

Ein neues Verfahren zur tiefenorientierten Probenahme aus Grundwassermessstellen mit langen Filterstrecken

Christian A. Gillbricht

Hydrogeologisches Büro Christian A. Gillbricht, Hamburg
CAGsoff@CAGsoff.com

Zusammenfassung

In vielen Messnetzen zur Grundwasserbeobachtung finden sich Messstellen mit langen Filterstrecken, bei denen die Entnahme repräsentativer tiefenorientierter Grundwasserproben problematisch ist. Hiermit wird eine neue Variante der abschnittsweise durchflussgemittelten Probenahme (GILLBRICHT, 1996; SUKOP, 2000) vorgestellt. Bei diesem Verfahren ist insbesondere die vertikale Abgrenzung kontaminierter Zonen optimiert. Außerdem kann unter geeigneten Randbedingungen bei der Probenahme ein Durchlässigkeitsprofil aufgenommen werden, so dass dessen zusätzliche Erhebung, z. B. durch Flowmetermessungen, entfällt.

Abstract

In many ground-water monitoring networks there are wells with long screens, where it is difficult to obtain representative depth dependent samples. We demonstrate a new variation of sampling technique using partially depth integrated sampling (SUKOP, 2000). This method is especially useful for vertical discrimination of contaminated aquifer zones. Under favourable conditions it is possible to obtain a permeability profile from concentration data, so additional measurements, e. g. flowmeter logs, are not necessary.

Stand der Technik

Im Verlauf der letzten 30 Jahre ist eine Vielzahl von Vorschlägen zur tiefenorientierten Probenahme von Grundwasserproben gemacht worden (Zusammenstellung in GILLBRICHT, 1996). Als technisch beste Lösung ist immer die Errichtung von Messstellengruppen anzusehen, bei denen mehrere Messstellen mit Filterstellungen kurzer Länge in unterschiedlichen Tiefen hergestellt werden (z. B. DVWK, 1997). In vielen Erkundungsfällen ergibt sich jedoch der Wunsch, aus bestehenden konventionellen Grundwassermessstellen mit vollkommenem, den ganzen Grundwasserleiter erfassenden Ausbau oder jedenfalls langer (über 10 m) Filterstrecke tiefenorientiert Proben zu gewinnen, um hydrochemische Differenzierungen, insbesondere auch hinsichtlich Schadstoffgehalten, zu erkennen.

Praktische Bedeutung haben hierfür gegenwärtig nur zwei Verfahren erlangt. Das erste Verfahren ist das der abschnittsweise durchflussgemittelten Probenahme (SUKOP, 2000). Bei diesem Verfahren wird die Messstelle wie bei der Entnahme einer durchflussgemittelten Mischprobe mit einer Pumpe abgepumpt. Die Probenahme erfolgt aber parallel zum Abpumpvorgang in unterschiedlichen Tiefen mit einem Schöpfgerät bzw. einer Pumpe sehr kleiner Leistung aus der fließenden Welle. Die Probe repräsentiert damit den Bereich vom Filterende bis zur Probenahmetiefe bzw. bei Betrieb der Hauptpumpe am Boden der Messstelle von der Filteroberkante bzw. dem freien Wasserspiegel bis zur Probenahmetiefe. Wenn die Durchlässigkeiten der einzelnen Schichten durch Flowmetermessungen oder andere Untersuchungen, z. B. Siebanalysen, abgeschätzt werden können, lassen sich die Stoffkonzentrationen im Grundwasserleiter in den einzelnen Schichten nach einem einfachen Mischungsansatz rechnerisch bestimmen.

Das zweite Verfahren ist das "separation pumping" in unterschiedlicher Ausprägung (NILSSON et al., 1995; RAPP et al., 1998). Bei diesem Verfahren werden zwei oder mehr Pumpen gleichzeitig betrieben. Die Probenahme erfolgt entweder aus allen oder einzelnen ausgewählten Pumpen, wobei die übrigen nur zur Abförderung des nicht gewünschten Wassers (sogenannte Schutzbeobachtung) dienen. Der Tiefenbereich der Probenahmen wird mittels Flowmetermessungen bestimmt oder aus einem Durchlässigkeitsprofil geschätzt. Die Qualität der möglichen Abgrenzung chemischer Fronten und die Bestimmung von Maximalkonzentrationen hängen von der jeweils gewählten Messanordnung ab.

Das Verfahren der zweifach abschnittsweise durchflussgemittelten Probenahme (2-ADM)

Hiermit wird eine neue Variante der abschnittsweise durchflussgemittelten Probenahme vorgestellt. Die Hauptpumpe wird hierbei weder am oberen noch am unteren Ende der wirksamen Filterstrecke platziert, sondern zusammen mit zwei Probenahmpumpen über die Tiefe bewegt (Abb. 1a).

Die Förderung erfolgt dabei kontinuierlich mit der Förderate Q . Es werden n Schichten entsprechend den Tiefenpositionen der Probenahmeeinheit definiert. Die Pumpenanordnung ist in Schicht m mit der angenommenen Mächtigkeit $M_m > 0$ bzw. der relativen Durchlässigkeit $M_m \cdot k_{fm} > 0$ eingehängt. Die Probenahmeeinheit soll also möglichst gedrungen gebaut sein, wobei aber die Probenahmpumpen aus dem unmittelbaren hydraulischen Störungsbereich der Hauptpumpe fern gehalten werden müssen. In der Praxis wird der Abstand zwischen oberer und unterer Probenahmpumpe bei Verwendung von Unterwassermotorpumpen zwischen 1,0 und 1,5 m liegen (Abb. 1b). Können auf Grund der Tiefenlage des freien Grundwasserspiegels und der Untersuchungsparameter Saugpumpen eingesetzt werden, sind auch etwas kürzere Bauformen zu realisieren. Die Proben werden mit geringer Förderate $Q_{p1}, Q_{p2} \ll Q$ entnommen.

Die Konzentration der Hauptpumpe ist die durchflussgemittelte Konzentration des Grundwasserleiters, soweit Potenzialdifferenzen vernachlässigt werden dürfen:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{fi} \cdot M_i \cdot c_i}{\sum_{i=1}^n k_{fi} \cdot M_i}$$

Die mittlere Konzentration lässt sich aber auch über einen einfachen Mischungsansatz aus den Konzentrationen der beiden tiefenorientierten Teilproben berechnen, wenn die Baulänge der Probenahmeeinheit so gering ist, dass zwischen den Pumpen kein wesentlicher Zustrom erfolgt:

$$\bar{c} = \frac{(\sum_{i=1}^m k_{fi} \cdot M_i) \cdot c_{p1} + (\sum_{i=m+1}^n k_{fi} \cdot M_i) \cdot c_{p2}}{\sum_{i=1}^n k_{fi} \cdot M_i}$$

Damit können aus den gemessenen Konzentrationen relative hydraulische Durchlässigkeiten bestimmt werden (Abb. 1a). Eine Umwandlung in absolute Werte ist mit Hilfe einer Abschätzung der Profildurchlässigkeit aus einem Pumpversuch oder nach Logan (BRASSINGTON, 1998) aus der Beharrungsabsenkung s (m) möglich:

$$\bar{k}_f = \frac{\sum_{i=1}^n k_{fi} \cdot M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} = 1,22 \cdot \frac{Q}{s \cdot \sum_{i=1}^n M_i}$$

Unabhängig von der Genauigkeit der Einzelmessung ist bei diesem Verfahren gegenüber anderen Methoden zur Abschätzung der Durchlässigkeit Konsistenz des Vorgehens gegeben, so dass rechnerische Artefakte, insbesondere das Auftreten negativer Konzentrationen in Einzelschichten, nur noch bei offensichtlich unplausiblen Messwerten möglich ist. Die mittlere Konzentration \bar{c} muss stets zwischen den Einzelwerten c_{p1} und c_{p2} liegen

Beispiel

Im Abstom einer Altablagung wurden tiefenorientierte Proben nach dem hier vorgestellten Verfahren aus einer Grundwassermessstelle im Ausbaumaß DN 115 entnommen. Auf Grund einer Vermessung der elektrischen Leitfähigkeit im Ruhezustand bestand die Vermutung, dass trotz der unmittelbaren Nähe zum Stoffeintrag im wesentlichen der untere Teil des Filters von Deponiesickerwasser beeinflusst ist. Die Probenahme erfolgte in vier Tiefenstufen. Es wurden die Parameter elektrische Leitfähigkeit, Natrium, Kalium, Calcium und Magnesium in allen tiefenorientiert entnommenen Teilproben bestimmt. Mischproben wurden am Ende des Klarpumpens und parallel zur Entnahme der letzten Tiefenstufe entnommen. Diese beiden Proben zeigten sehr gute Übereinstimmung, so dass die Grundannahme konstanter Mischungsverhältnisse gewährleistet ist.

Die Darstellung der Ergebnisse (Abb. 2) zeigt, dass die Messungen der verschiedenen Parameter in den wesentlichen Zügen übereinstimmende Auswertungen hinsichtlich der Durchlässigkeitsverhältnisse ergeben. Erhebliche Abweichungen bestehen lediglich für den Abschnitt zwischen 11,5 und 15 m unter Messpunkt, in dem Durchlässigkeiten von 0 bis $2 \cdot 10^{-4}$ m/s berechnet werden. Abschnitte mit relativ geringem Zufluss sind bei diesem Verfahren wie bei allen Probenahmen aus Messstellen mit langen Filterstrecken problematisch, da die hier eintretenden Konzentrationsdifferenzen leicht im Bereich der analytischen Genauigkeit liegen.

Schlussbemerkungen

Die Verwendung der Messdaten erfolgt mit freundlicher Genehmigung der Freien und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt und Gesundheit.

Das Verfahren ist zum Patent angemeldet.

Die vollständige Dokumentation des Verfahrens ist verfügbar unter <http://www.CAGsoff.com/ftp/zweiadm.pdf>

Literatur

BRASSINGTON, R. (1998): Field hydrogeology, 2nd edition.- Wiley: XII + 248 S.; Chichester

DVWK (Hrsg.) (1997): Tiefenorientierte Probenahme aus Grundwassermessstellen.- DVWK-Merkblatt, 245: IV + 14 S.; Bonn

GILLBRICHT, C.A. (1996): Horizontierte Grundwasserprobenahme.- Handbuch der Altlastensanierung, 15232: 1 - 34; Heidelberg

NILSSON, B.; JAKOBSEN, R. & ANDERSEN, L.J. (1995): Development and testing of active groundwater samplers.- Journal of hydrology, 171: 223 - 238; Amsterdam

RAPP, M.C.; FULDA, C.; SCHÄFER, W. & KINZELBACH, W. (1998): The dual pumping technique (DPT) for level-determined sampling in fully screened groundwater wells.- Journal of hydrology, 207: 220 - 235; Amsterdam

SUKOP, M.C. (2000): Estimation of vertical concentration profiles from existing wells.- Ground water, 38: 836 - 841; Westerville, OH

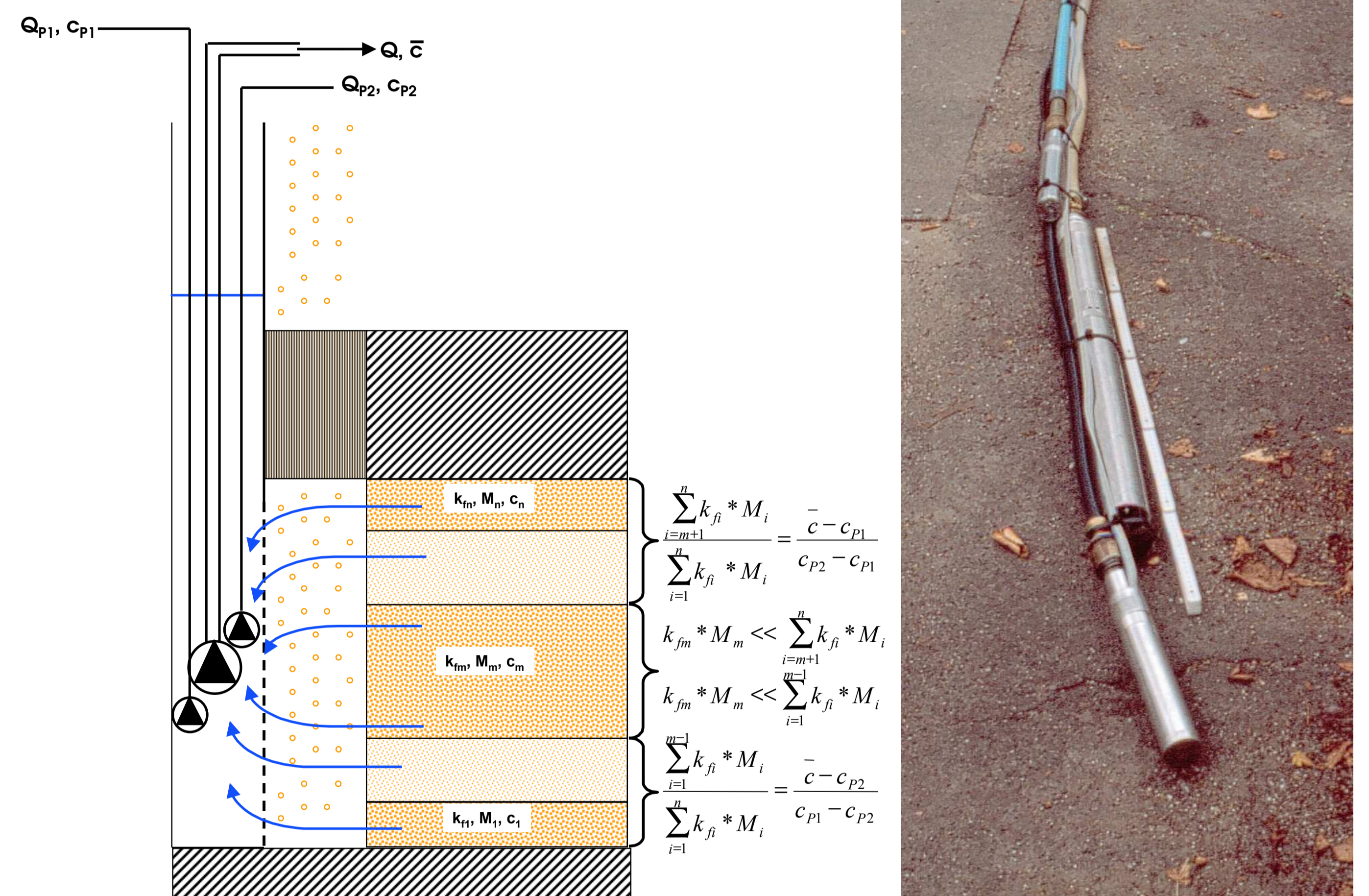


Abb. 1a: Prinzipische Skizze zur zweifach abschnittsweise durchflussgemittelten Probenahme
Abb. 1b: Pumpenensemble zur Durchführung der Probenahmen

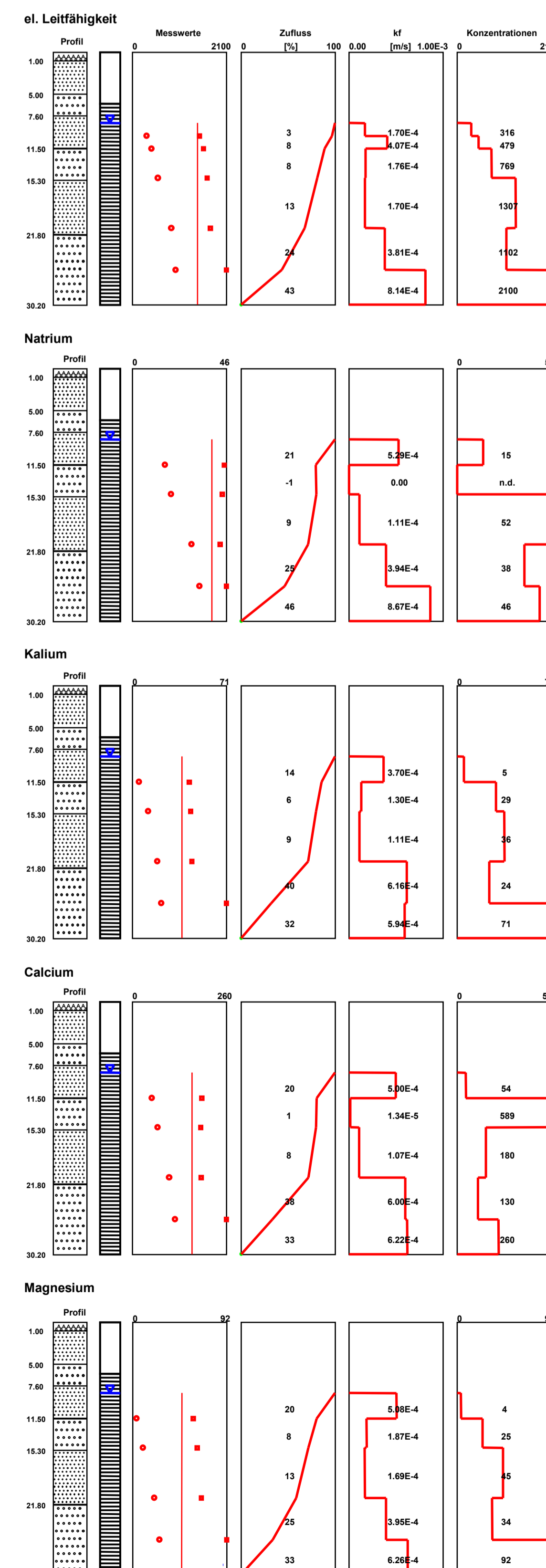


Abb. 2: Beispiel der Ergebnisse einer Probenahme nach dem Verfahren der zweifach abschnittsweise durchflussgemittelten Probenahme