

4. Felderkundungen zur Hydrogeologie

4.1 Methoden und Ziele

Die detaillierte Kenntnis der hydrogeologischen Situation in den Brunneneinzugsgebieten ist Basis für alle weiteren in dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen.

Zur Kennzeichnung tragen eine Reihe von Feldarbeiten bei, deren Durchführungen und Auswertungen auf der interdisziplinären Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern und Mitarbeitern der Sektion Hydrogeologie sowie der Firma Umwelttechnik Altenburg GmbH (UTAB) basieren (Tab. 4-1). In Abschn. 4.2 sind beispielhaft Untersuchungsergebnisse aus refraktionsseismischen Messungen aufgeführt. Die komplexe Darstellung aller im Feld durchgeführten Untersuchungsmethoden erfolgt in WOLF, GLÄSER & THÜRKOW (2001).

Tab. 4-1: Kooperationspartner und in Felduntersuchungen verwandte Methoden zur detaillierten Erkundung hydrogeologischer Verhältnisse in Brunneneinzugsgebieten des Untersuchungsraums

Art der Felduntersuchung	Kooperationspartner
<ul style="list-style-type: none">Flachbohrungen (Rammkernsondierungen)<ul style="list-style-type: none">Bodenprofilanalysengeoelektrische UntersuchungenVermessung (GLOBAL POSITION SYSTEM – GPS)	Dipl. Geophys. H. R. Gläser, Sektion Hydrogeologie
<ul style="list-style-type: none">hydrochemische Untersuchungen der Brunnenwässer<ul style="list-style-type: none">Abflussspendenmessungen	D. Russ, A. Sawallisch, Sektion Hydrogeologie
<ul style="list-style-type: none">refraktionsseismische Messungen	Dipl. Geophys. G. Wolf (UTAB), Dipl. Geophys. H. R. Gläser

Ziele der Felduntersuchungen:

- Gewinnung von Aussagen zur Ausprägung der geologischen Verwitterungsschicht an repräsentativen Hangstandorten zu dem Zweck, die Gültigkeit von der in erster Näherung identischen Ausprägung oberirdischer und unterirdischer Einzugsgebiete (JORDAN & WEDER, 1995) und einer daraus folgenden reliefkontrollierten Grundwasserströmung in den Brunneneinzugsgebieten zu überprüfen (Abschn. 3.4)
- Verbesserung der Datenbasis pedologischer Modelleingangsparameter (Abschn. 2.2) zur Modellierung des Landschaftswasserhaushalts (Abschn. 5.2)
- Ableitung repräsentativer Hypothesen zu Abflussanteilen des Basisabflusses und des Zwischenabflusses sowie zu Verweilzeiten der Abflusskomponenten in Brunneneinzugsgebieten als Beitrag zur Konfliktanalyse und zur Bewertung der Schutzwürdigkeit und Schutzfähigkeit der Hausbrunnenanlagen

Auf die detaillierte Auswertung der zahlreich durchgeführten Flachbohrungen und Bodenprofilaufnahmen soll im Rahmen dieser Arbeit verzichtet werden. Die angestrebte verbesserte Parameterisierung der kritisch zu bewertenden Modelleingangsdaten „Boden“ (Abschn. 2.2)

als Voraussetzung für die Modellierung des Landschaftswasserhaushalts in den Brunneneinzugsgebieten bei (Abschn. 5.2) wurde durch die Felduntersuchungen erreicht.

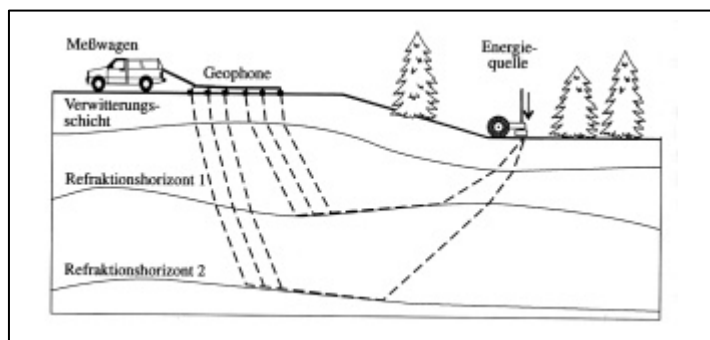


Abb. 4-1 Messprinzip der Refraktionsseismik (Quelle: KNÖDEL, KRUMMEL & LANGE, 1997)

Für die Abbildung oberflächennaher Strukturen an Hangprofilen erwiesen sich geophysikalische Untersuchungen vor allem in Form von refraktionsseismischen Messungen als geeignet. Abbildung 4-1 zeigt das Messprinzip. Zum Einsatz kam eine 24-kanalige Apparatur bei einem Geophonabstand von zwei Metern. Die Energieanregung erfolgte durch Hammerschlag.

4.2 Ergebnisse aus refraktionsseismischen Untersuchungen

Detaillierte Beschreibungen zum angewendeten Verfahren bzw. Größenordnungen von gesteinsgruppentypischen Kompressionswellengeschwindigkeiten (P-Wellengeschwindigkeiten) sind bei KNÖDEL, KRUMMEL & LANGE (1997), FRICKE & SCHÖN (1999) sowie MEISSNER & STEGENA (1977) verzeichnet.

In Abbildung 4-2 und 4-3 ausgehaltene horizontale Schichtstrukturen und zugehörige Interpretationen der P-Wellengeschwindigkeiten in den Profilen basieren auf Untersuchungen durch T. Wolf und H. R. Gläser (vgl. Tab. 4-1; WOLF, GLÄSER & THÜRKOW, 2001). Sie repräsentieren allgemeingültige hydrogeologische Situationen in Brunneneinzugsgebieten des Untersuchungsraums.

Die in den Profilen verzeichnete oberste 1 bis 4 Meter mächtige Schicht mit P-Wellengeschwindigkeiten von 250-400 m/s stellt den Bereich der Bodenbildung und des Übergangs der Bodenbildung in den oberen Abschnitt der geologischen Verwitterungsschicht dar.

P-Wellengeschwindigkeiten in einer zweiten, 2 bis 6 Meter mächtigen Übergangsschicht (400-1200 m/s), weisen die eigentliche Verwitterungsschicht des geologischen Ausgangsgesteins aus. Dieser gesamte Bereich ist noch als wasserungesättigte Zone anzusprechen, obwohl im untersten Bereich der Grundwasserkörper schon geringmächtig ausgebildet sein könnte.

Die Grenze des Festgesteins mit P-Wellengeschwindigkeiten > 2000 m/s zur Verwitterungsschicht ist fließend. Kluft- und Porenraumstrukturen greifen hier ineinander. Übergangsschichten mit typischen Geschwindigkeiten von 1400-1600 m/s können als wassergesättigte Lockergesteinsschichten mittlerer Kompaktionsgrade verstanden werden.

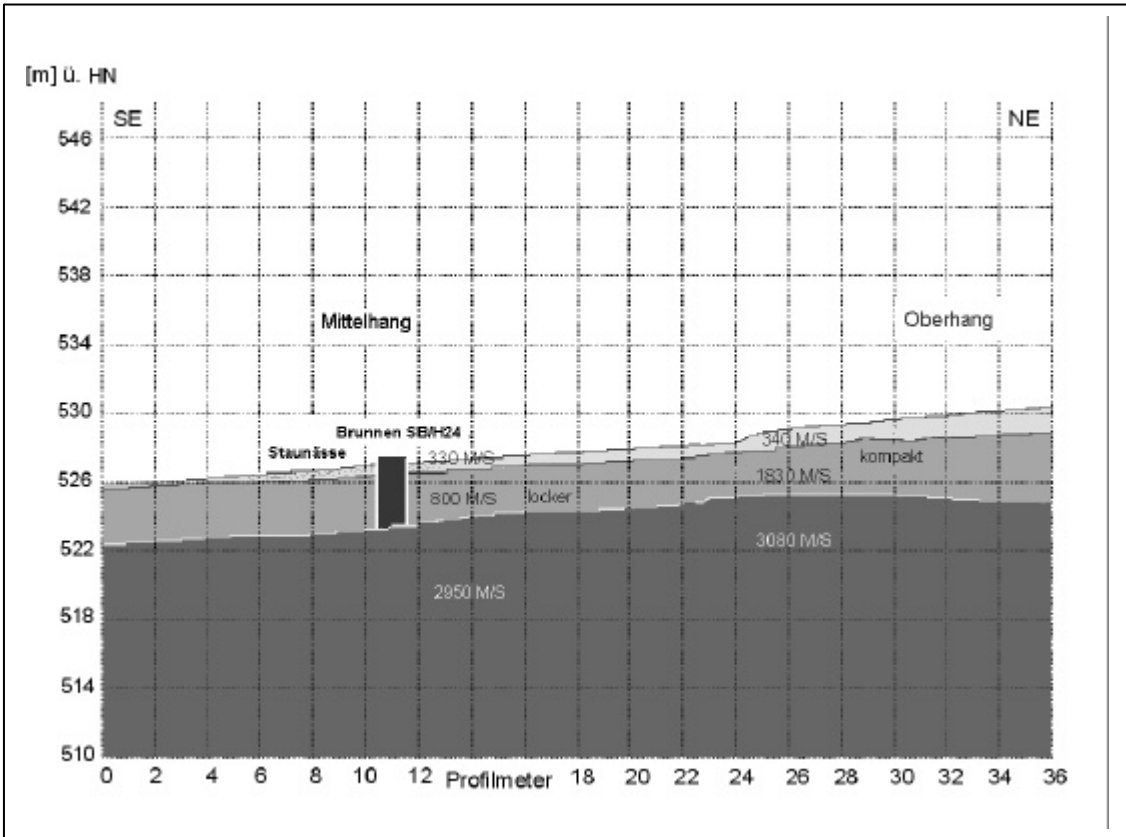


Abb. 4-2: Refraktionsseismisches Profil im Anstrom des Brunnens SB/H24 in Haselbach

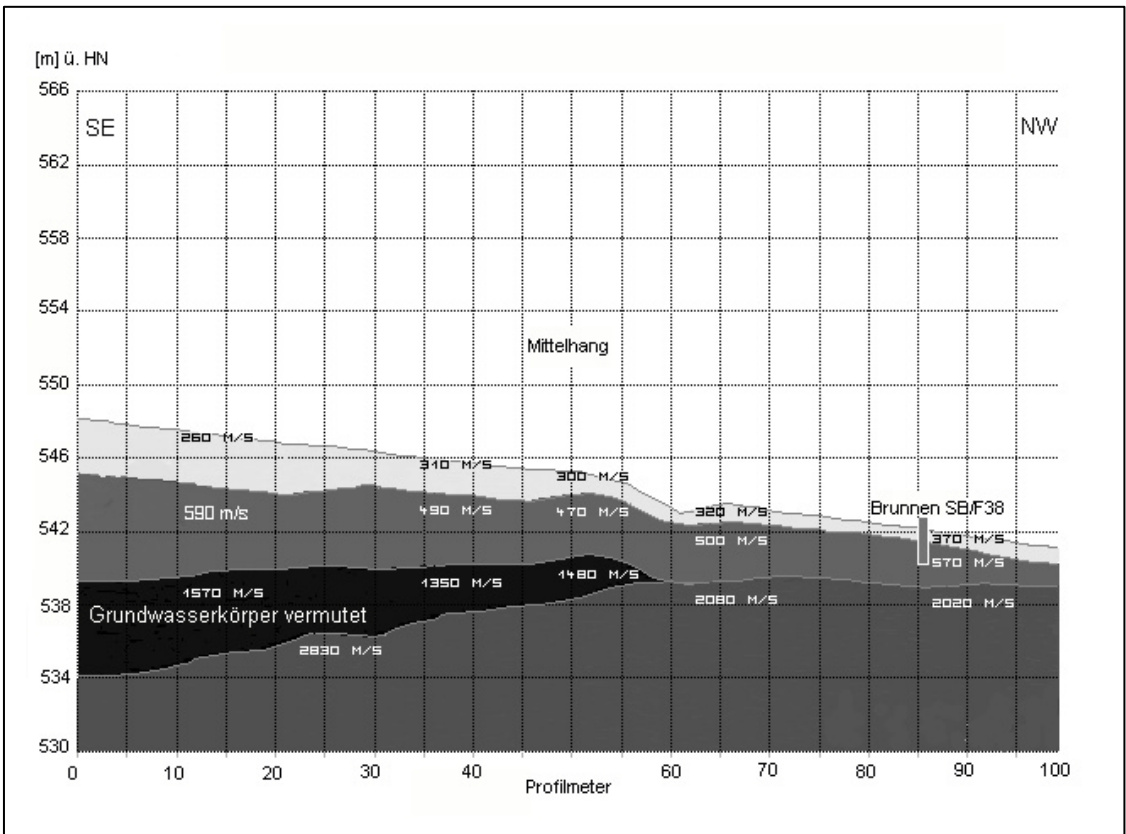


Abb. 4-3: Refraktionsseismisches Profil im Anstrom des Brunnens SB/F38 in Forchheim

Ein Grundwasserkörper baut sich demzufolge aus dem äußeren Rand der klüftigen Festgesteinszone der überwiegend anstehenden Gneise und Glimmerschiefer einwachsend in den Porenraum der Verwitterungszone auf. Die gemessenen P-Wellengeschwindigkeiten der Festgesteinsoberfläche (2000-3000 m/s) deuten noch auf einen geschwindigkeitsmindernden Einfluss von Klüften hin, die ebenfalls in den Grundwasserstrom mit einbezogen sind.

4.3 Schlussfolgerungen und Hypothesen

4.3.1 Regelfall

Die Abbildung 4-2 und der linke Teil der Abbildung 4-4 zeigt eine dem Regelfall entsprechende hydrogeologische Situation in den Flachbrunneneinzugsgebieten des Untersuchungsraums. Wie vermutet, dominiert außerhalb von tektonisch gestörten Bereichen der Zwischenabfluss mit in erster Näherung identischen Ausprägungen oberirdischer und unterirdischer Einzugsgebiete. Die vertikale Abfolge beinhaltet die Schichten Boden – Verwitterungs- (Zersatzzone) - Festgestein. Das unter der aus Lockergestein gebildeten Zersatzzone anstehende Festgestein wirkt für das vertikal zuströmende unterirdische Wasser als Grundwasserhemmer (SLFUG, 1997a). Das infiltrierende Niederschlagswasser fließt den Brunnen über drainable Klüfte des Festgesteins und Porenhohlraumstrukturen der angrenzenden Schichten des Lockergesteins zu. Die Brunnen fördern ihr Wasser aus den hangabwärts oft mächtiger als am Mittel- und Oberhang ausgeprägten Lockergesteinsschichten bzw. dem Grenzbereich zwischen Fest- und Lockergesteinsschichten, wobei sehr unterschiedlich starke Wassersättigungen ausgeprägt sein können. In den Böden der Einzugsgebiete ausgeprägte Stauhorizonte sorgen ebenso für eine zusätzliche Beschleunigung der schnellen unterirdischen Abflusskomponente (Abschn. 3.4), wie mancherorts in den Untergrund fischgrätenartig verbrachte Dränaugen. In Folge sind in Flachbrunneneinzugsgebieten für den Zwischenabfluss kurze Fließstrecken und geringe Verweilzeiten < 1 Jahr vorauszusetzen. Folglich ist **potentiell** von einer **geringen Geschütztheit dieser Brunnenwässer gegenüber Schadstoffeinträgen** auszugehen.

Somit sind die Brunnenwässer als oberflächennahes Grundwasser, bestehend aus einer Sickerwasserbeeinflussung über Hangwasserleiter (Zwischenabfluss) und einem von den tektonischen Verhältnissen abhängigen Kluftgrundwasserleiteranteil (grundwasserbürtiger Abfluss) zu definieren. Unterschiede zu dieser Form können bestehen, wenn die Brunnen ausschließlich Wasser aus dem Lockergesteinsbereich fördern. In solchen Fällen bewirkt das völlige Fehlen von Kluftgrundwasser z.T. das zeitweise Trockenfallen von Brunnen in Trockenwetterabflusszeiten.

4.3.2 Ausnahmefall

Die Abbildung 4-3 zeigt für einen Hang am Friedhof von Forchheim den Fall, dass Grundwasserströmungen im Untersuchungsraum in Ausnahmefällen nicht ausschließlich dem Oberflächenrelief folgend zu interpretieren sind. Das zu Profilanfang deutlich einfallende Festgestein könnte Teil einer verborgenen Wasserscheide sein, die vom Oberflächenrelief unkorrelierte Grundwasserströmungen kontrolliert. Die refraktionsseismisch nach Norden auskeilende Schicht mit P-Wellengeschwindigkeiten von etwa 1450 m/s deutet auf das Erreichen der Wassersättigung in der Verwitterungszone oberhalb des Festgesteins hin (WOLF, 2000 mdl.Mitt.).

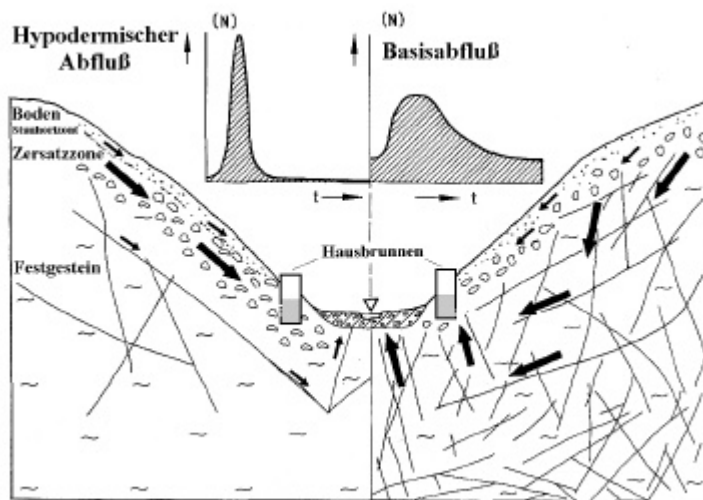


Abb 4-4: Schematische Darstellung der Abflussprozesse in Brunneneinzugsgebieten mit hydrogeologisch unterschiedlich zu bewertenden Gesteinskomplexen und typischen Schüttungskurven der Brunnen (Quelle: JORDAN & WEDER, 1995 verändert)

teile hin, wie die zeitliche Entwicklung der Brunnenwasserbeschaffenheit (Abschn. 7 ff). Das Verhältnis von Trockenwetterabflussspenden zum gemessenen Abflussspendenmaximum geht gegen 1:3 (Tab. 7-1). Weitere, in Forchheim im Bereich der vermuteten Störung liegende Hausbrunnen (z.B. SB/F15, SB/F43, SB/F44 und SB/F45), weisen z. T. ebenso überdurchschnittliche Vergleichmäßigkeiten in der Abflussspende auf.

Die großräumigere Sichtung der geologischen Situation (Karte UIS-3, UIS-4, Abb. 4-5) führt in Verbindung mit dem refraktionsseismischen Profil zu folgenden hypothetischen Betrachtungen:

Etwa 230 Meter in nordwestlicher Verlängerung des Profils treten großflächige Stauwasserbereiche auf, die zum einen aus der Unterhangposition und zum anderen aus den hydraulischen Verhältnissen (Druckausgleich) innerhalb der Störungszone resultieren könnten.

Etwa 100 Meter nordöstlich zum kleinräumig verlaufenden Seismikprofil wird eine Störungszone von größerer Nordwest-Südost-Ausdehnung ausgewiesen (KEMNITZ, 1988), die auf eine hydraulische Anbindung von Kluftgrundwasser (Abb. 4-4, rechter Teil) aus südöstlich vom Einzugsgebiet der Saidenbachtalsperre befindlichen höheren Hanglagen des Huthaer Raums schließen lassen könnte. Abflussspendenmessungen am 50 Meter hangabwärts befindlichen Referenzbrunnen SB/F37 deuten ebenso auf hohe Basisabflussanteile hin,

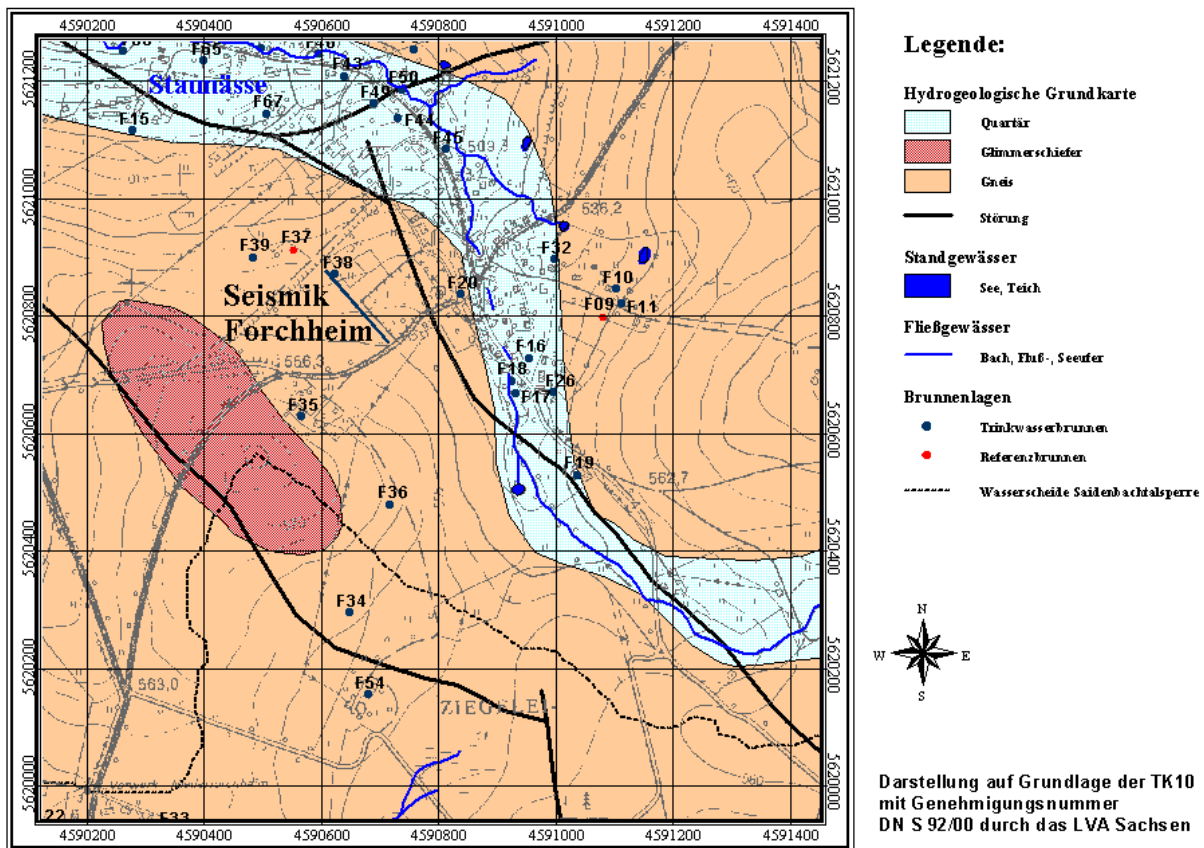


Abb. 4-5: Lage des Seismikprofils (Abb. 4-3) zu Störungen auf der Grundlage der Tektonischen Karte der Saydaer Struktur (KEMNITZ, 1988)^{4/1}

Schlussfolgernd stützt Abbildung 4-3 die Hypothese, dass sich im Bereich tektonisch gestörter Gebiete auch in Brunneneinzugsgebieten ein nennenswerter Grundwasserabfluss in der Verwitterungszone über dem Festgestein im Vierschichtfall (Boden – Verwitterungsschicht – Grundwasserleiter – Festgestein) abbilden lässt. Weitere gezielte Untersuchungen (Geophysik, Brunnenwasseranalytik, Abflussspendenmessungen) sind notwendig, um das im Rahmen dieser Arbeit vorliegende geringe Sicherheitsniveau der zu dieser Hypothese führenden Untersuchungsergebnisse zu erhöhen. Die Modellierung der realen Einzugsgebiete der in diesen Bereichen liegenden Brunnen ist faktisch unmöglich. Längere Fließstrecken und größere Verweilzeiten im tieferen Untergrund sind vorauszusetzen. Weiter ist anzunehmen, dass die **Geschütztheit** gegenüber Schadstoffeinträgen **größer** ist, als in dem Regelfall entsprechenden Flachbrunnen. Die Abschätzung von detaillierten Belastungsursachen ist auf Grund mangelnder Kenntnisse zu den Herkunftsräumen dieser Wässer schwierig.

^{4/1} Digitalisiervorlage von GLÄBER (1998 mdl. Mitt.)