

Modell-Nachführung im Wasserhaushaltsmodell LARSIM: Korrektur des Zeitverzugs

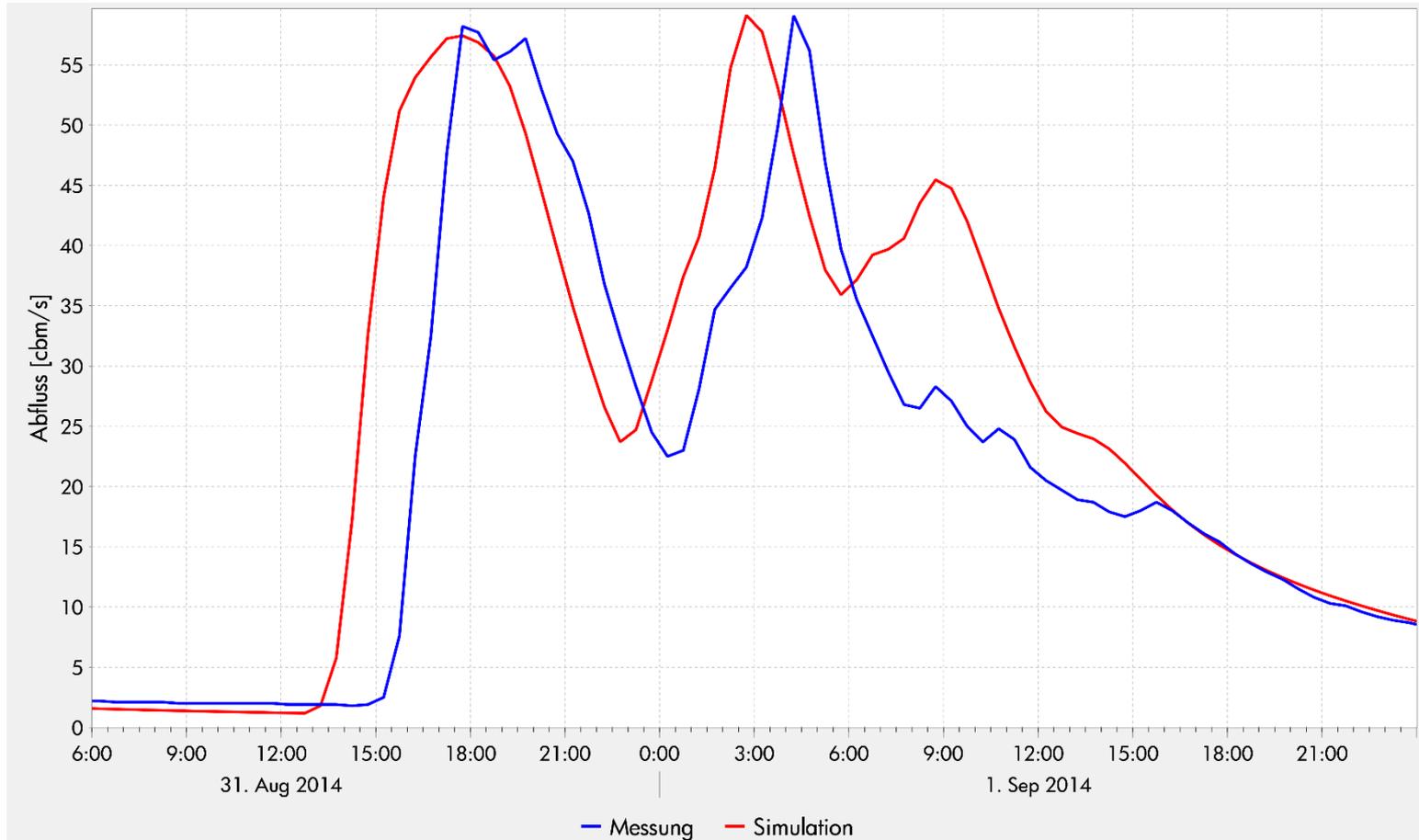
Dr.-Ing. Kai Gerlinger

HYDRON Ingenieurgesellschaft für Umwelt und Wasserwirtschaft

Juni 2020

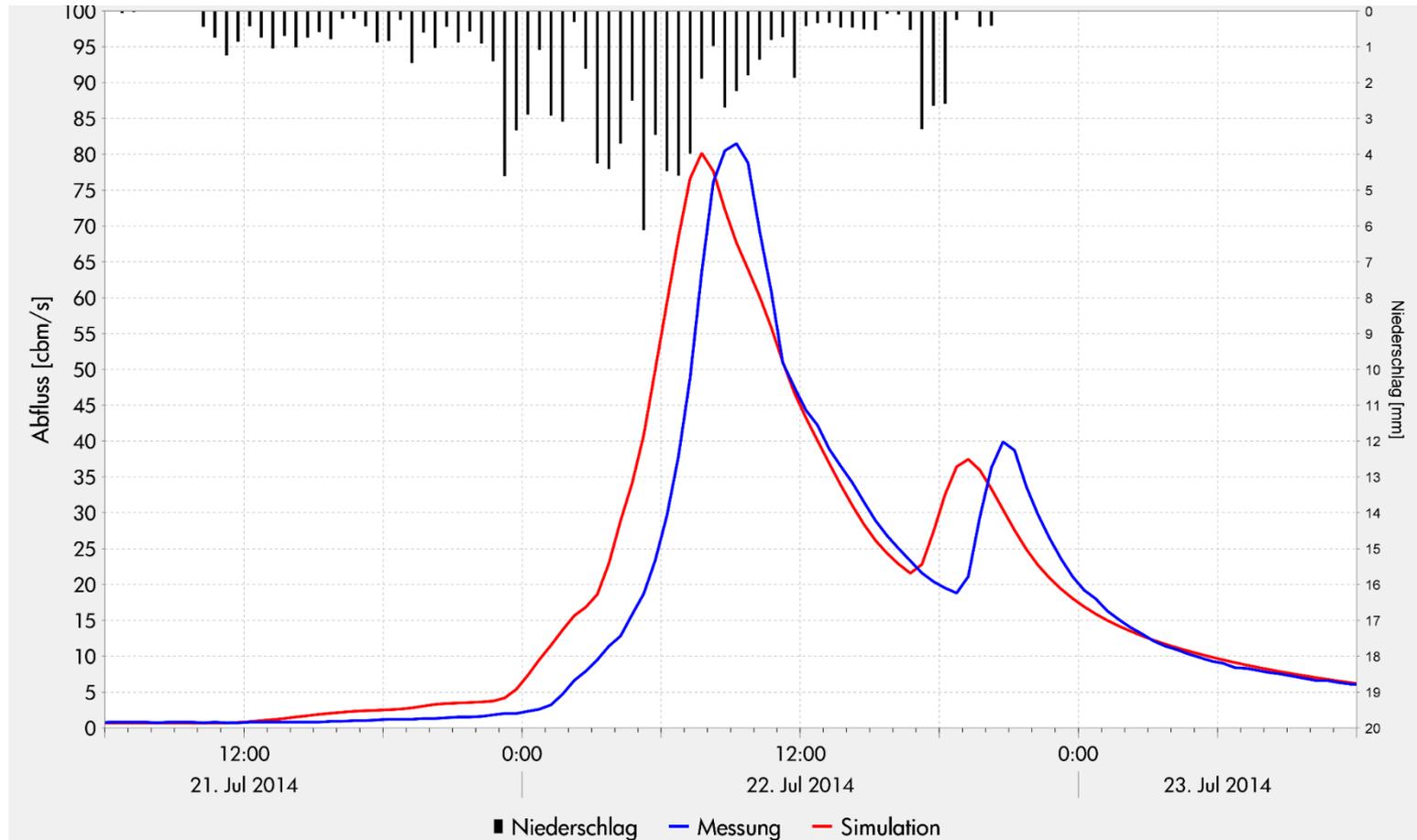
Zeitverzug zwischen Messung und Simulation

Beispiel: Zeitverzug zwischen gemessener und simulierter Ganglinie von zwei Stunden



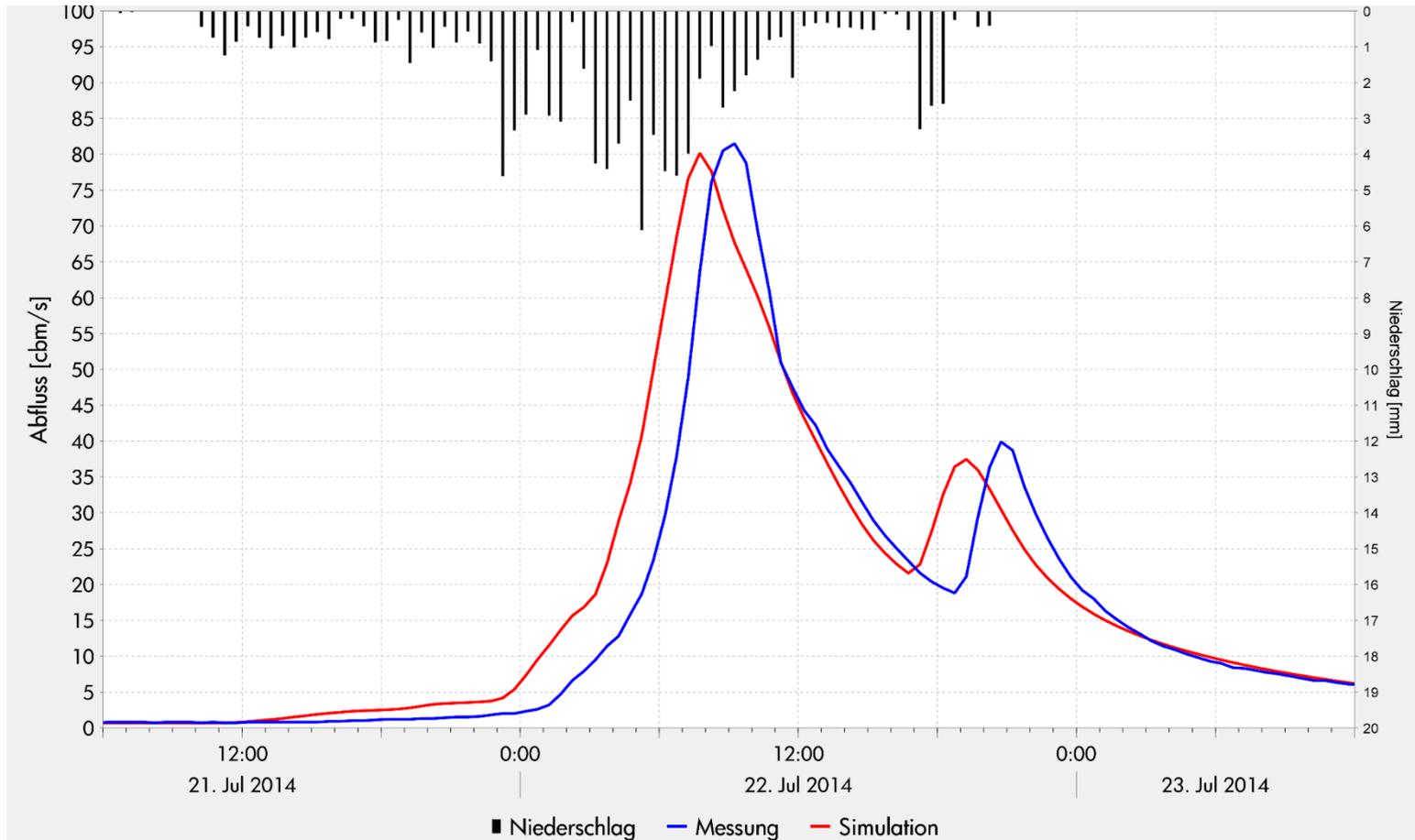
Zeitverzug zwischen Messung und Simulation

Beispiel: Zeitverzug zwischen gemessener und simulierter Ganglinie von zwei Stunden



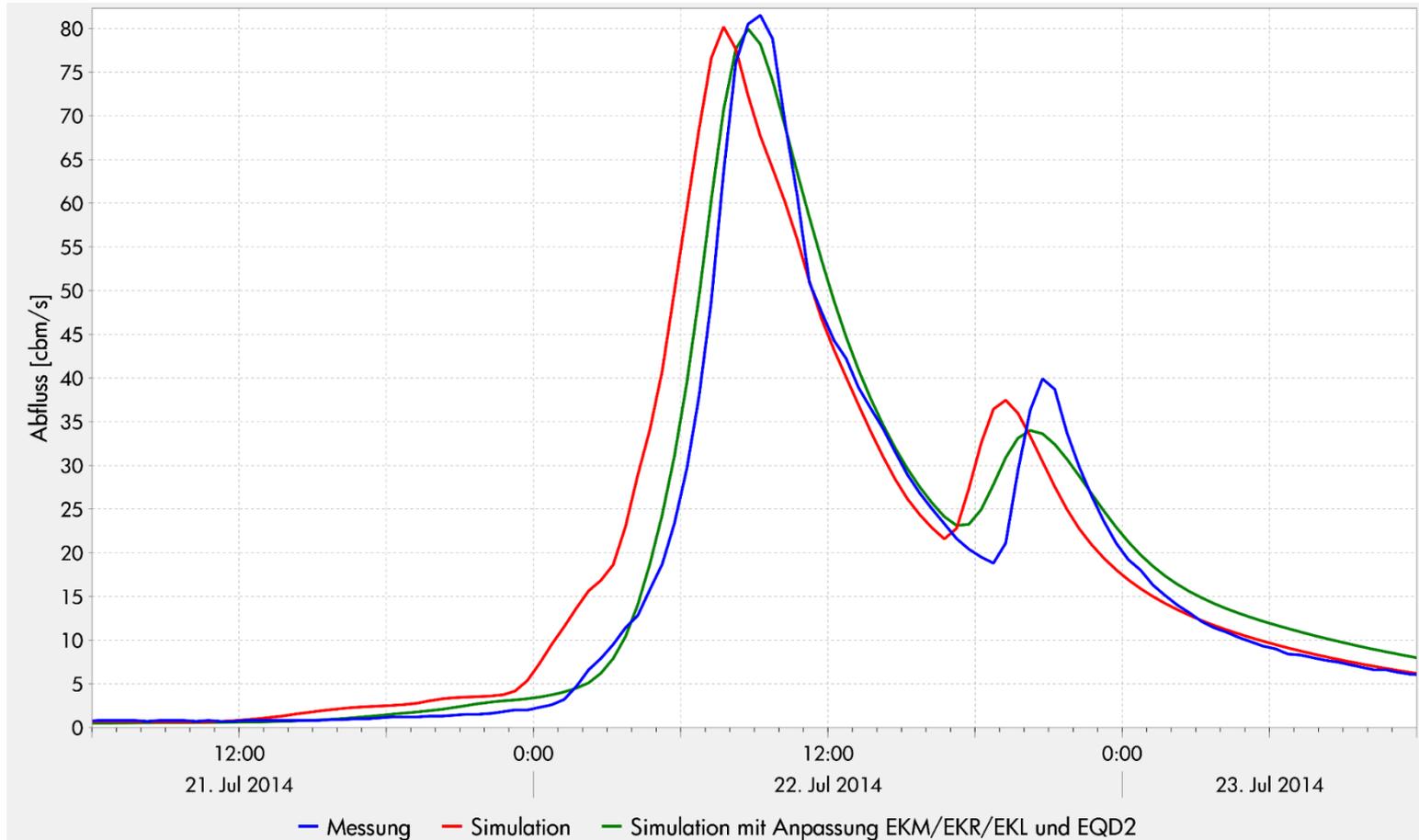
Zeitverzug zwischen Messung und Simulation

Wenn es sich um einen systematischen Zeitverzug handelt, der bei allen Simulationen auftritt, ist eine Nachkalibrierung erforderlich



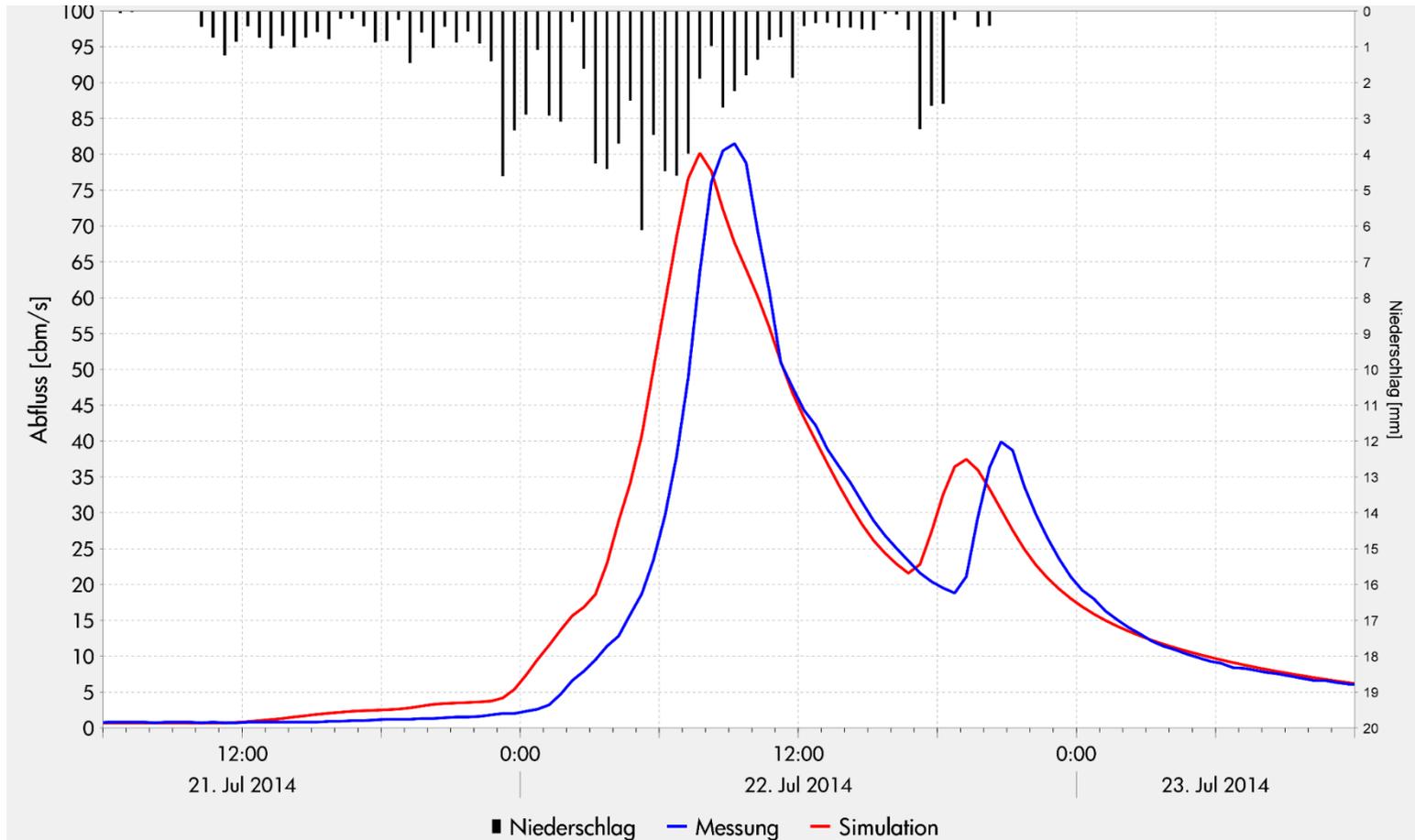
Möglichkeiten zur Verringerung des Zeitverzugs

Beispiel: Anpassung der Kalibrierparameter für die Abflusskonzentration und für das flood routing: Variation der Rauigkeitsbeiwerte sowie der Parameter für die Gebiets-speicher EKM, EKL und EKR (1,0 → 0,15) sowie EQD2 (50 → 20)



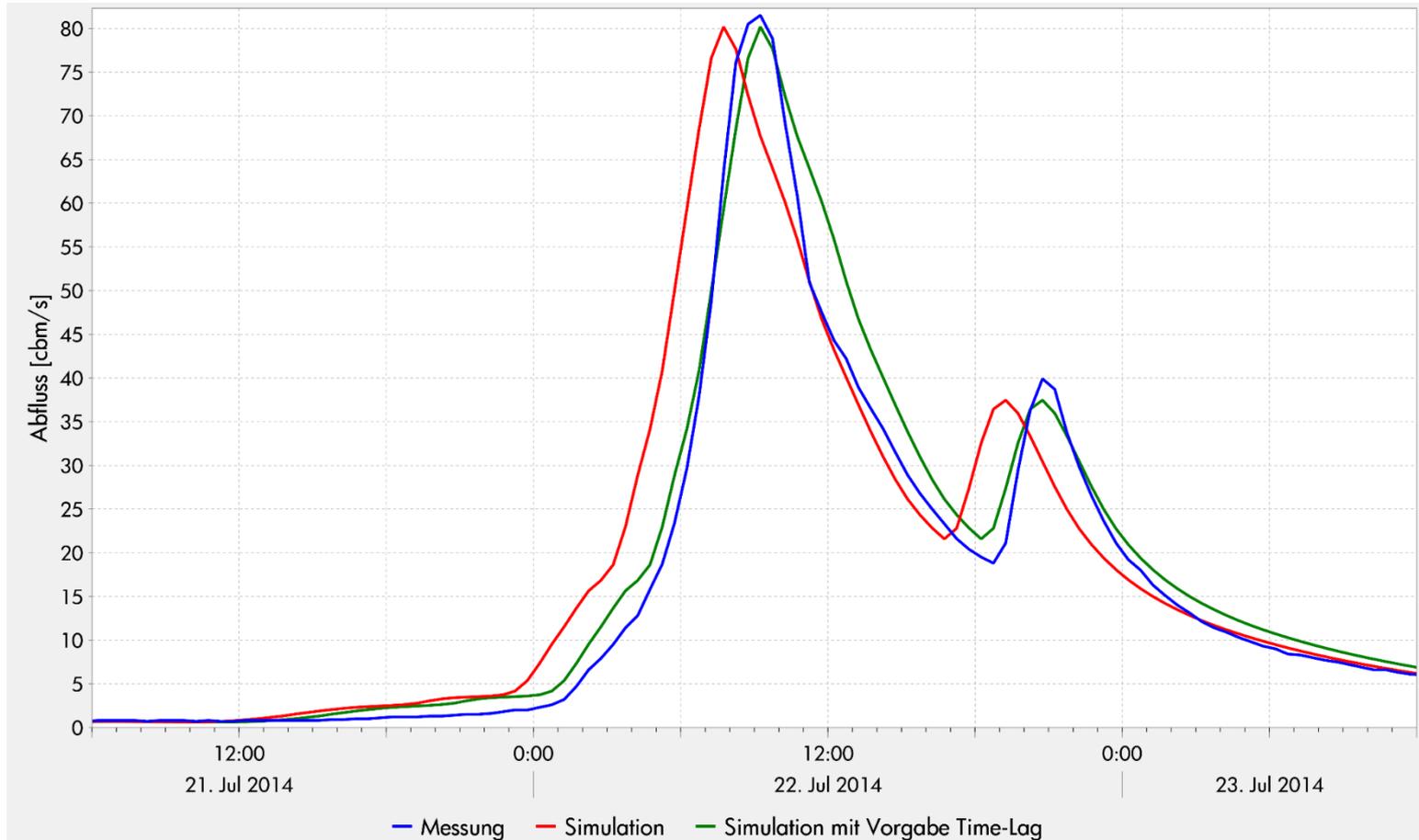
Möglichkeiten zur Verringerung des Zeitverzugs

Wenn es sich um einen Zeitverzug handelt, der bei einem Ereignis auftritt, ist eine manuelle Korrektur des Zeitverzugs möglich.



Möglichkeiten zur Verringerung des Zeitverzugs

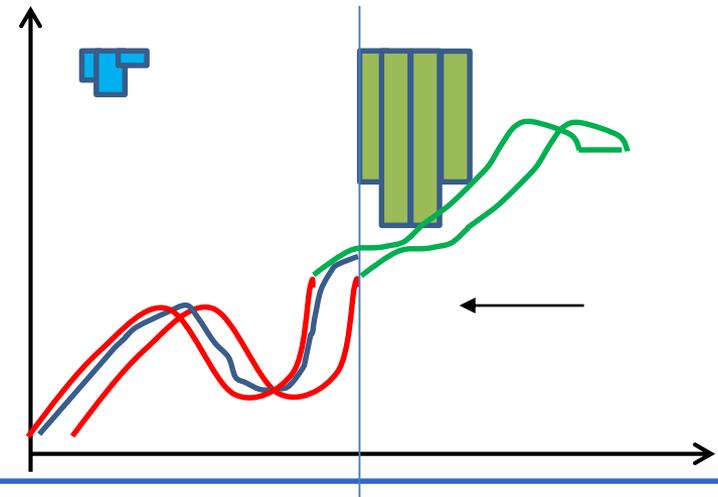
Aktivierung Option TIME-LAG GESAMTZEITRAUM unter Vorgabe von 2 Stunden für Pegelparameter „Time-Lag“



Manuelle Korrektur des Zeitverzugs

Option TIME-LAG GESAMTZEITRAUM

- Durchführung einer zeitliche Verschiebung der simulierten Ganglinie innerhalb des gesamten Berechnungszeitraums für ausgewählte Pegel.
- Die zeitliche Verschiebung erfolgt entsprechend des in der Datei <pegel.stm> vorgegebenen Werts für den Parameter „Time-Lag“ (Spalte mit der Kennung ‚TimeLag‘, Angabe in [h]):
 - Negativer Wert: Verschiebung der gesamten simulierten Ganglinie für einen Pegel zeitlich nach hinten. Für die letzten Intervalle des Vorhersagezeitraums wird Persistenz für den Abfluss angenommen.



Manuelle Korrektur des Zeitverzugs

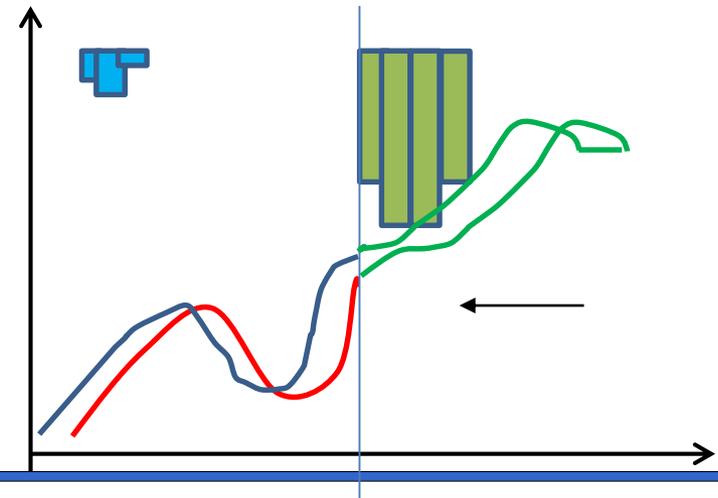
Option TIME-LAG GESAMTZEITRAUM

- Durchführung einer zeitliche Verschiebung der simulierten Ganglinie innerhalb des gesamten Berechnungszeitraums für ausgewählte Pegel.
- Die zeitliche Verschiebung erfolgt entsprechend des in den Pegelstammdaten vorgegebenen Werts für den Parameter „Time-Lag“ (Spalte mit der Kennung ‚TimeLag‘, Angabe in [h]):
 - Negativer Wert: Verschiebung der gesamten simulierten Ganglinie für einen Pegel zeitlich nach hinten. Für die letzten Intervalle des Vorhersagezeitraums wird Persistenz für den Abfluss angenommen.
 - Positiver Wert: Verschiebung der gesamten simulierten Ganglinie zeitlich nach vorne, d.h. in positiver Abszissenrichtung. Dabei wird für die ersten Intervalle des Simulationszeitraums rückwärtig Persistenz angenommen.
 - Wert 0: keine horizontale Verschiebung der vorhergesagten Ganglinie.
- Die zeitliche Verschiebung der Simulation erfolgt vor einer Optimierung. Somit keine Kompensation des Zeitfehlers durch die Nachführung des Wasserdargebots oder der Gebietsspeicher im Wasserhaushaltsmodell.

Manuelle Korrektur des Zeitverzugs

Option TIME-LAG VORHERSAGE

- Wird bei der Berechnung einer Abflussvorhersage mit dem Wasserhaushalts- oder Flussgebietsmodell die Option TIME-LAG VORHERSAGE vereinbart, besteht die Möglichkeit für ausgewählte Pegel eine zeitliche Verschiebung der Vorhersage zur Korrektur eines Zeitfehlers in der Simulation vorzunehmen.
- Diese zeitliche Verschiebung erfolgt auf Basis des in der Datei <pegel.stm> vorgegebenen Werts für den Parameter „Time-Lag“ analog zur Option TIME-LAG GESAMTZEITRAUM.



Manuelle Korrektur des Zeitverzugs

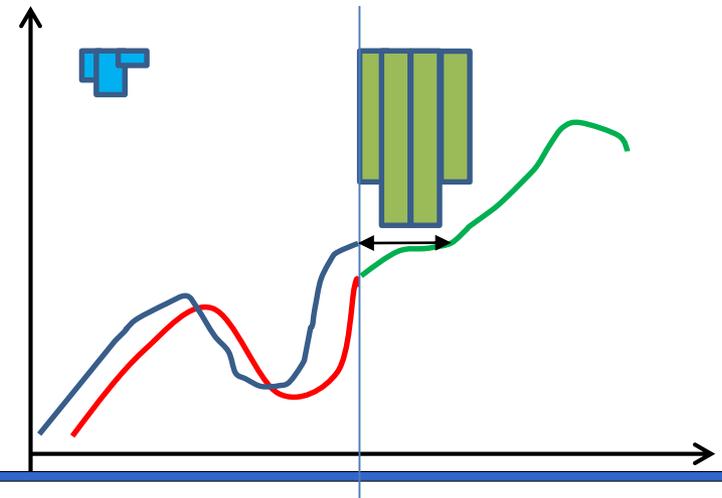
Option TIME-LAG VORHERSAGE

- Wird bei der Berechnung einer Abflussvorhersage mit dem Wasserhaushalts- oder Flussgebietsmodell die Option TIME-LAG VORHERSAGE vereinbart, besteht die Möglichkeit für ausgewählte Pegel eine zeitliche Verschiebung der Vorhersage zur Korrektur eines Zeitfehlers in der Simulation vorzunehmen.
- Diese zeitliche Verschiebung erfolgt auf Basis des in der Datei <pegel.stm> vorgegebenen Werts für den Parameter „Time-Lag“ analog zur Option TIME-LAG GESAMTZEITRAUM.
- Bei Vereinbarung der Option TIME-LAG VORHERSAGE betrifft die Korrektur des Zeitfehlers grundsätzlich nur die vorhergesagte Ganglinie. Somit bleiben die Ergebnisse für eine Optimierung (z.B. Abflussbeiwert im FGM, Wasserdargebot bzw. Gebietsspeicher im WHM) sowie die Simulation bis zum Vorhersagezeitpunkt unbeeinflusst.

Optimierte Korrektur des Zeitverzugs

Option TIME-LAG AUTO

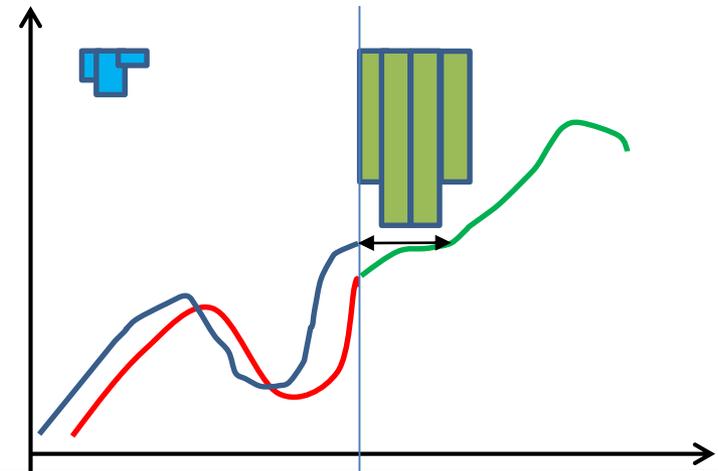
- Automatische Bestimmung des Parameters "Time-Lag".
- Dazu ist in der Datei <pegel.stm> der Schalter mit der Kennung TimeLagAuto vorzusehen ('J': automatische Korrektur des Zeitfehlers vorgenommen (sofern dies möglich ist), 'N' : keine automatische Korrektur)
- Bei der automatischen Korrektur des Zeitfehlers wird eine konstante Abszissenkorrektur der vorhergesagten Ganglinie am Pegel durchgeführt. Der Verschiebungsvektor wird aus der horizontalen Differenz zwischen der Messung zum Vorhersagezeitpunkt und der simulierten bzw. vorhergesagten Ganglinie abgeleitet.



Optimierte Korrektur des Zeitverzugs

Option TIME-LAG AUTO

- Dazu wird über den Einzelparameter TIME-LAG MAXIMAL H die maximale Anzahl von Stunden für einen Zeitraum vor und nach dem Vorhersagezeitpunkt, der hinsichtlich einer Übereinstimmung von Simulation und Messung zu überprüfen ist, vorgegeben:



Optimierte Korrektur des Zeitverzugs

Option TIME-LAG AUTO

- Dazu wird über den Einzelparameter TIME-LAG MAXIMAL H die maximale Anzahl von Stunden für einen Zeitraum vor und nach dem Vorhersagezeitpunkt, der hinsichtlich einer Übereinstimmung von Simulation und Messung zu überprüfen ist, vorgegeben:
 - Wird der gemessene Abfluss zum Vorhersagezeitpunkt durch den simulierten Abfluss zwischen zwei Intervallen innerhalb des definierten Zeitraums wiedergegeben, wird das Anfangsintervall als "Time-Lag" übernommen und die Vorhersage entsprechend verschoben.
 - Wird eine Übereinstimmung von Simulation und Messung sowohl im Auswertzeitraum vor dem Vorhersagezeitpunkt als auch danach festgestellt, wird der kleinere "Time-Lag" (Absolutwert) für die Verschiebung gewählt.

Optimierte Korrektur des Zeitverzugs

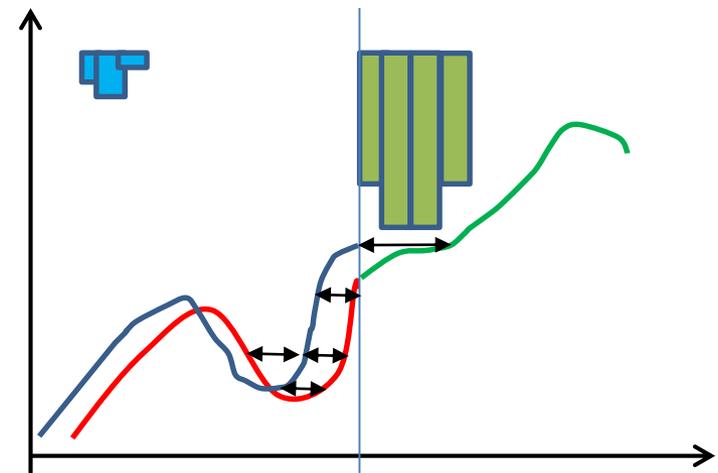
Option TIME-LAG AUTO

- Soll der Wert für den "Time-Lag" nicht nur anhand eines Zeitschritts bestimmt werden, kann der Verschiebungsvektor auch aus der Abszissendifferenz mehrerer Berechnungsintervalle gemittelt werden.
- Dazu ist über den optionalen Einzelparameter TIME-LAG MITTEL H die Anzahl der Stunden vor dem Vorhersagezeitpunkt zu definieren, für die der horizontale Abstand der Messung von der Simulation zu bestimmen ist. Der Wert für den Einzelparameter TIME-LAG MAXIMAL H wird dann auch auf die zusätzlichen Zeitschritte angewendet, d.h. es wird die angegebene Anzahl von Stunden vor und nach dem betreffenden Zeitpunkt auf eine Übereinstimmung von Simulation und Messung hin überprüft.

Optimierte Korrektur des Zeitverzugs

Option TIME-LAG AUTO

- Soll der Wert für den "Time-Lag" nicht nur anhand eines Zeitschritts bestimmt werden, kann der Verschiebungsvektor auch aus der Abszissendifferenz mehrerer Berechnungsintervalle gemittelt werden.
- Dazu ist über den optionalen Einzelparameter TIME-LAG MITTEL H die Anzahl der Stunden vor dem Vorhersagezeitpunkt zu definieren, für die der horizontale Abstand der Messung von der Simulation zu bestimmen ist. Der Wert für den Einzelparameter TIME-LAG MAXIMAL H wird dann auch auf die zusätzlichen Zeitschritte angewendet, d.h. es wird die angegebene Anzahl von Stunden vor und nach dem betreffenden Zeitpunkt auf eine Übereinstimmung von Simulation und Messung hin überprüft.



TIME-LAG MITTEL H

Optimierte Korrektur des Zeitverzugs

Option TIME-LAG AUTO

- Bei Ermittlung eines negativen Werts für den Parameter "Time-Lag" wird die vorhergesagte Ganglinie für einen Pegel zeitlich nach hinten verschoben. Bei einer derartigen Verschiebung in negativer Abszissenrichtung wird für die letzten Intervalle des Vorhersagezeitraums Persistenz für den Abfluss angenommen.
- Bei Bestimmung eines positiven Werts für den Parameter "Time-Lag" wird die vorhergesagte Ganglinie zeitlich nach vorne, d.h. in positiver Abszissenrichtung, verschoben. Dabei werden Simulationswerte aus dem Messzeitraum in den Vorhersagezeitraum verschoben und die nach Ereignisende vorliegenden Vorhersagewerte gelöscht.
- Wenn für den Parameter "Time-Lag" der Wert 0 berechnet wird, erfolgt keine horizontale Verschiebung der vorhergesagten Ganglinie.

Optimierte Korrektur des Zeitverzugs

Option TIME-LAG AUTO

- Die zeitliche Verschiebung der vorhergesagten Ganglinie erfolgt im Programmablauf grundsätzlich vor der Durchführung der ARIMA-Korrektur.
- Die für den Parameter "Time-Lag" berechneten Werte werden für die einzelnen Pegel in die Logdatei <tape11> ausgegeben.
- Bei Vereinbarung der Option TIME-LAG AUTO betrifft die Korrektur des Zeitfehlers nur die vorhergesagte Ganglinie. Somit bleiben die Ergebnisse für eine Optimierung (z.B. Abflussbeiwert im FGM, Wasserdargebot bzw. Gebietsspeicher im WHM) sowie die Simulation bis zum Vorhersagezeitpunkt unbeeinflusst.
- Grundsätzlich ist die Durchführung einer automatischen Korrektur nur in den Fällen, bei denen eine reine Parallelverschiebung der simulierten und gemessenen Ganglinie vorliegt, zu empfehlen.

Optimierte Korrektur des Zeitverzugs

Option TIME-LAG AUTO

- Ist zusätzlich die Option TIME-LAG VORHERSAGE aktiv und ist ein fester Wert für den Parameter "Time-Lag" vorgegeben, ist diese Anforderung von untergeordneter Bedeutung. Das heißt, es wird zunächst versucht, eine automatische Korrektur durchzuführen. Ist die automatische Korrektur jedoch nicht möglich, weil entweder keine Abflussmessdaten vorliegen oder weil die simulierte und gemessene Ganglinie zu weit auseinander liegen, wird für die Korrektur auf den für den Parameter "Time-Lag" fest vorgegebenen Wert zurückgegriffen.

Optimierte Korrektur des Zeitverzugs mit der Option TIME-LAG

Option TIME-LAG AUSGABE

- Ausgabe der Datei <JJJJMMTThh.tlag>, die den Parameter Time-Lag zur zeitlichen Verschiebung der simulierten bzw. vorhergesagten Ganglinie an ausgewählten Pegeln enthält.
- Ist die Option TIME-LAG AUTO aktiv, entspricht der in der Datei <JJJJMMTThh.tlag> enthaltene Wert für den Time-Lag dem anhand der horizontalen Differenz zwischen Messung und Simulation bzw. Vorhersage berechnetem Wert.
- Ist dagegen die Option TIME-LAG VORHERSAGE oder TIME-LAG GESAMTZEITRAUM aktiv, entspricht der Wert dem aus der Datei <pegel.stm> eingelesenen Parameter TimeLag.

Optimierte Korrektur des Zeitverzugs mit der Option TIME-LAG

Option TIME-LAG AUSGABE

- Zusätzlich zum Time-Lag wird der Zeitraum ausgegeben, auf den die zeitliche Verschiebung angewandt wird:
 - Dabei steht die Kennung 'V' für den Vorhersagezeitraum, die bei Vereinbarung der Optionen TIME-LAG AUTO und TIME-LAG VORHERSAGE ausgegeben wird.
 - Die Kennung 'G' steht für den Gesamtzeitraum (Simulations- und Vorhersagezeitraum), die bei Vereinbarung der Option TIME-LAG GESAMTZEITRAUM ausgegeben wird.

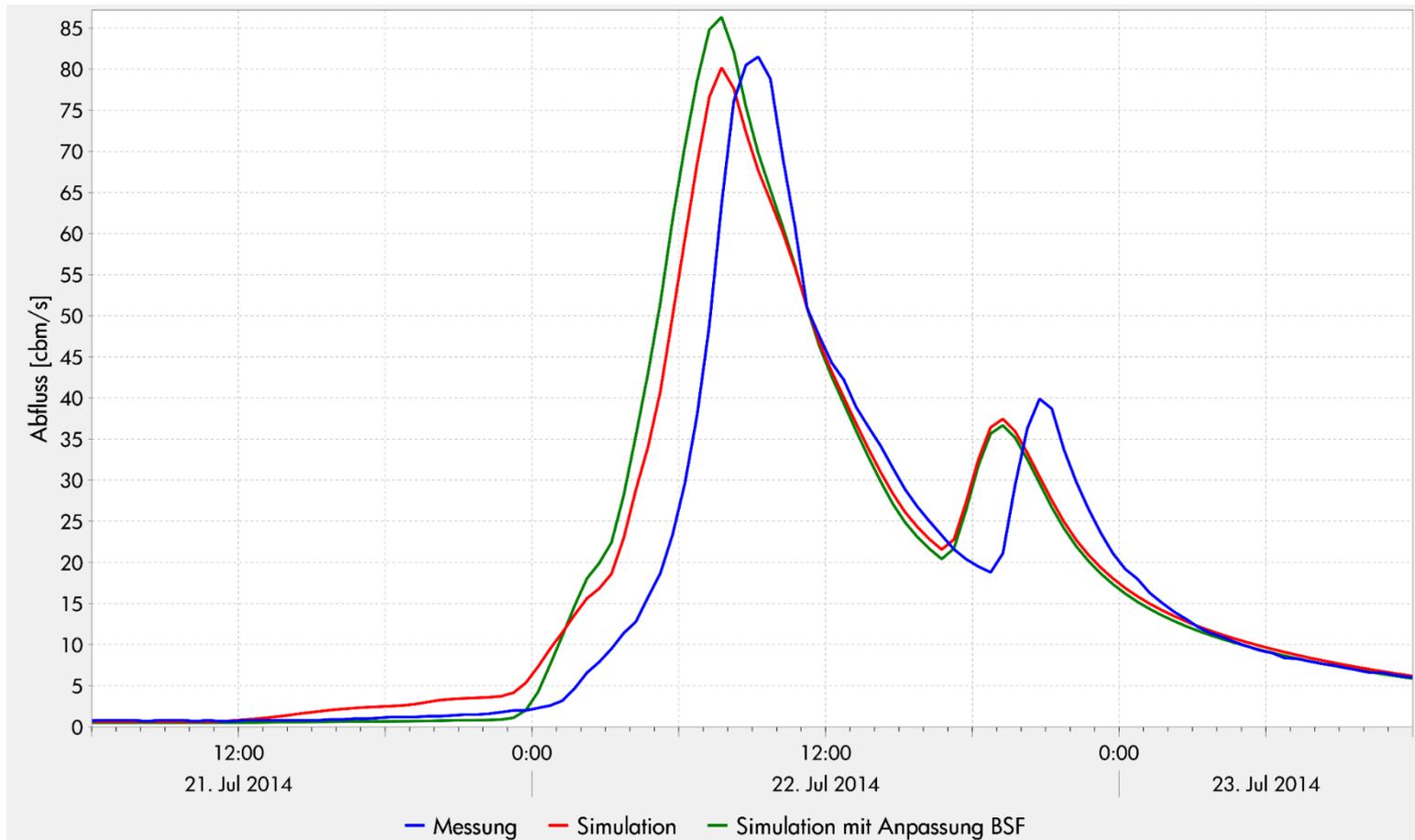
Optimierte Korrektur des Zeitverzugs mit der Option TIME-LAG

Option TIME-LAG EINGABE

- Der Time-Lag wird aus der Datei <JJJJMMTThh.tlag> eingelesen und die automatisierte Bestimmung bzw. das Auslesen des Parameters TimeLag aus der Datei <pegel.stm> wird unterbunden.

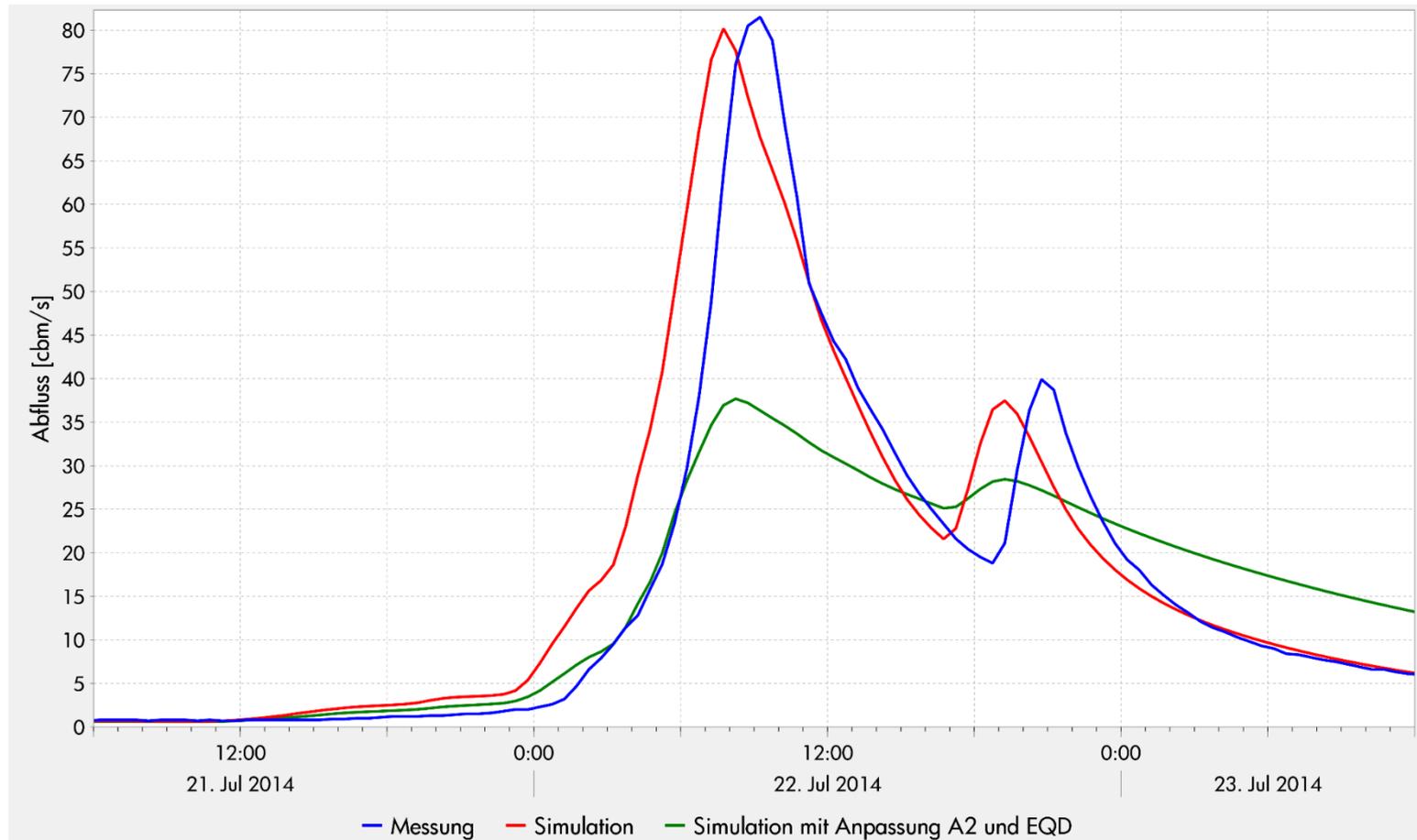
Möglichkeiten zur Verringerung des Zeitverzugs

Anpassung der Kalibrierparameter für die Abflussberechnung: Variation der Exponenten der Bodenfeuchte-Sättigungsflächen-Funktion BSF (0,15 → 0,01)



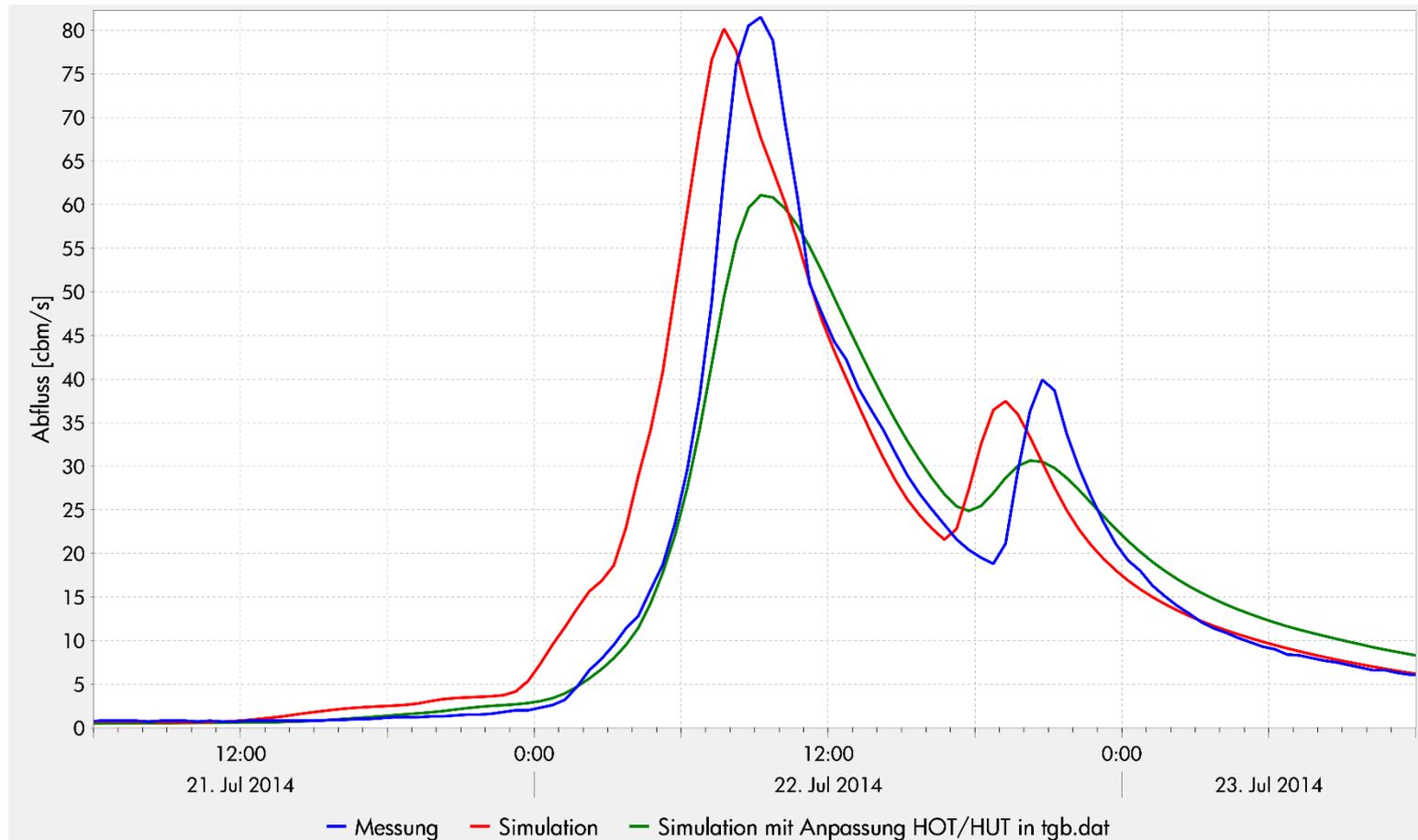
Möglichkeiten zur Verringerung des Zeitverzugs

Anpassung der Kalibrierparameter für die Abflusskonzentration: Variation der Parameter für die Gebietspeicher A2 (2,5 → 99,0) und EQD (300 → 500)



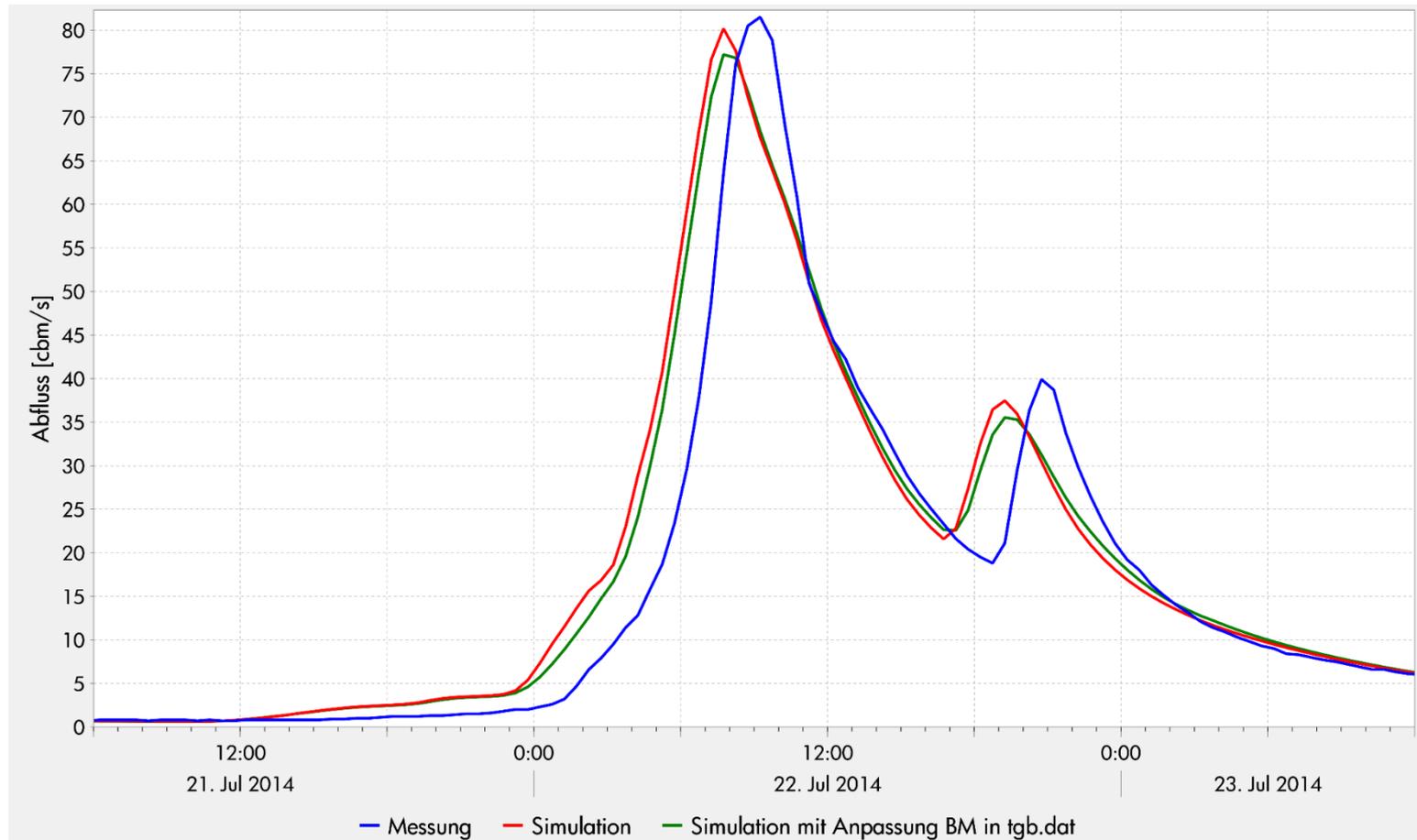
Möglichkeiten zur Verringerung des Zeitverzugs

Anpassung der Systemdaten für die Abflusskonzentration: Variation der Geländehöhen in <tgbd.dat> HOT und HUT (Multiplikation mit 0,5 für alle TGB im EZG)



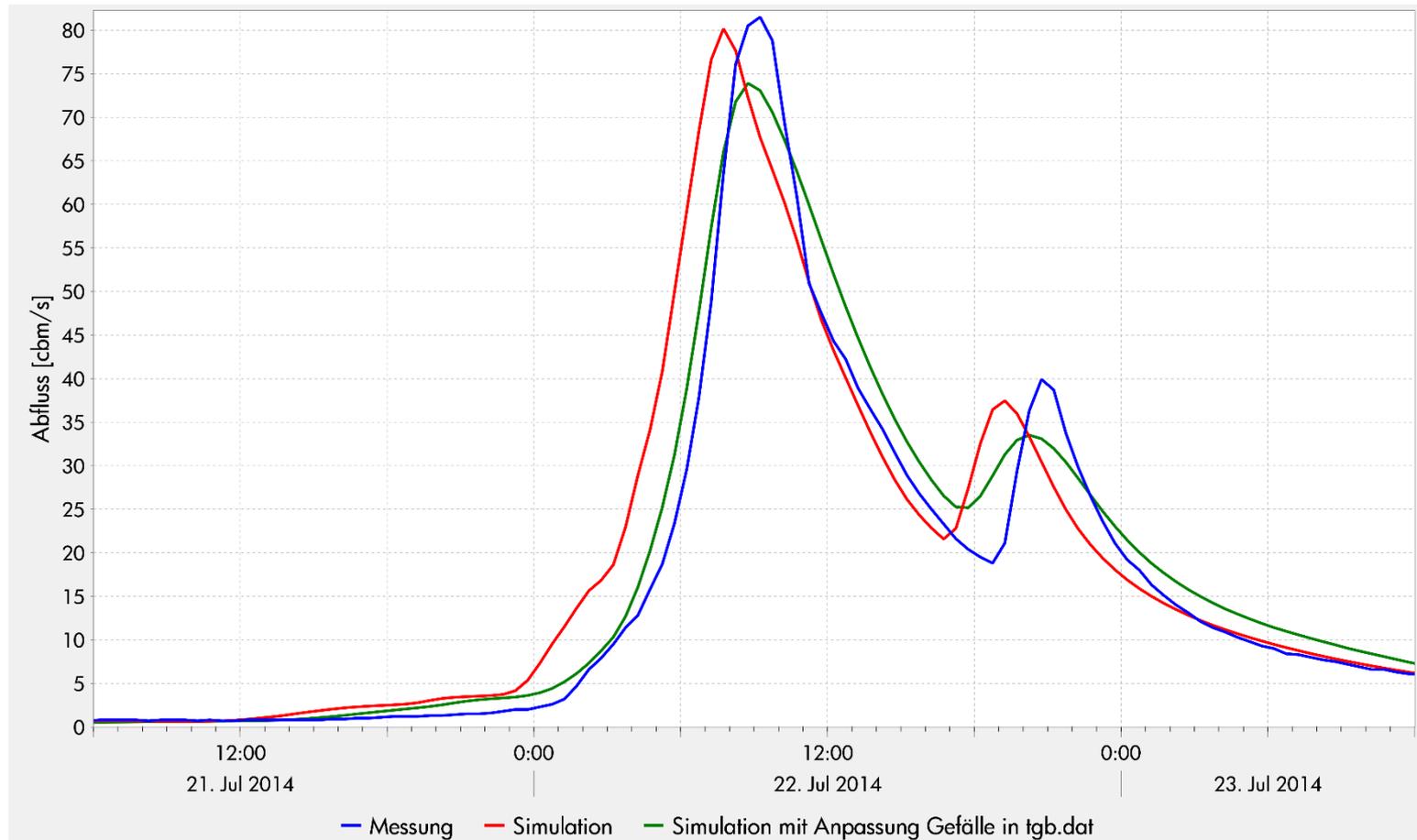
Möglichkeiten zur Verringerung des Zeitverzugs

Anpassung der Systemdaten für das flood routing: Variation der Hauptbettbreite in <tgbd.dat> (Multiplikation mit 10,0 für alle TGB im EZG)



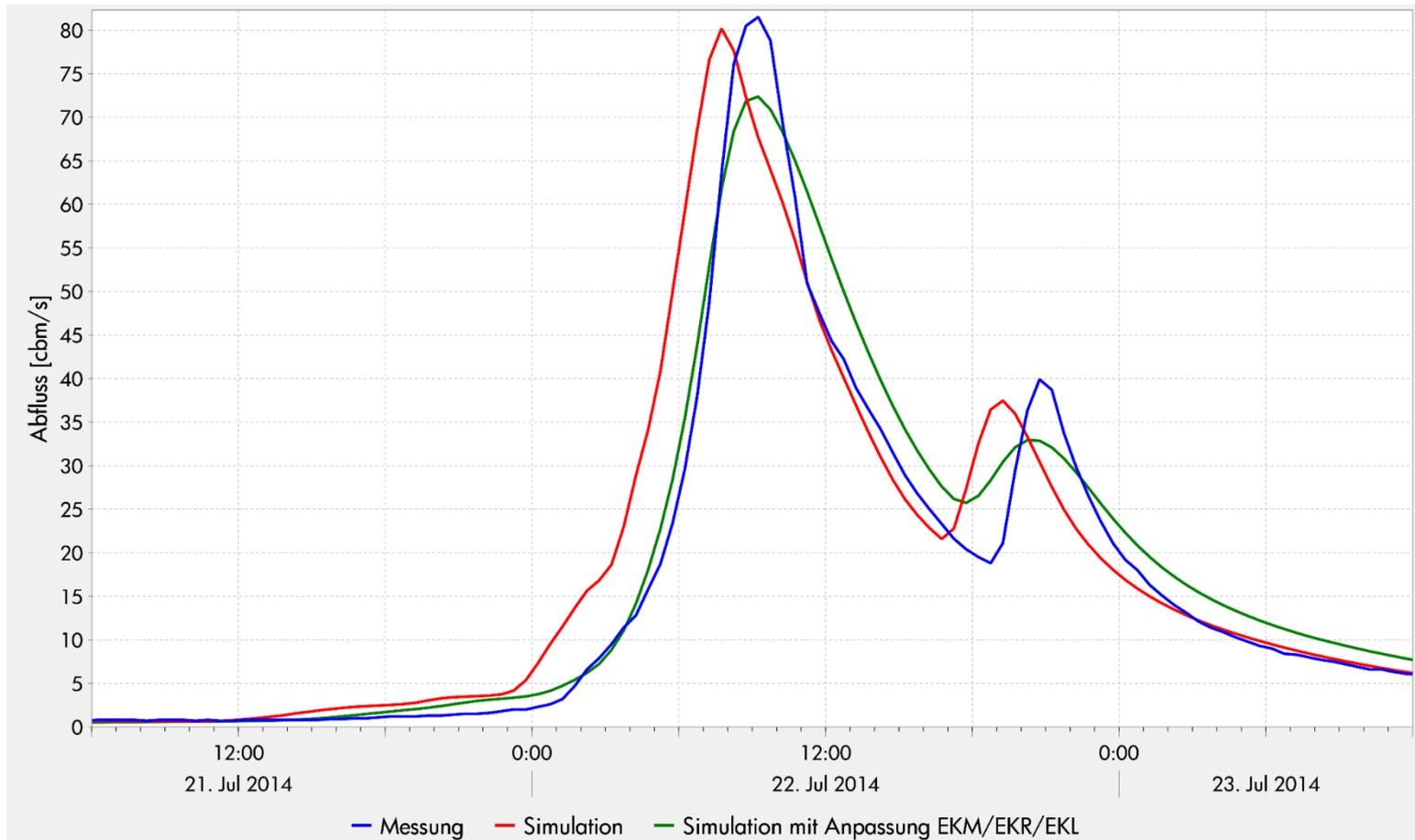
Möglichkeiten zur Verringerung des Zeitverzugs

Anpassung der Systemdaten für das flood routing: Variation des Gefälles des Vorfluters in <tgbd.dat> (Multiplikation mit 0,05 für alle TGB im EZG)



Möglichkeiten zur Verringerung des Zeitverzugs

Anpassung der Kalibrierparameter für das flood routing: Variation der Rauigkeitsbeiwerte (Flood-Routing) EKM, EKL und EKR (1,0 → 0,2)



Optimierte Korrektur des Zeitverzugs mit der Option TIME-LAG

Option LAG-OPTIMIERUNG

- Zusätzlich zur Option WHM-HQ-NACHFUEHRUNG
- Während des ersten Berechnungslaufes wird für alle zu optimierenden Pegel die jeweils noch unoptimierte Ganglinie hinsichtlich eines Zeitverzugs überprüft:
 - Die simulierte Ganglinie wird dazu stundenweise in die positive Richtung der Zeitachse (maximal um den Wert des HQ-Auswertezeitraums) verschoben und für jede Stunde die Modelleffizienz der simulierten Ganglinie im HQ-Auswertezeitraum bestimmt (negativer Time-LAG).
 - Bei der Verschiebung in die negative Richtung der Zeitachse (positiver Time-LAG) wird parallel auch der Auswertezeitraum jeweils um eine Stunde verschoben, so dass für die gesamte Dauer des HQ-Auswertezeitraumes simulierte Werte zur Gütemaßbestimmung vorliegen.

Optimierte Korrektur des Zeitverzugs mit der Option TIME-LAG

Option LAG-OPTIMIERUNG

- Die Verschiebung ist nur für einen Time-LAG, der maximal die Hälfte des Simulationszeitraumes beträgt, möglich (d.h. für einen Simulationszeitraum von 24h ist eine Verschiebung von -12h bis +12h möglich). Nach der Verschiebung in beide Richtungen wird der Time-LAG mit der höchsten Modelleffizienz bestimmt.
- Anschließend wird eine Optimierung im Rahmen der WHM-HQ-NACHFUEHRUNG für die unverschobene Ganglinie vorgenommen und ebenfalls die Modelleffizienz (für Time- LAG=0) bestimmt.
- Ist die Modelleffizienz für die optimierte Ganglinie höher als für die verschobene Ganglinie, wird diese im Tape18 ausgegeben und für die weitere Berechnung verwendet. Ist die Güte für die LAG-verschobene Variante höher, wird die vorhergesagte (nicht die simulierte Ganglinie vor dem VZP) um den ermittelten Zeitverzug verschoben und weiter verwendet. Falls eine Verschiebung in Richtung negativer Zeitachse erfolgt, wird für die letzten Vorhersagewerte jeweils Persistenz des Abflusses angenommen.

Optimierte Korrektur des Zeitverzugs

Option TIME-LAG VORHERSAGE

- Bei Vorgabe eines negativen Werts für den Parameter "Time-Lag" wird die vorhergesagte Ganglinie für einen Pegel zeitlich nach hinten verschoben. Bei einer derartigen Verschiebung in negativer Abszissenrichtung wird für die letzten Intervalle des Vorhersagezeitraums Persistenz für den Abfluss angenommen.
- Bei Vorgabe eines positiven Werts für den Parameter "Time-Lag" wird die vorhergesagte Ganglinie zeitlich nach vorne, d.h. in positiver Abszissenrichtung, verschoben. Dabei werden Simulationswerte aus dem Messzeitraum in den Vorhersagezeitraum verschoben und die nach Ereignisende vorliegenden Vorhersagewerte gelöscht.
- Wenn für den Parameter "Time-Lag" der Wert 0 angegeben ist, erfolgt keine horizontale Verschiebung der vorhergesagten Ganglinie.

Optimierte Korrektur des Zeitverzugs

Option TIME-LAG VORHERSAGE

- Die Korrektur der Vorhersage ist prinzipiell für jeden Pegel unabhängig von dem für die Pegelverdrahtung definierten Wert für IPRIN möglich.
- Wird die Übernahme der gemessenen Ganglinie für die Berechnung stromabwärts liegender Bereiche genutzt, wird i.d.R. auch die zeitverschobene Ganglinie übernommen.
- Wird die simulierte Ganglinie für die Berechnung stromabwärts liegender Bereiche genutzt, wird die zeitverschobene Ganglinie als Ergebnis für die Visualisierung ausgegeben, aber nicht als Zulaufganglinie für das folgende Teilgebiet verwendet.
- Ausnahmen bilden hier IPRIN=4 und IPRIN=5, bei denen trotz Übernahme der gemessenen Pegelganglinie die Korrektur des Zeitfehlers für die weitere Berechnung wieder zurückgenommen wird.

Optimierte Korrektur des Zeitverzugs

Option TIME-LAG VORHERSAGE

- Bei Vereinbarung der Option TIME-LAG VORHERSAGE betrifft die Korrektur des Zeitfehlers grundsätzlich nur die vorhergesagte Ganglinie. Somit bleiben die Ergebnisse für eine Optimierung (z.B. Abflussbeiwert im FGM, Wasserdargebot bzw. Gebietsspeicher im WHM) sowie die Simulation bis zum Vorhersagezeitpunkt unbeeinflusst.