

Sven Fuchs<sup>1</sup> und Peter Nillert<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dipl.-Ing. Sven Fuchs, C.-v.-O.-Str. 4, 14471 Potsdam, sven.fuchs@hydrogeologist.de

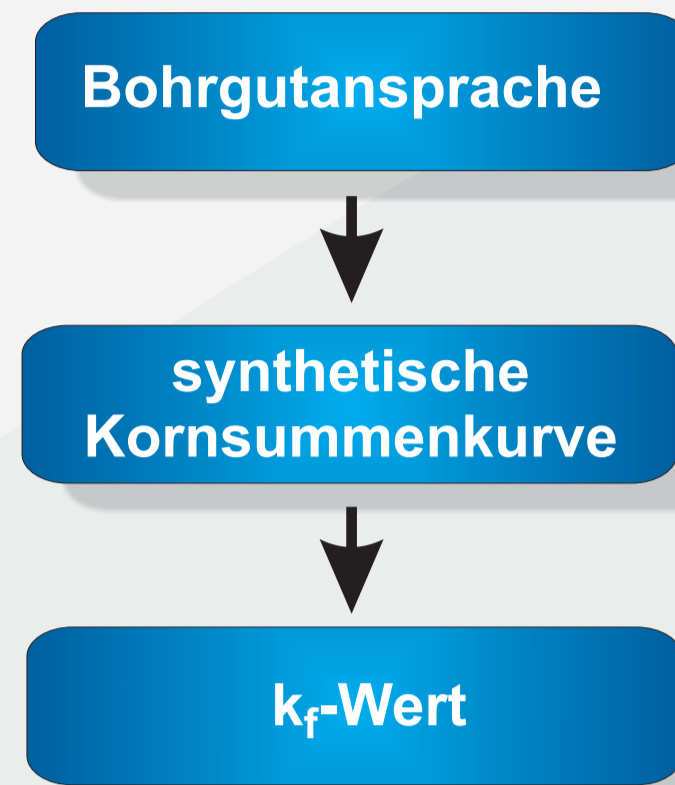
<sup>2</sup> Dr.-Ing. Peter Nillert, GCI GmbH, Bahnhofstraße 19, D-15711 Königs Wusterhausen, peter.nillert@gci-kw.de



## Einleitung & Problemstellung

Flachbohrungen werden häufig ohne direkte Ermittlung hydraulischer Parameter durchgeführt. Durchlässigkeitsbeiwerte ( $k_f$ -Werte) auf Grundlage von Korngrößenanalysen oder hydraulischen Tests liegen regelmäßig nur für wenige Bohrungen und ausgewählte Schichten vor. Bohrmeisterschichtenverzeichnisse oder die Gesteinsansprache des Projektgeologen sind in der Regel die Grundlage der archivierten Bohrdokumentation.

Für die Parametrisierung von numerischen Modellen ist die Ermittlung von Durchlässigkeitsverteilungen aus geologischen Schichtbeschreibungen der Schichten von Bohrungen, welche oft in Bohrungsdatenbanken verfügbar sind, von besonderer Bedeutung.



In der hydrogeologischen Praxis finden diverse Richtwerttabellen für die Zuweisung von  $k_f$ -Werten zu Sedimentschichten Anwendung, die häufig eher überschlägigen Charakter aufweisen. Die  $k_f$ -Wert-Bestimmung nach einer fixierten Methodik anhand der vorliegenden geologischen Schichtbeschreibung findet in der heutigen Praxis in aller Regel nicht statt. Dabei stellt bei der Mehrzahl der in Bohrungsdatenbanken erfassten Informationen die Bohrgutansprache die einzig vorhandene und zu diesen Zwecken auswertbare Information dar. Nachfolgend wird ein deterministisches Verfahren zur zuverlässigen Abschätzung des  $k_f$ -wertes (Fuchs, 2010) auf Basis der dokumentierten petrographischen Bohrgutansprache nach dem „Symbol-schlüssel Geologie“ und dessen dv-technische Umsetzung beschrieben.

## Methode & Algorithmus

Grundlage des Verfahrens ist die Ableitung einer synthetischen Kornsummenkurve aus der nach dem Symbolschlüssel Geologie notierten petrographischen Bohrgutbeschreibung.

### 1 Eingangsparemeter

- Eingabe der Petrographie in der Symbolschreibweise nach dem Symbolschlüssel Geologie: „mS,fs4,gs2“
- Gliederung der Intensitätsabstufung in fünf numerische Quantifikatoren (Abb. 1, Tabelle rechts oben)

### 2 Algorithmus

- Zerlegung der Bohrgutansprache in Haupt- („mS“) und Nebengemengeanteile („fs4, gs2“)
- Ableitung des minimalen, maximalen und des mittleren zu erwartenden Gewichtsanteils jeder Korngrößenfraktion entsprechend der jeweils identifizierten Quantität

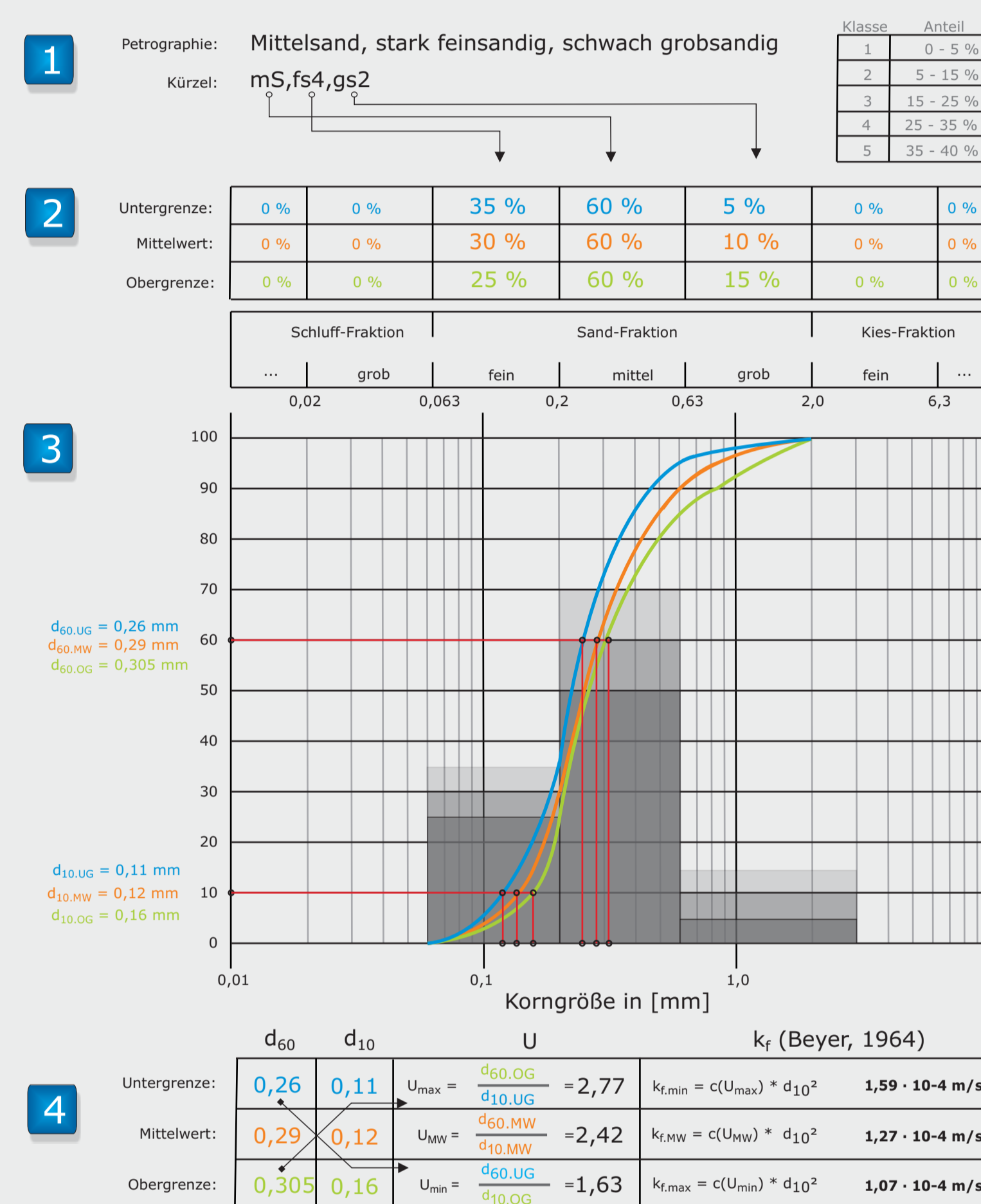


Abbildung 1: Methode zur Ableitung des  $k_f$ -wertes aus der petrographischen Bohrgutansprache. Weitere Informationen in der detaillierten Beschreibung.

### 3 Kornsummenkurve

- Erzeugen von Wertepaare aus den Korngrößenklassengrenzen und den jeweiligen im Mittel zu erwartenden Anteilen
- Darstellung der im Mittel zu erwartenden Kornsummenkurve (orange) und der Hüllkurven (blau und grün begrenzen den Bereich der theoretisch erzeugbaren Kurvenschaar)

### 4 Ermittelte Parameter / Zielgrößen

- Korngrößen bei beliebigen Durchgangskurven
- Bestimmung des maximalen, minimalen und des wahrscheinlichen  $k_f$ -wertes unter der Annahme, dass die tatsächlichen Gehalte im Mittel dem Mittelwert der beschriebenen Gehaltsklassen (orange) entsprechen. Bestimmung von Porosität, Nutzporosität, Krümmungszahl, Porenzahl, Kennkornzahl etc.

## Ergebnisse & Validierung

Validierung des Algorithmus in zwei Schritten:

### Schritt 1: Bestimmung des Systemfehlers

- Datengrundlage: 10 Bohrungen, 185 Bohrgutproben mit petrographischer Feldansprache (nach Symbolschlüssel Geologie) und Analyse der Korngrößenverteilung per Siebanalyse
- Vergleich der  $k_f$ -Werte aus Siebanalyse der Bohrgutproben ( $k_{f,Sieb.}$ ) und nach Ableitung einer synthetischen petrographischen Beschreibung ( $k_{f,synth.}$ ) aus der per Siebanalyse ermittelten Korngrößenverteilung (Abb. 2)
- Durchschnittliche Abweichung Faktor  $1,2 \pm 0,22$  (Abb. 2, gelbe Box:  $Q_1: 1,04; Q_2: 1,13; Q_3: 1,21$ ); Diskrepanz (Faktor F) beschreibt die methodisch bedingte Unschärfe der deskriptiven Notation des Symbolschlüssels
- Durchschnittliche Abweichung der Feldansprache ( $k_{f,Bohrgut}$ ) von Siebanalyse ( $k_{f,Sieb.}$ ) um Faktor  $3,23 \pm 2,12$  ( $Q_2: 2,77$ )

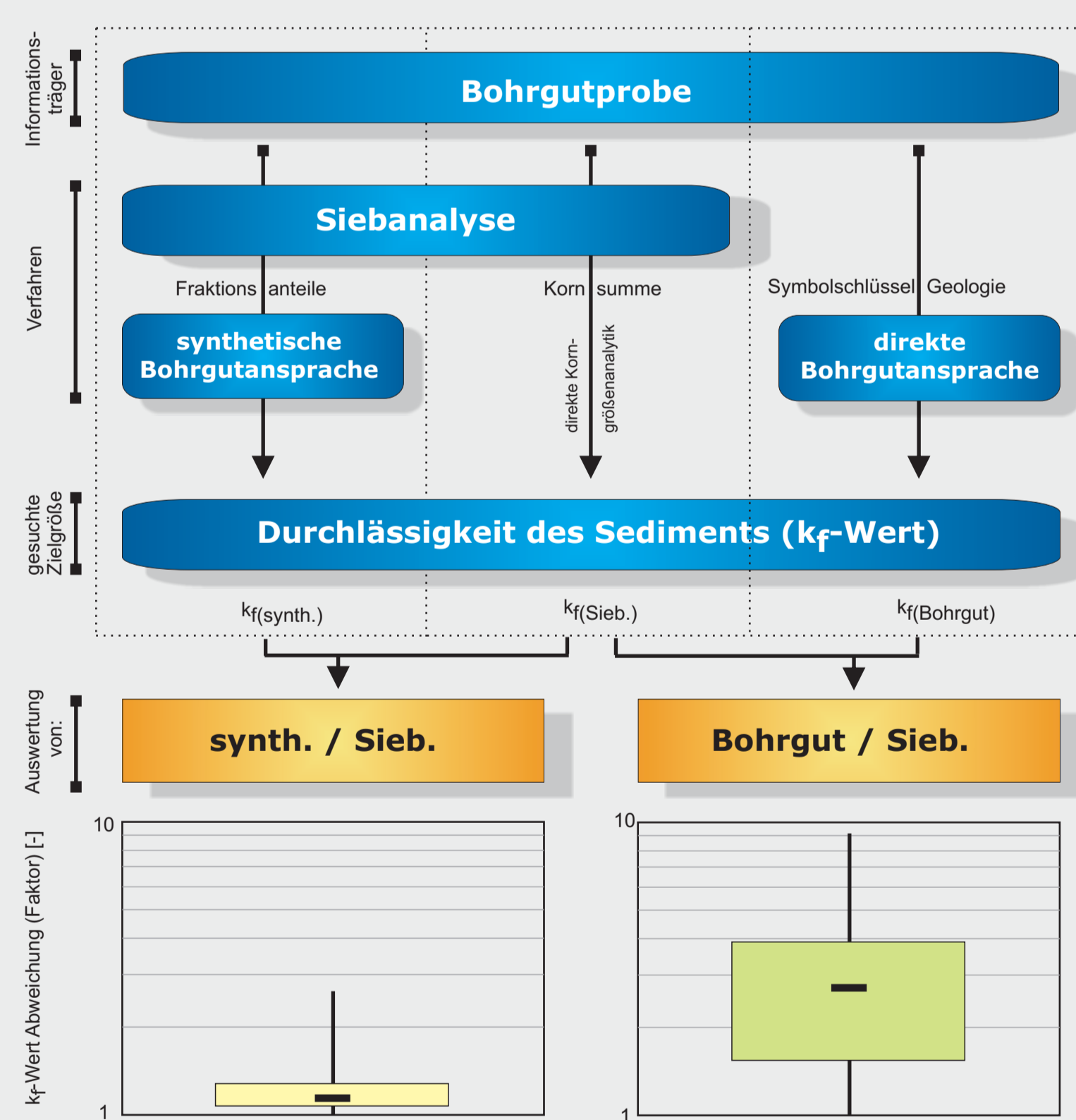


Abbildung 2: Ablaufschema zur Ermittlung des systemimmanenten Fehlers. Unterer Teil: Schwankungsbreite (Boxplot) der  $k_f$ -Wert-Abweichungen zu Siebanalyse, synthetischer  $k_f$ -Wert (= Systemfehler) (links, gelbe Box), Bohrgutansprache (rechts, grüne Box)

### Schritt 2: Prüfung der Praxistauglichkeit

- Datengrundlage: 10 Bohrungsdatenbanken im jungpleistozänen Tiefland und Molassebecken, 1009 Bohrungen mit rund 5.668 verwertbaren Schichtansprachen ( $k_{f,Sieb.}$  nach Beyer).
- Vergleich von ( $k_{f,Sieb.}$ ) und ( $k_{f,Bohrgut}$ ) (Zusammenstellung der Streubreiten Abb. 3)
- Durchschnittliche Abweichung um Faktor  $4,25 \pm 0,22$  (Abb. 3, über alle Datenbanken:  $Q_1: 1,48; Q_2: 2,41; Q_3: 4,42$ )
- Höhere Differenzen des Faktors F beschreiben die unterschiedliche Qualität der Siebprobenahme (Ausbildung und praktische Berufserfahrung), sowie die individuelle, subjektiv beeinflusste Schichtansprache des geologischen Sachbearbeiters, Bestimmungsmethodik und Sorgfalt
- Petrographische Ansprache der Bohrgutproben erfolgt durch geologische Sachbearbeiter eher zu fein (rund  $1/3$ ); resultierende  $k_f$ -Werte sind demnach eher zu klein

## Schlussfolgerung

Der vorgestellte Algorithmus realisiert eine deterministische  $k_f$ -Wert-Schätzung auf Basis petrographischer Bohrgutansprachen. Für die untersuchten Bohrungsdatenbanken gilt:

- 47 % bis 79 % weisen  $k_f$ -Wert-Abweichungen  $F < 3$ ,
- 66 % bis 93 % Abweichungen  $< 5$ ,
- zwischen 1 % und 16 % Abweichungen  $> 10$  auf.

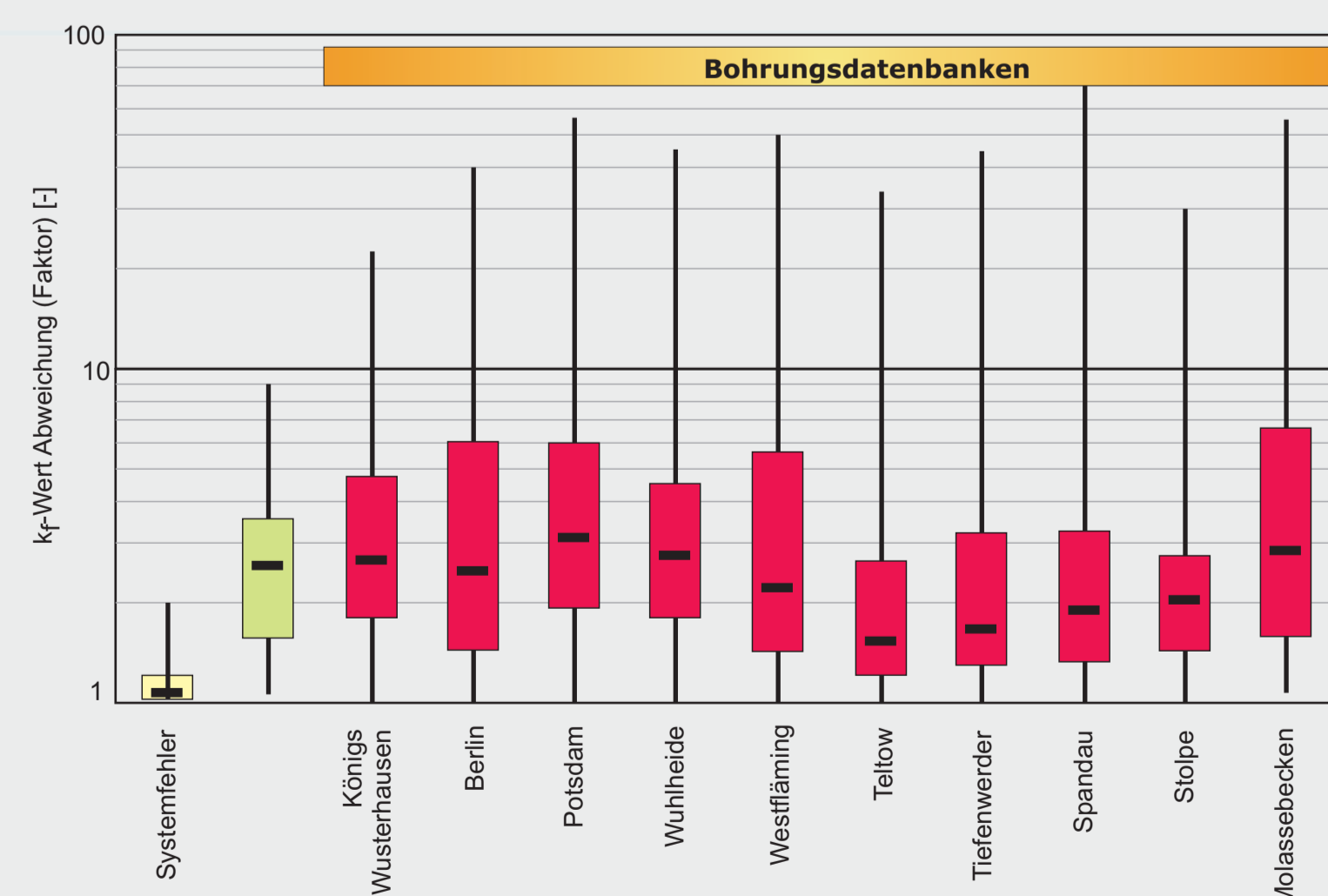


Abbildung 3: Boxplots für die Abweichungen der aus Schichtansprachen kalkulierten  $k_f$ -Werte zu den aus Siebanalysen kalkulierten  $k_f$ -Werten.

## Praktische Anwendung

Der vorgestellte Algorithmus wird seit 2009 erfolgreich im Bereich Grundwasserbewirtschaftung und Modellierung in der GCI GmbH im laufendem Arbeitsprozess eingesetzt. In der ersten Hälfte 2010 wurde diese Methode zur Bearbeitung umfangreicher Bohrungsdatenbanken in eine windowsbasierte Software umgesetzt. Mehr Informationen sind auf den Projektseiten abrufbar:

[www.gci-kw.de/software\\_gcipetrokf.php](http://www.gci-kw.de/software_gcipetrokf.php)

### Literatur:

Fuchs, S. (2010): Deterministische  $k_f$ -Wert-Schätzung nach petrographischer Bohrgutansprache – Grundwasser: Heidelberg, DOI: 10.1007/s00767-010-0143-8; Preuss, H.; Vinken, R.; Voss, H.-H.: Symbolschlüssel Geologie - Symbole für die Dokumentation und automatische Datenverarbeitung geologischer Feld- und Aufschlußdaten. 328 S.; Niedersachsen (1991), 5. überarbeitete Fassung (2009)