

Thermo-Flowmeter

Anwendungsbereiche | Einsatzmöglichkeiten



Messung von vertikalen Fließbewegungen in Bohrungen, Grundwassermessstellen oder Brunnen.

Das Thermo-Flowmeter ist speziell für die Messung von sehr geringen vertikalen Strömungen entwickelt worden. Die Messuntergrenze liegt unter 10 mm/s und ermöglicht somit den Einsatz auch in weniger durchlässigen Grundwasserleitern.

Durch die kompakte Bauart des Messequipments sind Messvorhaben auch in weniger gut zugänglichen Bereichen realisierbar.

Sie erhalten schnell Informationen zu wichtigen Fragestellungen

Ohne Pumpenanregung:

Erkennen und quantifizieren von eventuell vorhandenen **bohrlochinternen vertikalen Grundströmungen**.

Mit Pumpenanregung/ unter Infiltration

Ermittlung von **Zuflusshorizonten** und Berechnung von **Zuflussanteilen** und **vertikaler Durchlässigkeitsverteilung**

Tiefenzonierte Probenahme:

In Kombination mit einer horizontalen Low-Flow-Probenahme im Anregungsstrom lässt sich aus tiefenbezogenen Einzelkonzentrationen eine **vertikale Stoffverteilung** berechnen. Diese Methode ist nicht auf einen bestimmten Messstellenausbau reduziert und lässt sich auch in vollverfilterten Messstellen anwenden.

Das Messprinzip

Das Thermo-Flowmeter misst vertikale Strömungen über Konstant-Temperatur-Anemometrie (CTA). Hierbei wird ein elektrisch beheizbares Sensorelement verwendet, dessen elektrischer Widerstand temperaturabhängig ist. Das Sensorelement wird auf einer konstanten Übertemperatur zur Grundwassertemperatur gehalten. Strömungsbedingte Abkühlung wird durch Aufheizung ausgeglichen. Die dabei aufgebrauchte Energie ist ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit.

Erkennen und quantifizieren von bohrlochinternen Grundströmungen

Vertikale Fließbewegung im Bohrloch können verschiedenste Ursachen haben. Durch die Bohrung und den anschließenden Ausbau entsteht eine, im Vergleich zur Umgebung, nahezu reibungsfreie Wegsamkeit in der offenen Bohrung oder im Brunnenrohr. Neben Fließbewegungen aufgrund eines hydraulischen Kurzschlusses durch Aufschluss von zwei Grundwasserstockwerken mit unterschiedlichem Druckpotential, gibt es auch innerhalb eines Grundwasserstockwerks Fließbewegungen durch den Einfluss der widerstandsfreien Wegsamkeit der Bohrung. Diese entstehen dann wenn die Potentiallinien des Strömungsfeldes der Grundwasserströmung nicht parallel zur Bohrungsachse verlaufen, z.B. bei geneigten Aquiferen, oder im Nahbereich eines Vorfluters. Weitere mögliche Ursachen sind z.B. Heterogenitäten in der Durchlässigkeit, spezielle Aquifergeometrien, unvollständiger Ausbau, Infiltration oder der Einfluss von Pumpmassnahmen.

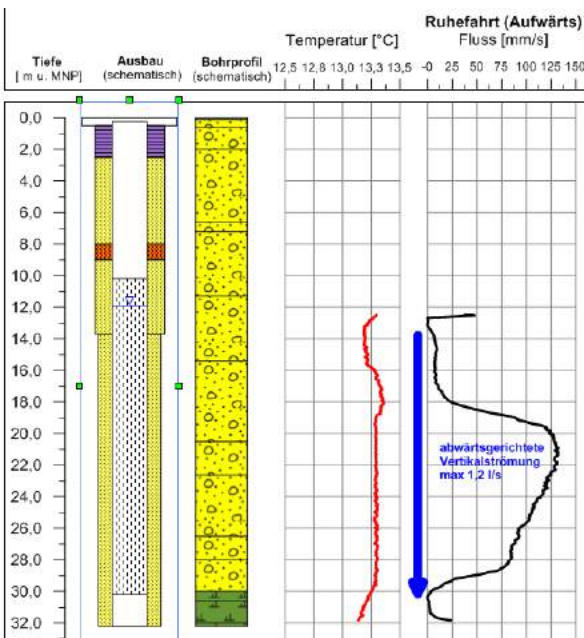


Abb. 1: Bohrlochinterne Grundströmung in einem quartären Kiesaquifer ohne erkennbare stauende Trennschicht. Freier GW-Spiegel.

Zur Messung von bohrlochinternen Fließbewegungen wird das Thermo-Flowmeter ohne Pumpanregung in der Messstelle auf- und abgefahren. Eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit in Fahrtrichtung mit anschließendem Rückgang zeigt eine vertikale

Grundströmung entgegen der Fahrtrichtung der Thermo-Flowmetersonde an (Beispiel Abb. 1). Eine Verlangsamung der gemessenen Strömungsgeschwindigkeit mit anschließender Erhöhung bedeutet eine vertikale Grundströmung in Fahrtrichtung der Thermo-Flowmetersonde.

Die Messergebnisse werden direkt visualisiert und können vor Ort quantifiziert werden.

Ermittlung von Zuflusshorizonten und Berechnung von Zuflussanteilen und vertikaler Durchflussverteilung

Zur Zuflussbestimmung wird das Thermo-Flowmeter unter Pumpanregung betrieben. Hierbei wird die Antriebspumpe möglichst nahe unter dem erwarteten Betriebswasserspiegel betrieben. Dadurch entsteht in der Messstelle eine aufwärtsgerichtete Strömung mit dem Maximum in Richtung des Pumpeneinlaufs. Das Thermo-Flowmeter misst in Abwärtsfahrt, entgegen der Strömungsrichtung, die Fließgeschwindigkeiten im induzierten Förderstrom. Nach jeder Passage eines Grundwasserzutritts reduziert sich die Fließgeschwindigkeit entsprechend dem Anteil am Gesamtzufluss. Die Änderung der Fließgeschwindigkeit über die Fahrtstrecke ist ein Maß für die Durchlässigkeit des befahrenen Bereichs. Über den vertikalen Verlauf der Fließgeschwindigkeit lassen sich Zonen gleicher Fließgeschwindigkeitsänderung pro Streckeneinheit und daraus Zuflusshorizonte abgrenzen. Wenn in Bereichen mit hoher Durchlässigkeit viel Wasser der Messstelle zuströmt, nimmt die Strömungsgeschwindigkeit mit der Tiefe stark ab (flacher Verlauf der Messkurve). Wenn bei geringerer Durchlässigkeit weniger Wasser der Messstelle zuströmt, nimmt die Geschwindigkeit mit der Tiefe weniger stark ab (steilere Bereiche in Messkurve). Wenn kein Wasser der Messstelle zuströmt, bleibt die Geschwindigkeit mit zunehmender Tiefe gleich (senkrechte Linie in Messkurve).

Über den Transmissivitätswert der Messstelle lassen sich anhand der Zuflussanteile und Mächtigkeiten der einzelnen Zuflussbereiche tiefenzonierete k_f -Werte berechnen (Beispiel Abb. 2).

Grundsätzlich kann man das Durchlässigkeitsprofil des Grundwasserleiters auch über eine Infiltration bestimmen. Hierbei wird Wasser unterhalb des Grundwasserspiegels infiltriert und somit eine nach unten gerichtete Strömung erzwungen. Die Fahrtrichtung während der Messung ist dann von unten nach oben.

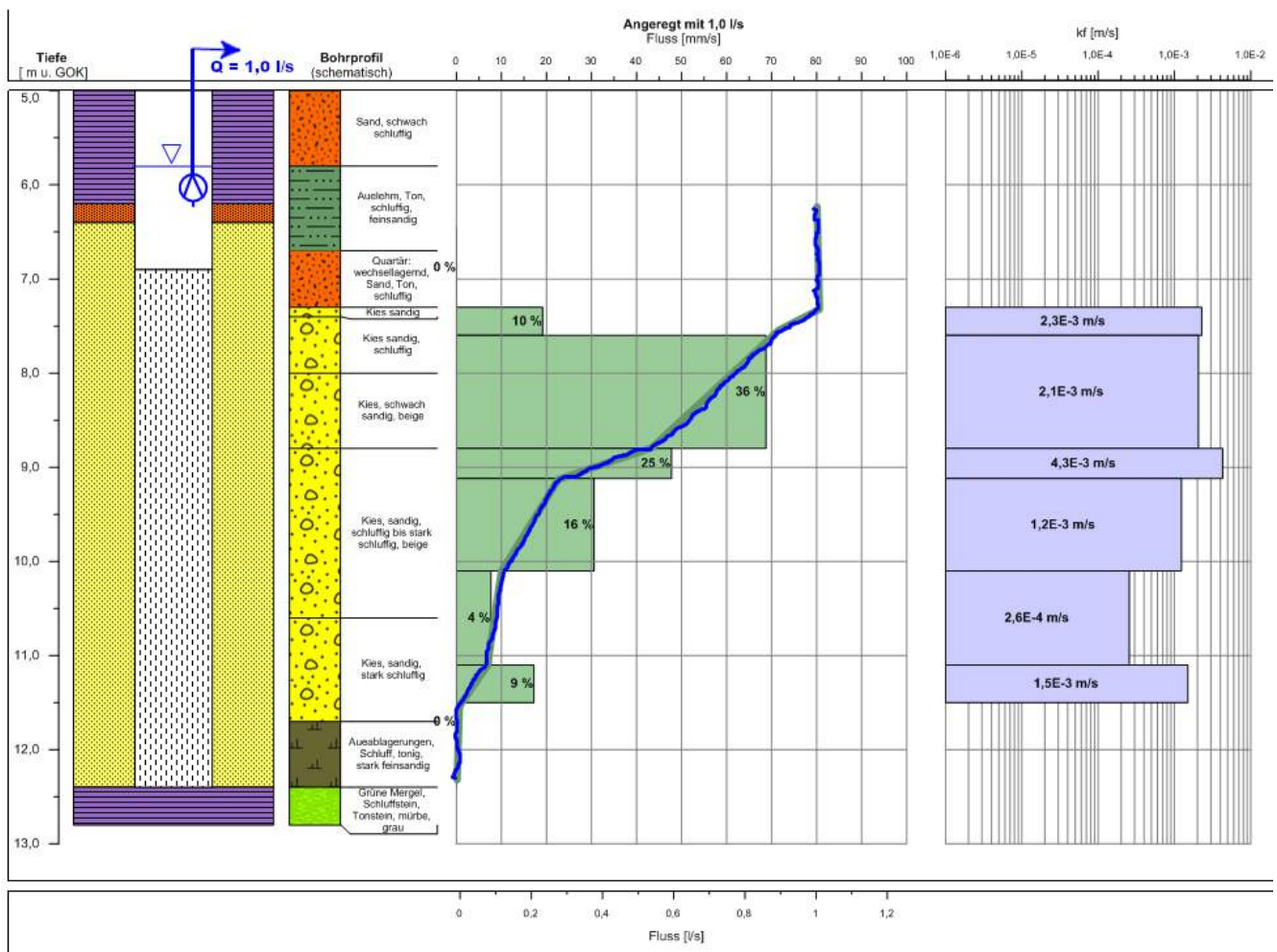


Abb. 2: Bestimmung von Zuflusshorizonten mit prozentualen Zuflussanteilen und vertikaler k_f -Wert-Verteilung

Tiefenzionierte Probenahme

Die Tiefenzionierte Probenahme ist eine Möglichkeit tiefenbezogene Schadstoffkonzentrationen zu ermitteln, die sich ideal mit einer Thermo-Flowmetermessung kombinieren lässt. Hierbei wird die aufwärtsgerichtete Anregungsströmung, die zur Zuflussbestimmung der Thermo-Flowmetermessung angewendet wurde, in definierten Tiefen beprobt. Die Beprobung erfolgt durch Low-Flow-Pumpen mit einer im Vergleich zur Anregungsströmung vernachlässigbar kleinen Förderrate ($< 0,015$ l/s). Die Probenahmetiefen orientieren sich entweder an den Grenzen der vorher bestimmten Zuflusshorizonte, oder an einem speziell definierten Tiefenraster. Jede Probe repräsentiert dabei eine zuflussgewichtete Mischkonzentration der Stoffkonzentration unterhalb der Probenahmetiefe.

Mit den Ergebnissen der Zuflussbestimmung durch die Thermo-Flowmetermessung lässt sich jeder Tiefe ein Zuflussanteil Q zuordnen. Aus der gemessenen Stoffkonzentration C und dem Zuflussanteil Q

ergibt sich die Fracht E . Die zonierte Mischproben werden zuflussgewichtet durch die Subtraktion der darunter liegenden Frachten „entmisch“. Aus diesen zuflussgewichteten Frachten und den Zuflussanteilen erhält man im Ergebnis die Zuflusskonzentrationen für das Grundwasser zwischen zwei Probenahmetiefen (siehe Tab. 1 und Abb. 3).

Horizont			Summen (gemessen)			Ergebnis		
Nr.	Tiefe von [m u. GOK]	bis [m u. GOK]	Q [l/s]	C [$\mu\text{g/l}$]	E [$\mu\text{g/s}$]	Q [l/s]	E [$\mu\text{g/s}$]	C [$\mu\text{g/l}$]
4	7,30	8,80	1,00	71,4	71,40	0,47	49,72	105,8
3	8,80	9,20	0,53	40,9	21,68	0,32	17,58	54,9
2	9,20	10,10	0,21	19,5	4,10	0,11	2,88	26,1
1	10,10	11,50	0,10	12,2	1,22	0,10	1,22	12,2

Tab. 1: Beispiel einer Entmischungsrechnung nach tiefenzionierter Probenahme (Summe LHKW)

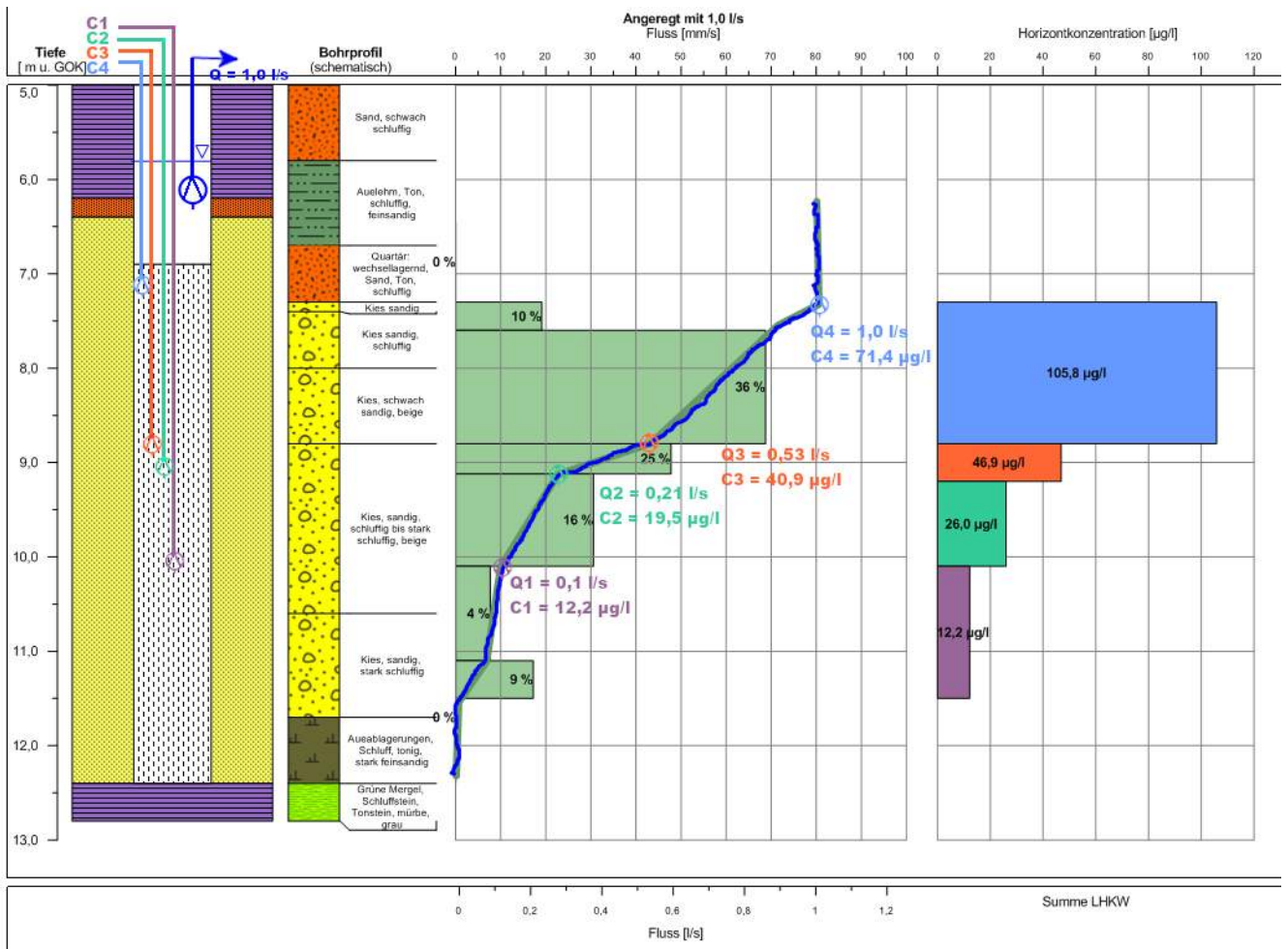


Abb. 3: Zuflusshorizonte und errechnete zugehörige Stoffkonzentrationen nach tiefenzonierter Probenahme (C1 bis C4, gemessene Mischkonzentrationen; Q1 bis Q4 gemessene Zuflussanteile)



Kontakt:
Hydrotest Karch GmbH
 Einhornstraße 10
 72138 Kirchentellinsfurt
 Tel.: +49(0)7121/90 87 78
 www.hydrotest-karch.de