

Kapitel 1: Modellnachführung und Beeinflussung der operationell vorhergesagten Abfluss- ganglinien in LARSIM

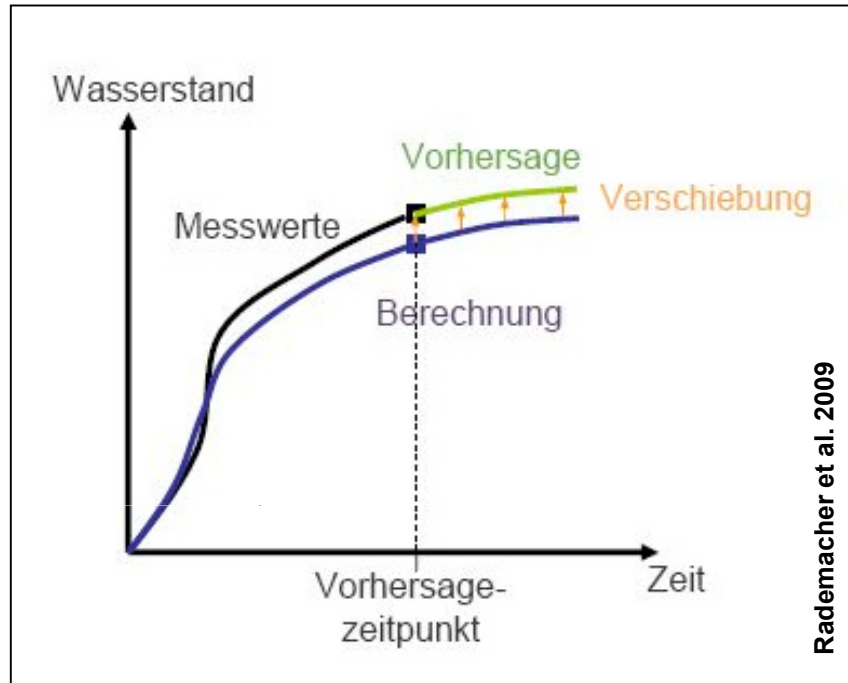
1.2 Nachführung durch die ARIMA-Korrektur im Wasserhaushaltsmodell LARSIM

Dr.-Ing. Kai Gerlinger

HYDRON Ingenieurgesellschaft für Umwelt und Wasserwirtschaft

März 2017

ARIMA-Korrektur



Rademacher et al. 2009

Messung
Simulation

ARIMA-Korrektur 0-1-0:
entspricht dem Versatz
zwischen dem
gemessenen und
simulierten Abfluss zum
VZP

Zeit

Was ist ARIMA?

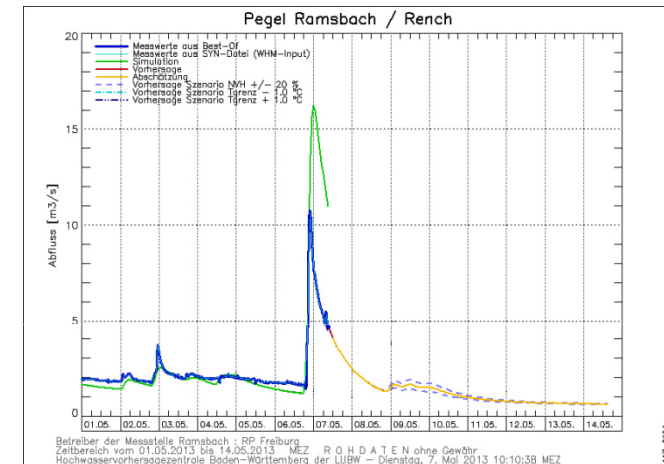
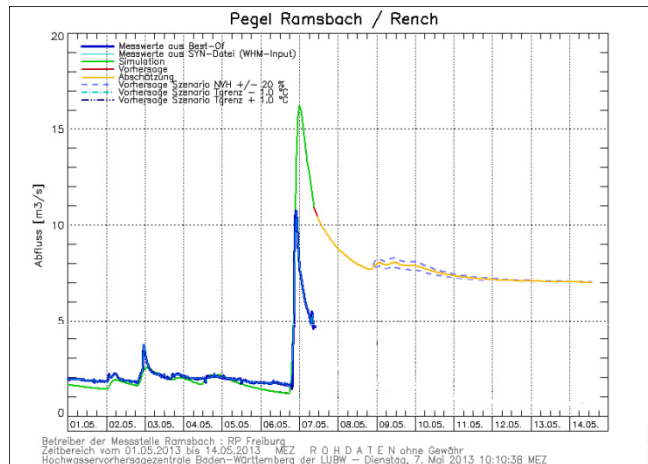
- AR – autoregressives Modell
- I – Differenzenmodell
- MA – Moving-Average-Modell (Gleitendes Mittel)

LARSIM WHM-Modus: Option WHM-ARIMA-VORHERSAGE (u.a.)

→ nur Differenzenmodell, kein AR, kein MA

Anwendungsbeispiel

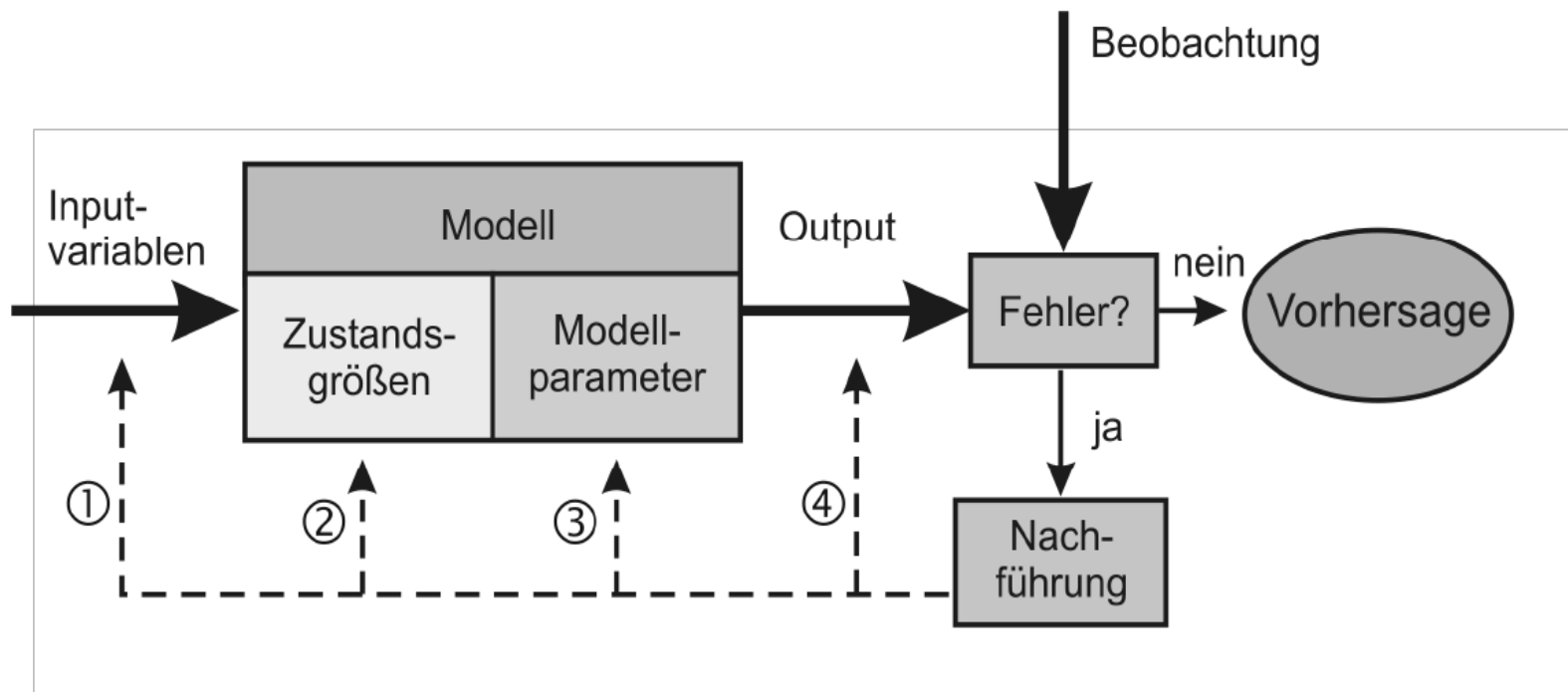
- Verschiebung der Modellvorhersage an Messung wegen Differenz von Simulation und Messung



- Problematisch bei:
 - Pegeln mit Schwellbetrieb
 - Pegeln mit einem hohen Schwankungsbreite (Rauschen) der Messwerte
 - Instationaritäten in Simulation oder Messung, Zeitverzug zwischen Messung und Simulation (Time-Lag)

ARIMA-Korrektur

- Modellnachführung wirkt über den gesamten Kontrollbereich eines Pegels und im Beobachtungszeitraum
- ARIMA-Korrektur wirkt nur lokal am Pegel bzw. bei Weitergabe unterstrom des Pegels und nur im Vorhersagezeitraum. Somit ohne Auswirkungen auf innere Modellzustände und deren Fortführung über die WHM-Zustandsdatei (Outputkorrektur).



ARIMA-Korrektur

1. Voraussetzung:

Analog zur Modellnachführung kann für jeden Pegel einzeln entschieden werden, für welchen Abflussbereich eine ARIMA-Korrektur vorgenommen werden soll.

Grundlage für diese Entscheidung sind die Zuverlässigkeit und Konsistenz der Pegelmessungen im jeweiligen Abflussbereich.

So ist es beispielsweise möglich, für einen bestimmten Pegel die ARIMA-Korrektur im Niedrigwasser abzuschalten, weil die Niedrigwassermessungen unzuverlässig sind, gleichzeitig aber im Mittel- und Hochwasserbereich eine ARIMA-Korrektur vorzunehmen.

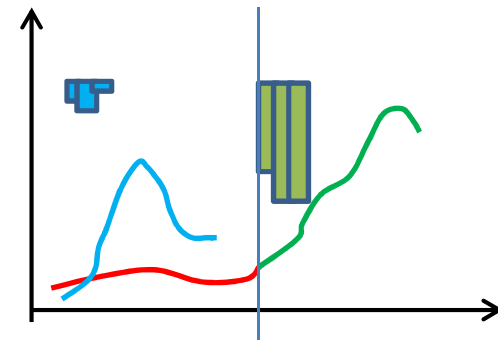
ARIMA-Korrektur

1. Voraussetzung:

- Entsprechend Angaben in <pegel.stm> ist eine ARIMA-Korrektur im Abflussbereich (NQ, MQ, HQ) vorgesehen.
- Mindestens ein Wert des gemessenen Abflusses liegt im Auswertezeitraum vor .
- Ein Messwert liegt zum Vorhersagezeitpunkt vor.

Alternativ kann pegelspezifisch vorgegeben werden, dass bei fehlenden Messwerten zum Vorhersagezeitpunkt frühere Messwerte vor dem Vorhersagezeitpunkt zur ARIMA-Korrektur verwendet werden sollen. Dann: mindestens ein Messwert muss innerhalb des pegelspezifisch vorgegebenen Zeitraums vor dem Vorhersagezeitpunkt vorliegen.

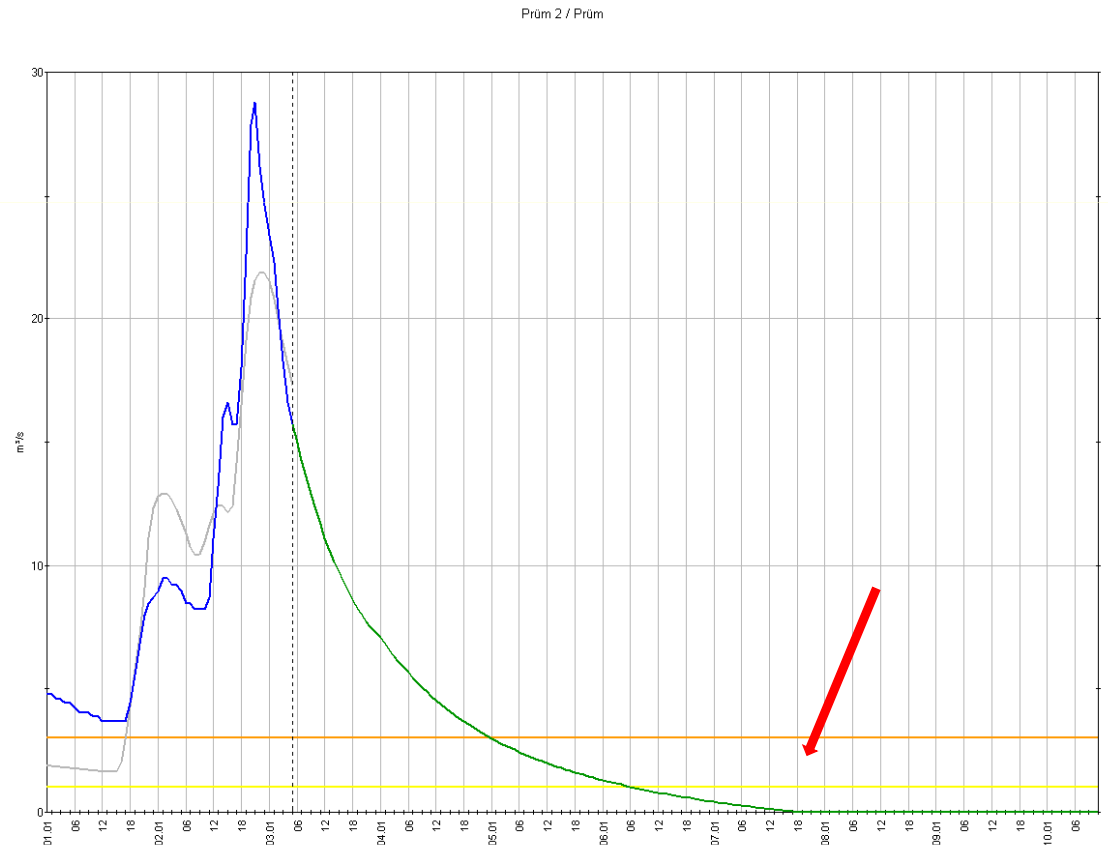
-> Korrektur der Vorhersagewerte anhand der Differenz zwischen dem gemessenen und simulierten Abflusswert zum Vorhersagezeitpunkt



ARIMA-Korrektur

2. Absolute und relative ARIMA-Korrektur:

ARIMA-Korrekturen, bei denen die Abflusskurven um einen konstanten Wert für den Vorhersagezeitraum verschoben werden, können zu unrealistischen Abflusswerten führen, vor allem bei langfristigen Vorhersagen.



ARIMA-Korrektur

2. Absolute und relative ARIMA-Korrektur:

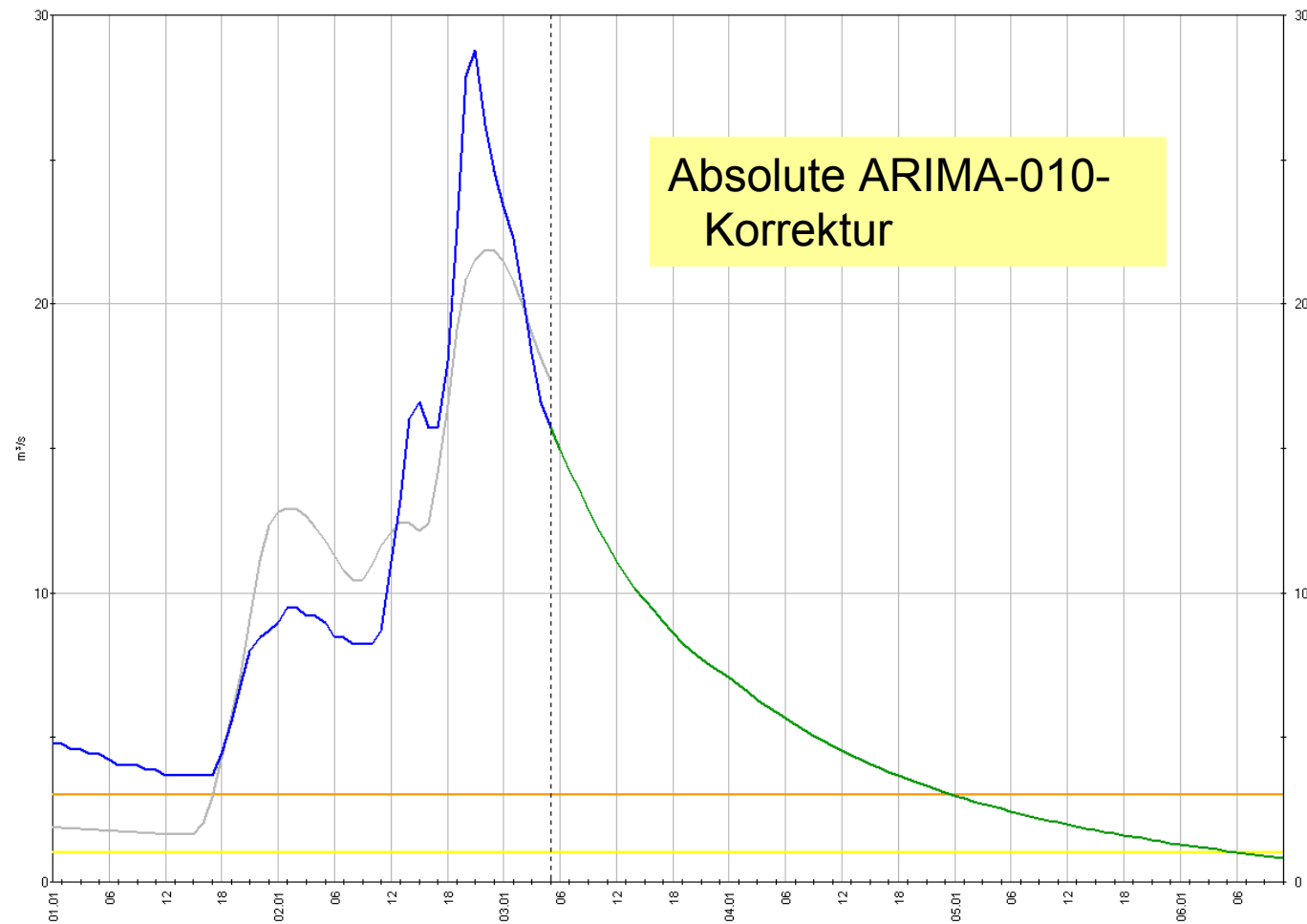
Je nach Abflussverhältnis wird automatisch eine relative oder eine absolute ARIMA-Korrektur durchgeführt:

- **Absolute Korrektur:** ist der jeweils zu verschiebende Vorhersagewert größer als der Simulationswert zum Vorhersagezeitpunkt, wird eine absolute Verschiebung der vorhergesagten Werte um die Differenz zwischen Messung und Simulation vorgenommen.
- **Relative Korrektur:** ist der zu verschiebende Vorhersagewert hingegen kleiner als der Simulationswert zum Vorhersagezeitpunkt, wird lediglich eine relative Verschiebung durchgeführt. Für diese wird der Verschiebungsvektor anhand der Division der Differenz zwischen Messung und Simulation durch den Simulationswert zum Vorhersagezeitpunkt bestimmt. Die Verschiebung des Vorhersagewerts erfolgt somit um einen prozentualen Betrag.

ARIMA-Korrektur

2. Absolute und relative ARIMA-Korrektur:

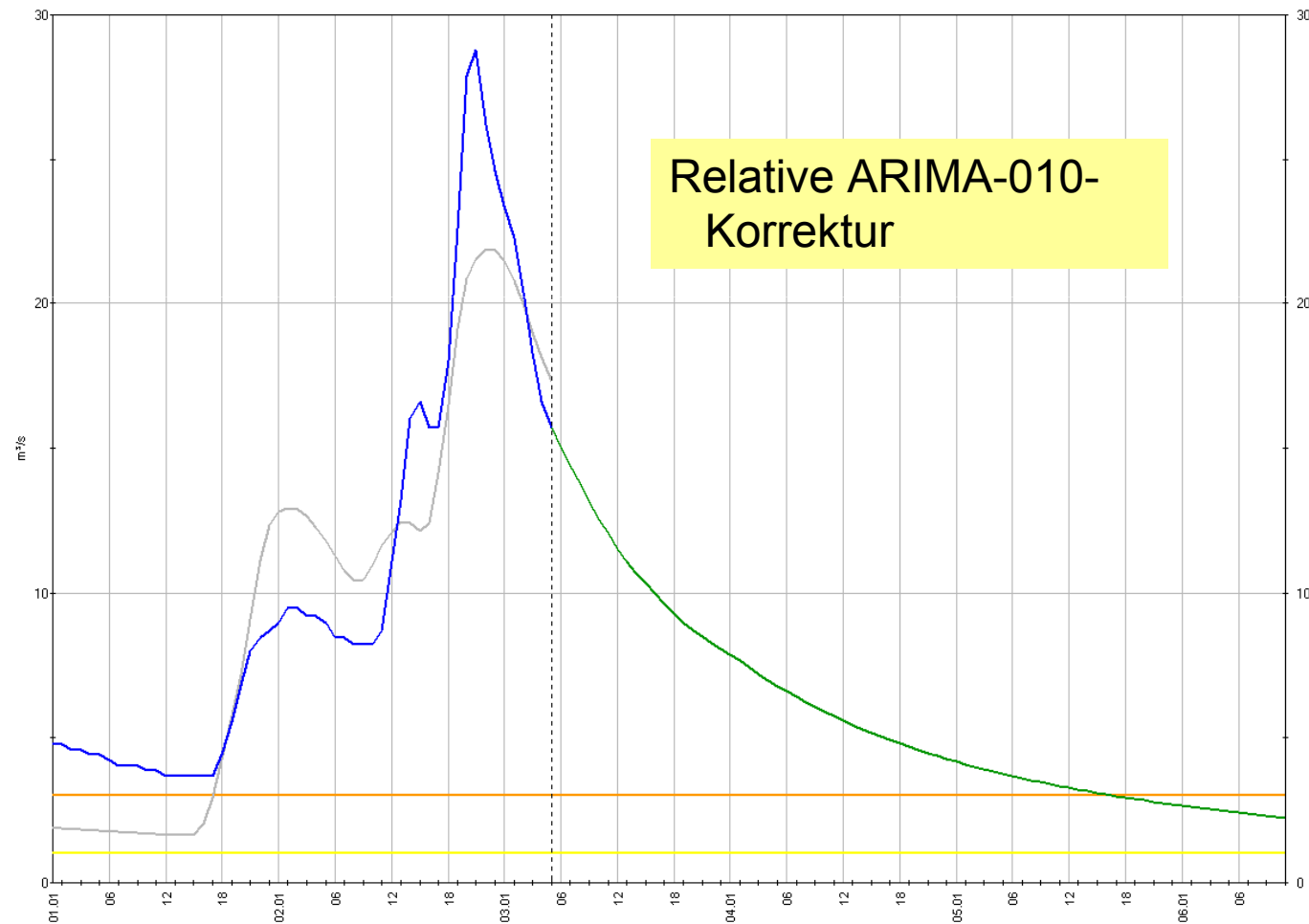
Prüm 2 / Prüm



ARIMA-Korrektur

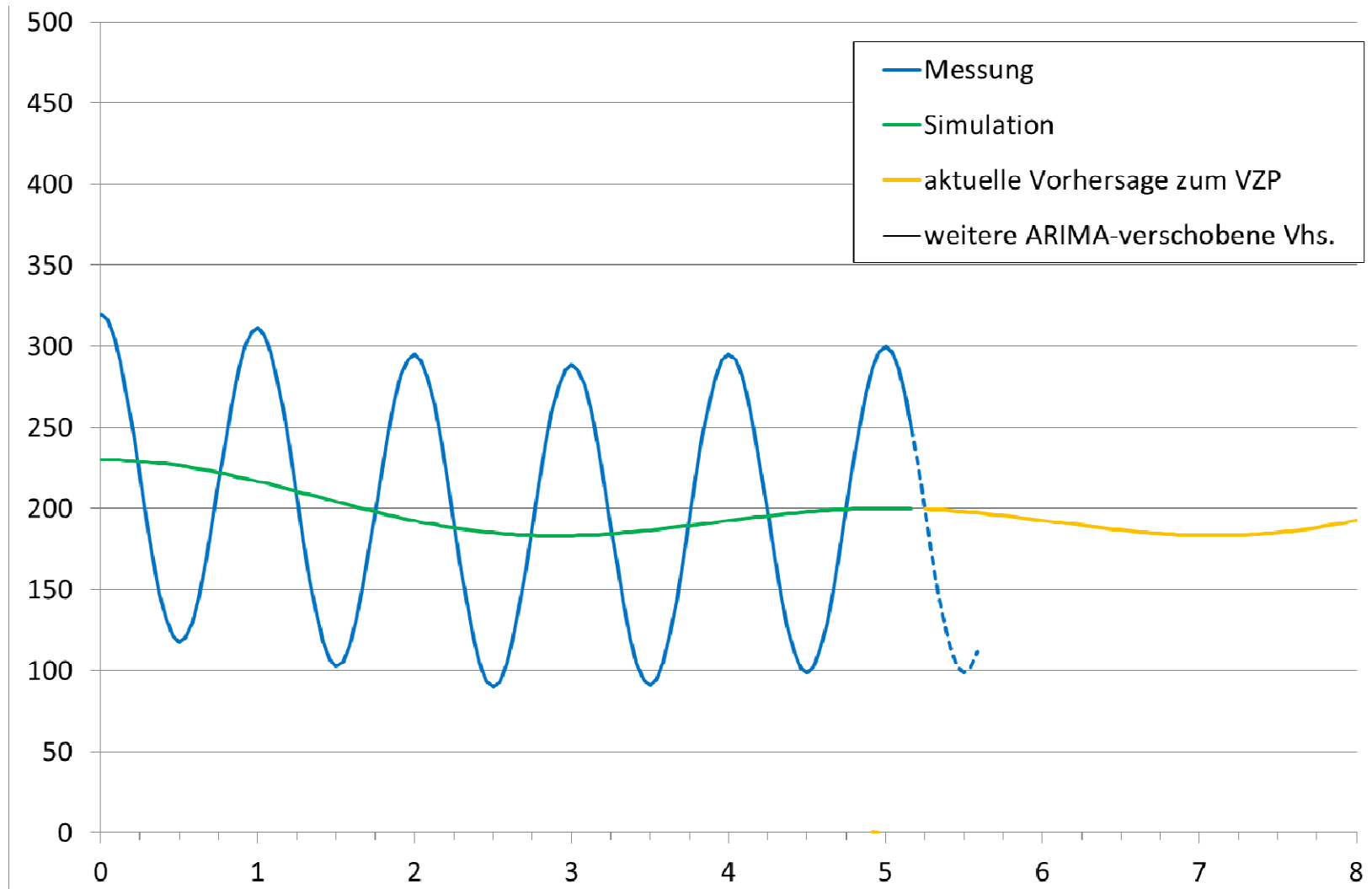
2. Absolute und relative ARIMA-Korrektur:

Prüm 2 / Prüm



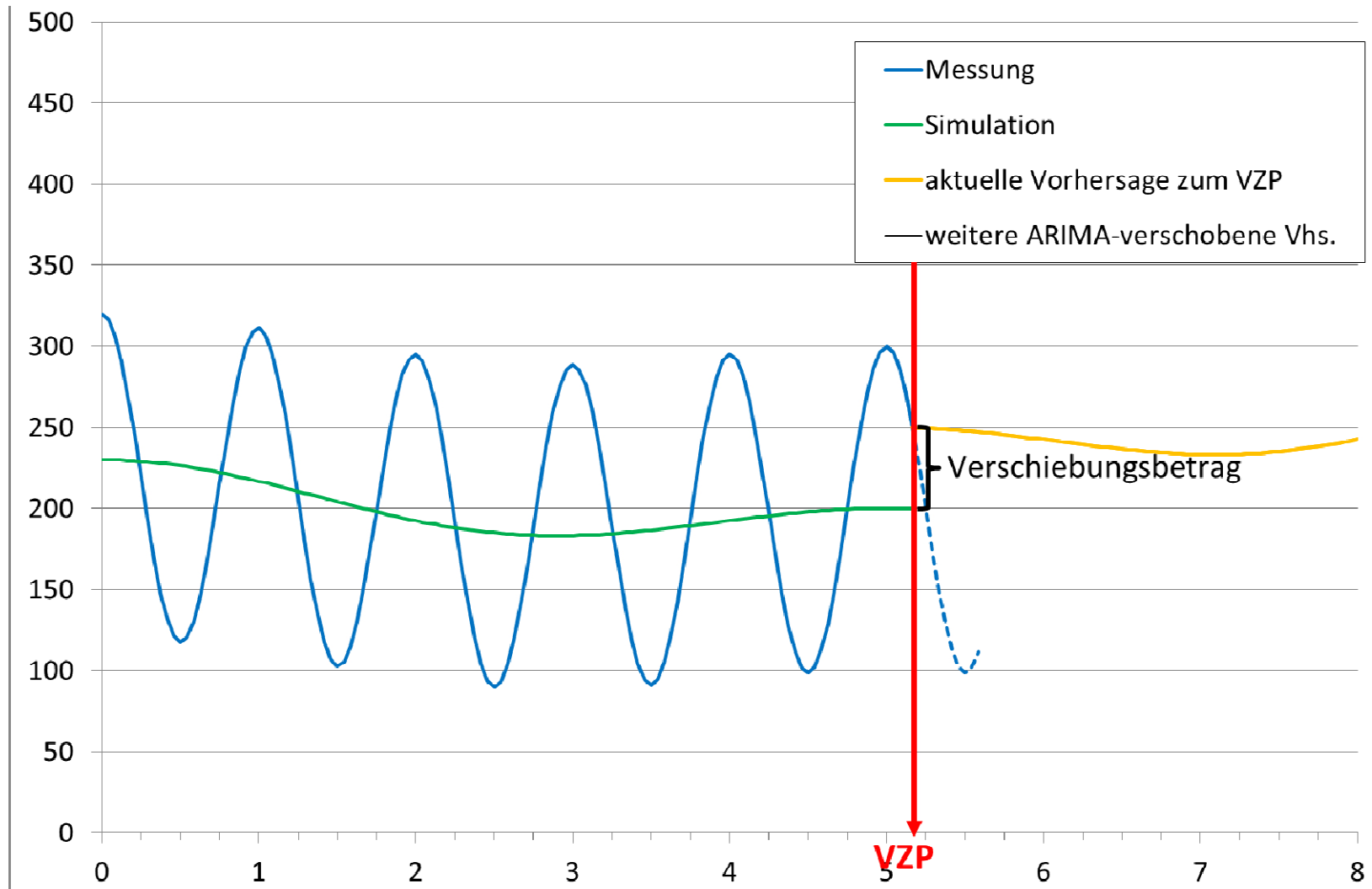
Pegel mit Schwellbetrieb

3. ARIMA-Korrektur bei schwankenden Abflüssen:



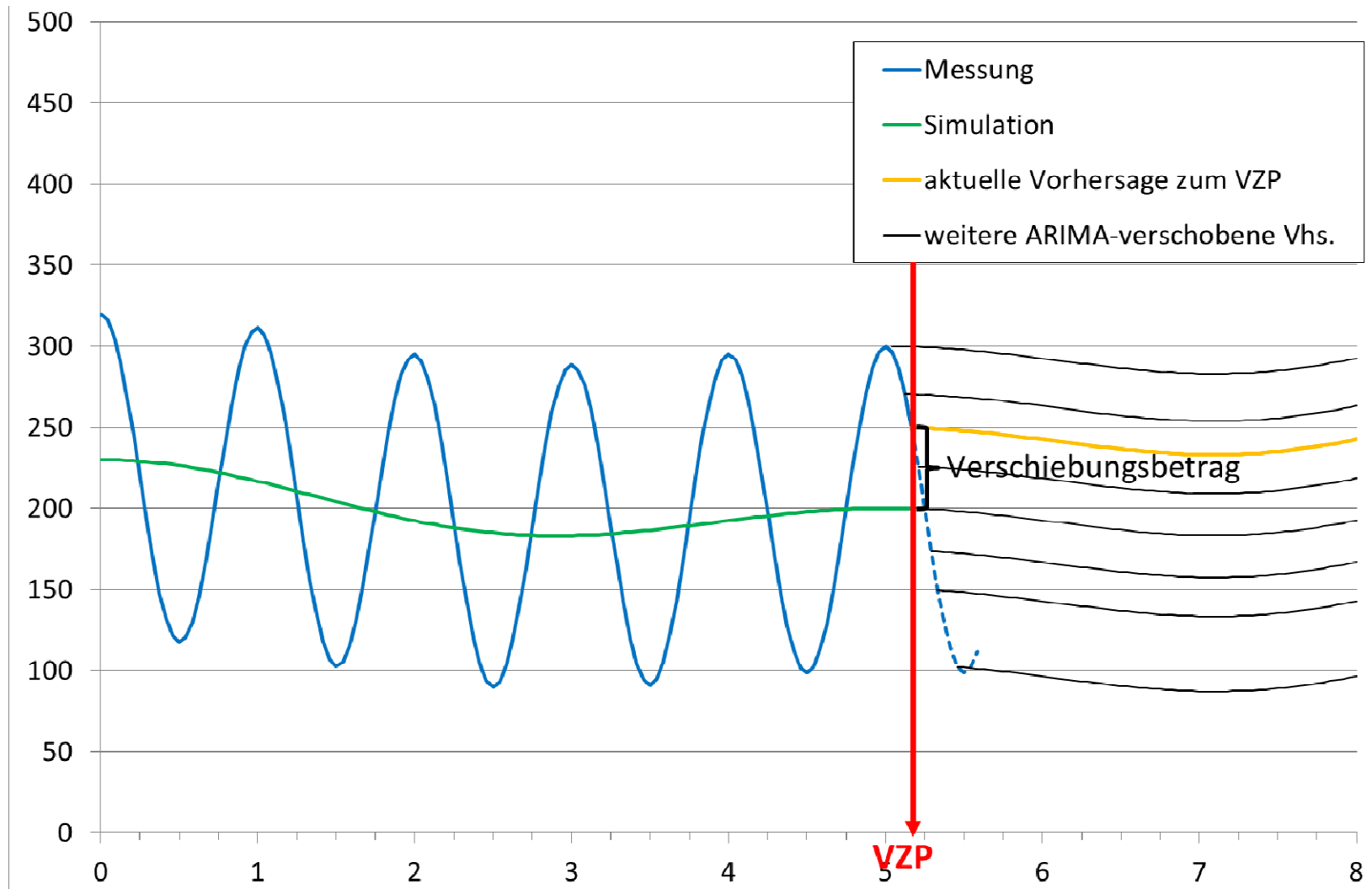
Pegel mit Schwellbetrieb

3. ARIMA-Korrektur bei schwankenden Abflüssen:



Pegel mit Schwellbetrieb

3. ARIMA-Korrektur bei schwankenden Abflüssen:



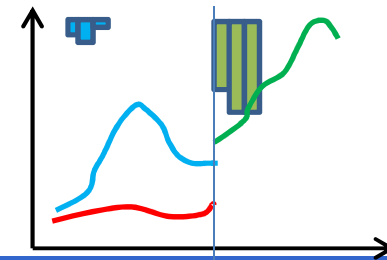
ARIMA-Korrektur

3. ARIMA-Korrektur bei schwankenden Abflüssen:

Im Hoch- und Mittelwasserbereich beruht der ARIMA-Korrektur-Term auf der Differenz zwischen dem Messwert und dem Simulationswert zum Vorhersagezeitpunkt.

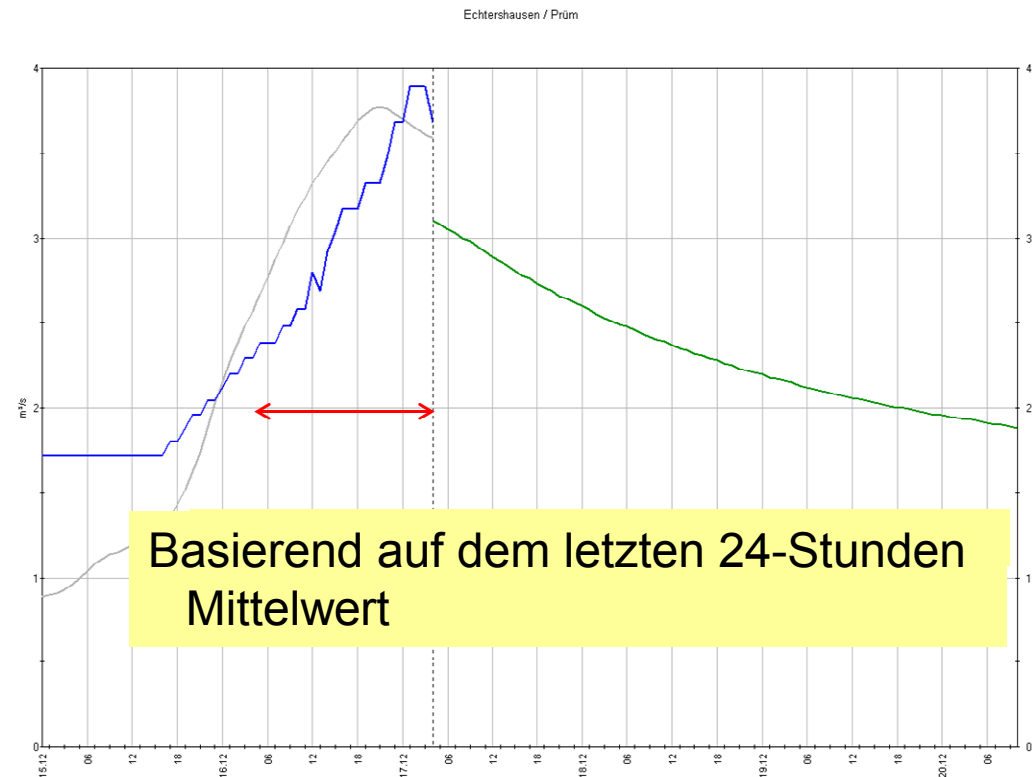
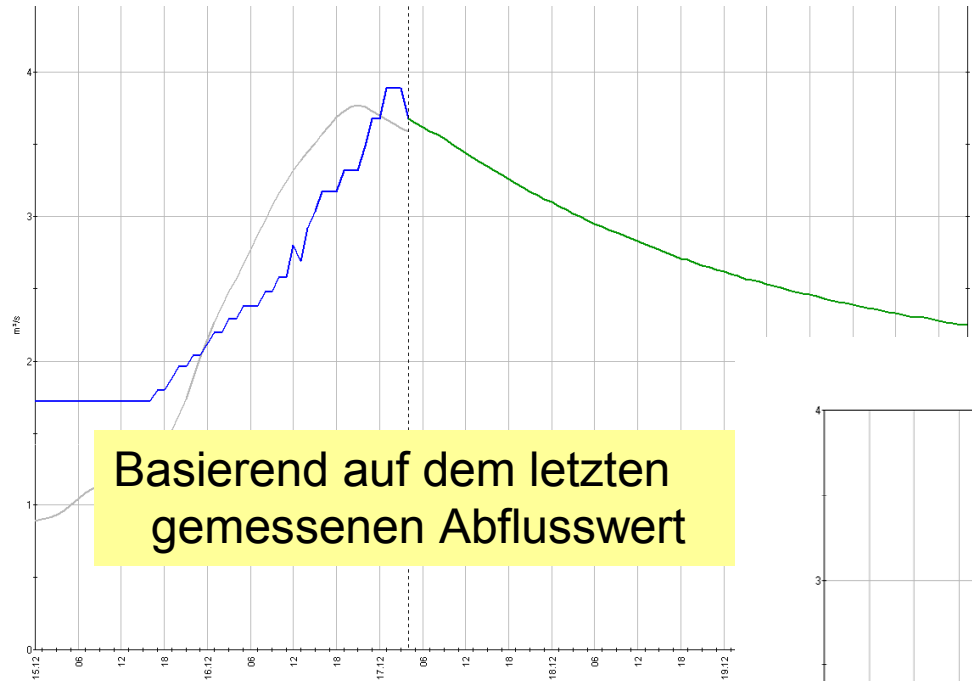
Optional kann auch die Differenz zwischen dem simulierten Wert zum Vorhersagezeitpunkt und dem Mittelwert der Messungen über einen pegelspezifisch vorzugebenden Zeitraum vor dem Vorhersagezeitpunkt zur ARIMA-Korrektur verwendet werden.

Im Niedrigwasserbereich basiert der ARIMA-Korrektur-Term auf der Differenz zwischen dem Simulationswert zum Vorhersagezeitpunkt und dem Mittel der Messungen über die letzten 24 Stunden vor dem Vorhersagezeitpunkt (Tagesmittel). Der Mittelungszeitraum für die Messungen kann optional auch verändert werden.



ARIMA-Korrektur

3. ARIMA-Korrektur bei schwankenden Abflüssen:



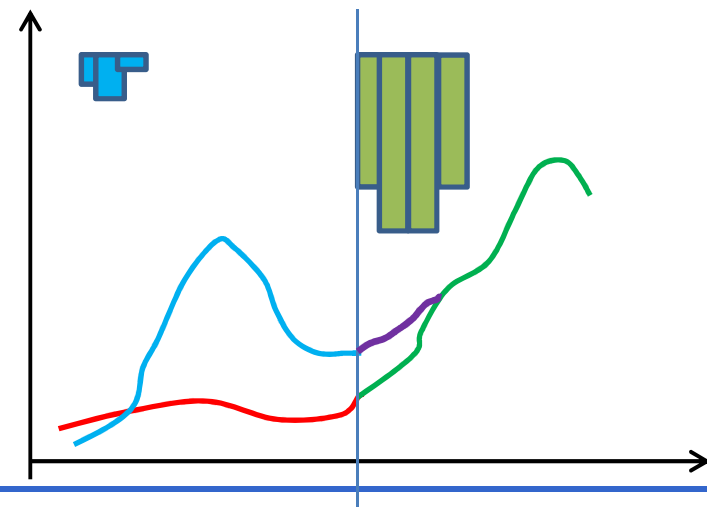
ARIMA-Korrektur

4. ARIMA-Korrektur Reduktion:

Die ARIMA-Korrektur wird nicht auf alle Zeitschritte des Vorhersagezeitraums angewendet. Anstelle dessen erfolgt ab dem Vorhersagezeitpunkt über eine definierte Anzahl von Stunden eine lineare Reduktion der ARIMA-Korrektur vom Absolutwert auf den Wert Null.

Die lineare Reduktion erfolgt automatisch im NQ- bzw. MQ-Bereich nur bei instationären Abflussverhältnissen.

Das Verfahren wird sowohl auf den Betrag bei der absoluten ARIMA-Korrektur als auch auf den Faktor bei der relativen ARIMA-Korrektur angewendet.



ARIMA-Korrektur

5. Globale und lokale ARIMA-Korrektur:

Je nach Vorgabe des Anwenders wird pegelspezifisch entschieden, ob die ARIMA-korrigierte Vorhersage nur lokal zur Ergebnisausgabe am Pegel verwendet wird oder ob die korrigierte Vorhersage zur weiteren Berechnung der unterstrom gelegenen Pegelkontrollbereiche verwendet wird.

- **Globale Korrektur:** gemessener Abfluss ist plausibel: wird eine ARIMA-Korrektur angewendet, wird die vorhergesagte, ARIMA-korrigierte Abflussganglinie für die Berechnung des stromabwärts gelegenen Pegelkontrollbereichs berücksichtigt.

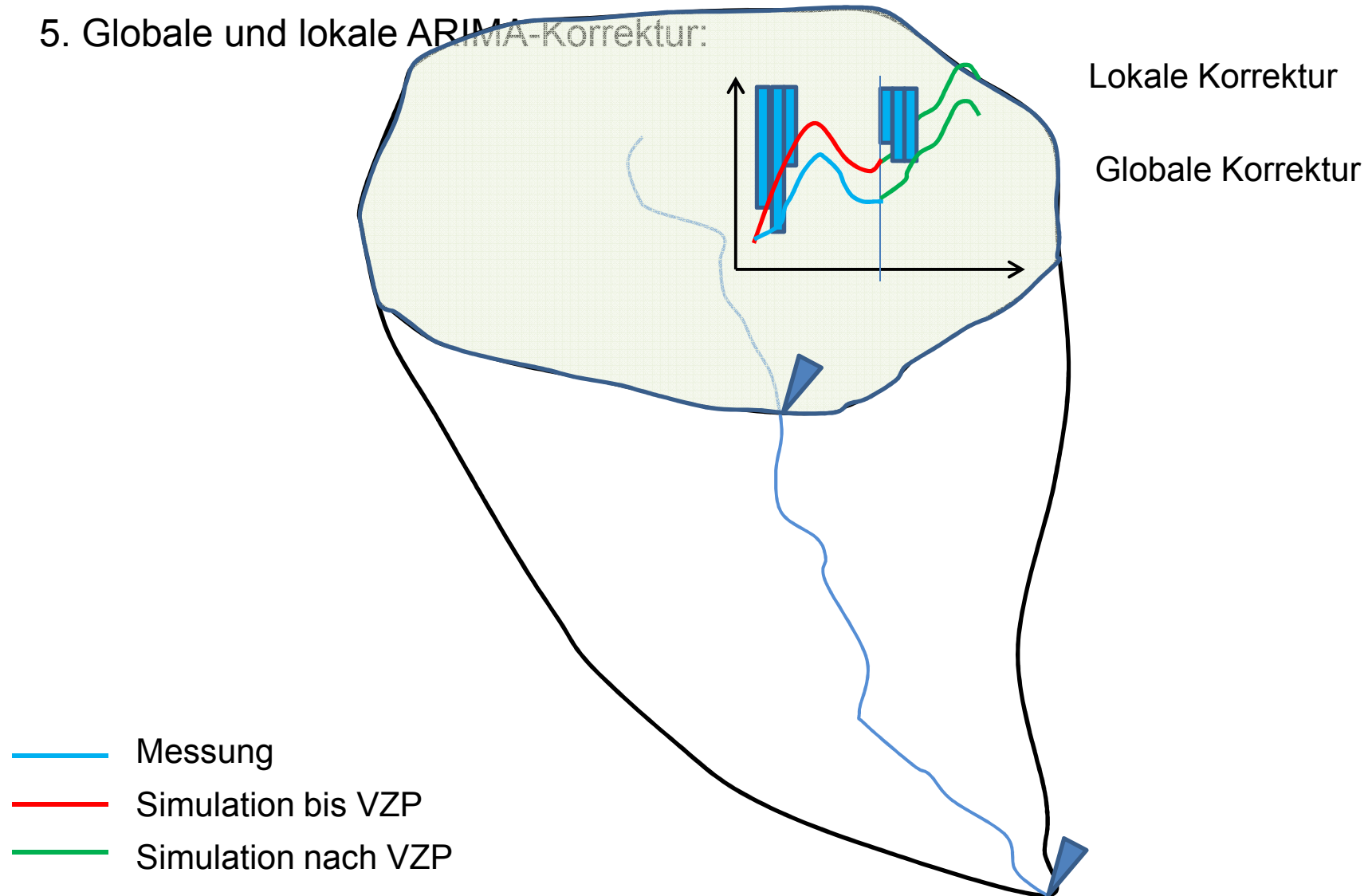
ARIMA-Korrektur

5. Globale und lokale ARIMA-Korrektur:

- **Lokale Korrektur:** gemessener Abfluss ist nicht plausibel: eine lokale ARIMA-Korrektur wird durchgeführt, d.h. die nicht ARIMA-korrigierte simulierte Abflussganglinie dient als Zuflussganglinie zum nächsten Pegelkontrollbereich, obwohl die ARIMA-korrigierte Abflussganglinie angezeigt wird. Die lokale ARIMA-Korrektur beeinflusst somit nicht das Simulationsergebnis für den Unterliegerpegel.

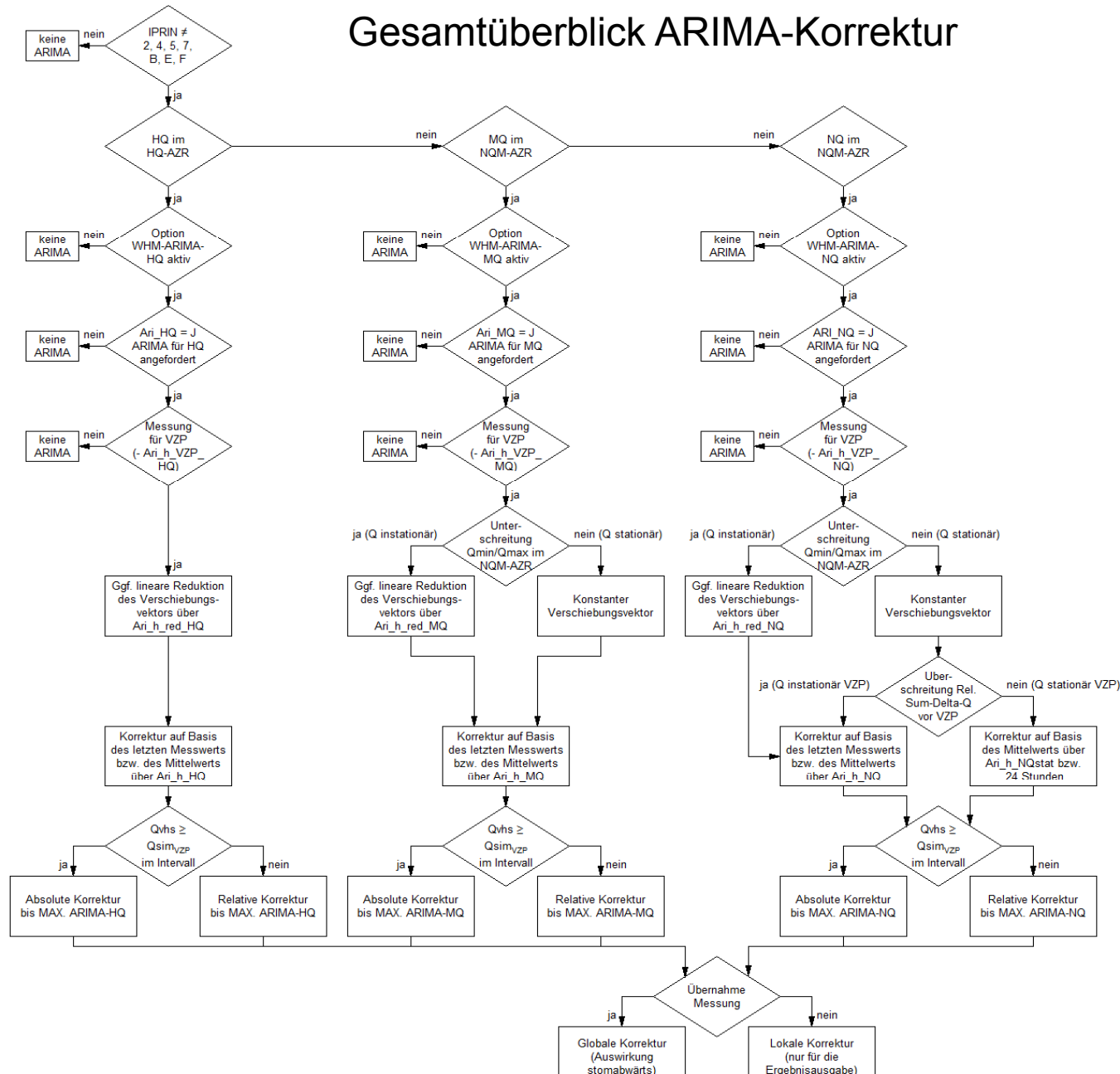
ARIMA-Korrektur

5. Globale und lokale ARIMA-Korrektur:



ARIMA-Korrektur

Gesamtüberblick ARIMA-Korrektur



WHM-ARIMA-Korrektur

bei Vereinbarung der Optionen WHM-ARIMA-HQ, WHM-ARIMA-MQ und WHM-ARIMA-NQ

Definitionen:

- HQ: Hochwasser
- MQ: Mittelwasser
- NQ: Niedrigwasser
- HQ-AZR: Auswertzeitraum für Hochwasser
- NQM-AZR: Auswertzeitraum für Niedrig- und Mittelwasser
- Ari_h_Q/MQ/NQ (Pegelparameter): Anforderung für ARIMA-Korrektur im entsprechenden Abflussbereich
- Ari_h_VZP_HQ/MQ/NQ (Pegelparameter): Maximale Anzahl der Stunden vor dem Vorhersagezeitpunkt, anhand derer eine ARIMA-Korrektur beim Vorliegen von Fehlwerten im entsprechenden Abflussbereich durchgeführt wird
- Ari_h_HQ/MQ/NQ (Pegelparameter): Anzahl der Stunden zur Bildung eines Mittelwerts des gemessenen Abflusses für die ARIMA-Korrektur im entsprechenden Abflussbereich
- Ari_h_NQstat (Pegelparameter): Anzahl der Stunden zur Bildung eines Mittelwerts für die ARIMA-Korrektur bei stationärem NQ
- Ari_h_red_NQ/MQ/HQ (Pegelparameter): Anzahl der Stunden zur linearen Reduktion des ARIMA-Verschiebungsvektors auf den Wert Null bei HQ oder stationärem NQ oder MQ
- Qmin/Qmax [%] (Einzelparameter): Schwellenwert für den Quotienten aus dem minimal und maximal gemessenen Abfluss als Kriterium für stationären bzw. instationären Abfluss im NQM-Auswertzeitraum
- Rel. Sum-Delta-Q (-) (Einzelparameter): Schwellenwert für die Summe der simulierten Abflussänderungen pro Zeitschritt geteilt durch den mittleren Abfluss im einzugsgebietspezifischen Auswertzeitraum als Kriterium für stationären bzw. instationären Abfluss vor dem Vorhersagezeitpunkt
- MAX. ARIMA-HQ/MQ/NQ [%] (Einzelparameter): Maximal zulässige ARIMA-Korrektur (Betrag der Verschiebung bezogen auf den simulierten Abfluss zum Vorhersagezeitpunkt in %) im entsprechenden Abflussbereich
- Qvhs: Vorhergesagter Abfluss
- Qsim_VZP: Simulierter Abfluss zum Vorhersagezeitpunkt bzw. eines vorangegangenen Zeitschritts

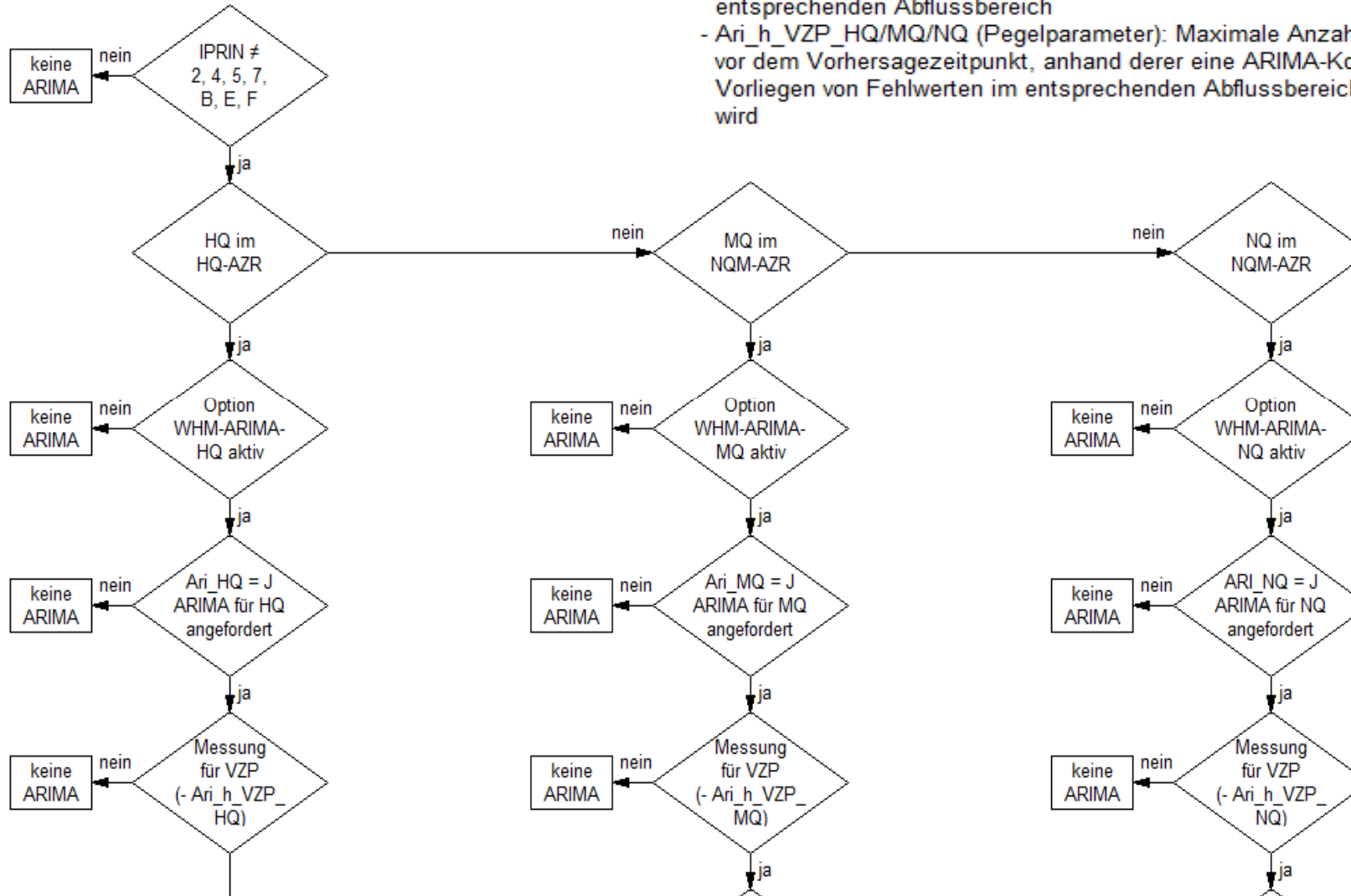
Anmerkungen:

- Zur Bestimmung des Abflussbereichs ist grundsätzlich die Option OP_UEBERGANG_QGEM/QBER zu vereinbaren.
- Zur Vorgabe des Pegelparameters Ari_h_NQstat ist die Option WHM-ARIMA-NQ ERWEITERT zu vereinbaren. Andernfalls erfolgt die ARIMA-Korrektur bei stationärem Niedrigwasserabfluss anhand des 24-Stunden-Mittelwerts.
- Zur linearen Reduktion des ARIMA-Verschiebungsvektors anhand des Pegelparameters Ari_h_red_NQ/MQ/HQ ist die Option WHM-ARIMA REDUKTION zu vereinbaren.

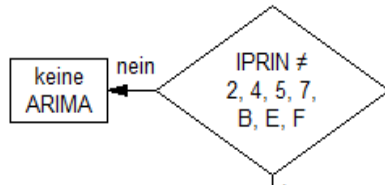
Fälle ohne ARIMA-Korrektur:

Definitionen:

- HQ: Hochwasser
- MQ: Mittelwasser
- NQ: Niedrigwasser
- HQ-AZR: Auswertezeitraum für Hochwasser
- NQM-AZR: Auswertezeitraum für Niedrig- und Mittelwasser
- Ari_HQ/MQ/NQ (Pegelparameter): Anforderung für ARIMA-Korrektur im entsprechenden Abflussbereich
- Ari_h_VZP_HQ/MQ/NQ (Pegelparameter): Maximale Anzahl der Stunden vor dem Vorhersagezeitpunkt, anhand derer eine ARIMA-Korrektur beim Vorliegen von Fehlern im entsprechenden Abflussbereich durchgeführt wird



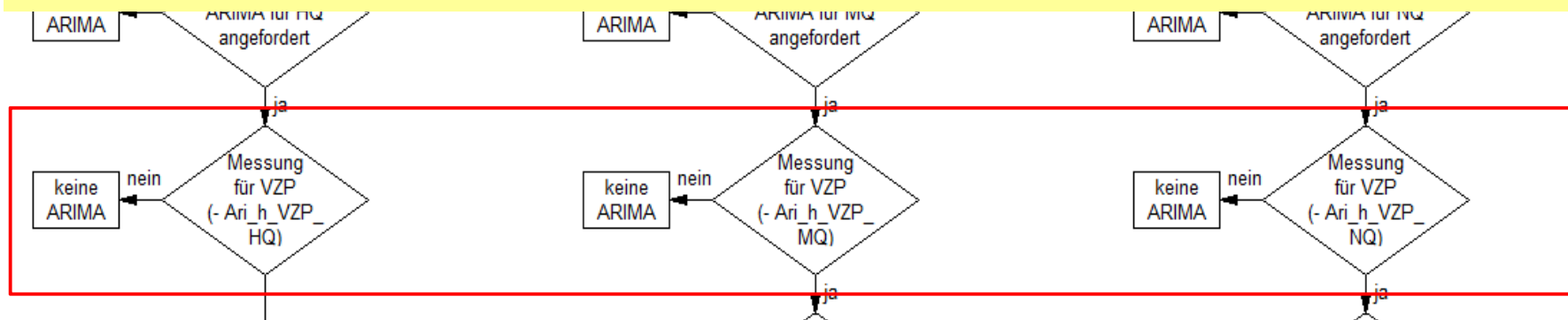
Fälle ohne ARIMA-Korrektur:



Definitionen:

- HQ: Hochwasser
- MQ: Mittelwasser
- NQ: Niedrigwasser
- HQ-AZR: Auswertezeitraum für Hochwasser
- NQM-AZR: Auswertezeitraum für Niedrig- und Mittelwasser
- Ari_HQ/MQ/NQ (Pegelparameter): Anforderung für ARIMA-Korrektur im entsprechenden Abflussbereich
- Ari_h_VZP_HQ/MQ/NQ (Pegelparameter): Maximale Anzahl der Stunden vor dem Vorhersagezeitpunkt, anhand derer eine ARIMA-Korrektur beim Vorliegen von Fehlwerten im entsprechenden Abflussbereich durchgeführt wird

- Die ARIMA-Korrektur wird angewendet, wenn ein gemessener Abflusswert zum Vorhersagezeitpunkt vorhanden ist.
- Ist kein Wert für den aktuellen gemessenen Abfluss vorhanden, wird der gemessene Wert des vorherigen Zeitschritts für die ARIMA-Korrektur genutzt.
- In der Datei <pegel.stm> kann die maximale Anzahl der Stunden Ari_h_VZP angegeben werden, die das Programm zurückgehen darf, um einen Messwert zu finden. Sind auch in diesen Zeiträume keine gemessenen Abflusswerte vorhanden, wird die ARIMA Korrektur für den jeweiligen Pegel nicht angewendet.

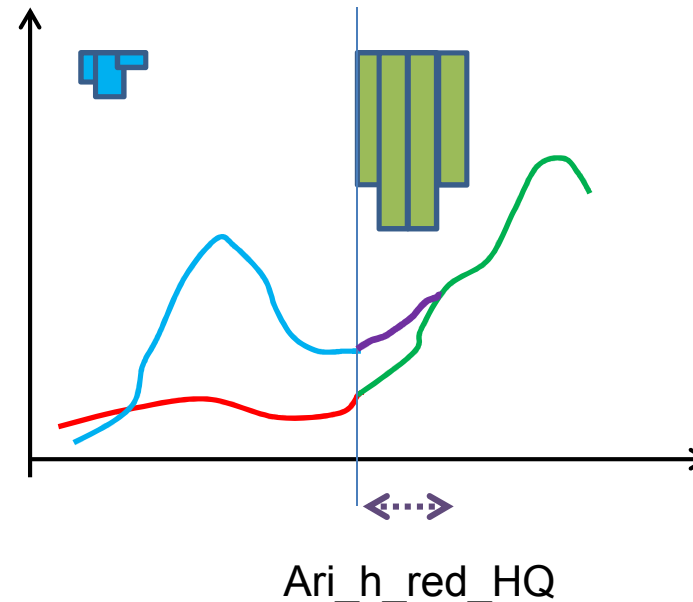
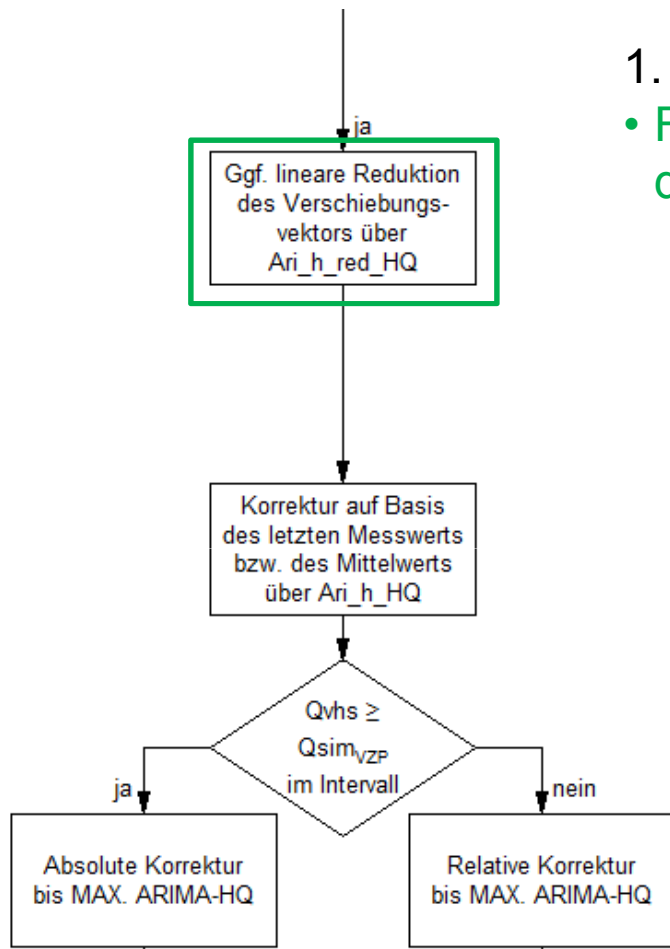


ARIMA-Korrektur bei Hochwasser

ARIMA-Korrektur bei Hochwasser

1. Lineare Reduktion?

- Falls Option WHM-ARIMA Reduktion → lineare Reduktion der ARIMA-Korrektur vom Absolutwert auf den Wert Null

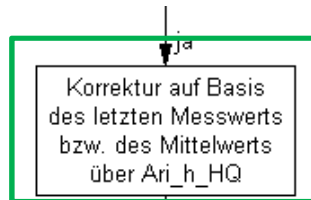


Ari_h_red_HQ (Pegelparameter): Anzahl der Stunden zur linearen Reduktion des ARIMA-Verschiebungsvektors auf den Wert Null

ARIMA-Korrektur bei Hochwasser

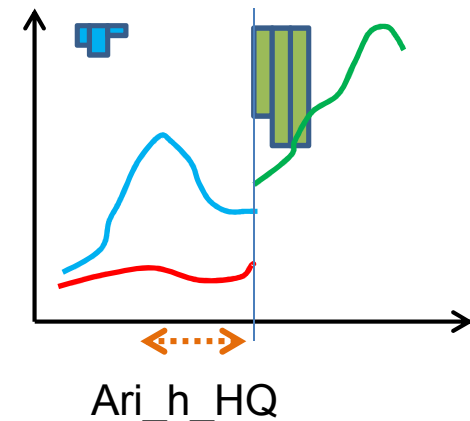
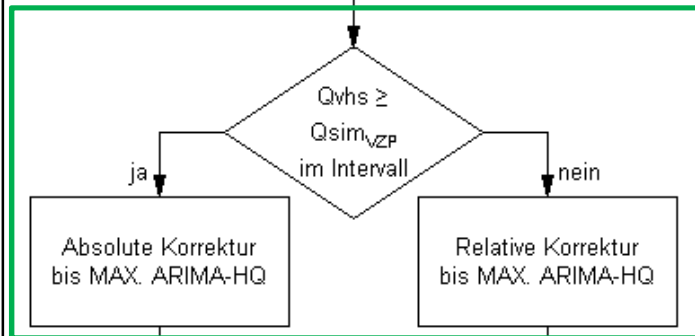
2. Pegelparameter $Ari_h_HQ > 1$?

- Falls ja → Korrektur auf Basis der Mittelwerte aus Ari_h_HQ -Stunden der Messung
- Falls nein → Korrektur auf Basis des letzten Messwerts



3. Vorhersagewert für Intervall > Simulationswert für VZP?

- Falls ja → Absolute Korrektur
- Falls nein → Relative Korrektur; dabei Begrenzung der Korrektur auf MAX. ARIMA-HQ [%]



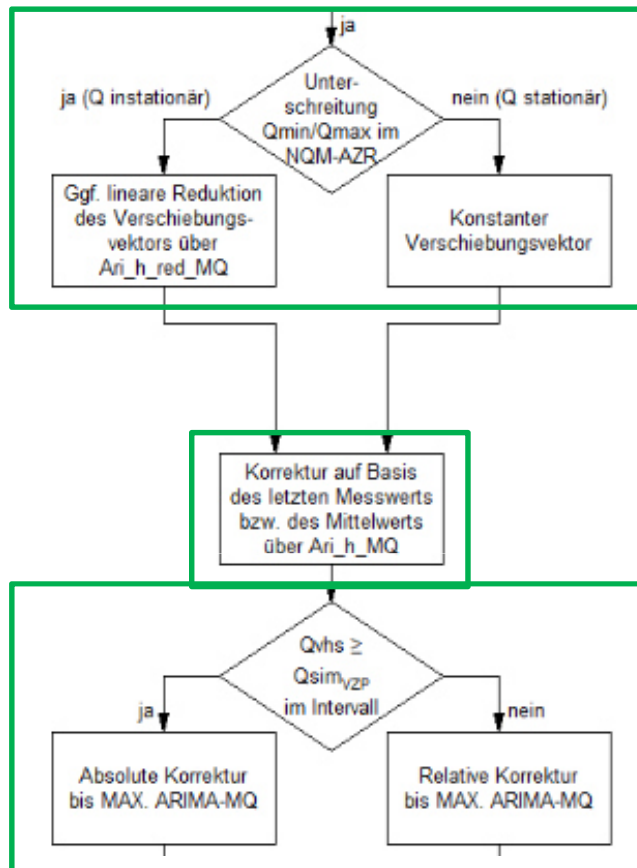
Ari_h_HQ (Pegelparameter): Anzahl der Stunden zur Bildung eines Mittelwerts für die ARIMA-Korrektur im HQ-Bereich

$Qsim_{VZP}$: Simulationswert zum Vorhersagezeitpunkt

MAX. ARIMA-HQ [%] (Einzelparameter): Maximal zulässige ARIMA-Korrektur im HQ-Bereich (Betrag der Verschiebung bezogen auf den simulierten Abfluss zum Vorhersagezeitpunkt in %)

ARIMA-Korrektur bei Mittelwasser

ARIMA-Kor



1. Abflussverhältnisse im NQM-Auswertezeitraum?

- Unterschreitung Qmin/Qmax → instationäre Verhältnisse → lineare Reduktion des Verschiebungsvektors anhand Ari_h_red_MQ
- Überschreitung Qmin/Qmax → stationäre Verhältnisse → konstanter Verschiebungsvektor

2. Pegelparameter Ari_h_MQ > 1?

- Falls ja → Korrektur auf Basis des Mittelwerts aus Messungen
- Falls nein → Korrektur auf Basis des letzten Messwerts

3. Vorsagewert für Intervall > Simulationswert zum VZP?

- Falls ja → Absolute Korrektur
- Falls nein → Relative Korrektur, dabei Begrenzung der Korrektur auf MAX. ARIMA-MQ [%]

Qmin/Qmax [%] (Einzelparameter): Schwellenwert für den Quotienten aus dem minimal und maximal gemessenen Abfluss

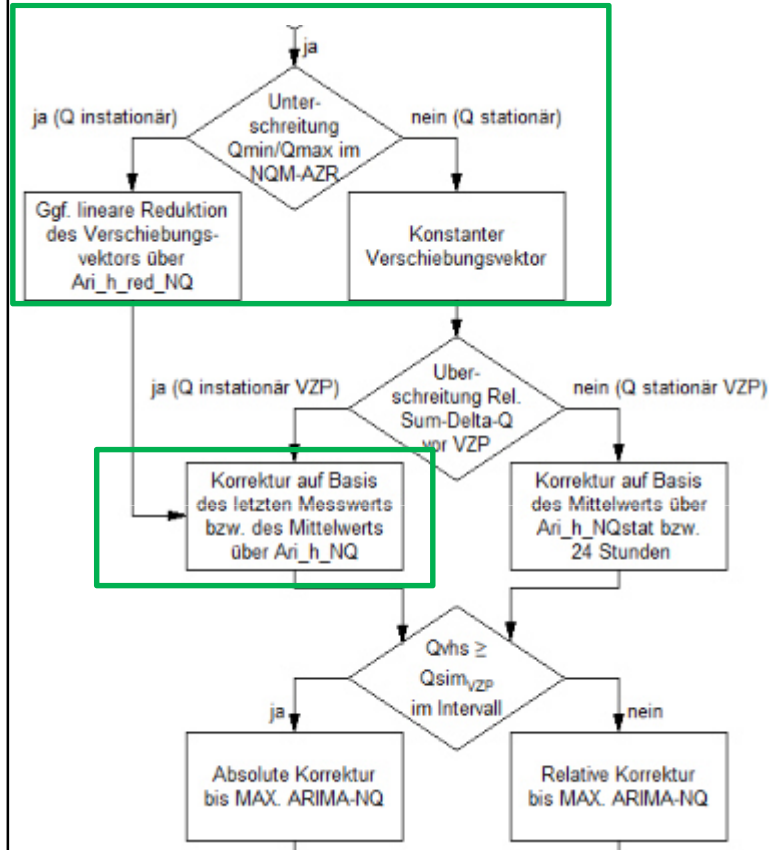
Ari_h_red_MQ (Pegelparameter): Anzahl der Stunden zur linearen Reduktion des Verschiebungsvektors auf den Wert Null

Ari_h_MQ (Pegelparameter): Anzahl der Stunden zur Bildung eines Mittelwerts für die ARIMA-Korrektur im MQ-Bereich

MAX. ARIMA-MQ [%] (Einzelparameter): Maximal zulässige ARIMA-Korrektur im MQ-Bereich

ARIMA-Korrektur bei Niedrigwasser

ARIMA-Korrektur bei Niedrigwasser



1. Abflussverhältnisse im NQM-Auswertezeitraum?

- Unterschreitung Qmin/Qmax → instationäre Verhältnisse → lineare Reduktion des Verschiebungsvektors
- Überschreitung Qmin/Qmax → stationäre Verhältnisse → konstanter Verschiebungsvektor

2a. Bei instationärem Abfluss im NQM-Auswertezeitraum:

Pegelparameter $Ari_h_NQ > 1$?

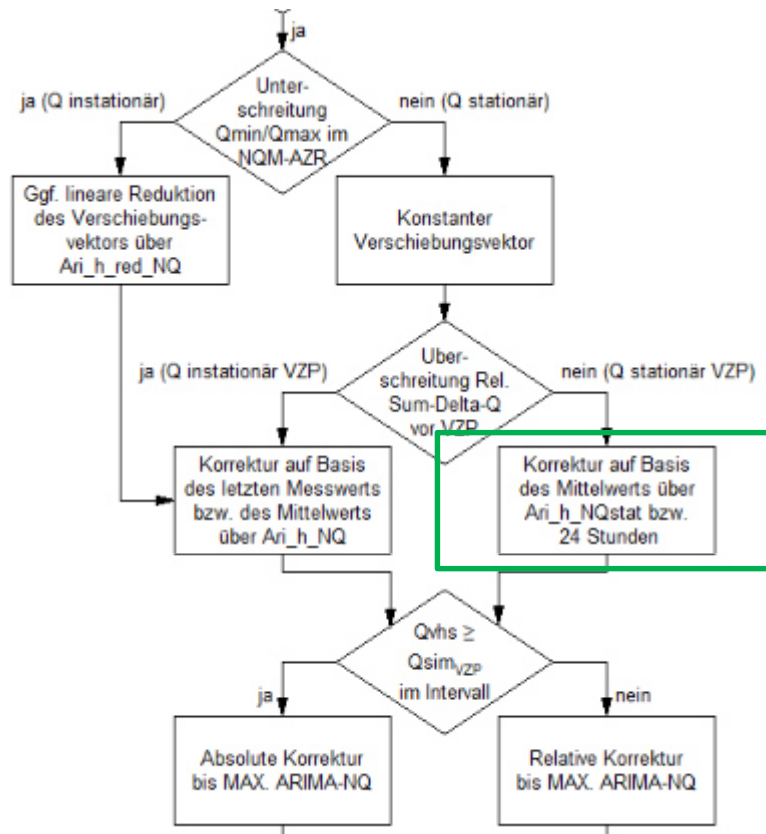
- Falls ja → Korrektur auf Basis des Mittelwerts aus Messungen
- Falls nein → Korrektur auf Basis des letzten Messwerts

Qmin/Qmax [%] (Einzelparameter): Schwellenwert für den Quotienten aus dem minimal und maximal gemessenen Abfluss

Ari_h_red_NQ (Pegelparameter): Anzahl der Stunden zur linearen Reduktion des Verschiebungsvektors auf den Wert Null

Ari_h_NQ (Pegelparameter): Anzahl der Stunden zur Bildung eines Mittelwerts für die ARIMA-Korrektur im instationären NQ-Bereich

ARIMA-Korrektur bei Niedrigwasser



2b. Bei stationärem Abfluss im NQM-Auswertezeitraum:

Abflussverhältnisse vor dem VZP?

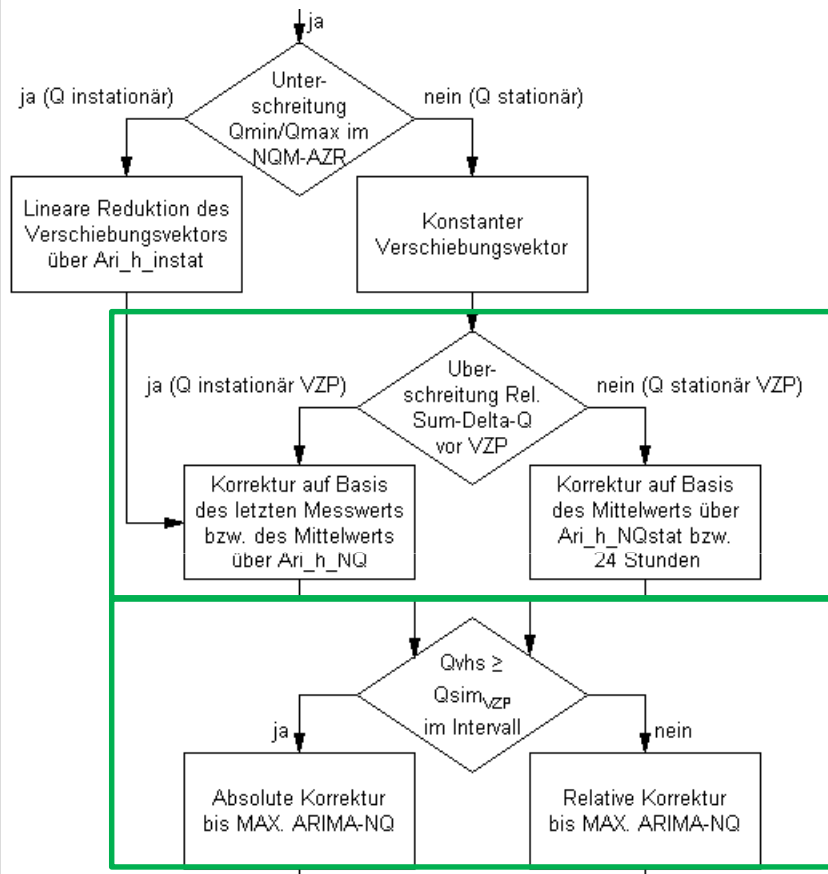
- Überschreitung Rel. Sum-Delta-Q → instationäre Verhältnisse → Korrektur auf Basis eines bzw. mehrerer Messwerte (bei $Ari_h_NQ > 1$)
- Unterschreitung Rel. Sum-Delta-Q → stationäre Verhältnisse → Korrektur auf Basis des Mittelwerts über Ari_h_NQstat bzw. 24 Stunden

Rel. Sum-Delta-Q (-) (Einzelparameter): Schwellenwert für die Summe der simulierten Abflussänderungen pro Zeitschritt geteilt durch den mittleren Abfluss im einzugsgebiets-spezifischen Auswertezeitraum

Ari_h_NQstat (Pegelparameter): Anzahl der Stunden zur Bildung eines Mittelwerts für die ARIMA-Korrektur im stationären NQ-Bereich

MAX. ARIMA-NQ [%] (Einzelparameter): Maximal zulässige ARIMA-Korrektur im NQ-Bereich

ARIMA-Korrektur bei Niedrigwasser



2b. Bei stationärem Abfluss im NQM-Auswertezeitraum:

Abflussverhältnisse vor dem VZP?

- **Überschreitung Rel. Sum-Delta-Q** → instationäre Verhältnisse → Korrektur auf Basis eines bzw. mehrerer Messwerte (bei $Ari_h_NQ > 1$)
- **Unterschreitung Rel. Sum-Delta-Q** → stationäre Verhältnisse → Korrektur auf Basis des Mittelwerts über Ari_h_NQstat bzw. 24 Stunden

3. Vorsagewert für Intervall > Simulationswert zum VZP?

- Falls ja → Absolute Korrektur
 - Falls nein → Relative Korrektur
- dabei Begrenzung auf MAX. ARIMA-NQ [%]

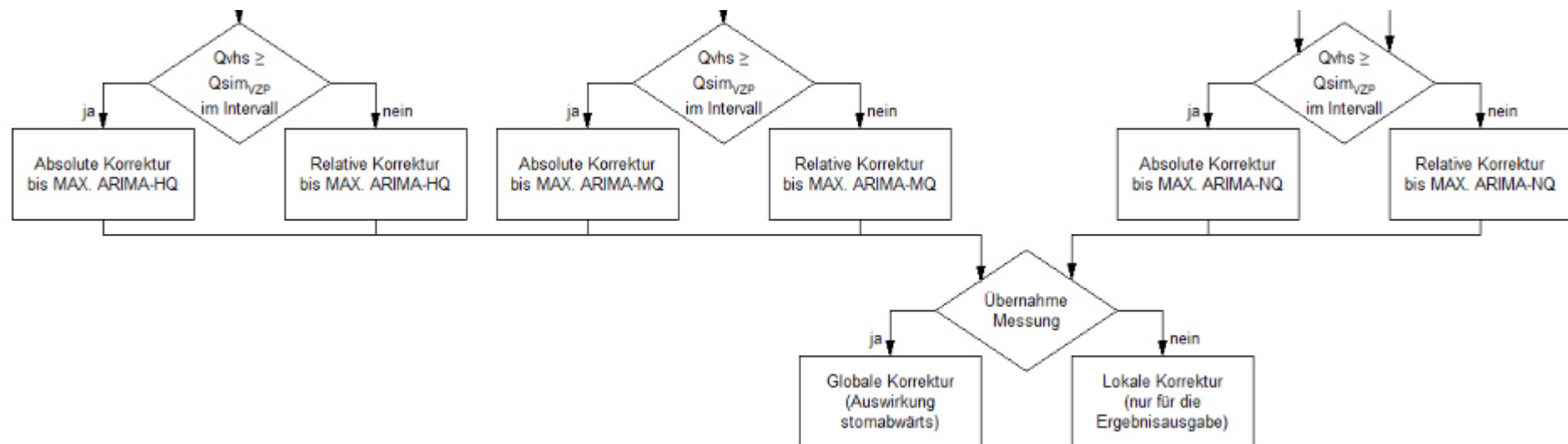
Rel. Sum-Delta-Q (-) (Einzelparameter): Schwellenwert für die Summe der simulierten Abflussänderungen pro Zeitschritt geteilt durch den mittleren Abfluss im einzugsgebietsspezifischen Auswertezeitraum

Ari_h_NQstat (Pegelparameter): Anzahl der Stunden zur Bildung eines Mittelwerts für die ARIMA-Korrektur im stationären NQ-Bereich

MAX. ARIMA-NQ [%] (Einzelparameter): Maximal zulässige ARIMA-Korrektur im NQ-Bereich

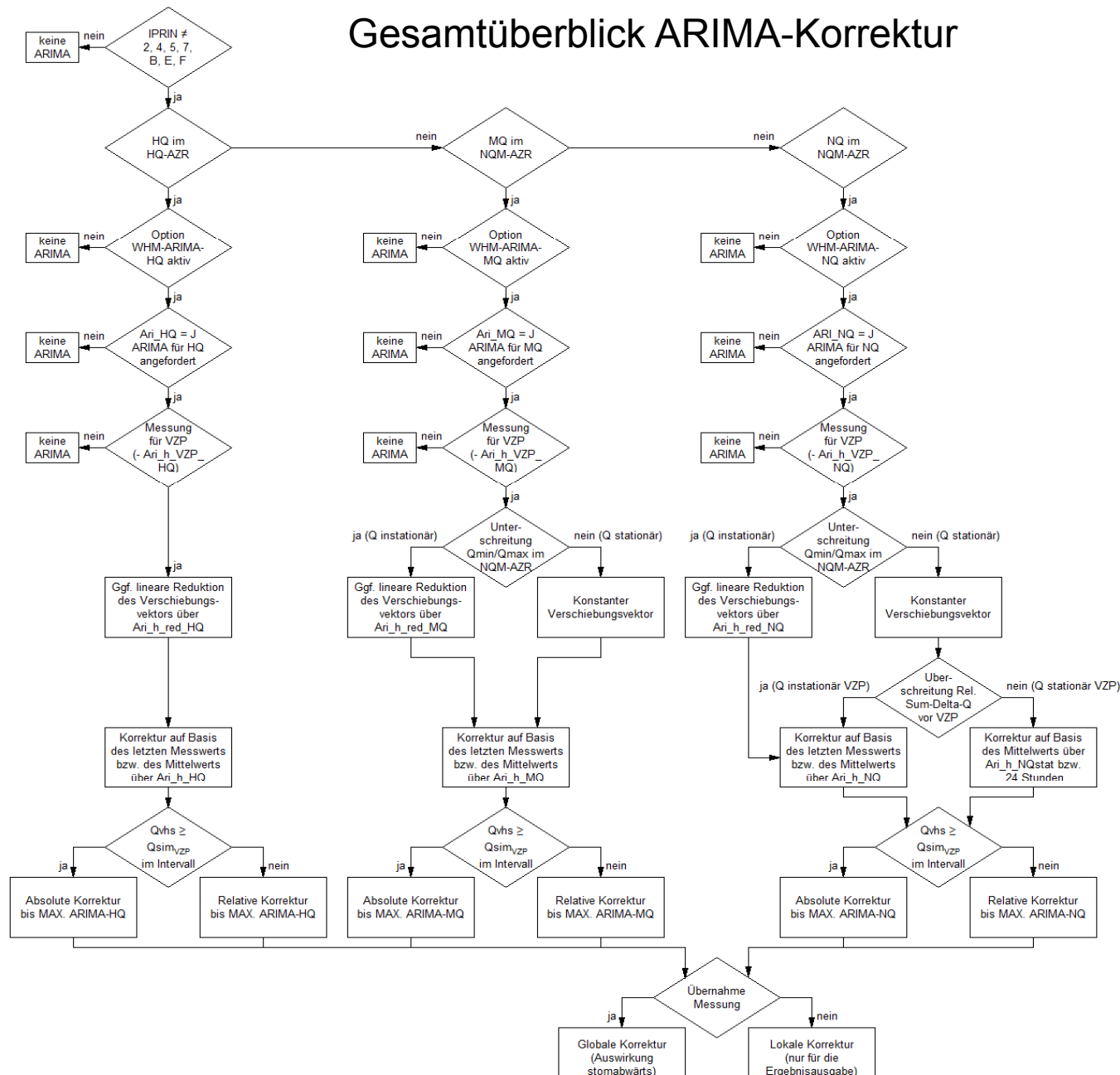
ARIMA-Korrektur

Letzter Schritt in der ARIMA-Korrektur (unabhängig vom Abflussbereich): Festlegung ob globale oder lokale ARIMA-Korrektur



ARIMA-Korrektur

Gesamtüberblick ARIMA-Korrektur



WHM-ARIMA-Korrektur

bei Vereinbarung der Optionen WHM-ARIMA-HQ, WHM-ARIMA-MQ und WHM-ARIMA-NQ

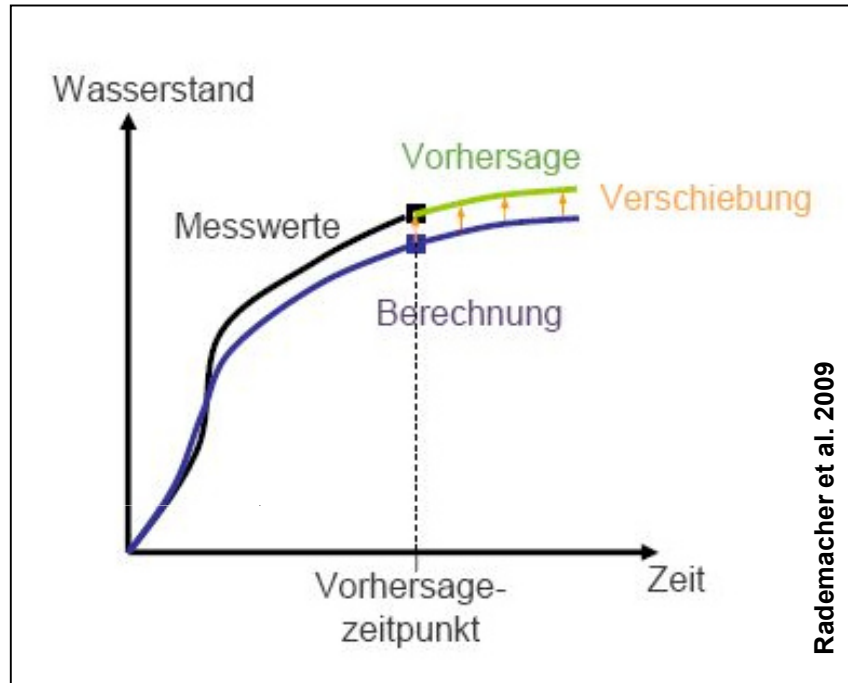
Definitionen:

- HQ: Hochwasser
- MQ: Mittelwasser
- NQ: Niedrigwasser
- HQ-AZR: Auswertzeitraum für Hochwasser
- NQM-AZR: Auswertzeitraum für Niedrig- und Mittelwasser
- Ari_HQ/MQ/NQ (Pegelparameter): Anforderung für ARIMA-Korrektur im entsprechenden Abflussbereich
- Ari_h_VZP_HQ/MQ/NQ (Pegelparameter): Maximale Anzahl der Stunden vor dem Vorhersagezeitpunkt, anhand derer eine ARIMA-Korrektur beim Vorliegen von Fehlwerten im entsprechenden Abflussbereich durchgeführt wird
- Ari_h_HQ/MQ/NQ (Pegelparameter): Anzahl der Stunden zur Bildung eines Mittelwerts des gemessenen Abflusses für die ARIMA-Korrektur im entsprechenden Abflussbereich
- Ari_h_NQstat (Pegelparameter): Anzahl der Stunden zur Bildung eines Mittelwerts für die ARIMA-Korrektur bei stationärem NQ
- Ari_h_red_NQ/MQ/HQ (Pegelparameter): Anzahl der Stunden zur linearen Reduktion des ARIMA-Verschiebungsvektors auf den Wert Null bei HQ oder instationärem NQ oder MQ
- Qmin/Qmax [%] (Einzelparameter): Schwellenwert für den Quotienten aus dem minimal und maximal gemessenen Abfluss als Kriterium für stationären bzw. instationären Abfluss im NQM-Auswertzeitraum
- Rel. Sum-Delta-Q (-) (Einzelparameter): Schwellenwert für die Summe der simulierten Abflussänderungen pro Zeitschritt geteilt durch den mittleren Abfluss im einzugsgebietspezifischen Auswertzeitraum als Kriterium für stationären bzw. instationären Abfluss vor dem Vorhersagezeitpunkt
- MAX. ARIMA-HQ/MQ/NQ [%] (Einzelparameter): Maximal zulässige ARIMA-Korrektur (Betrag der Verschiebung bezogen auf den simulierten Abfluss zum Vorhersagezeitpunkt in %) im entsprechenden Abflussbereich
- Qvhs: Vorhergesagter Abfluss
- Qsim_VZP: Simulierter Abfluss zum Vorhersagezeitpunkt bzw. eines vorangegangenen Zeitschritts

Anmerkungen:

- Zur Bestimmung des Abflussbereichs ist grundsätzlich die Option OP_UEBERGANG_QGEM/QBER zu vereinbaren.
- Zur Vorgabe des Pegelparameters Ari_h_NQstat ist die Option WHM-ARIMA-NQ ERWEITERT zu vereinbaren. Andernfalls erfolgt die ARIMA-Korrektur bei stationärem Niedrigwasserabfluss anhand des 24-Stunden-Mittelwerts.
- Zur linearen Reduktion des ARIMA-Verschiebungsvektors anhand des Pegelparameters Ari_h_red_NQ/MQ/HQ ist die Option WHM-ARIMA REDUKTION zu vereinbaren.

Zusammenfassung ARIMA-Korrektur



Rademacher et al. 2009

Messung
Simulation

ARIMA-Korrektur 0-1-0:
entspricht dem Versatz
zwischen dem
gemessenen und
simulierten Abfluss zum
VZP

Zeit

Literatur

Komma J., Drabek U. & Blöschl G. (2009): Aktuelle Methoden der Hochwasservorhersagen. - Wiener Mitteilungen Band 216: Hochwässer: Bemessung, Risikoanalyse und Vorhersage, 181-212

Rademacher S., Burek P. & Schikowski G. (2009): Wasserstandsvorhersagesystem WAVOS. - Modellbeschreibung und Benutzerhandbuch. Koblenz