



Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR UMWELT,
WASSERWIRTSCHAFT UND
GEWERBEAUF SICHT

ABFLUSSVORHERSAGE- UNSICHERHEITEN IM OPERATIONELLEN BETRIEB

Analysen mit ProFoUnD

Margret Johst, LUWG Rheinland-Pfalz
Dirk Aigner, Hydron GmbH

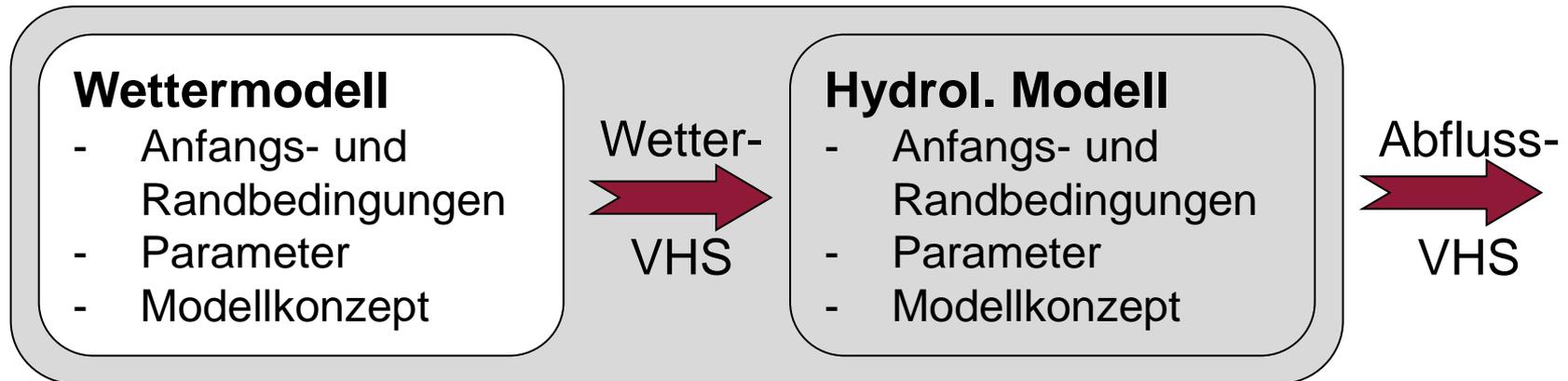
LARSIM-Anwenderworkshop Karlsruhe am 18./19. März 2014



Gliederung

1. Untersuchungsansatz
2. Altes und Neues in ProFoUnD
3. Operationelle Anwendung von ProFoUnD
4. Beispiele und erste Erfahrungen
5. Fazit und Ausblick

1. Unsicherheitsquellen



Abweichung zwischen vorhergesagtem und gemessenem Abfluss wegen Kombination der Unsicherheiten von:

- Wettervorhersage
 - Hydrologischem Modell
 - Messungen und WQ-Beziehungen
- } Gesamtunsicherheit



1. Untersuchungsansätze zur Unsicherheitsabschätzung

- Multi-Model + Multi-Parameter + Multi-State

Vorteile: **deterministischer Ansatz**, alle (?) möglichen Entwicklungen werden abgedeckt

Nachteile: (zu) große Unsicherheitsspanne, sehr rechenintensiv

→ Kann operationell bisher nur teilweise umgesetzt werden

- Analyse historischer Vorhersagen

Vorteile: **empirischer Ansatz**, weniger rechenintensiv

Nachteile: zu wenig große Hochwasser, fehlerhafte Vorhersagen/Messwerte werden evtl. mitverwertet

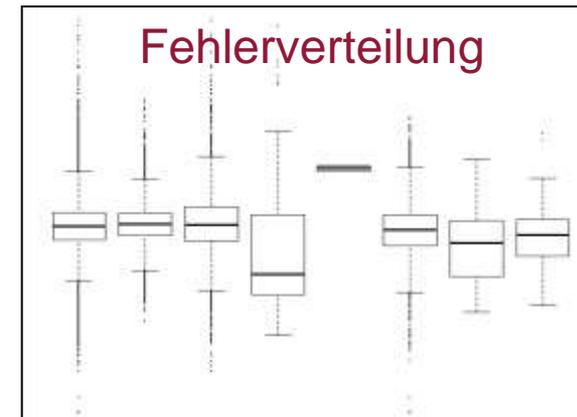
→ Einsatz der Analyse-Software „ProFoUnD“ in allen Vorhersagezentralen an Rhein und Mosel

2. Auswertung mit ProFoUnD (ab Version 5)

Vergleich von vorhergesagtem und gemessenem Wasserstand/Abfluss für bestimmte Vorhersagetiefen und „hydrologische Fälle“

→ **Fehlerindizes** (z.B. Abweichung, Quotient, Zeitfehler) und deren Verlauf, Mittelwerte, Momente und Verteilungen

→ **Kategorische Gütemaße** (Hit, False Alarm, Miss, Correct Negative) zur Bewertung ob z.B. die Überschreitung eines Schwellenwerts korrekt vorhergesagt wurde



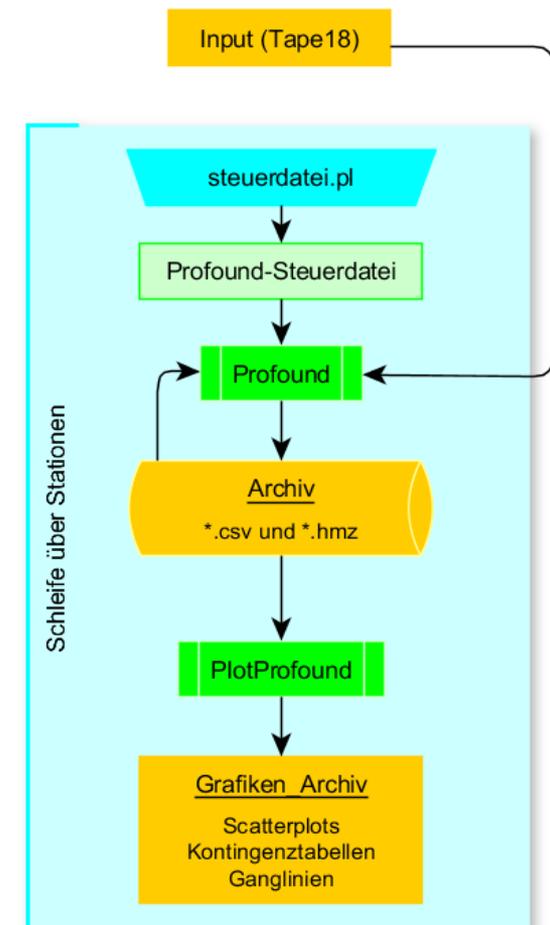
Kontingenztafel

Mess. \geq Grenze Mess. $<$ Grenze

VHS \geq Grenze	Hit 277	False Alarm 15
VHS $<$ Grenze	Miss 13	Correct Negative 17507

2. Neuerungen in Version 7: Fortschreibung

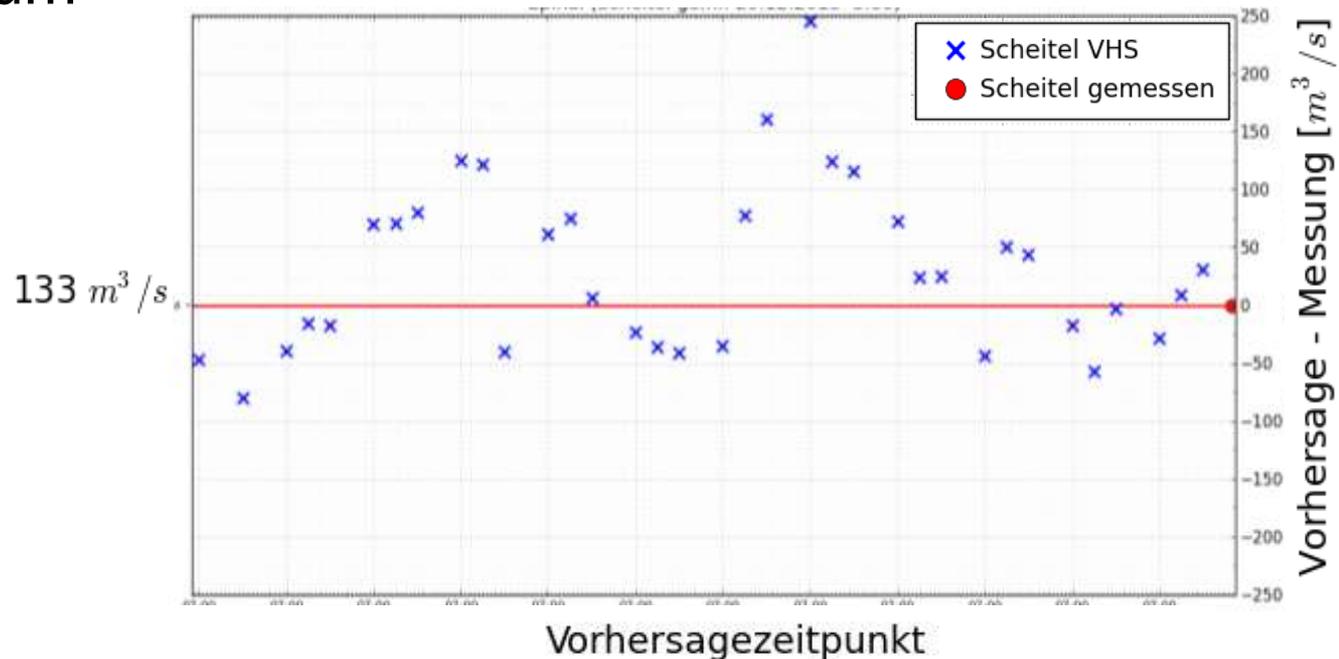
- Fehlerindizes können laufend aktualisiert werden
- Bisherige ProFoUnD-Ergebnisse sowie neue Mess- und Vorhersagedaten werden eingelesen, programmintern zusammengeführt und neu ausgewertet
- Auswertzeitraums als externer Übergabeparameter
- Visualisierungstool „PlotProfound“ (Python-Skript → ausführbares Programm)





2. Neuerungen in Version 7: Hoch- u. Niedrigwasserfrühwarnung

- Vergleich der Maximal- bzw. Minimalwerte für einen bestimmten Zeitraum
- Abweichung der Scheitelwerte für maximal 2-wöchigen Zeitraum





2. Neuerungen in Version 7: Sonstiges

- Messwerte können auch im WSV-Format eingelesen werden
- Hydrologischer Fall wird spezifisch für jede Vorhersagetiefe berechnet (und nicht mehr nur für gesamte Vorhersage) = „neues IKSMS-Verfahren“
- Anwendung auch als 64-bit-Version
- Dynamisierung der Feldgrenzenbelegung



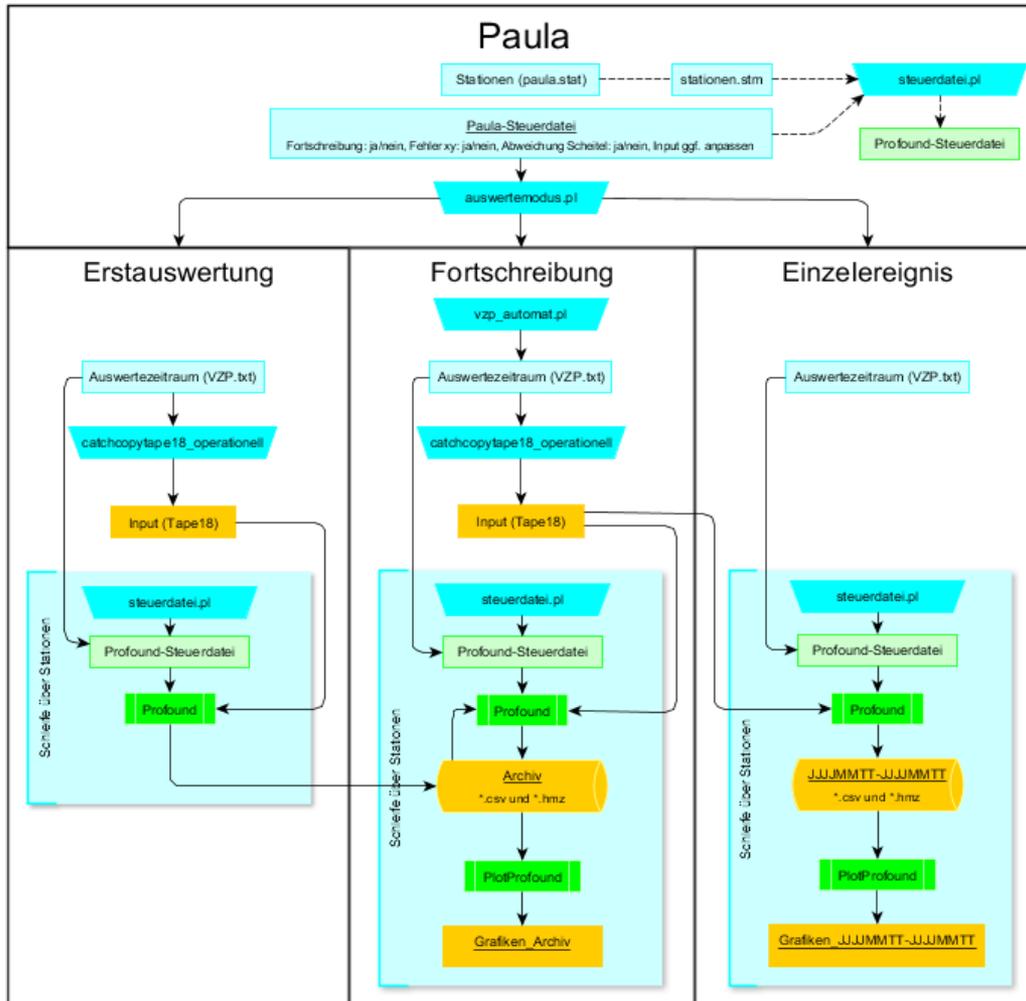
3. Operationelle Anwendung

Am LUWG werden drei Auswertemodi unterschieden:

- **Erstauswertung** für möglichst langen Vorhersagedatensatz (z.B. hydrolog. Jahre 2008 - 2013)
- **Fortschreibung** (z.B. Okt 2013 – Feb 2014)
- **Einzelereignis-Auswertung** (z.B. Weihnachten 2013)

→ Systemumgebung „Paula“ (= **P**rofound-**A**nalyse der **U**nsicherheiten von **L**ARSIM-Vorhersagen)

3. Operationelle Anwendung: Aufbau der Systemumgebung



1. Auswahl von Pegeln und ProFoUnD-Einstellungen
2. Festlegung des Auswertezitraums
3. Zusammenbau der Einzel-Vorhersagen (Tape18)
4. Anpassung der ProFoUnD-Steuerdatei
5. ProFoUnD-Berechnungen
6. Visualisierung



Perl-Skript



ProFoUnD-Anwendung

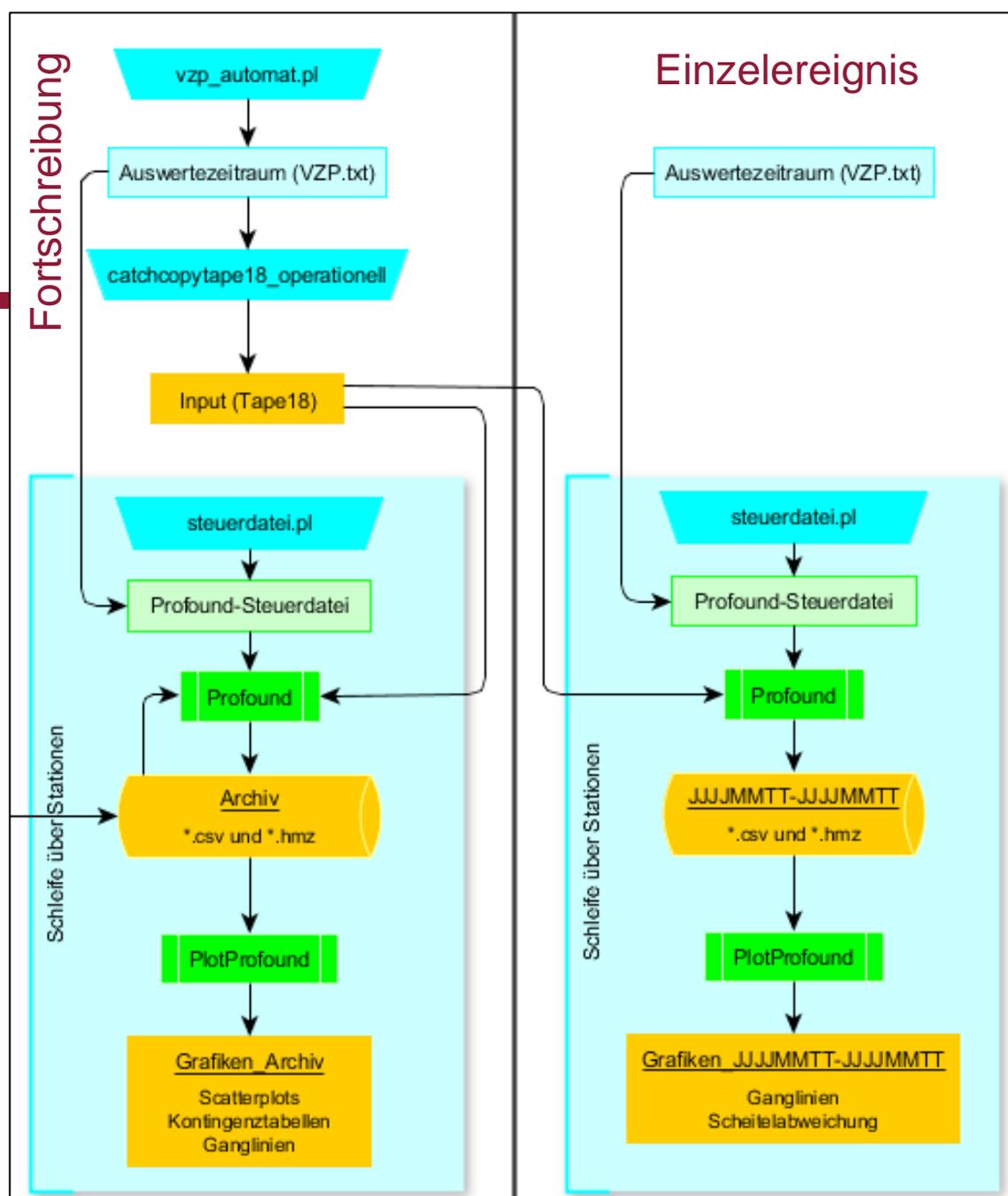
3. Operationelle Anwendung

Fortschreibung:

- Auswertezeitraum kann automatisch ermittelt werden
- Achtung: Gleicher Zeitraum darf nicht wiederholt ausgewertet werden!

Einzelereignis:

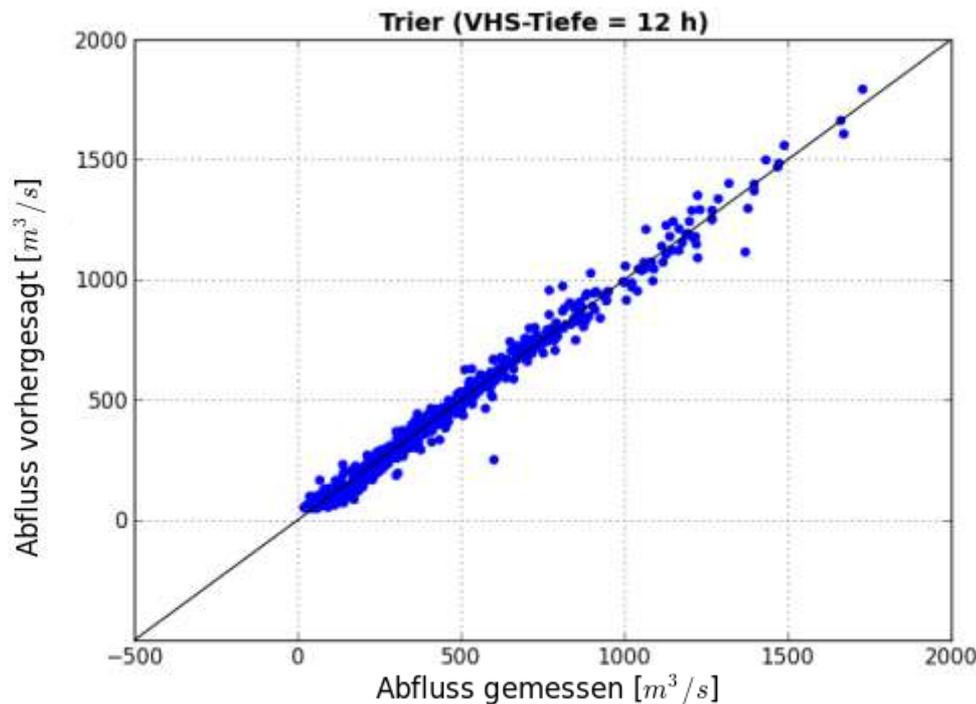
- Auswertezeitraum maximal zwei Wochen
- Fortschreibungs-Input-Datensatz wird genutzt
- PlotProfound benötigt bestimmte Ergebnisdateien



4. Beispiel 1a: Trier / Mosel Fortschreibungsmodus

Ergebnisse für die Vorhersagen (Okt 2011 bis Feb 2014)

Scatterplot, VHS-Tiefe = 12 h



Kontingenztafel, VHS-Tiefe = 12 h
Schwellenwert: MQ

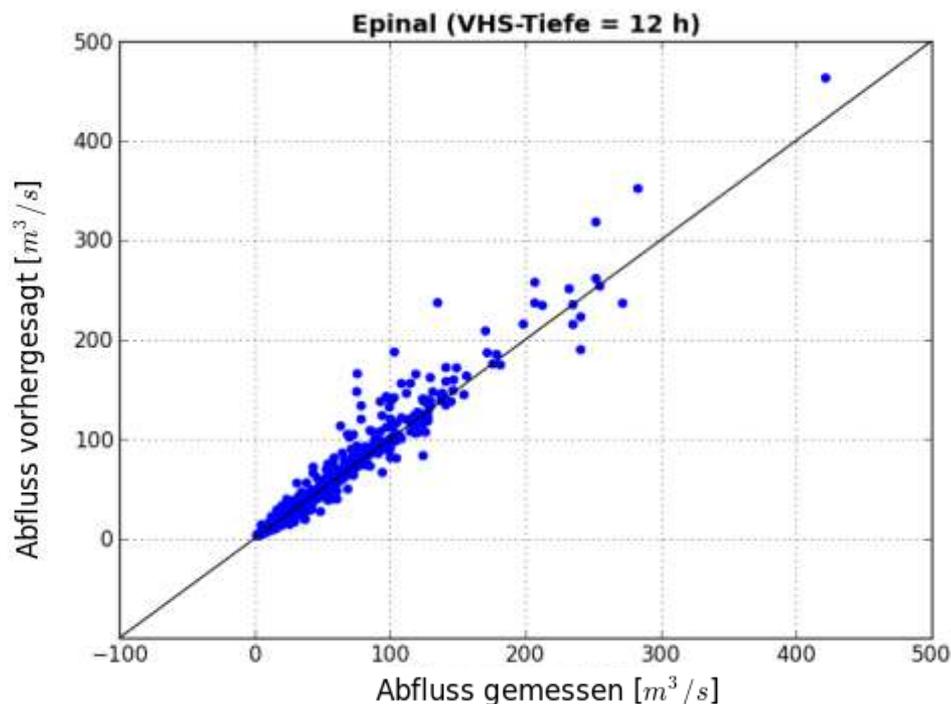
VHS-Tiefe = 12 h
Schwellenwert = 560.00 m³/s

	Messung ≥ Schwelle	Messung < Schwelle
VHS > Schwelle	Hit 201	False Alarm 13
VHS < Schwelle	Miss 9	Correct Negative 790

4. Beispiel 1b: Epinal / Moselle Fortschreibungsmodus

Ergebnisse für die Vorhersagen (Okt 2011 bis Feb 2014)

Scatterplot, VHS-Tiefe = 12 h



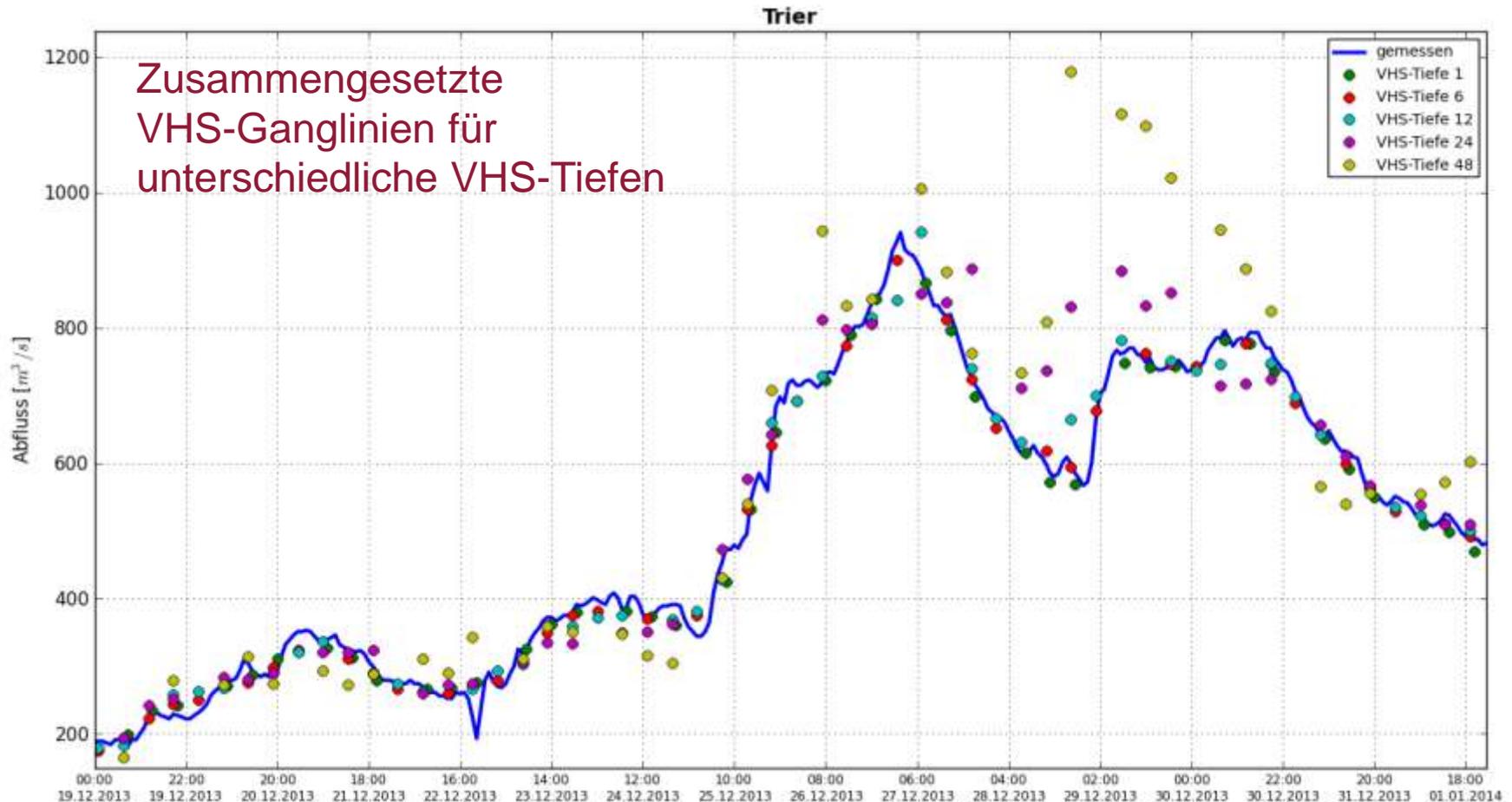
Kontingenztafel, VHS-Tiefe = 12 h
Schwellenwert: MQ

VHS-Tiefe = 12 h
Schwellenwert = $78.00 \text{ m}^3/\text{s}$

	Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit 129	False Alarm 16
VHS $<$ Schwelle	Miss 8	Correct Negative 931



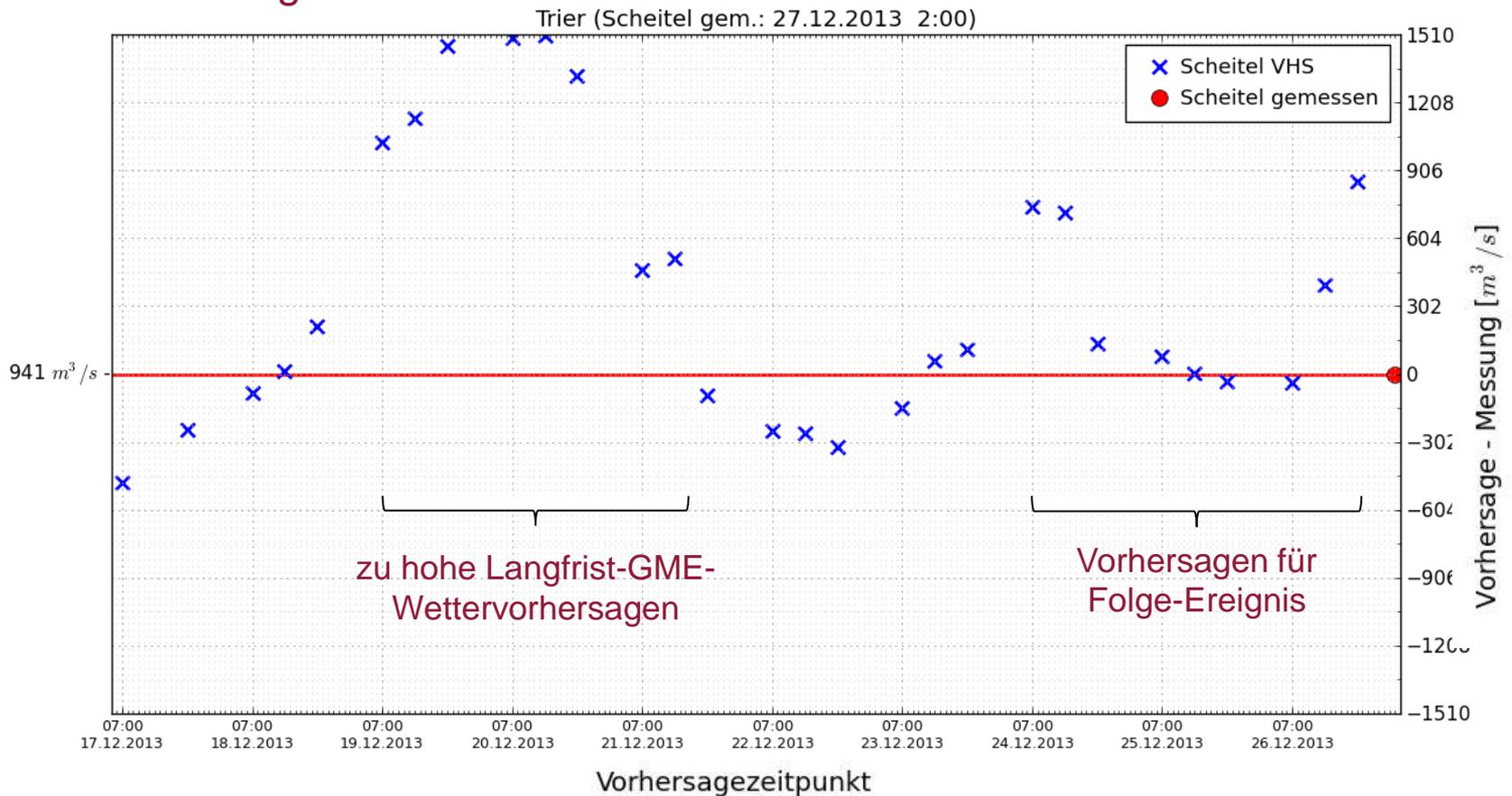
4. Beispiel 2a: Trier / Mosel Einzelereignisauswertung





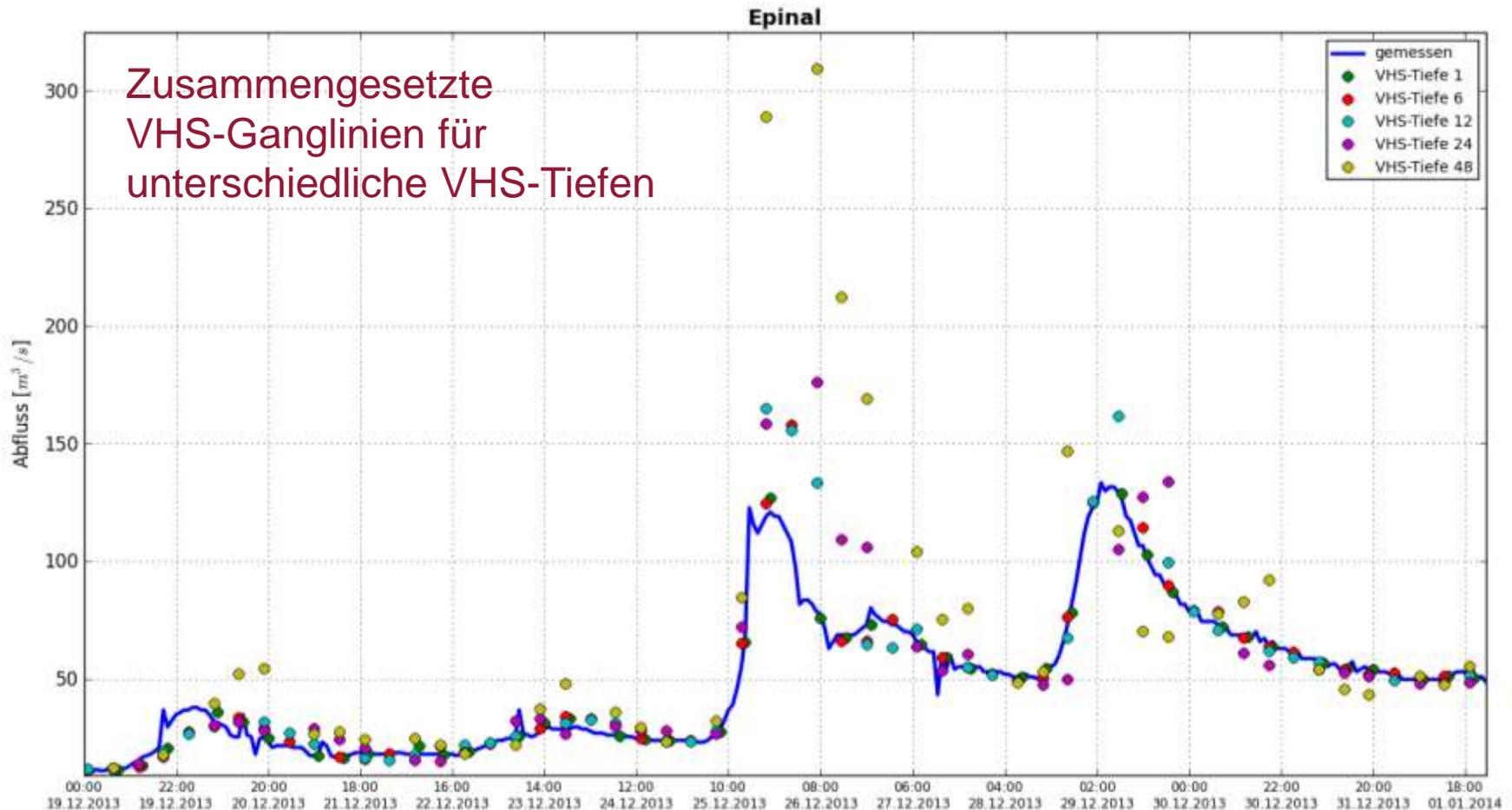
4. Beispiel 2a: Trier / Mosel Einzelereignisauswertung

Abweichungen zwischen vorhergesagten Scheiteln und dem am 27.12.2013 gemessenen Scheitel





4. Beispiel 2b: Epinal / Moselle Einzelereignisauswertung

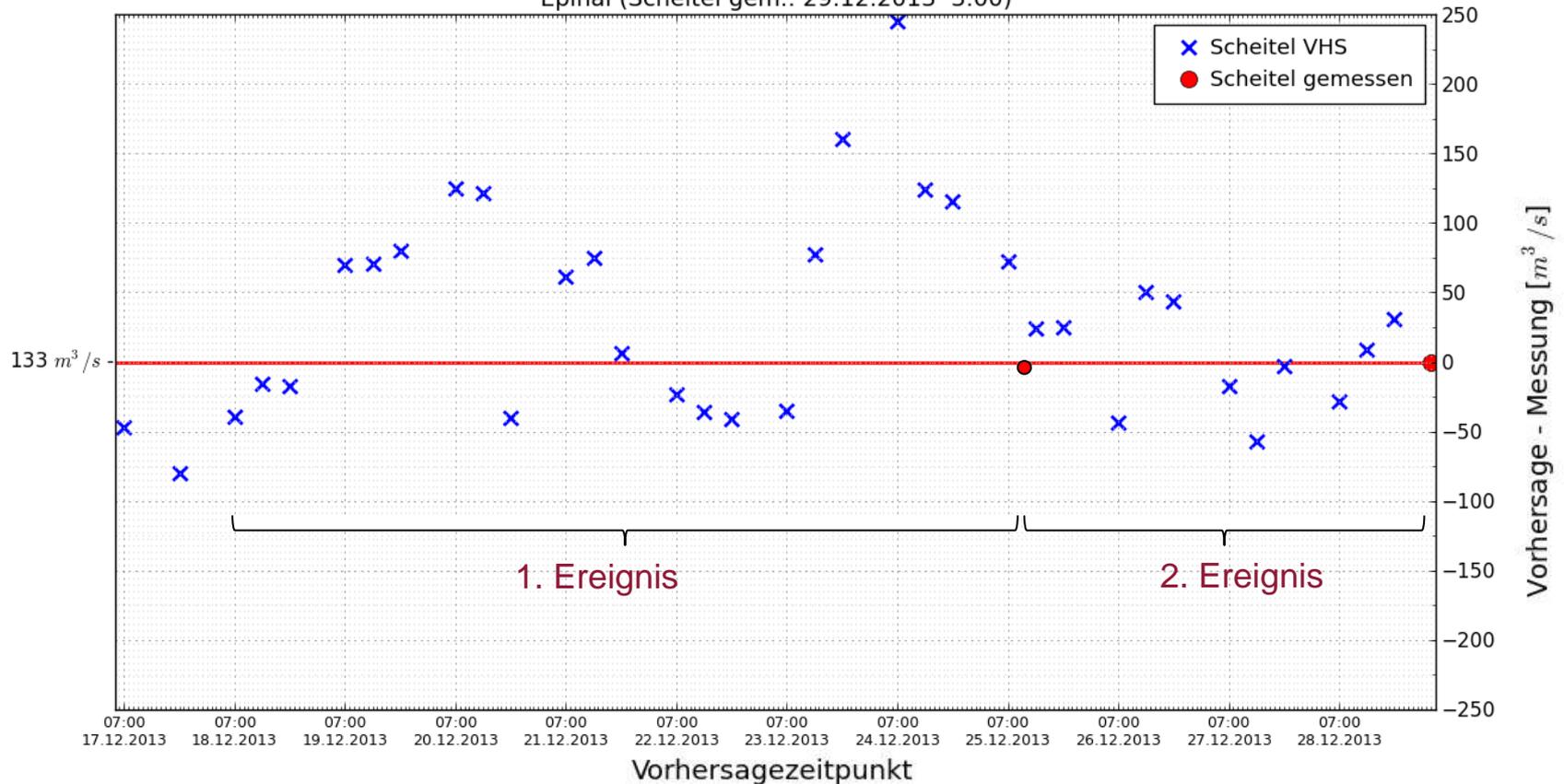




4. Beispiel 2b: Epinal / Moselle Einzelereignisauswertung

Abweichungen zwischen vorhergesagten Scheiteln und den am 29.12.2013 und 25.12.2013 gemessenen Scheiteln

Epinal (Scheitel gem.: 29.12.2013 3:00)





5. Fazit: Nutzen des operationellen ProFoUnD-Einsatzes

- Quantifizierung der Vorhersagequalität und des Unsicherheitsbereichs für einzelne Pegel und bestimmte Abflusssituationen
- Laufende Aktualisierung der Unsicherheitsbewertung
- Retrospektive Bewertung der Vorhersagen für ein Einzelereignis ist unmittelbar möglich
- Einheitliche Methode zur Unsicherheitsabschätzung in allen Rhein- und Mosel-Vorhersagezentralen



5. Fazit: Verbesserungspotenzial

- Erweiterung des Visualisierungstools „PlotProfound“
 - Darstellung von Unsicherheitsbändern (?)
 - Flexibilisierung (z.B. mittels eines Python-GUI)
- Optimierung der operationellen Systemumgebung „Paula“
 - Abfangen von wiederholter Auswertung
 - Identifikation der operationell tatsächlich verwendeten Vorhersagen
 - Verwendung der Auswertungsmethode „Maximalwerte“
 - Einbindung in operationellen Betrieb
- Identifikation der aussagkräftigsten ProFoUnD-Ergebnisse



5. Ausblick

1. Erweiterung der historischen Erstausswertung und (Test-) Einsatz im operationellen Betrieb (zunächst Mosel-Einzugsgebiet)
2. Schulung für Mosel-Vorhersagezentralen (April 2014)
3. Bereitstellung der neuen ProFoUnD-Version zur Anwendung in den Rhein-Vorhersagezentralen
4. Optimierung und Erweiterung des Visualisierungstools „PlotProfound“
5. Integration der Ergebnisse in die Unsicherheits-(Außen)darstellung
6. Nachrechnung der Vorhersagen mit unterschiedlichen Konfigurationen (z.B. mit meteorologischen Messdaten) und Analyse der Einzel-Unsicherheiten