

# Geohydraulische Bohrlochtests

## mit Doppelpacker-System

Solexperts bietet qualitativ hoch stehende Ausrüstungen und Verfahren für die hydrogeologische in situ Erkundung an. Für die dreidimensionale geohydraulische Charakterisierung von Untersuchungsstandorten hat Solexperts AG ein Doppelpacker-System entwickelt, das sich durch den modularen Aufbau und die grosse Zuverlässigkeit auszeichnet. Die mobile Messausrüstung wird seit 20 Jahren weiterentwickelt und hat sich im In- und Ausland bei zahlreichen hydrogeologischen Abklärungen im Engineering- und Umweltbereich bewährt.

### Anwendungsbereiche:

- Altlasten
- Potentielle Deponiestandorte
- Dichtungsbarrieren
- Tunnelprojekte
- Unter- und Umströmung von Talsperren
- Trinkwasser-Felsgrundwasserleiter
- Geothermie-Projekte
- Detektion von Lecks bei Brunnenrohren
- Tiefenspezifische Grundwasser-Probenahme



Fig. 1

### Geohydraulische Bohrlochtests mit dem Doppelpacker-System

Geohydraulische Bohrlochtests mit dem Doppelpacker-System (Fig. 1) werden in Felsbohrungen schichtspezifisch zur Ermittlung der geohydraulischer Parameter

- Transmissivität (T),
- Durchlässigkeitsbeiwert (K) und
- Piezometrische Druckhöhe (h)

durchgeführt. Der Einsatz von Packern ermöglicht es, frei wählbare Felsabschnitte hydraulisch zu isolieren und abgetrennt vom restlichen Bohrloch zu untersuchen. Nach einem Versuch können die Packer gelöst und auf eine weitere Tiefenposition verschoben werden. Ziel ist, die Variation der Eigenschaften von wasserführenden

und/oder stauenden Schichten im Tiefenprofil darzustellen (Fig. 2).

Auf der Basis von Packertest-Messprofilen aus mehreren Bohrungen kann ein 3D-Bild der Durchlässigkeits- und Potentialverhältnisse des Untergrunds erstellt werden. Die Daten lassen sich bei Bedarf zu einem Strömungs- oder Transportmodell umsetzen.

Solexperts-Doppelpackersysteme ermöglichen auch die schichtspezifische Grundwasser-Probenahme. Gilt es, die Fliessrichtungen oder die Fliessporosität in Gesteinsschichten abzuklären, können Packertests mit Markierungsversuchen kombiniert werden.

## Die Ausrüstung

Die Testausrüstung umfasst die Bohrloch-instrumentierung (Packer mit Gestänge, Sonde, Ventil), die Steuereinheit für Fluss und Druck, sowie die Datenerfassung.

## Im Bohrloch:

Das Packersystem wird mit Gestänge (Testrohr) ins Bohrloch eingebaut. Der Doppelpacker besteht aus zwei expandierbaren Manschetten (Packern), welche über separate Druckleitungen gesteuert werden (Fig. 2). Bei der Expansion der Packer (pneumatisch oder hydraulisch) schliessen die Manschetten an die Bohrlochwandung an und isolieren somit ein Testintervall. Die Länge des Testintervalls kann variiert werden. Die Rohrverbindung zwischen den Packern enthält ein gelochtes Zwischenstück, das die hydraulische Verbindung zwischen Testzone und Testrohr herstellt. Die 3-fach Drucksonde unmittelbar über dem Packersystem misst kontinuierlich den Druck im Testintervall (P2) sowie unterhalb (P1) und oberhalb (P2) des Doppelpackers. Mit dieser Anordnung kann ein eventuelles Umfließen der Packer (Bypass) erkannt werden. Ein weiterer Sensor misst die Temperatur im Durchflusskanal der Sonde. Mit dem Ventil über der Sonde (Bohrloch- oder Shut-in-Ventil) kann das Testintervall eingeschlossen oder die Verbindung Intervall-Testrohr geöffnet werden. Das Shut-in-Ventil erlaubt die Anwendung moderner hydraulischer Testverfahren wie Slug-/Pulstests sowie weiterer «shut-in» Versuche. (Fig. 3)

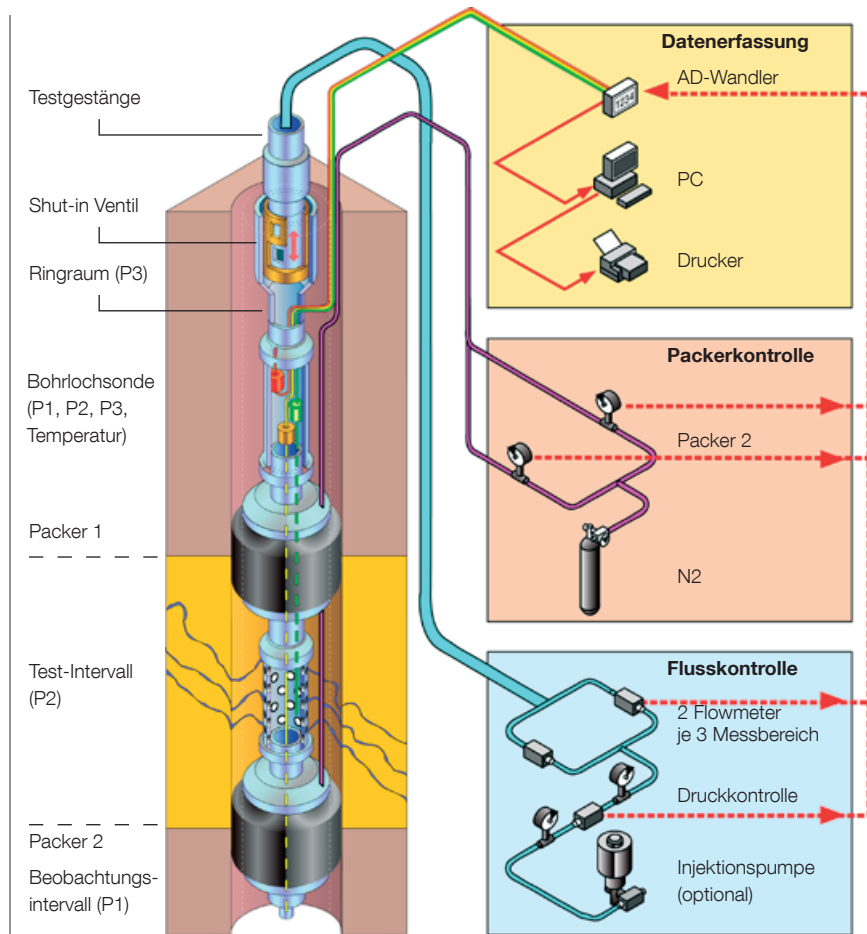


Fig. 2: Schematische Darstellung des Doppelpackersystems

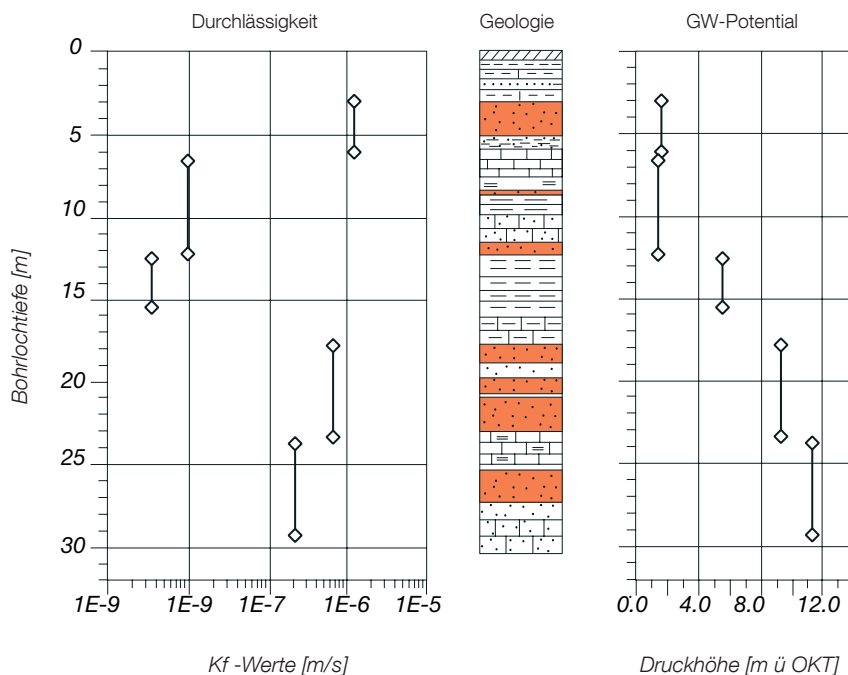


Fig. 3: Darstellung von Doppelpacker-Testresultaten im Vertikalprofil

## Fluss/Druck-Steuereinheit und Zubehör

Die hydraulischen Testverfahren erfordern eine präzise Steuerung der injizierten oder gepumpten Wassermengen sowie der Injektionsdrücke. Die Fluss/ DruckSteuer-einheit enthält Regelventile und Durch-flussmesser für verschiedene Mess-bereiche.

Die Kontrolleinheit kann entsprechend den aktuellen Testanforderungen mit zusätzli-chen Modulen ergänzt werden, wie:

- Spezialventile für konstanten Fluss bzw. Druck
- Durchflusseinheit zur Aufzeichnung chemo-physikalischer Parameter
- Tracertank (für Markierungsversuche)

## Datenerfassung

Die Messparameter Druck, Fluss, Tempe-ratur werden über einen PC-gesteuerten Datenlogger kontinuierlich erfasst und online am Bildschirm dargestellt. Zusätz-liche, einfach konfigurierbare Messkanäle stehen zur Verfügung, beispielsweise für die Druckmessung in Nebenbohrungen, für die Aufzeichnung der Wasserqualität, usw. Die unmittelbare Analyse der Test-daten vor Ort wird durch die Software HUGO unterstützt. Dadurch kann der Versuchsablauf laufend überprüft und die Testzeiten optimiert werden. Graphische Darstellungen, Testresultate, «Test-Logbuch» und Rohdaten erhält der Kunde auf Wunsch schon am gleichen Testtag. Für die vertiefte Testanalyse ist zudem das «Oilfield-tool» SAPHIR vorhanden (Fig. 5), welches umfangreiche Auswerte-optionen zur Verfügung stellt (z.B. Doppel-porosität, verschiedene Aquifer- und Begrenzungsmodelle).

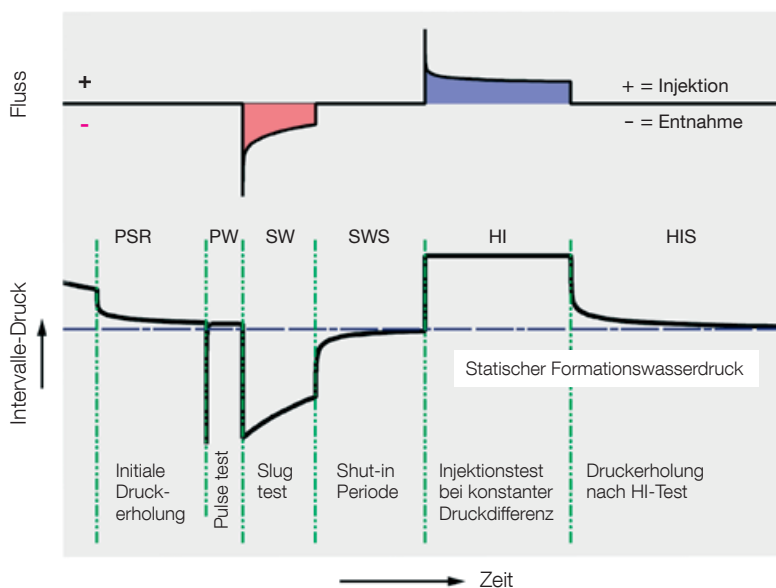


Fig. 4: Typischer Testablauf bei durchlässigen Testintervallen

Für die Bestimmung der hydraulischen Parameter können mit dem Doppelpackersystem die folgenden Testverfahren durchgeführt werden:

- Injektions- / Pumpversuch mit konstanter Druckdifferenz («Constant Head» -Test)
- Injektions- / Pumpversuch mit konstanter Flussrate («Constant Rate» -Test)
- Druckerholung nach Constant Head/ Rate-Test
- Aufstiegs- oder Absenkversuch (Slug-Test)
- Positiv oder negativer Druckpuls (Pulse-Test)

Ein typischer Testablauf ist in Fig. 4 dargestellt.

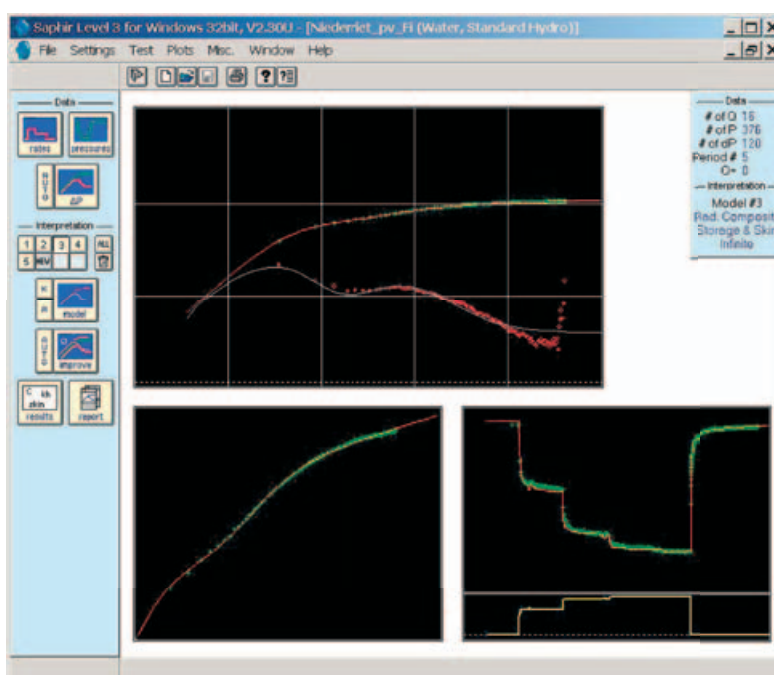


Fig. 5: Auswertung mit der Software SAPHIR

## Weitere Produkte und Dienstleistungen der Solexperts-Hydrogruppe sind:

- Bohrlochtests in Tiefbohrungen
- Wire-Line Testing
- Hydrogeologische Instrumentierungen
- Konzeption und Realisierung von hydraulischen Versuchen in Felslabors  
Online Markierungsversuche im gesättigten und ungesättigten Bereich
- Auswertung hydrogeologischer Testdaten mit moderner Software
- Spezialprodukte für Wiederinstandstellung von Trinkwasserbrunnen
- Nach Kundenwunsch entworfene Packer- und Versuchssysteme

Kontaktieren Sie uns – gerne schlagen wir für Ihre hydrogeologische Fragestellung eine individuelle Lösung vor.

## Spezifikationen des Doppelpacker Standard-Systems (DPSS):

### Automatische Datenerfassung

---

- Software: Solexperts DQ oder GeoMonitor
- A/D-Wandler: 20 Kanäle, Auflösung 100µV, Bereich 0 – 3 Volt

### Sonden

---

- Aussendurchmesser: 80 mm
- Messbereiche (je nach Sondentyp): 0 – 10, 0 – 20, 0 – 25, 0 – 40 bar

### Testgestänge (mit O-Ring-Dichtung)

---

- 2-Zoll Edelstahl: ID = 52 mm, AD = 60 mm, Muffe AD = 80 mm
- 1-Zoll Stahl: ID = 25 mm, AD = 35 mm, Muffe AD = 46 mm

### Packer

---

- Länge: 1.0 m
- Durchmesser: variabel, siehe Tabelle
- Druckmedium: Wasser oder N<sub>2</sub>-Gas
- Minimale Intervall-Länge: 1.3 m

### Maximale DPSS Arbeitsdrücke (bar):

---

• Bohrloch-Ø (mm)	100	110	125	130	145	180	190	200	270
• Packer-Ø-85 mm	55	40	30	25	20	10	-	-	-
• Packer-Ø-100 mm	-	75	65	65	50	35	30	-	-
• Packer-Ø-130 mm	-	-	-	70	45	40	35	15	-

### Ideale DPSS-Einsatzbereiche:

---

- Packer-Ø-85 mm Bohrlochdurchmesser 100 – 150 mm
- Packer-Ø-100 mm Bohrlochdurchmesser 130 – 180 mm
- Packer-Ø-130 mm Bohrlochdurchmesser 160 – 240 mm

### Maximale Einbau-Tiefe: 300 m

---

- Für Anwendungen in grösseren Bohrlochtiefen verlangen Sie bitte den Prospekt HDDP-Heavy-Duty Doppelpacker-System

Technische Änderungen vorbehalten

### Solexperts AG

Mettlenbachstrasse 25  
Postfach 81  
8617 Mönchaltorf  
Schweiz  
Tel. +41 (0) 44 806 29 29  
Fax +41 (0) 44 806 29 30  
info@solexperts.com  
www.solexperts.com