

Das Programm ProFoUnD Zur quantitativen Auswertung von Abfluss- und Wasserstandvorhersagen und Ergebnisse für das Moselgebiet

Ingo Haag

HYDRON Ingenieurgesellschaft für Umwelt und Wasserwirtschaft mbH

Margret Johst

UDATA Umweltschutz und Datenanalyse

Norbert Demuth

Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz

Inhalt

ProFoUnD – eine kurze Übersicht

- (1) Einführung
- (2) Überblick über die Funktionalitäten
- (3) Anwendungsbereiche
- (4) Zusammenfassung

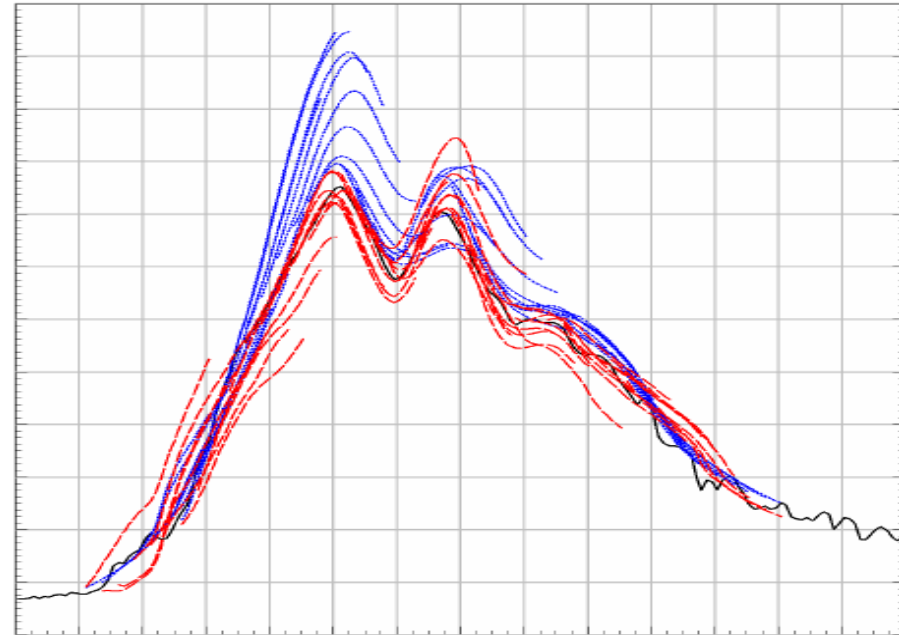
Anwendung im Moselgebiet

Margret Johst

Einführung

ProFoUnD:

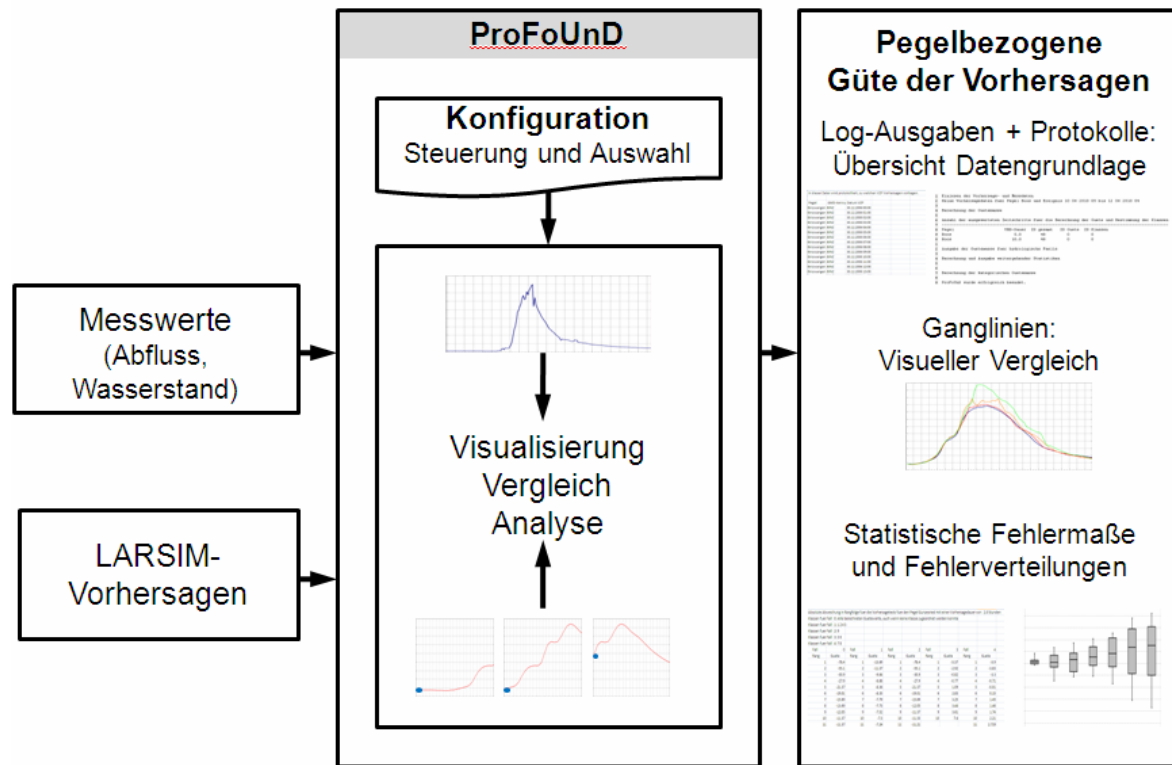
- Quantitative Auswertung von Vorhersagen (Fehler, Unsicherheit)
- Abflüsse und Wasserstände
- In Abhängigkeit von der Vorhersage-Tiefe
- Differenzierung nach unterschiedl. hydrologischen Situationen



Entwicklung:

- Weiterentwicklung von GMD_VHS_GUETE (WWA Kempten, Bayer. LfU)
- Funktionalitäten gemäß Vorgaben Bayer. LfU und IKSMS
- Konfigurierbar (Auswahl der benötigten Funktionalitäten)

Einführung



Ganglinien:

- Vergleich VHS mit Messung
- Zeitlicher Verlauf der Fehler

Statistische Maße:

- Funktion der VHS-Tiefe
- Tolerierbares Zeitfenster

1) Kontinuierliche Fehler:

- Hydrologische Fälle
- Einzelfehler
- Häufigkeitsverteilungen
- Mittlere Fehler
- Statistische Momente
- Fehler-Funktionen $f(\text{VHS-Tiefe})$

- Anpassungstests

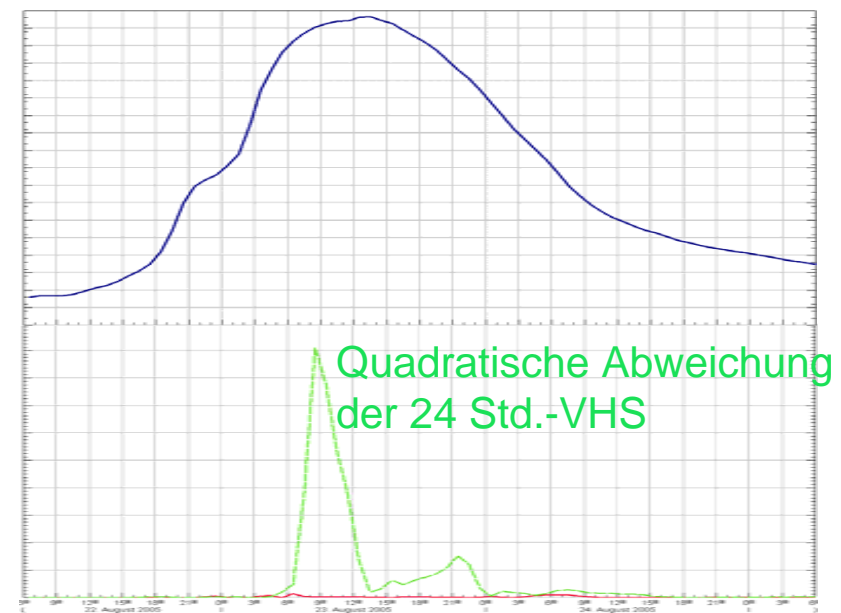
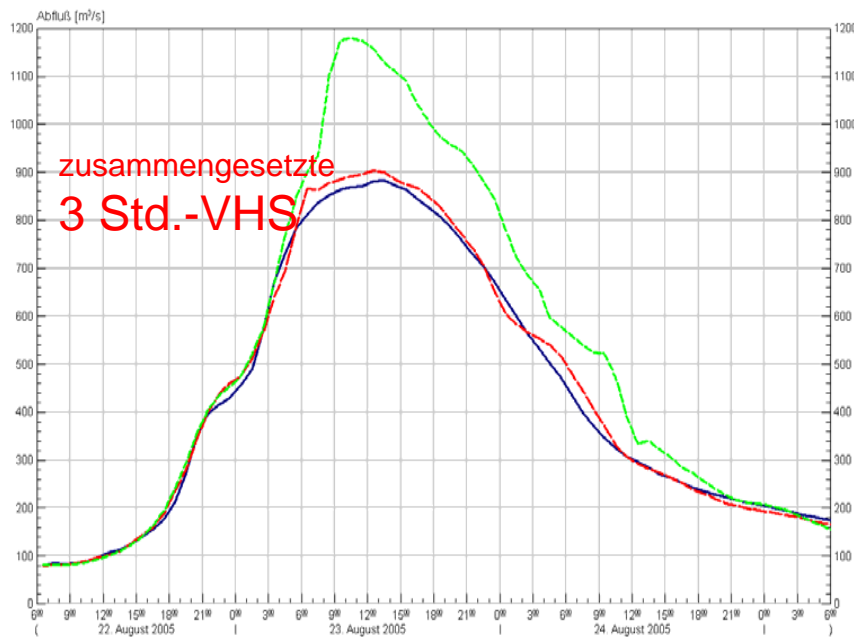
2) Kategorische Fehler:

- Kontingenztafeln
- Mittlere Fehlermaße

Überblick

Ganglinien: Visueller Vergleich zwischen Messung und VHS sowie zeitlicher Verlauf der Fehler.

- Messung und zusammengesetzte VHS-Ganglinien ausgewählter VHS-Tiefen
- Zeitlicher Verlauf der angeforderten Fehlermaße für ausgewählte VHS-Tiefen


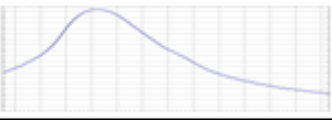



Überblick

Kontinuierliche Fehler: Maß für Abweichung zwischen VHS und Messung

- Differenziert nach VHS-Tiefen
- Für alle VHS-Werte einer VHS-Tiefe und
- (optional) Differenzierung in unterschiedliche hydrologische Situationen (hydrologische Klassen und Fälle)

⇒ Zwei Verfahren: 1) Bayer. LfU 2) IKSMS

Methode nach IKSM		Q bzw. W-Bereich des VHS-Werts		
		$\leq 2 \times MQ$	$\leq MHQ$	$> MHQ$
Richtung der VHS				
Überwiegend steigende VHS		Fall 1	Fall 2	Fall 3
VHS mit steigendem Und fallendem Anteil			Fall 4	Fall 5
Fallende VHS			Fall 6	Fall 7

Überblick

Kontinuierliche Fehler:

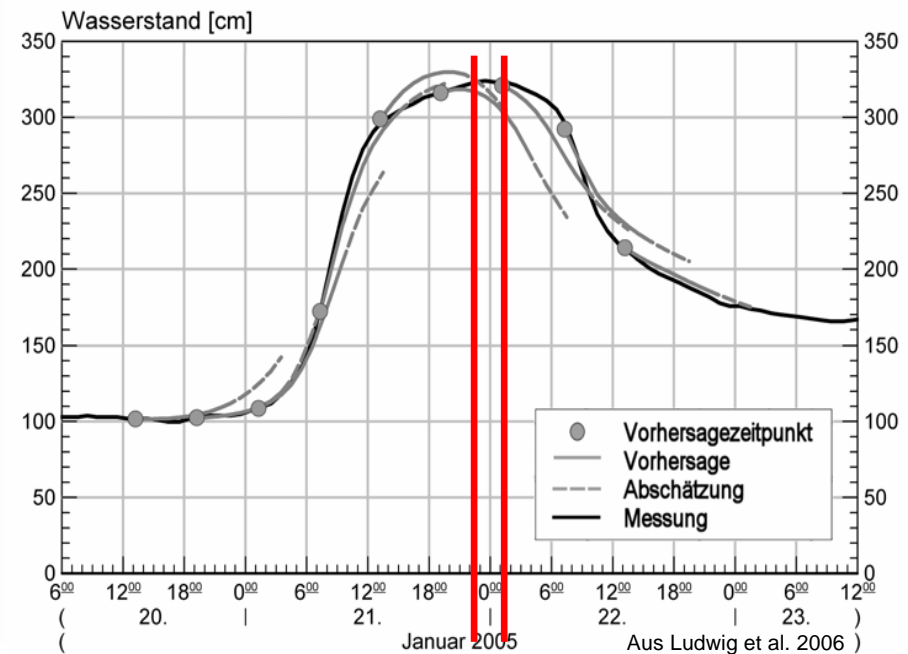
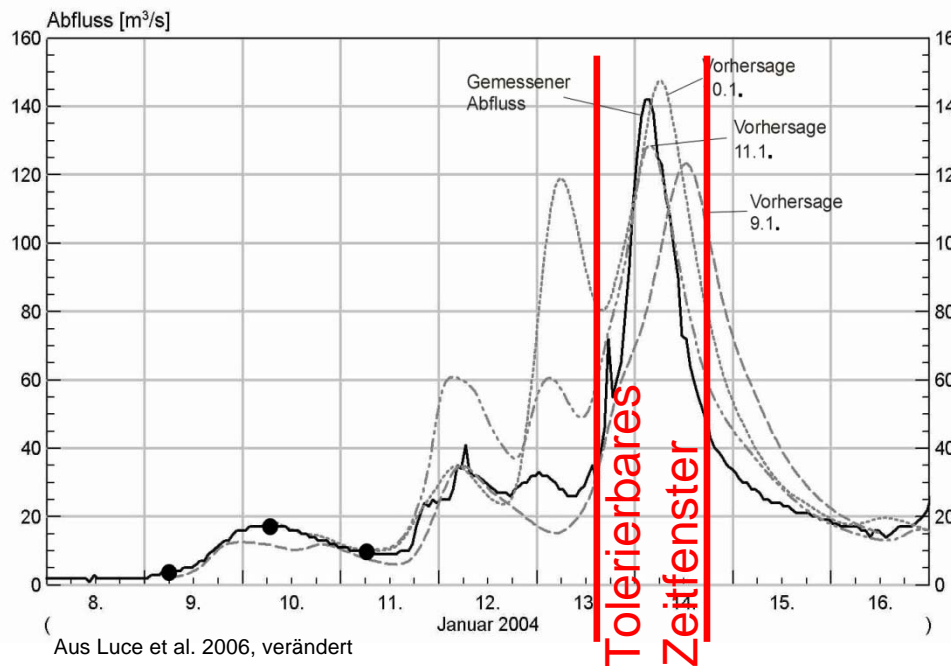
- (optional) tolerierbare Zeitfenster in Abhängigkeit von der VHS-Tiefe

Langfristige Vorhersage:

- ~ Höhe des Scheitels wichtig
 - Exakter Zeitpunkt unwichtig
- ⇒ Frühwarnung

Kurzfristige Vorhersage:

- Höhe des Scheitels wichtig
 - Exakter Zeitpunkt wichtig
- ⇒ „Echte“ Vorhersage



Überblick

Kontinuierliche Fehler: CSV für einfache Visualisierung / Weiterverarbeitung.

Einzelfehler:

- Absolute Abweichung
- Prozentuale Abweichung
- Quadratische Abweichung
- Quotient (Multipl. Fehler)
- Ln Quotient
- Zeitfehler

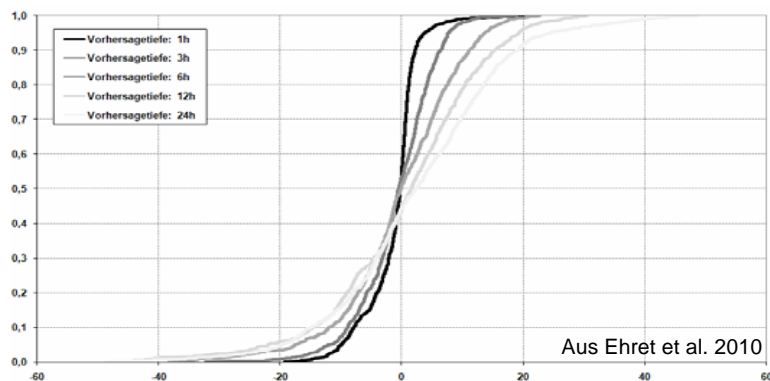


Mittlere Fehler:

- Mittl. Abs. Abweichung (Betrag / Vorzeichen)
- Mittl. Proz. Abweichung
- RMSE, SkillScore(Persistenz)
- Mittl. Quotient
- Mittl. Ln Quotient
- Mittl. Zeitfehler (Betrag / Vorzeichen)



Fehlerverteilungen



Übersichtstabellen

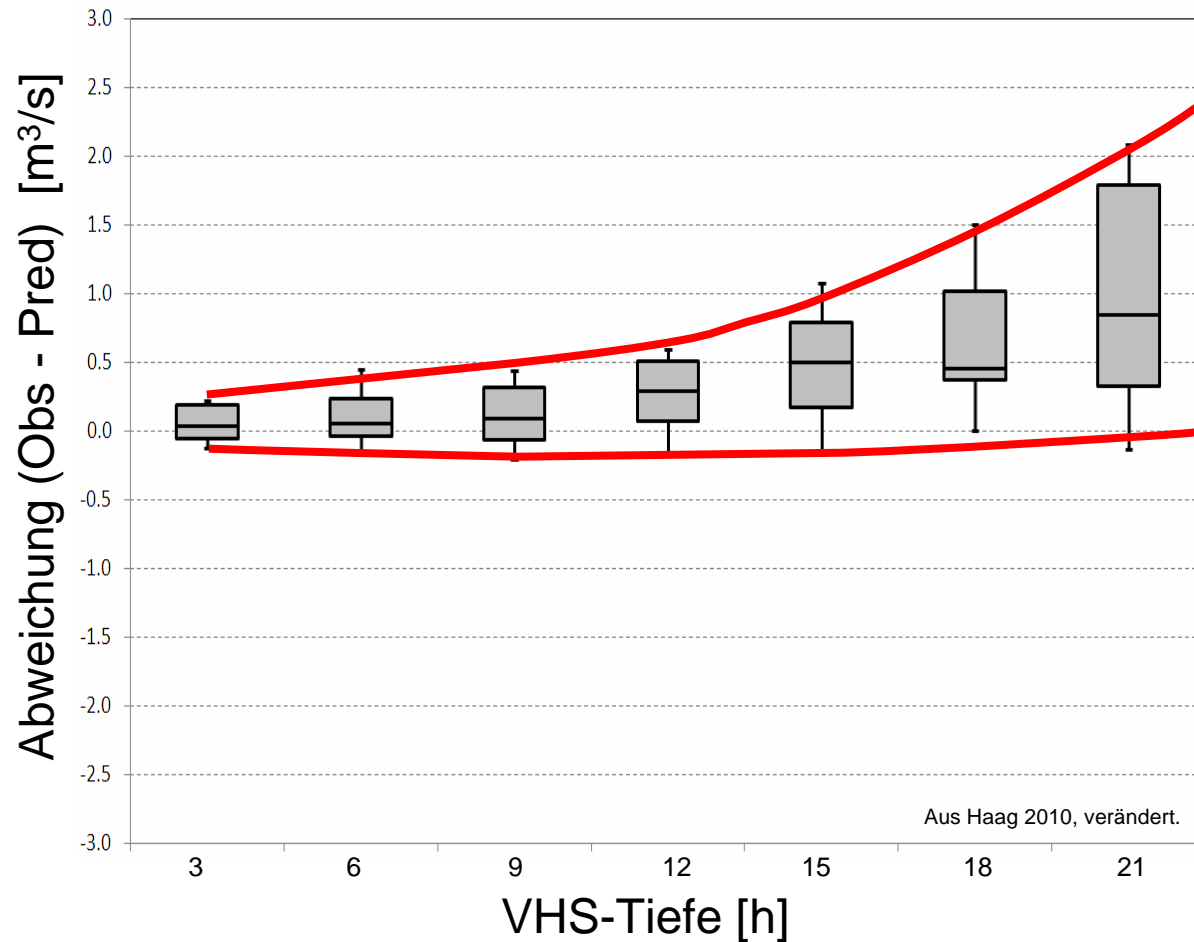
Prozentuale Abweichung gemittelt fuer die Vorhersagetests fuer den Pegel Prien

Hyd. Fall	Vorhersagedauern in h						
	1	3	6	9	12	24	72
0	14	28	55	49	323	90	151
1	15	28	56	49	327	90	152
2	4	12	13	8	-9999	-9999	-9999
3	14	24	36	40	1	99	100
4	-9999	1	19	11	17	73	78

Überblick

Kontinuierliche Fehler:

Häufigkeitsverteilungen der Einzelfehler (Perzentile).



- Statistische Momente der Häufigkeitsverteilungen

- Anpassung von Funktionen über die VHS-Tiefe

⇒ Unsicherheitsband in Abhängigkeit von VHS-Tiefe

Überblick

Kategorische Fehler: Eintritt / Nicht-Eintritt eines Ereignisses?

- Wird das Eintreten oder Nicht-Eintreten korrekt vorhergesagt?
- Ereignis = Überschreiten eines Schwellenwerts

Kontingenztafel:

	Messung \geq Schwelle	Messung $<$ Schwelle
VHS \geq Schwelle	Hit	False Alarm
VHS $<$ Schwelle	Miss	Correct Negative



Kategorische Fehlermaße:

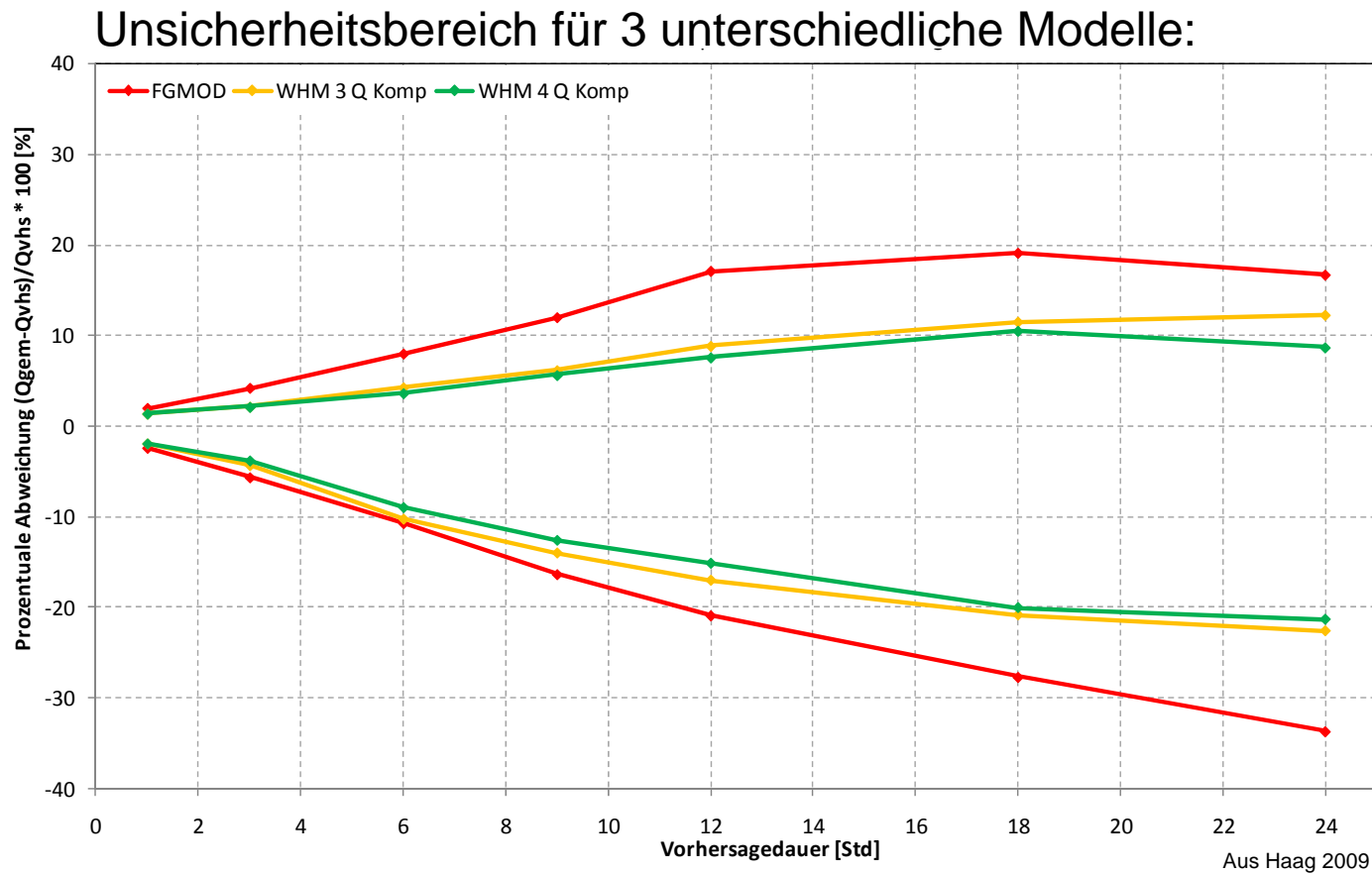
- Probability of Detection
- False Alarm Rate
- False Alarm Ratio
- Frequency Bias
- Threat Score

$$= \frac{\text{Hit}}{\text{Hit} + \text{False Alarm} + \text{Miss}}$$

- ⇒ Für angeforderte Schwellenwerte (z.B. HQ_x)
- ⇒ Für angeforderte VHS-Tiefen
- ⇒ (Optional) unter Berücksichtigung tolerierbarer Zeitfenster

Anwendungsbereiche

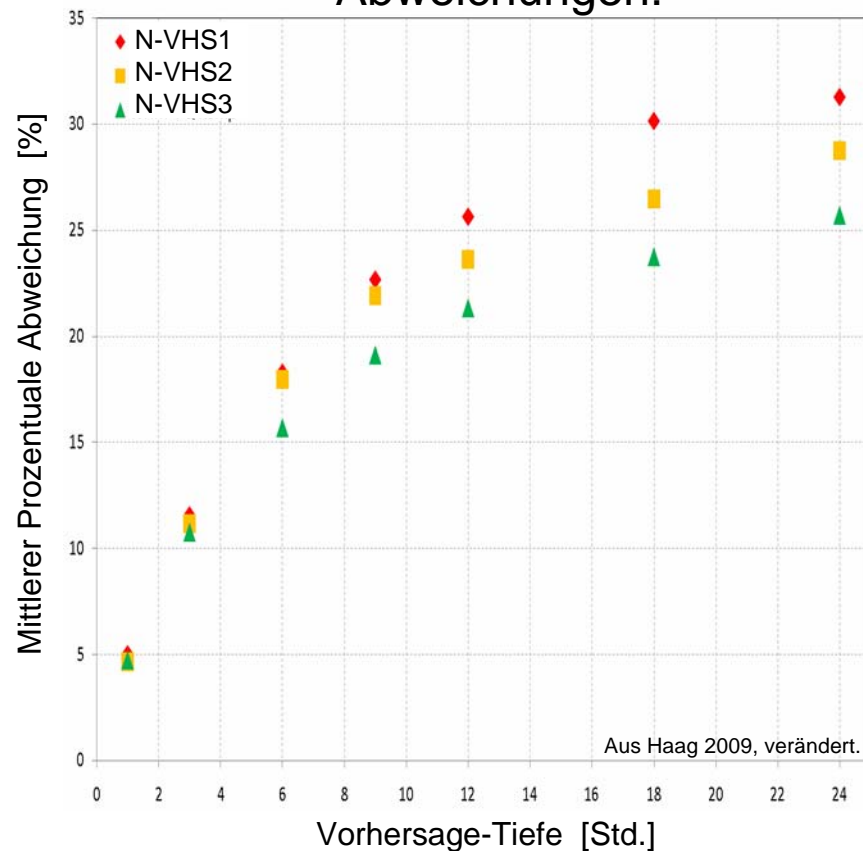
- Quantitativer Vergleich der Vorhersagegüte unterschiedlicher Modelle



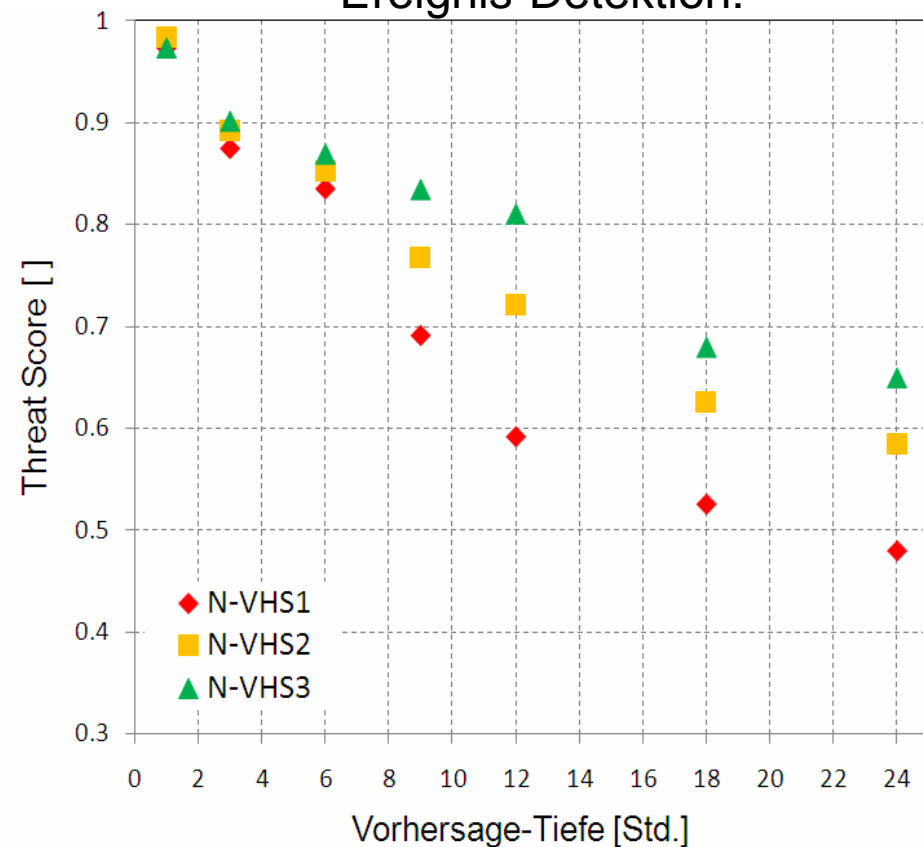
Anwendungsbereiche

- Vergleich unterschiedlicher (Niederschlags-)Vorhersagen

Kontinuierliche Fehler
Abweichungen:

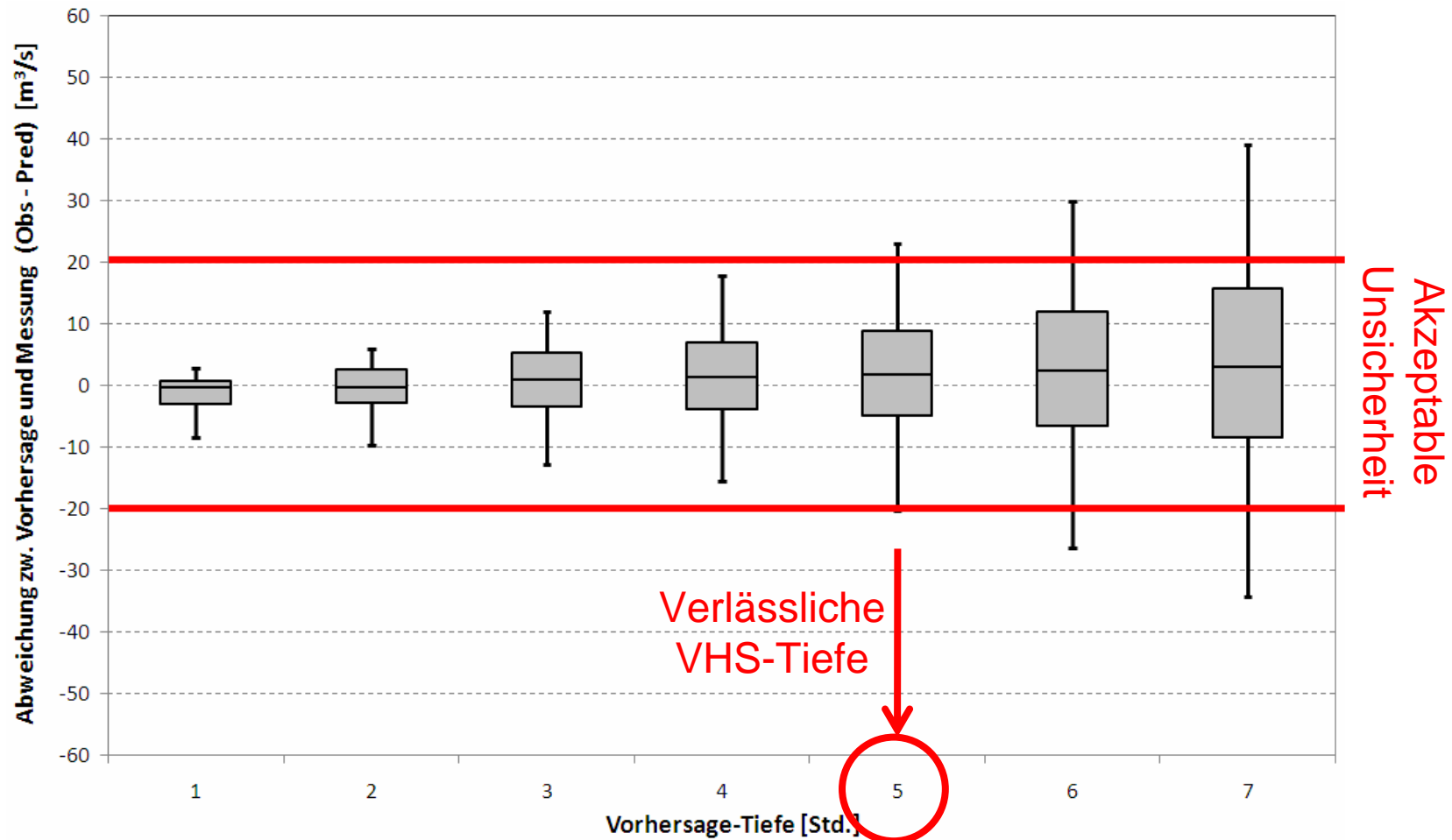


Kategorische Fehler
Ereignis-Detektion:



Anwendungsbereiche

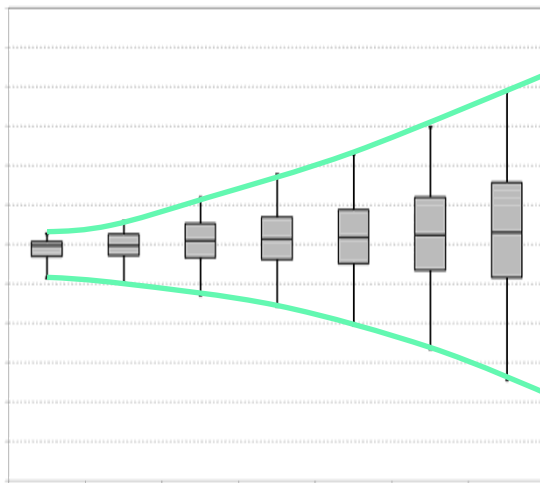
- Ermittlung der als verlässlich einzustufenden Vorhersagetiefe



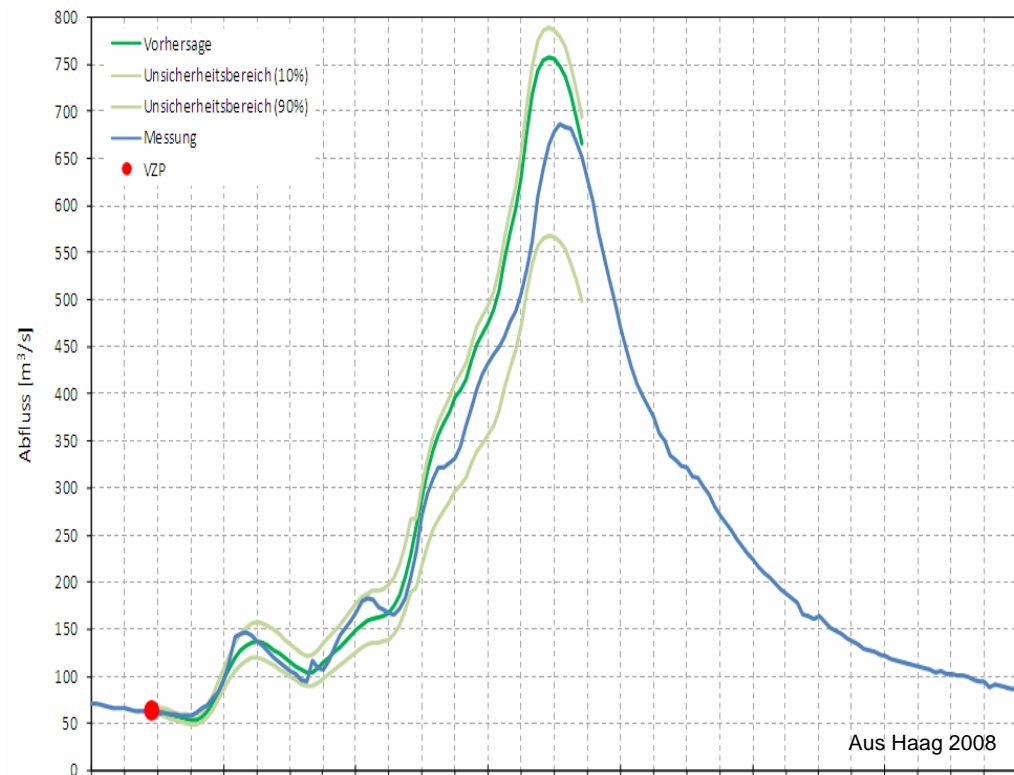
Anwendungsbereiche

- Quantifizierung und Angabe der Vorhersageunsicherheit

Quantifizierung der VHS-Unsicherheiten:



Angabe von Unsicherheiten im op. Betrieb:



Anwendungsbereiche

- Quantitativer Vergleich der Vorhersagegüte unterschiedlicher Modelle
- Vergleich unterschiedlicher (Niederschlags-)Vorhersagen
- Ermittlung der als verlässlich einzustufenden Vorhersagetiefe
- Quantifizierung und Angabe der Vorhersageunsicherheit
- Differenzierung zwischen unterschiedlichen Unsicherheitsquellen (Modell, Niederschlagsvorhersagen)
- Identifikation systematischer Fehleinschätzungen (z.B. Unstimmigkeiten zwischen Pegelmessungen oder in der Modellkonfiguration)
- Identifikation von Pegeln mit hoher Vorhersageunsicherheit
- ...

Zusammenfassung ProFoUnD

- ProFoUnD dient der Auswertung von Abfluss- /Wasserstand-Vorhersagen.
- Vielseitige Auswertungsmöglichkeiten (kontinuierliche, kategorische Maße).
- Konfigurierbar: Auswahl geeigneter bzw. erforderlicher Auswertungen.
- Visuelle (qualitative) und statistische (quantitative) Bewertungsmöglichkeiten.
- Ausgabe von direkt visualisierbaren Ganglinien (GMD, HMZ), Tabellen und CSV-Dateien (einfache Visualisierung bzw. Weiterverarbeitung).
- Vielseitig anwendbar z.B.:
 - Vergleich unterschiedlicher Modelle (Verifikation von Weiterentw.)
 - Vergleich unterschiedlicher (Niederschlags-)Vorhersagen
 - Bestimmung verlässlicher Vorhersagezeitspannen
 - Quantifizierung von „Unsicherheitsbändern“ als $f(\text{VHS-Tiefe})$
 - Differenzierung zw. Modell- und Vorhersageunsicherheit
 - Identifikation systematischer Fehler und „unsicherer“ Pegel