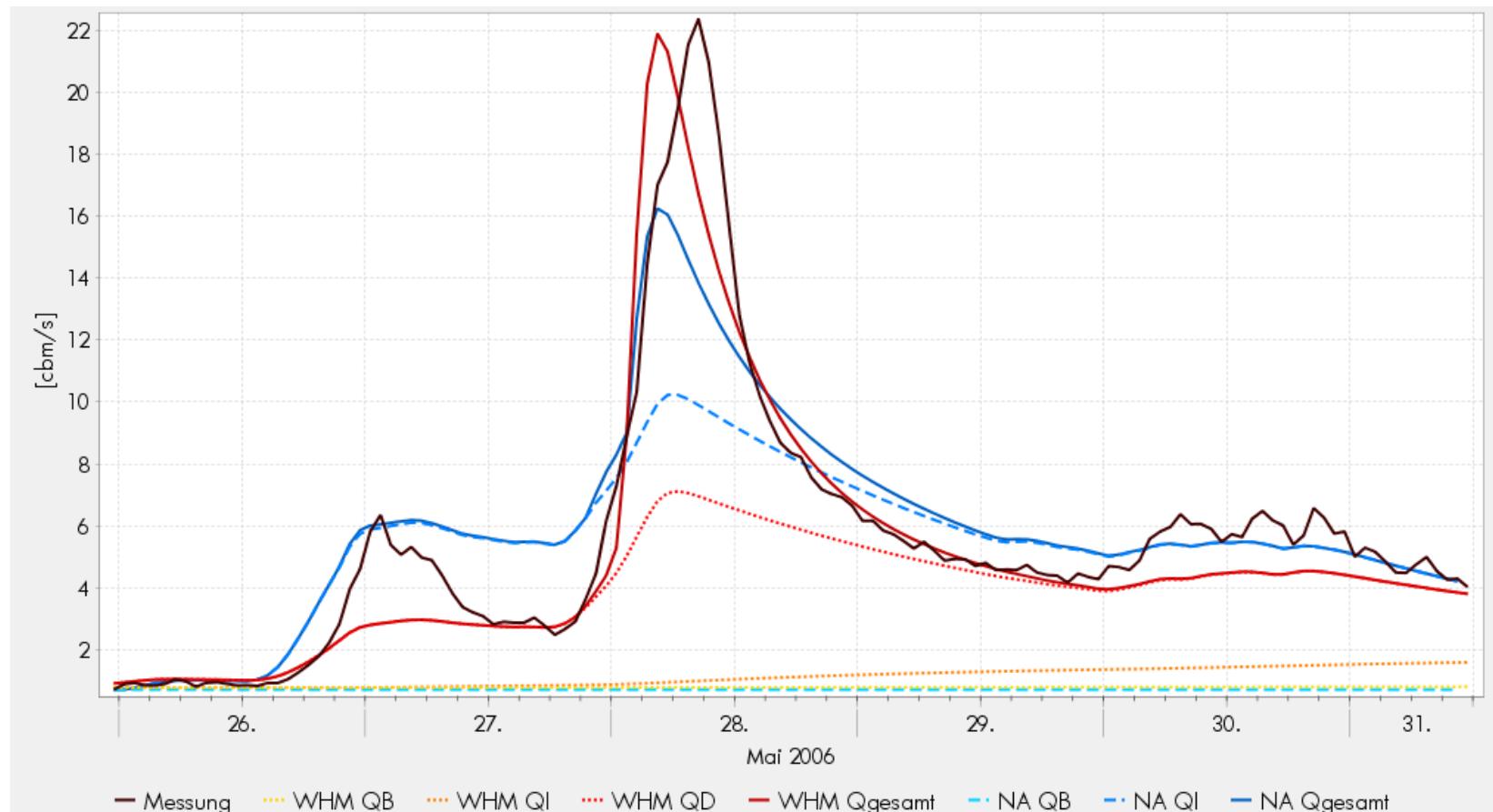
Variante 3:

- Berücksichtigung von nur drei Abflusskomponenten im NA-Modell.
- Reduzierung des Parameters A (deutlich von 2,00 auf 0,75) sowie des Parameters EQD (gering von 120 auf 100)
- Hauptwelle des Ereignisses inklusive des langsamen Direktabflusses (im WHM) bzw. Interflow (im NA-Modell) wird ähnlich wie mit dem WHM simuliert. Im Gegensatz zum WHM wird der Anstieg der Welle jedoch zu früh simuliert.

Hier würde möglicherweise eine Nachjustierung der Kalibrierparameter zur Beeinflussung der Rauigkeit des Gerinnes (EKM, EKL und EKR) noch zu einer Verbesserung der Simulationsqualität führen

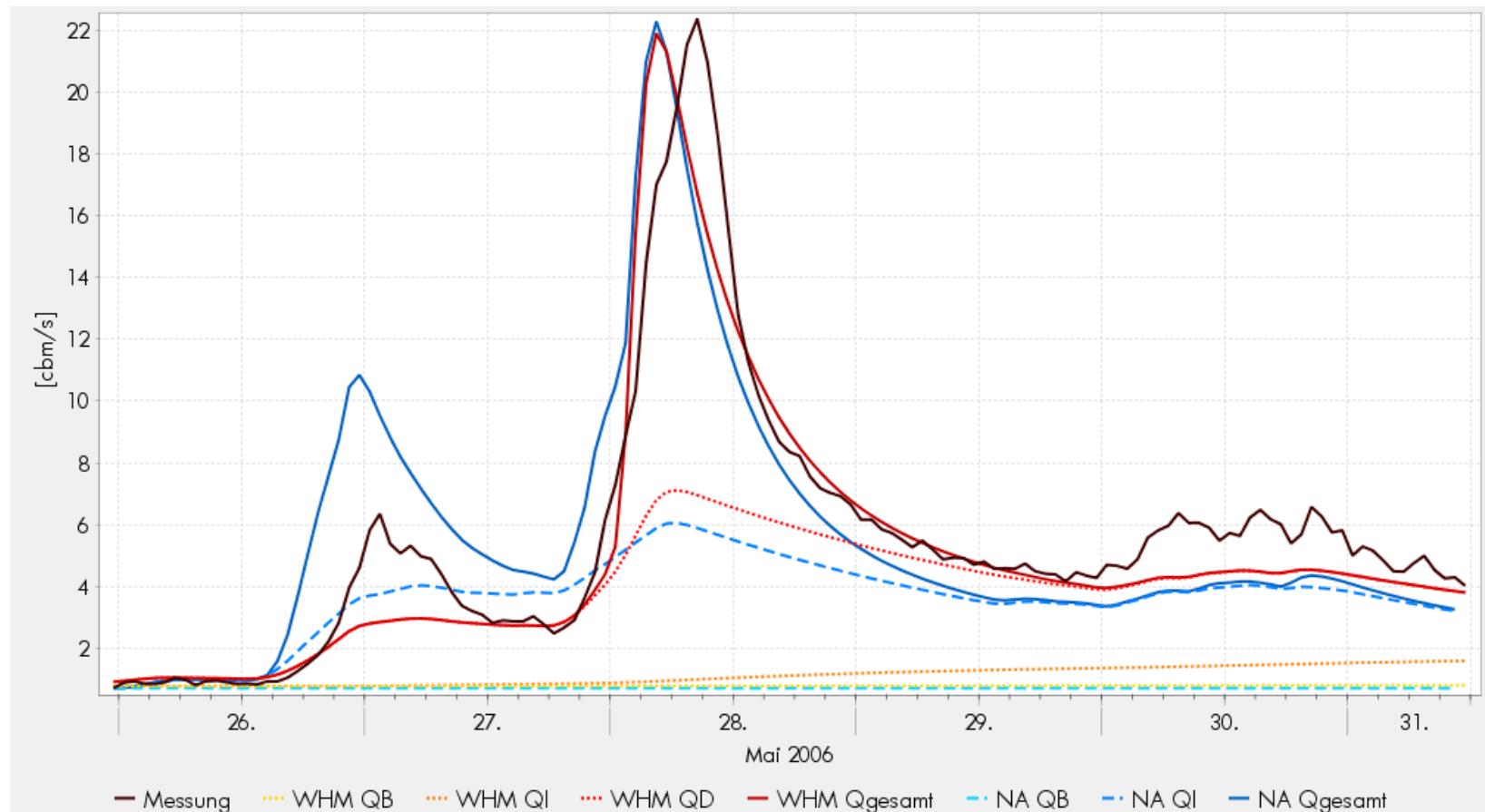
Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

Variante 2: NA-Berechnung mit 3 Abflusskomponenten bei Übernahme der Parameterwerte für EQI ($=EQD_{WHM}$), EQD ($=EQD2_{WHM}$) und A ($=A2_{WHM}$) aus dem WHM (Abflussbeiwert-Verfahren)



Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

Variante 3: NA-Berechnung mit 3 Abflusskomponenten bei Nachkalibrierung von EQD und A (Abflussbeiwert-Verfahren)



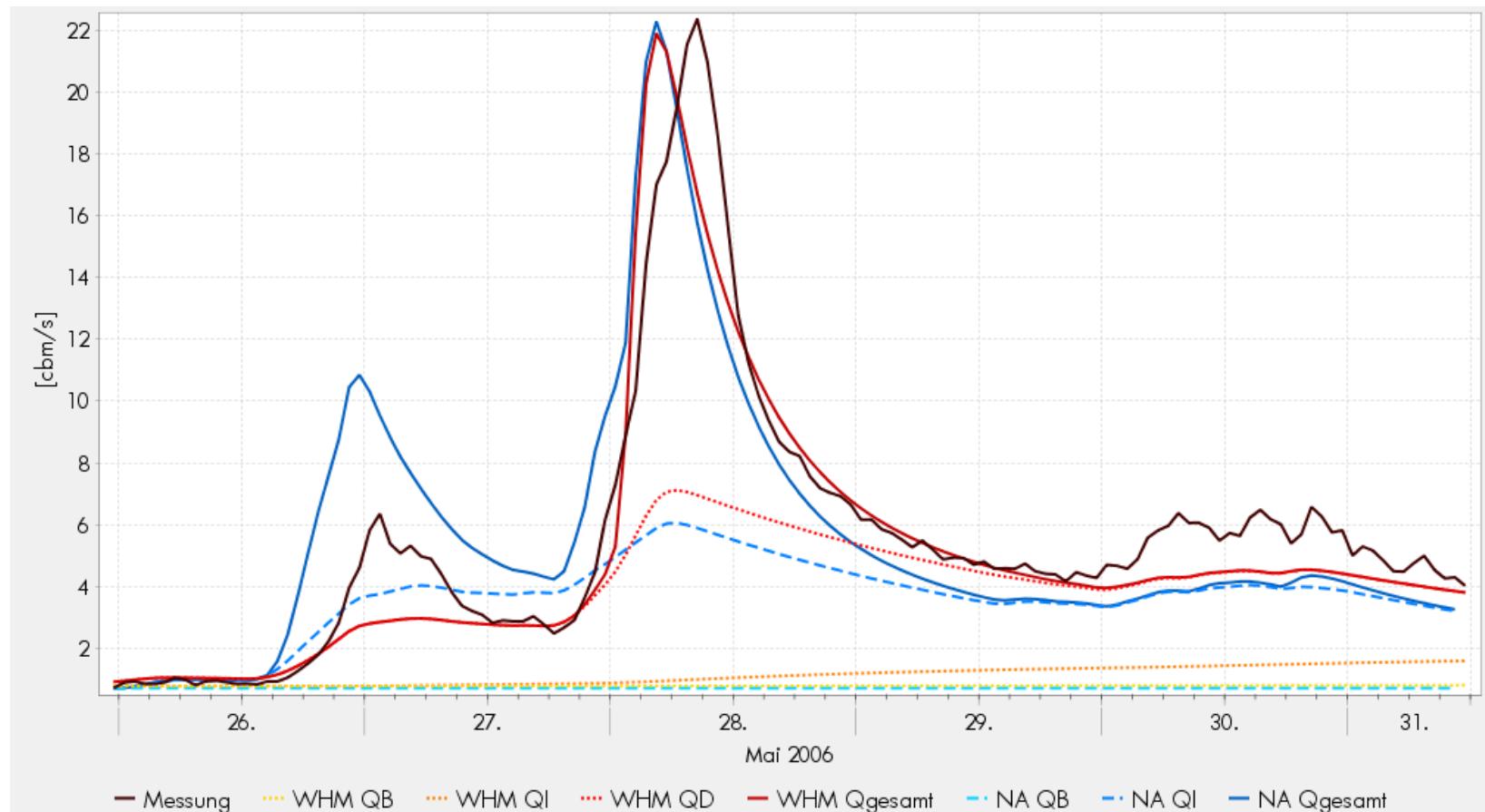
Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

Variante 4:

- Berücksichtigung von nur drei Abflusskomponenten im NA-Modell.
 - Der Hochwasserscheitel wird mit beiden Modellen grundsätzlich zu früh simuliert.
 - Die Vorwelle des Ereignisses wird mit dem NA-Modell deutlich überschätzt, was wahrscheinlich auf die Nichtberücksichtigung von Anfangsverlusten bei der Anwendung der Option PSI GEGEBEN zurückzuführen ist.
 - Mit dem WHM wird die Vorwelle dagegen deutlich unterschätzt. Dies ist möglicherweise auf eine unzureichende Abbildung des Bodenspeicherzustands zu Beginn des betrachteten Ereignisses zurückzuführen.
 - Zur Berücksichtigung eines Anfangsverlusts in Form eines zeitlich variierenden Abflussbeiwerts mit dem NA-Modell wird eine weitere Simulation unter Verwendung der Option ABFLUSSBEIWERTFUNKTION durchgeführt.
- Mit dieser Modelkonfiguration verringert sich das Volumen der simulierten Vorwelle jedoch nur geringfügig

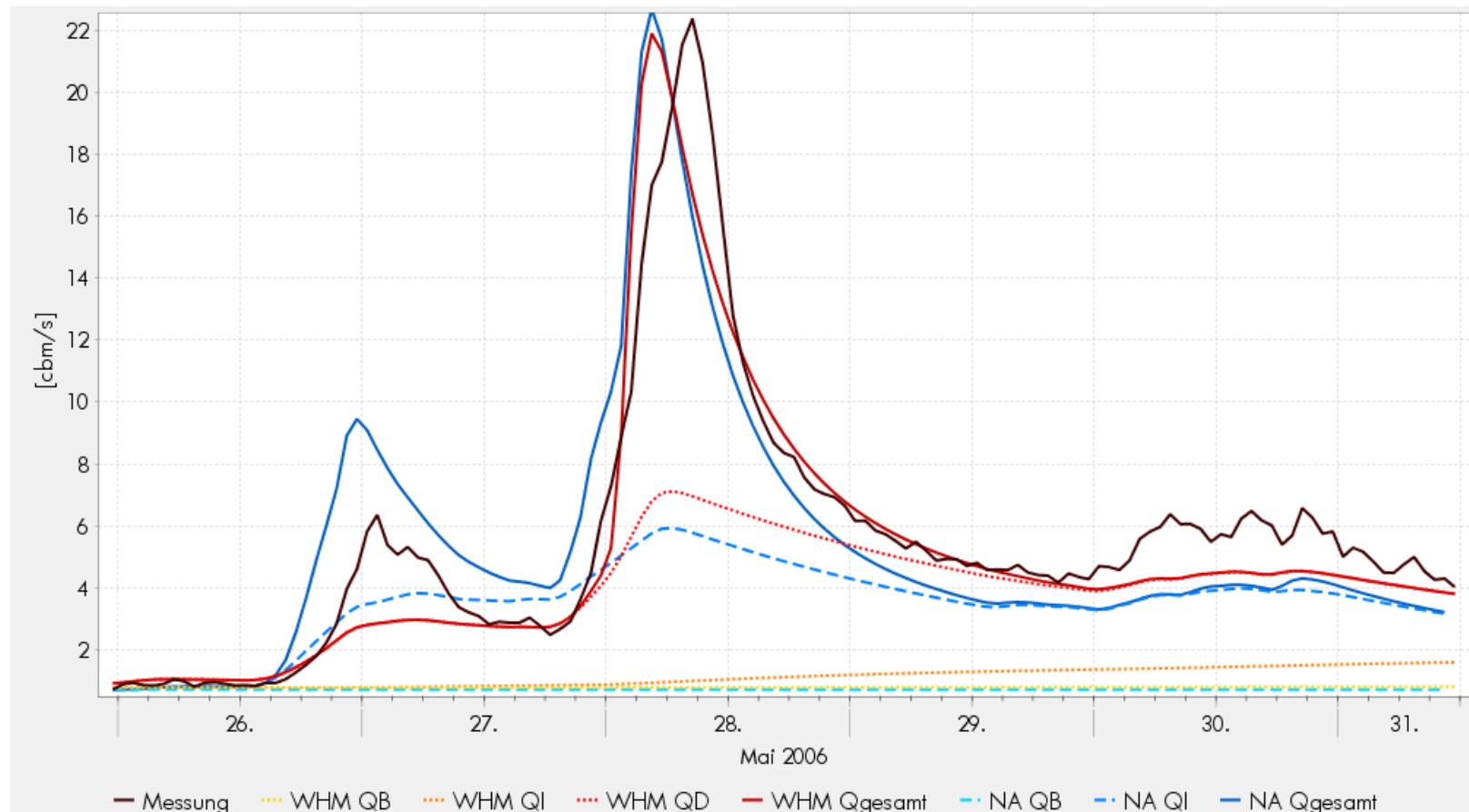
Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

Variante 3: NA-Berechnung mit 3 Abflusskomponenten bei Nachkalibrierung von EQD und A (Abflussbeiwert-Verfahren)



Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

Variante 4: NA-Berechnung mit 3 Abflusskomponenten bei Nachkalibrierung von EQD und A (Abflussbeiwert-Funktion)



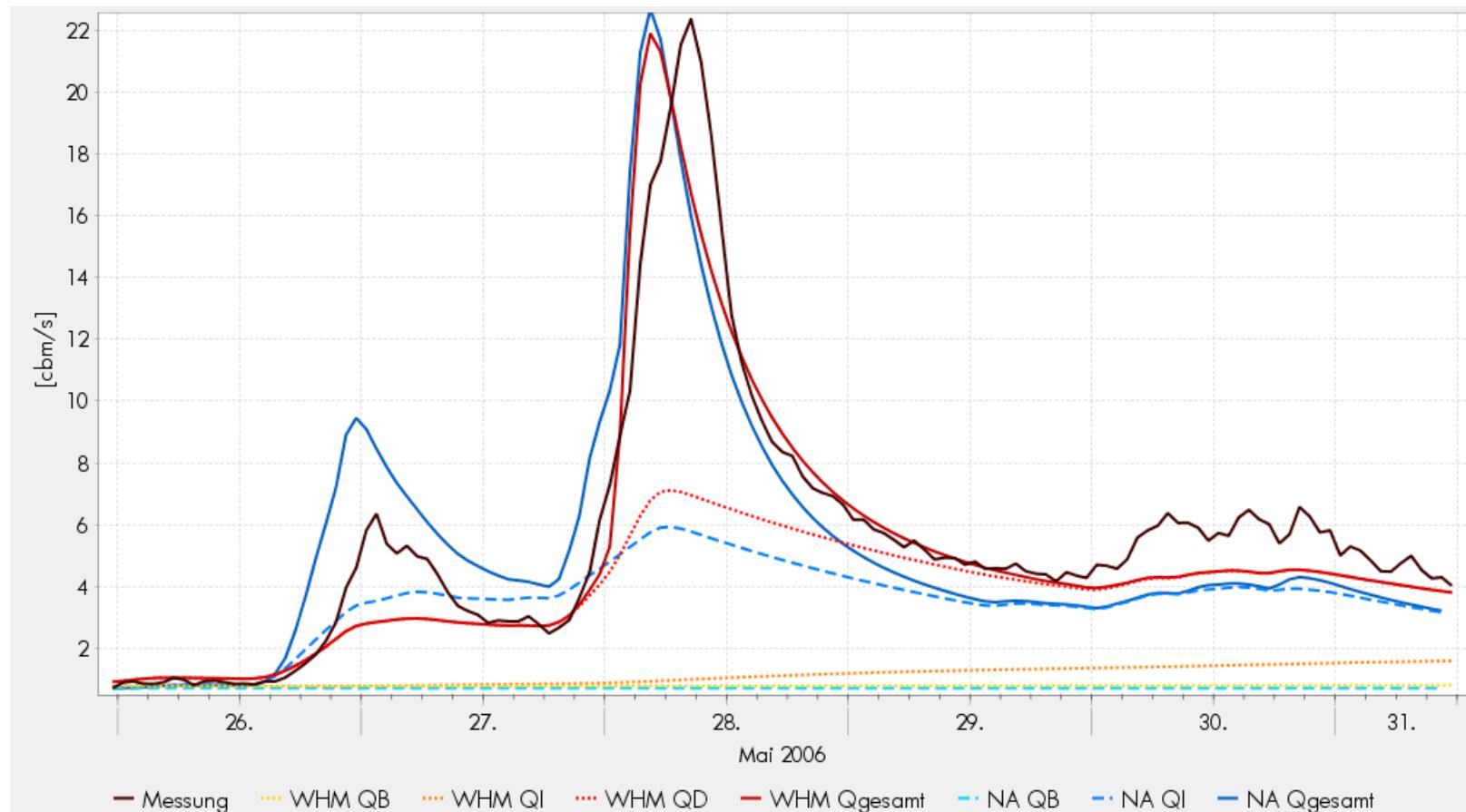
Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

Variante 5:

- Berücksichtigung von nur drei Abflusskomponenten im NA-Modell.
 - Anwendung des Lutz-Verfahrens mit zeitinvariantem Abflussbeiwert mittels der Option PSI-VERLAUF NACH LUTZ mit einem vereinfachten Parametersatz ohne Berücksichtigung von Bodendaten
- Die Vorwelle wird sehr gut durch das NA-Modell, und damit auch wesentlich besser als durch das WHM, nachvollzogen

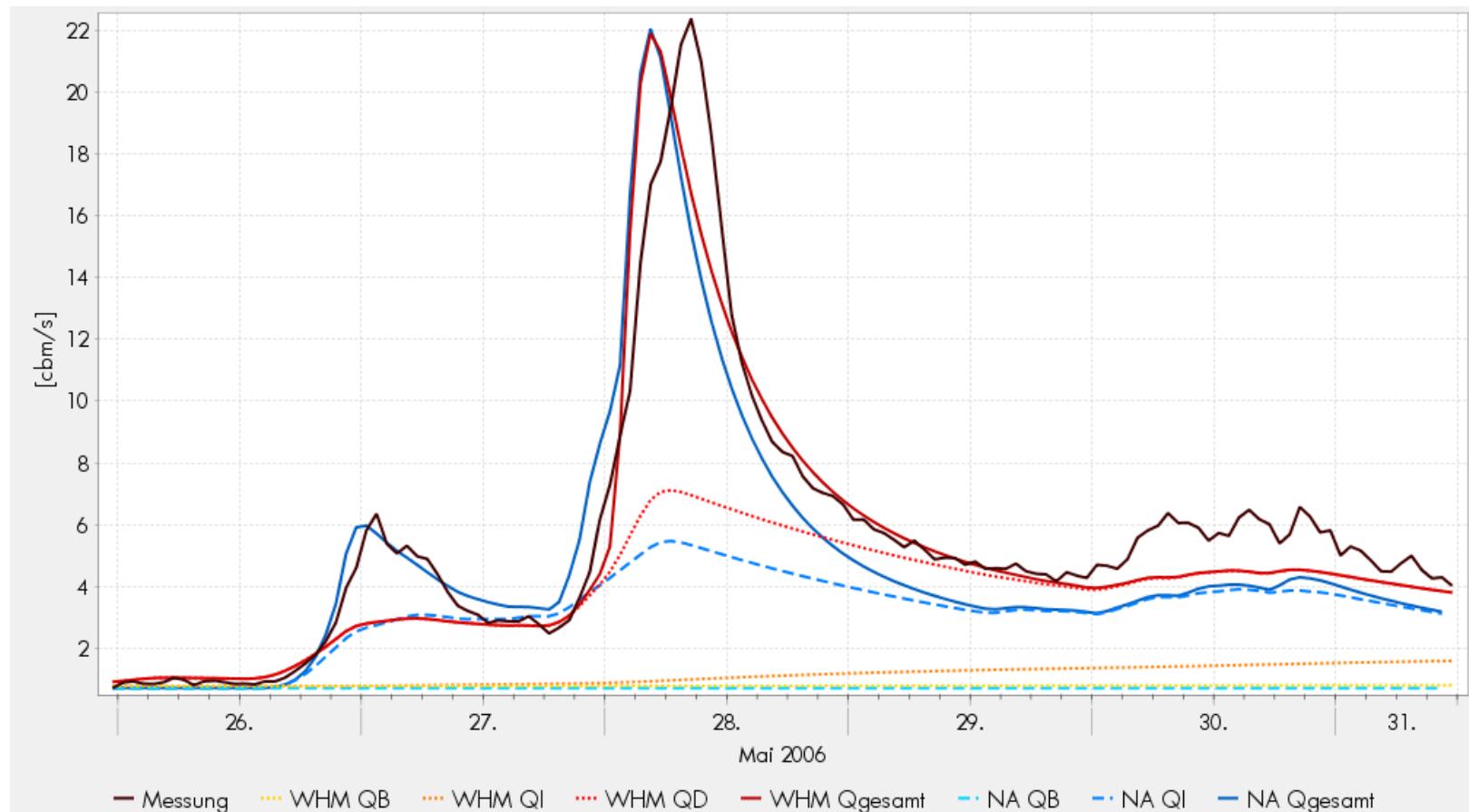
Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

Variante 4: NA-Berechnung mit 3 Abflusskomponenten bei Nachkalibrierung von EQD und A (Abflussbeiwert-Funktion)



Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

Variante 5: NA-Berechnung mit 3 Abflusskomponenten bei Nachkalibrierung von EQD und A (Lutz-Verfahren)



Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

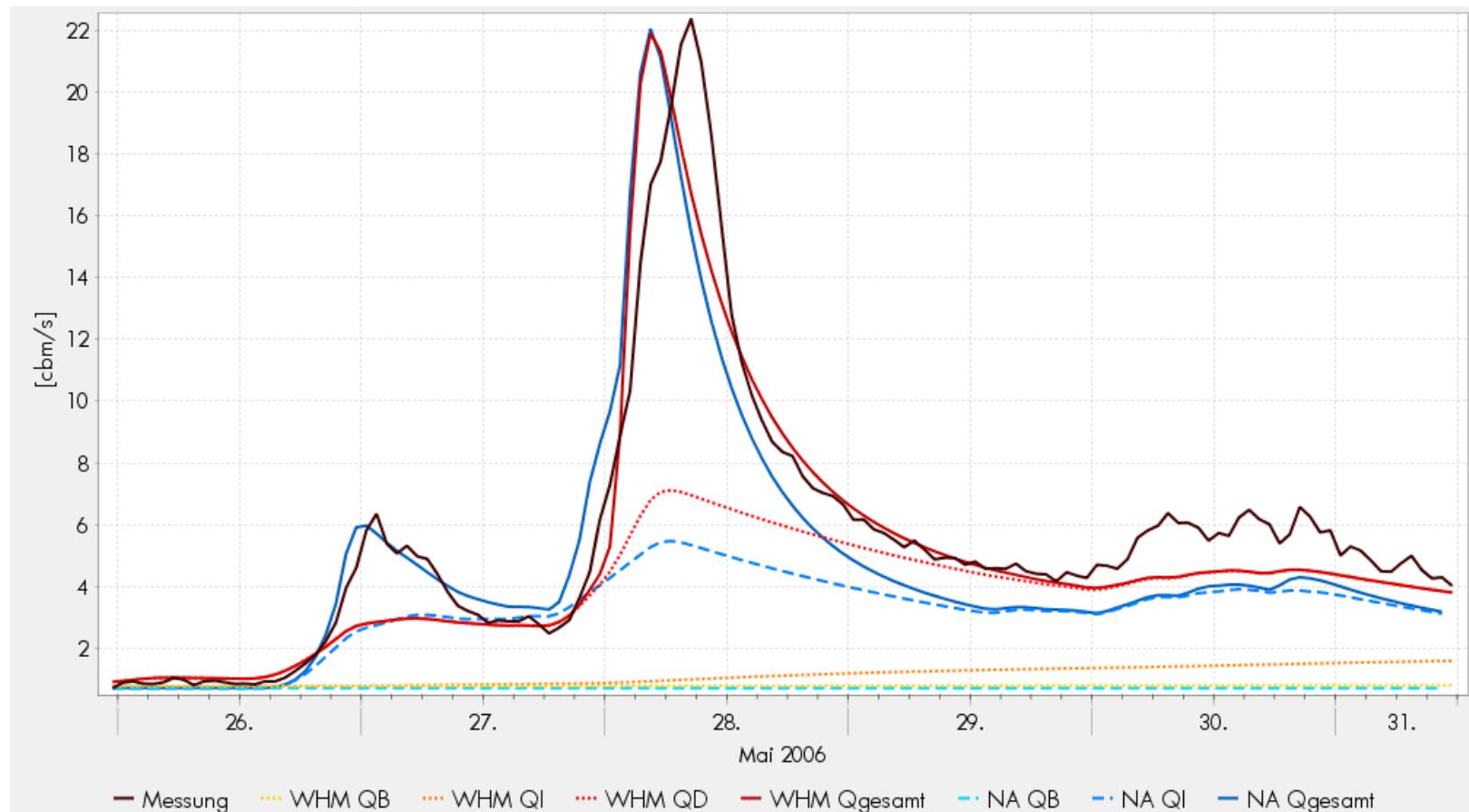
Variante 6:

Überprüfung der Relevanz einer vierten Abflusskomponente für die NA-Modellierung:

- Kalibrierung für drei und für vier Abflusskomponenten mit dem Lutz-Verfahren
 - Annahme: für die Interflow-Komponente wird ein geringerer Rückhalt als für das WHM angenommen
 - Anpassung auch die Parameter für das Flood-Routing (EKM, EKL und EKR) zusätzlich zu den Parametern für die Gebietsspeicher
- Die Ergebnisse für beide Modellvarianten weisen lediglich geringfügige Unterschiede auf, wobei die Modellvariante mit vier Abflusskomponenten die Vorwelle sowie den Rückgang der Hochwasserwelle etwas weniger unterschätzt und damit eine geringfügig höhere Simulationsgüte aufweist

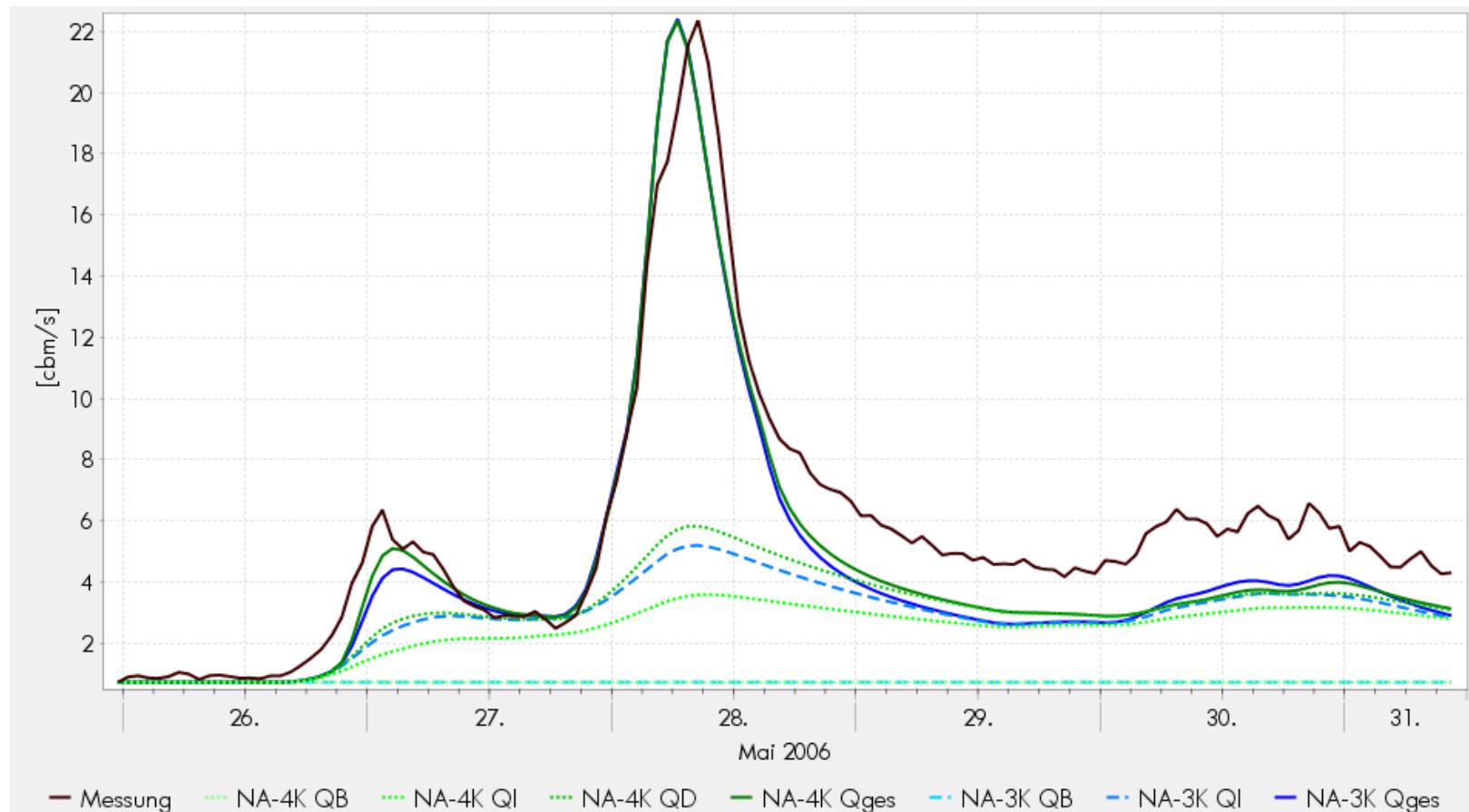
Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

Variante 5: NA-Berechnung mit 3 Abflusskomponenten bei Nachkalibrierung von EQD und A (Lutz-Verfahren)



Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

Variante 6: Vergleich NA-Berechnung mit 4 und 3 Abflusskomponenten bei Kalibrierung der Parameter für die Gerinnespeicher sowie das Flood-Routing (Lutz-Verfahren)



Beispiel für eine WHM-NA-Anpassung

Variante 6:

Überprüfung der Relevanz einer vierten Abflusskomponente für die NA-Modellierung:

- Grundsätzlich lässt sich anhand eines Pegels und eines Ereignisses jedoch nur sehr eingeschränkt eine Aussage treffen, ob die Anwendung einer vierten Abflusskomponente zu einer signifikant höheren Simulationsqualität führen könnte.
- Sind die Abflüsse an einem Pegel bzw. für einzelne Ereignisse an einem Pegel (z.B. mit einem besonders hohen Abflussscheitel) unter Berücksichtigung von nur drei Abflusskomponenten nicht adäquat abzubilden, sollte die Einbindung einer vierten Abflusskomponente in jedem Fall in Betracht gezogen werden.
- Für alle anderen Pegel kann dann die Berechnung der vierten Abflusskomponente durch die Vorgabe eines entsprechenden Default-Werts für A2 (z.B. 99) unterbunden werden.

Umwandlung des WHM in ein NA-Modell

Vorgehen zur Aufstellung eines NA-Modells auf Grundlage eines WHM:

- Erforderlich ist eine pegelkontrollspezifische Kalibrierung des NA-Modells anhand von mindestens fünf ausgewählten Hochwasserereignissen je Pegel.
- Wenn es bei einem der Ereignisse an einem Pegel zu Unsicherheiten in der Abflussmessung oder einer schlechten Abbildung des Gebietsniederschlags, so wird das Ereignis mit ausgegeben, aber bei der Kalibrierung des Pegels nicht genauer betrachtet.
- Übertrag bzw. Anpassung der Dateien des WHM für das NA-Modell

Umwandlung des WHM in ein NA-Modell

Anpassungsbedarf der wichtigsten Eingabedateien für LARSIM bei einem Übergang von einem vorliegenden WHM zu einem NA:

Datei	Typ	Für NA-Modell
Antriebsdaten (LILA/KALA)	Zeitreihen	Übernahme (nur Niederschlag erforderlich)
WHM-Zustand	Zustandsdatei	Nicht erforderlich im NA-Modus
tgb.dat	Gebietsdatei	Übernahme
lanu.par	Parameterdatei	Übernahme. Nicht alle Angaben erforderlich.
utgb.dat	Gebietsdatei	Übernahme. Nicht alle Spalten erforderlich. Ggf. noch Spalten zu ergänzen.
pfade.dat	Steuerdatei	Übernahme. Nicht alle Angaben erforderlich.
pegel.stm	Stammdaten	Übernahme. Nicht alle Spalten erforderlich. Ggf. noch Spalten zu ergänzen.
punktausgaben.str	Steuerdatei	Übernahme (ggf. Anpassung)
tape35	Parameterdatei	Übertrag und Anpassung erforderlich
tape10	Steuerdatei	Übertrag und Anpassung erforderlich

Umwandlung des WHM in ein NA-Modell

Vorgehen zur Aufstellung eines NA-Modells auf Grundlage eines WHM:

- Da der Basisabfluss im NA-Modell nicht kalibriert wird, wird für diesen der jeweils minimal gemessene Abfluss des betrachteten Ereignisses über die Option BASISABFLUSS MINIMAL übernommen.
- Da die Anfangsbedingungen des Bodenspeichers mit dem Abflussbeiwertverfahren vernachlässigt werden, kann es zu deutlichen Überschätzungen kleinerer Hochwasservorwellen oder zu Beginn des Hochwasseranstiegs kommen. Um eine bessere Kalibrierung und Simulation zu ermöglichen, werden daher wenn möglich Vorwellen vom Kalibrierzeitraum ausgeschlossen und der Simulationsbeginn unmittelbar vor den Anstieg der Haupthochwasserwelle gelegt. Vor allem bei mehrgipfligen Ereignissen werden jedoch alle Hochwasserwellen betrachtet, da ansonsten der Basisabfluss einen zu hohen Wert annehmen wird.

Umwandlung des WHM in ein NA-Modell

Vorgehen zur Aufstellung eines NA-Modells auf Grundlage eines WHM:

- Übernahme der Startwerte der Modellparameter aus dem bereits kalibrierten WHM :
 - A2 im WHM → A im NA-Modell
 - EQD im WHM → EQI im NA-Modell
 - EQD2 im WHM → EQD im NA-Modell
 - EKM/EKL/EKR im WHM → EKM/EKL/EKR im NA-Modell
- Festlegung des Verfahrens zur Umwandlung des WHM in ein NA-Modell: z.B. Abflussbeiwert-verfahren über die Option PSI GEGEBEN.
- Durchführung der Kalibrierung zunächst mit LARSIM-interner Optimierung des Abflussbeiwerts für jedes Ereignis (z.B. PSI-OPTIMIERUNG): Anpassung von A, gefolgt von EQI und EQD. Die Rauhigkeitsbeiwerte werden zunächst nicht verändert.
- Eine 4. Abflusskomponente über die Option 2. DIREKTABFL.-SPEICHER, verbunden mit den weiteren Kalibrierparametern A2 und EQD2, wird nur in Ausnahmefällen für erforderlich gehalten.
- Der Mittelwert der für die einzelnen Hochwasser bestimmten PSI-Werte bildet dann den Ausgangspunkt für die iterative Bestimmung eines einheitlichen PSI-Werts für jeden Pegel.

Umwandlung des WHM in ein NA-Modell

Vorgehen zur Aufstellung eines NA-Modells auf Grundlage eines WHM:

- Es ist möglich, dass je nach Größenordnung der jeweiligen Hochwasserereignisse unterschiedliche PSI-Werte zu besseren Resultaten führen. Somit kann der PSI-Wert für die größeren Ereignisse angepasst werden, während durch die Angabe eines Abflussbeiwertfaktors (PSIfak) ein niedrigerer PSI-Wert für die niedrigeren Ereignisse vorgeben wird.
- Generell wird die NA-Kalibrierung mit aktivierter PSI-OPTIMIERUNG stets mit simulierten Abflüssen der Oberliegerpegel durchgeführt. Zur anschließenden Bestimmung des PSI-Werts und gegebenenfalls eines Abflussbeiwertfaktors werden die gemessenen Abflussganglinien der Oberliegerpegel übergeben.