

# Detektion langsamer Fließbewegungen in Brunnen und Bohrungen

**Tracer-Fluid-Logging** ■ In der Vergangenheit hat sich das Tracer-Fluid-Logging (kurz TFL) als Methode zum Erkennen und Quantifizieren langsamer Fließbewegungen in Bohrlöchern und Brunnen in der Praxis bewährt. Statt des bisher entsprechend DVGW-Arbeitsblatt W 110 eingesetzten Tracers NaCl kommen zunehmend die fluoreszierenden Farbstoffe Uranin und Eosin zum Einsatz, welche sich dank moderner Nachweis- und Zugabemethoden in extrem geringen Konzentrationen einsetzen lassen.

Die in Brunnen im Ruhezustand stattfindenden vertikalen Fließbewegungen sind ein Beleg für das Vorhandensein von hydrostatischen Potenzialdifferenzen. Diese sind in der Regel unerwünscht. Zum einen zeigen sie häufig die unerlaubte Verbindung natürlich getrennter Grundwasserleiter und damit einen nicht fachgerechten Ausbau des Brunnens an. Zum anderen führen sie zu einer beschleunigten Alterung im Bereich der Schluckhorizonte. Fließbewegungen im Ruhezustand bilden daher einen wichtigen

Schlüssel zum Verständnis der hydraulischen Funktion des Brunnens und seines hydrogeologischen Umfeldes. Im Festgestein sollten hydraulische Tests im Ruhezustand und unter Förderbedingungen in der noch offenen Bohrung vor dem endgültigen Brunnenausbau stattfinden, um hydraulische Kurzschlüsse zu vermeiden. Bei bereits vorhandenen Altbrunnen ist die Kenntnis möglicher hydrostatischer Potenzialdifferenzen für den Erfolg durchzuführender Sanierungsarbeiten entscheidend.

Vertikale Fließbewegungen werden in Bohrungen und Brunnen in der Regel mit dem Impellerflowmeter-Log beobachtet. Dabei wird aus der Drehgeschwindigkeit eines Flügelrades die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser die Flowmetersonde anströmt, bestimmt. Anhand der Sondenfahr- geschwindigkeit und des Durchmessers des Brunnenrohrstrangs kann die vertikale Durchflussrate (FLOW.Q) direkt bestimmt werden. Dieses Verfahren eignet sich zur Charakterisierung der Anströmung von Filterrohren bei Grund-

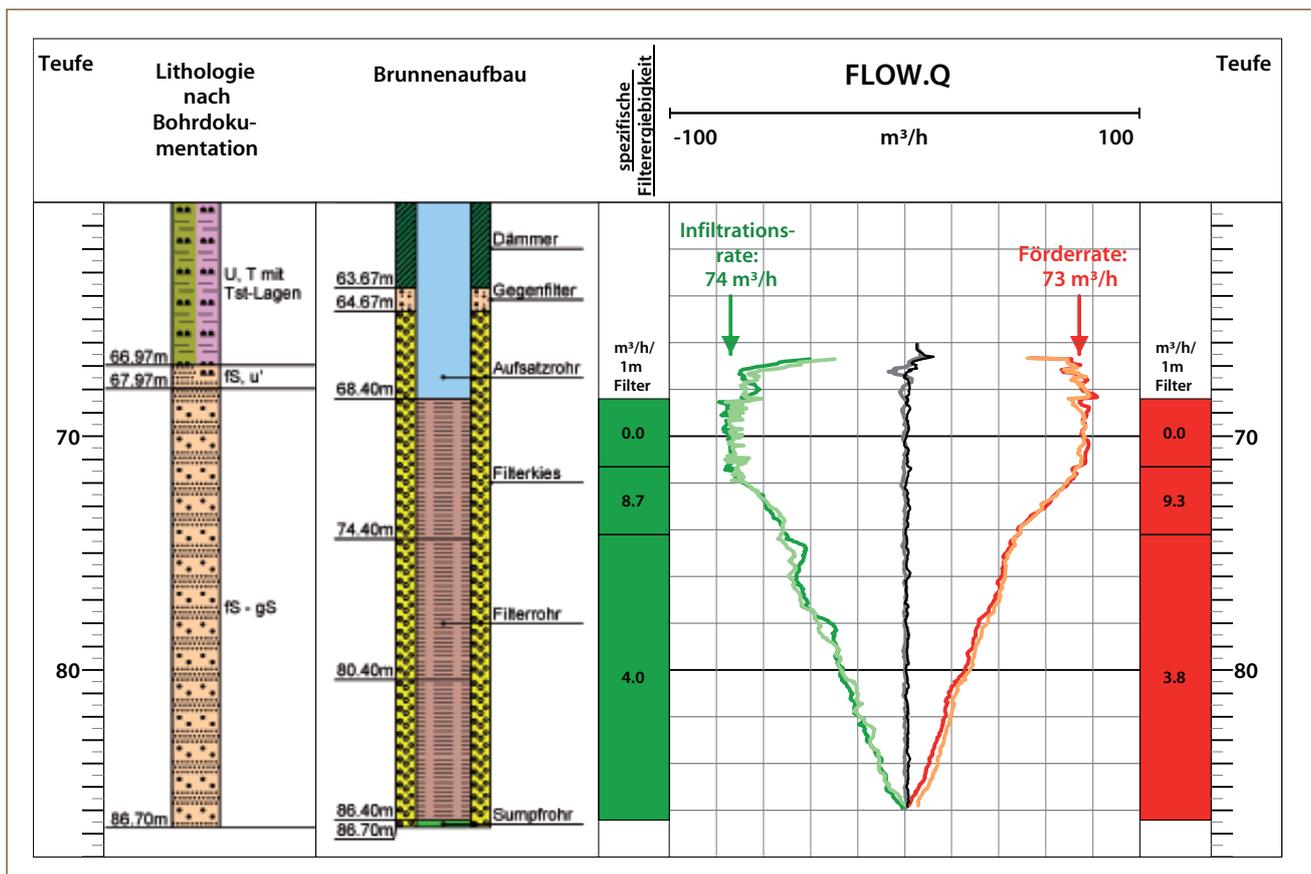


Abb. 1 Flowmetermessungen zur Charakterisierung der Grundwasserförderung und der Wasseraufnahme (Infiltration)



Abb. 2 Testmessungen auf dem Gelände der Bohrlochmessung-Storkow GmbH



Abb. 3 Uranin in Pulverform und als konzentrierte Lösung

wasserförderung ebenso gut wie zur Profilierung der Aufnahmefähigkeit von Infiltrationsbrunnen. Im Rahmen der in der **Abbildung 1** dargestellten Flowmetermessungen wurde sowohl die Wasseraufnahme während der Grundwasserförderung als auch die Infiltration profiliert. Nahe der Filteroberkante findet demnach kein signifikanter Wasseraustausch mit dem Gebirge statt. Zwischen 71,3 und 74,2 m ist weiterhin im Vergleich mit dem Liegenden eine deutlich erhöhte Ergiebigkeit bzw. Aufnahmefähigkeit zu verzeichnen.

Langsame Fließbewegungen, welche sich im „Ruhezustand“ in Brunnen (und Grundwassermessstellen) in Abhängigkeit der hydrogeologischen Randbedingungen einstellen können, lassen sich hingegen mit einem klassischen Impellerflowmeter nicht erkennen. Die Nachweisgrenze liegt hier bei etwa 0,5 m/min. Mit Flowmetermessungen sind daher nicht alle hydrodynamischen Fragestellungen zu beantworten. Stattdessen wird zum quantitativen Nachweis langsamer Fließbewegungen in der Praxis ein Tracer-Fluid-Logging durchgeführt (**Abb. 2+4**). Dabei wird die Fließgeschwindigkeit des Wassers nicht direkt bestimmt, sondern die Ortsveränderung eines gut nachweisbaren Inhaltsstoffes beobachtet. Der verwendete Tracer sollte schnell und sicher quantitativ nachweisbar sowie in Fachkreisen bekannt (und anerkannt) sein. Er muss sich chemisch weitgehend inert verhalten, das heißt, er darf keine Verbindungen mit anderen Inhaltsstoffen des Wassers eingehen, nicht toxisch wirken und

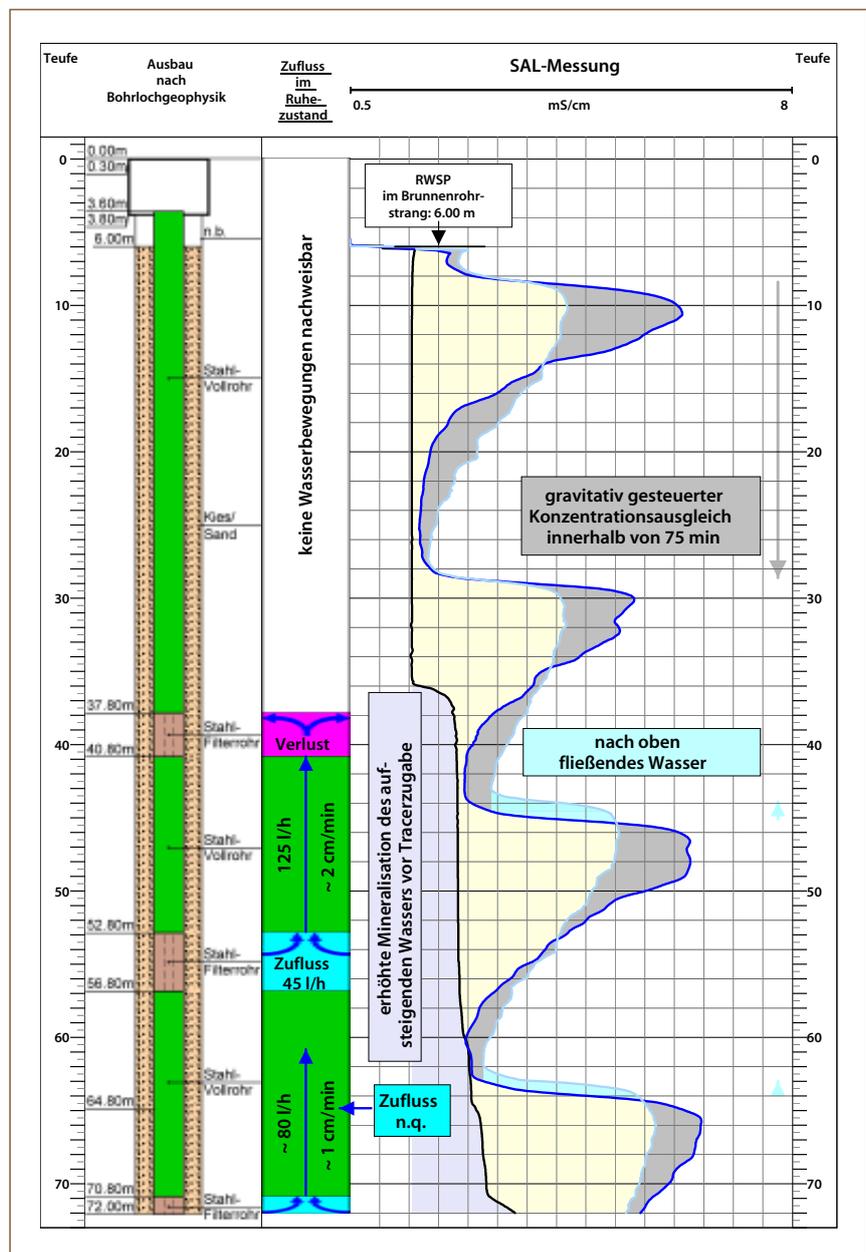


Abb. 4 Tracer-Fluid-Logging unter Verwendung von Kochsalz. Dies ist die klassische Methode nach DVGW-Arbeitsblatt W 110.

# Brunnenbau

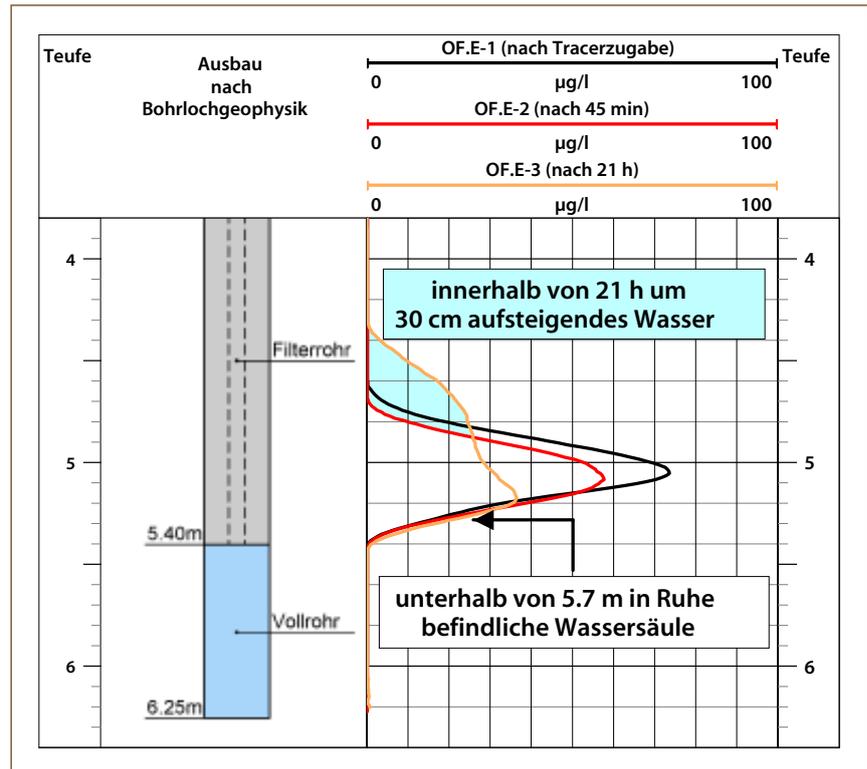
muss sich leicht wieder entfernen lassen. Nicht zuletzt darf das Vorhandensein des Tracers die Eigenschaften des Wassers nicht verändern und somit keinen Einfluss auf die hydrodynamischen Vorgänge im Brunnen ausüben. Als klassischer Tracer kam bisher vorrangig entsprechend dem DVGW-Arbeitsblatt W 110 Kochsalz (NaCl) zum Einsatz. Dieser erfüllt nahezu alle genannten Anforderungen. Die veränderte elektrische Leitfähigkeit des Wassers nach der Zugabe von NaCl lässt sich einfach nachweisen und quantitativ auswerten. Es ist chemisch weitgehend inert, haftet nicht an Oberflächen und ist gesundheitlich unbedenklich.

In **Abbildung 4** ist ein TFL unter Verwendungen von NaCl dargestellt. Über die unteren beiden Filterstrecken sowie über eine undichte Rohrverbindung tritt Wasser in den Brunnenrohrstrang ein und wird über die oberste Filterstrecke wieder an das Gebirge abgegeben. Im gezeigten Beispiel ist das Fließen mit einer Geschwindigkeit von ca. 1 cm/min sicher nachweisbar. Da das im Bereich der unteren Filterstrecke in den Brunnen eintretende Wasser eine deutlich erhöhte elektrische Leitfähigkeit (bzw. Mineralisation) aufweist, kommt es so zu einer unerwünschten Veränderung der Grundwasserqualität im Umfeld des Brunnens. Trotz der langsamen, von unten nach oben gerichteten Fließbewegung ist jedoch in der Wassersäule eine Ausbreitung des Tracers zum Liegenden hin zu beobachten, welche aufgrund des Eigengewichtes des gelösten Salzes gravitativ gesteuert wird. Dies zeigt sich insbesondere im Bereich der Aufsatzrohre, in denen keine signifikante Fließbewegung stattfindet. Um eine derartige Beeinflussung der Wassersäule durch den Tracer weitgehend auszuschließen, wurde nach Alternativen zu NaCl gesucht, welche in möglichst geringer Konzentration leicht nachweisbar sind.

In der Hydrogeologie sind die fluoreszierenden Farbtracer Uranin und Eosin gebräuchlich (**Abb. 3**). Sie sind in der Fachwelt ausreichend akzeptiert, um auch in Trinkwasserbrunnen zum Einsatz zu kommen. Die neu entwickelten Bohrlochmesssonden (**Abb. 5**) erlauben den simultanen Nachweis dieser Stoffe anhand ihrer Fluoreszenz unter UV-



**Abb. 5** Bohrlochmesssonde zum optischen Nachweis der Tracer Uranin und Eosin



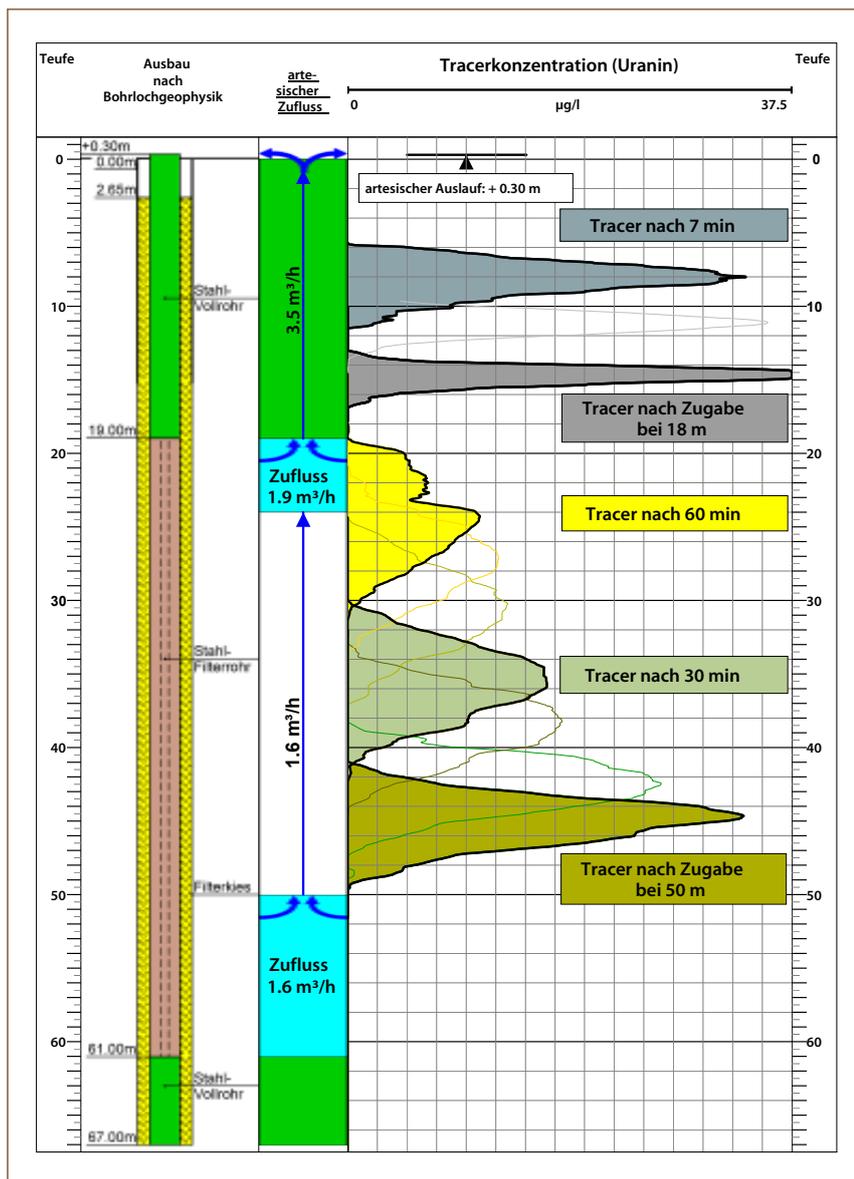
**Abb. 6** Hochauflösende Langzeitbeobachtung von Eosin in einer Grundwasser-messstelle

Licht. Dabei können Konzentrationen der Tracer zwischen 1 und 200 µg/l mit hoher Genauigkeit erfasst werden. Mittels eines speziellen Injektors, welcher das teufengenaue Einbringen des Tracers und dessen Verteilung im Wasser über den gesamten Querschnitt des Rohrstranges ermöglicht, werden die Markierungen in der Wassersäule des Brunnens gesetzt. Im Vergleich mit dem klassischen Tracer NaCl ist die Eingabe dabei sehr teufengenaue in vergleichsweise geringer Mächtigkeit möglich.

Im gezeigten Beispiel (**Abb. 6**) konnte der Tracer Eosin, welcher in einer Mächtigkeit von weniger als einem Meter im Bereich der Filterunterkante eingebracht wurde, nach einer Beobachtungsdauer

von 21 h noch immer ortstabil nachgewiesen werden. Ein Wasseraustausch erfolgte erst ca. 20 cm oberhalb der Rohrverbindung zwischen Sumpfrohr und Filterrohr und damit im Bereich der untersten Filterschlitze. Unter Verwendung der Farbtracer können damit nun auch sehr geringe zum Liegenden hin gerichtete Fließbewegungen sicher quantifiziert bzw. in diesem Fall ausgeschlossen werden.

Auch bei schnelleren Fließvorgängen lassen sich die Farbtracer über größere Strecken problemlos verfolgen. In **Abbildung 7** ist die Untersuchung eines artesisch auslaufenden Brunnens gezeigt. Die Wasserzutritte erfolgten sowohl im unteren Drittel der Filterstrecke als auch



**Abb. 7** Tracer-Fluid-Logging mittels Uranin in einem artesisch auslaufenden Brunnen

nahe der Filteroberkante. Nach der Zugabe des Tracers in einer Tiefe von 50,0 m wurde zunächst im Abstand von 10 min jeweils eine Wiederholungsmessung der Tracerkonzentration durchgeführt. Zur Quantifizierung des Überlaufes erfolgten nach der Injektion von Uranin bei 18,0 m zwei Wiederholungsmessungen der Tracerkonzentration im Bereich der Aufsatzrohre. Aufgrund des

ständigen artesisch getriebenen Fließens innerhalb des Brunnens wurde der Tracer während der Untersuchungen wieder vollständig ausgetragen.

Auf die elektrische Leitfähigkeit, den pH-Wert und das Redoxpotenzial des Wassers hat der Tracer in der genutzten sehr geringen Konzentration im Gegensatz zu NaCl praktisch keinen Einfluss.

Diese Milieuparameter des Wassers können demnach auch nach der Tracerzugabe problemlos bestimmt werden. Aus diesem Grund ist es möglich, das TFL im Ruhezustand vor den Untersuchungen unter Förderbedingungen durchzuführen, ohne die Erhebung der genannten Milieuparameter nachfolgend signifikant zu beeinflussen. Hierdurch lässt sich der Zeitaufwand für eine umfassende Untersuchung der Hydrodynamik im Ruhezustand und unter Förderbedingungen optimieren.

Die Tracer Eosin und Uranin bilden im Bereich des Fluid-Loggings praxistaugliche moderne Alternativen zum bisher verwendeten Kochsalz und haben sich bereits in einer Vielzahl von Projekten bewährt. Damit stehen in Zukunft (neben dem klassischen Tracer Kochsalz) zwei weitere Tracer für die Beantwortung hydrogeologischer Fragestellungen zur Verfügung, die simultan nachgewiesen werden können, die Fließvorgänge im Brunnen praktisch nicht beeinflussen und sich flexibel einsetzen lassen.

#### Literatur

DVGW-Arbeitsblatt W 110: Geophysikalische Untersuchungen in Bohrungen, Brunnen und Grundwassermessstellen - Zusammenstellung von Methoden und Anwendungen, vwgw - Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, Bonn, 06/2005.

Bildquelle: Bohrlochmessung-Storkow GmbH

#### Autoren:

Dipl.- Geol. Falk Triller,  
Dipl.- Geol. Karsten Baumann  
Bohrlochmessung-Storkow GmbH  
Schützenstr. 33  
15859 Storkow  
Tel.: 033678 43639  
Fax: 033678 43631  
E-Mail: triller@blm-storkow.de,  
baumann@blm-storkow.de  
Internet: www.blm-storkow.de



**BOHRLOCHMESSUNG-STORKOW GmbH**

D-15859 Storkow - Schützenstraße 33 Tel./Fax: +49 33678 436 30 / 436 31 - <http://www.blm-storkow.de>

**Geophysikalische Messungen und  
Kamerabefahrungen in Brunnen und Grundwassermessstellen**