



Bayerisches Landesamt  
für Wasserwirtschaft

A large, stylized blue graphic element resembling a thick brushstroke or a calligraphic letter 'W' that extends diagonally across the page from the bottom left towards the top right.

**Fernsehbefahrungen von  
Grundwassermessstellen**

Materialien Nr. 116 (Oktober 2004)



# **Fernsehbefahrungen von Grundwassermessstellen**

Materialien Nr. 116 (Oktober 2004)

**Herausgeber** Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Lazarettstraße 67, D 80636 München,  
eine Behörde im Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und  
Verbraucherschutz

**Bearbeitung** Dipl.-Ing. Hans Willy (Gesamtredaktion), Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft,  
Dipl.-Geol. Dr. Wolfgang Sprenger, Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft,  
Dipl.-Geol. Gerhard Wittmer, Weil-Schwabhausen

**CD-Erstellung** OMC Opti Medien Center, Haar-Salmdorf

**Bezug** Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Referat 12, Lazarettstraße 67, 80636 München

**Nachdruck und Wiedergabe – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung des Herausgebers**

# Vorwort

Für die Neuordnung des Landesmessnetzes Grundwasserstand wurden an über 2000 staatlichen Grundwassermessstellen verschiedene Funktionsprüfungen durchgeführt, um die Eignung der Messstellen und damit eine hohe Qualität der erhobenen Messdaten sicherzustellen. Dabei wurden erstmals systematisch 400 Fernsehbefahrungen an 370 ausgewählten Grundwassermessstellen durchgeführt.

Begünstigt wurde diese Aktion durch die enorme technische Weiterentwicklung auf dem Sektor der Unterwasser-Fernsehkameras. So sind 2“-Fernsehkameras heute weit verbreitet im Einsatz. Sie können problemlos auch in großen Tiefen eingesetzt werden und dabei vertikale und horizontale Bilder digital aufzeichnen.

Die Untersuchungen brachten Beeinträchtigungen der Messstellenfunktion in unvermutetem Ausmaß zutage. So waren beispielsweise Filterrohre oder Sperrrohre gerissen, beschädigt oder unvollständig verschraubt. Schäden an Sperrrohren verursachen teilweise beträchtliche Zusetzungen von oberflächennahen, unter Umständen mit Schadstoffen belasteten Wässern. Durch Fremdmaterialien im Messrohr, wie Wurzelverwachsungen oder abgerissene Schwimmerseile, können sich die Messstellen langfristig zusetzen. Bis in 150 m Tiefe wurden Kleinlebewesen wie Würmer, Krebse und Spinnen angetroffen.

Von besonderer Bedeutung für den Grundwasserschutz ist die Schadensanalyse an Sperr- und Vollrohren tiefer Messstellen, insbesondere die Erkundung unerwünschter Grundwasserzutritte und hydraulischer Verbindungen. Denn in diesen Fällen sind die Messungen der Grundwasserbeschaffenheit und des Grundwasserstandes in der Regel nicht repräsentativ für den erschlossenen Grundwasserleiter.

Insgesamt haben sich die Fernsehbefahrungen zur Prüfung der Qualität von Grundwassermessstellen sehr bewährt. Sie werden vor allem bei Neubaumaßnahmen als Grundlage einer qualifizierten Bauabnahme dringend empfohlen.

Mein persönlicher Dank gilt Herrn Dipl.-Ing. Hans Willy, der nicht nur vor mehr als 10 Jahren die Initiative zur Überprüfung der Grundwassermessstellen mittels Fernsehbefahrung ergriffen hat, sondern auch seit dieser Zeit das Gesamtprojekt mit großem Engagement begleitet hat.

Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft  
Abteilung Gewässerkundlicher Dienst

München, im Oktober 2004



Dipl.-Ing. M. Becker  
Vizepräsident



# Zusammenfassung

Eine umfassende Funktionsprüfung der Grundwassermessstellen ist wesentlicher Bestandteil der Messnetzneuordnung und der Qualitätssicherung im Landesgrundwasserdienst Bayern. Dabei wurden **400 Unterwasser-Fernsehbefahrungen** an 370 ausgewählten Messstellen durchgeführt. Die Arbeiten wurden mit einem standardisierten Ausschreibungstext an Privatfirmen vergeben.

**Schäden bzw. Baufehler** wurden an 52 % der Messstellen nachgewiesen. 18 % aller Messstellen wiesen schlecht verschraubte bzw. undichte Rohrverbindungen oder nicht lotrecht eingebaute Messrohre auf. Einige der Schäden sind alterungs- bzw. korrosionsbedingt, da die Ausbauelemente teilweise über 40 Jahre alt sind. An 6 % der Messstellen wurden Brüche oder Risse in Filterrohren festgestellt. Insbesondere durch den Druck des Filterkieses auf die Filterrippen kann die Standsicherheit der Messstellen beeinträchtigt werden.

Bei 11 % der Messstellen waren **andere Ausbauelemente eingebaut**, als im Ausbauplan dokumentiert. Daraus ist zu folgern, dass Fernsehbefahrungen auch ein wichtiges Kontrollinstrument bei der Bauabnahme von Messstellenneubauten darstellen.

70 % der untersuchten Messstellen wurden vor 1985 gebaut, weshalb hier Baufehler bzw. Mängel nicht frühzeitig mittels Fernsehbefahrung aufgedeckt werden konnten. Für diese Messstellen war **keine Fernsehbefahrung zur Bauabnahme** möglich, da zum Zeitpunkt des Messstellenbaus in der Gerätetechnik nur größere Unterwasser-Fernsehkameras verfügbar waren, die sich für Messrohre kleiner DN 125 nicht eigneten. Noch im Jahr 1982 fand die Fernsehbefahrung zur Funktionsprüfung bzw. Bauabnahme in der Grundwasser-Richtlinie der LAWA keine Erwähnung.

22 % der Messstellen wiesen starke **Ablagerungen** auf, die durch Alterungsprozesse bzw. hydraulische Verbindung zwischen mehreren Grundwasserstockwerken bedingt sind. Bei 44 % der Messstellen waren die Filterschlitzte stark verengt bis geschlossen.

Erhöhte **Auflandungen** an der Messstellensohle von über einem Meter wurden bei 26 % , von über 10 m bei immerhin 5 % der Messstellen festgestellt. Die Anforderungen an Beschaffenheitsmessstellen bzgl. der Erfassung der Grundwassersohle sind hier nicht mehr gegeben.

Die Fernsehbefahrungen zeigten auch **Beeinträchtigungen durch den Messbetrieb** auf, so z.B. abgerissene Schwimmerseile und Fremdkörper im Messrohr, Beschädigungen der Rohrwand durch abgestürzte Bauteile von Messgeräten oder durch verkeilte Entnahmepumpen.

Aus den Ergebnissen der Fernsehbefahrungen wird die **Empfehlung** abgeleitet, dass Funktionsprüfungen nicht nur bei der Bauabnahme und bei Verdacht auf Beschädigung der Messstelle durchgeführt werden sollten, sondern darüber hinaus in regelmäßigen zeitlichen Abständen.



	Seite
Vorwort	
Zusammenfassung	
Inhaltsverzeichnis	
1 Vorbemerkung	9
2 Aufgaben der Fernsehbefahrung	11
3 Technik der Fernsehbefahrung	13
4 Untersuchungsprogramm und Ausschreibung	17
4.1 <i>Untersuchungsprogramm</i>	17
4.2 <i>Ausschreibung</i>	17
4.3 <i>Untersuchte Messstellen</i>	19
5 Ergebnisse der Fernsehbefahrungen	21
5.1 <i>Baufehler, Schäden und Mängel</i>	21
5.1.1 <b><i>Baufehler</i></b>	21
5.1.2 <b><i>Größere Schäden und Mängel im Messstellenausbau</i></b>	25
5.1.3 <b><i>Korrosionserscheinungen</i></b>	38
5.1.4 <b><i>Nicht lotrechter Einbau des Messrohres</i></b>	40
5.1.5 <b><i>Organische Verunreinigung</i></b>	40
5.2 <i>Abweichungen vom Ausbauplan</i>	41
5.3 <i>Ablagerungen an Rohrwand und in Filterschlitz</i>	42
5.4 <i>Offene, nicht ausgebaute Bohrungen</i>	53
5.5 <i>Auflandungen im Messrohr</i>	56
5.6 <i>Wurzeln und Fremdkörper in der Messstelle</i>	57
5.7 <i>Mängelfreie Messstellen</i>	61
5.8 <i>Vorzeitig beendete Fernsehbefahrungen</i>	62
5.9 <i>Grundwasserbiologie, Kleinlebewesen</i>	64
5.10 <i>Grundwasserströmungen</i>	71
5.11 <i>Qualität der Bildberichte</i>	72
6 Folgerungen	75

## Inhaltsverzeichnis

7	Dank	77
8	Literatur	79
9	Verzeichnis der Abbildungen	81
10	Verzeichnis der Tabellen	87
11	Verzeichnis der Messstellen in den Abbildungen	89
12	Verzeichnis der untersuchten Messstellen	93

# 1 Vorbemerkung

Die Unterwasser-Fernsehbefahrung an Grundwassermessstellen mit einem Rohrdurchmesser von DN 125 war noch vor 20 Jahren die Ausnahme (vgl. Kapitel 2). Bereits 1979 wurde am Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (LfW) erste Funktionsprüfungen mittels Fernsehbefahrungen durchgeführt, z.B. beim Neubau von Messstellen für Grundwassererkundungsmaßnahmen oder für den Landesgrundwasserdienst, wie auch für Beweissicherungsmaßnahmen (s. Abb. 1, Abb. 41). Fernsehbefahrungen wurden auch bei der Übernahme von Messstellen Dritter in die staatlichen Grundwassermessnetze vorgesehen.

Aus diesen Erfahrungen hat der Landesgrundwasserdienst im Jahre 1992 bei der Neuordnung des Landesmessnetzes die Fernsehbefahrung als fundamentales Element in das Untersuchungsprogramm aufgenommen [ 13 ], [ 15 ]. Aus Wirtschaftlichkeitsgründen erfolgten die Fernsehbefahrungen allerdings nicht bei allen beobachteten rd. 2000 staatlichen Grundwassermessstellen, sondern nur bei rd. 20 % auf Basis verschiedener Voruntersuchungen und Eignungstests. In den Landesmessnetzen von Baden-Württemberg und Hessen wurde ähnlich verfahren [ 1 ], [ 19 ].

Diese Entscheidung des LfW erfolgte, obwohl die Vorgaben der Grundwasserrichtlinie der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [ 12 ] im Jahr 1982 die Fernsehbefahrung für die Zwecke der Funktionsprüfung nicht erwähnt hatte. Die Fachverbände empfahlen in den Folgejahren die Untersuchung von Grundwassermessstellen mittels Unterwasser-Fernsehkamera sowohl zur Funktionsprüfung nach dem Neubau, als auch zur regelmäßigen Überprüfung während des Betriebes oder nach Sanierungsmaßnahmen. Zu nennen sind hier als technische Richtlinien die DVGW-Arbeits- bzw. Merkblätter W121 [ 4 ], W 123 [ 7 ], W 135 [ 6 ] und das DVWK-Merkblatt 245 [ 8 ]. Die Fernsehbefahrung gehört neben betriebstechnischen und geophysikalischen Untersuchungen zu den Standardverfahren der Messstellenuntersuchungen (Abb. 2). Im Merkblatt des LfW zum Messstellenneubau sind diese Anforderungen aufgenommen [ 16 ].

Insgesamt wurden im Landesgrundwasserdienst in Bayern für die Fernsehbefahrungen an den Grundwassermessstellen über mehrere Jahre verteilt rd. 160.000 € aufgewendet. Die Ergebnisse der 400 Fernsehbefahrungen aus den Jahren 1989 bis 2000 werden in diesem Materialienheft zusammengefasst. Sie sollen durch Verbesserungen beim Messstellenausbau künftig zu zuverlässigeren Untersuchungsergebnissen führen und damit eine bessere Verwendung der staatlichen Finanzmittel ermöglichen.

Die 400 Fernsehbefahrungen wurden an lediglich 370 verschiedenen Grundwassermessstellen durchgeführt, d.h. von einzelnen Messstellen liegen mehrere Befahrungen vor. Die nachfolgenden statistischen Aussagen beziehen sich jeweils auf 370 Messstellen.

Sofern im weiteren Text keine andere Literatur angegeben ist, beziehen sich die Ergebnisse der Fernsehbefahrungen auf die Auswertungen von G. WITTMER [ 22 ].



**Abb. 1** Bei früheren Unterwasser-Fernsehkameras ermöglichte nur ein unter der Kamera hängender, geneigter Spiegel eine radiale Betrachtung der Messstellenwand. Der Bildausschnitt war klein, die axiale Sicht behindert. Grundwassermessstelle Nr. 24129, WEIDENSTAUE



**Abb. 2** Neue Unterwasser-Fernsehkameras liefern scharfe Bilder in Tageslichtqualität und trotz Weitwinkelobjektiv in annähernd natürlichem Blickwinkel. Filterkies, Steine und Bruchstücke eines beschädigten Filterrohrs über einer 4 m hohen Auflandung. Messstelle Nr. 16228, MOOSHAUSL 909A

## 2 Aufgaben der Fernsehbefahrung

Die Unterwasser-Fernsehbefahrung ermöglicht einen direkten Einblick in den Zustand einer Grundwassermessstelle bzw. einer offenen Bohrung. Sie liefert relativ schnell und kostengünstig wertvolle Informationen über den tatsächlichen Messstellenausbau, den aktuellen Zustand, eventuelle Ausbaufehler und die Tiefenlage der Filterabschnitte (Abb. 1, Abb. 2, Abb. 3, Abb. 4).

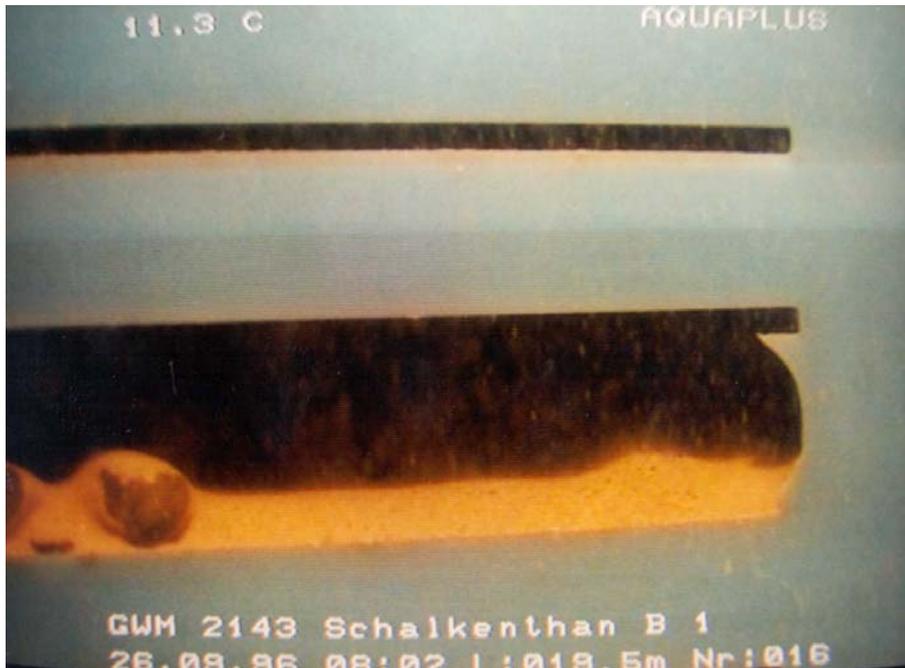
Die Fernsehbefahrung ermöglicht eine Visualisierung von Alterungserscheinungen (z. B. Krustenbildungen, Korrosion), Beschädigungen am Messrohr oder anderer Einflüsse (z. B. Verschmutzungen, biologische Einflüsse, Gegenstände im Messrohr). Ferner lässt sich damit der Erfolg von Regenerierungs- und Sanierungsmaßnahmen überprüfen [ 1 ], [ 11 ]. Für die Bauabnahme dokumentiert die Fernsehbefahrung allerdings nur das sichtbare Innere der Messstelle. Ergänzende Untersuchungen, wie z. B. geophysikalische Messungen, sind unerlässlich.

In Festgesteinsaquiferen wird die Fernsehbefahrung in einzelnen Fällen auch zur Erkundung des offenen, noch nicht ausgebauten Bohrloches eingesetzt. So ist z.B. die direkte Sicht auf die Klüfte im Bohrloch eine wesentliche Grundlage für die spätere Festlegung der Filterstrecken. Einzelne Bilder dieses Berichts entstammen diesen Fernsehbefahrungen (Abb. 62 bis Abb. 65).

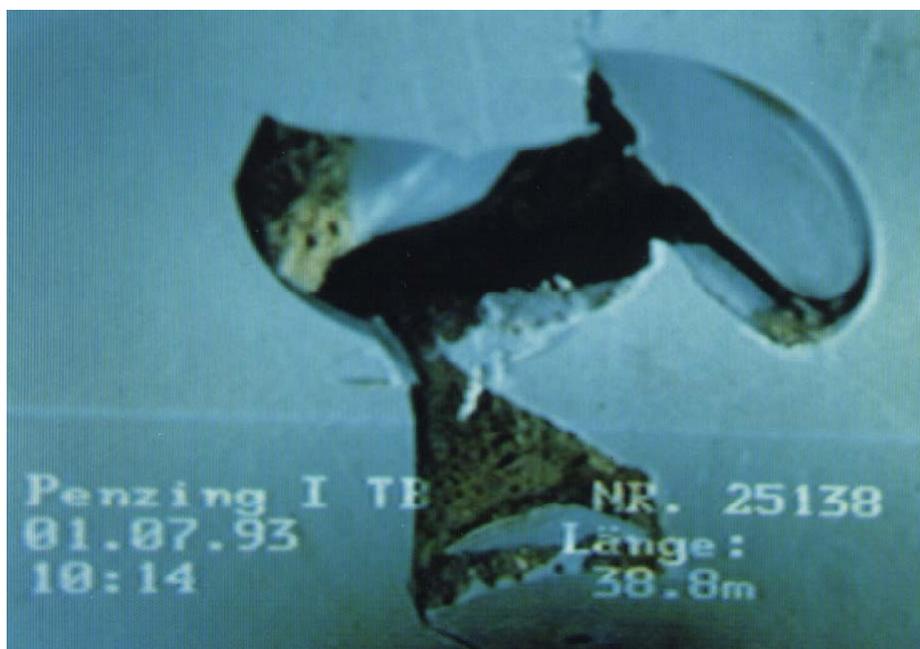
Der Untersuchungsbericht zur Fernsehbefahrung (mit Bildbericht, Videoaufzeichnung und einer fachtechnischen Beurteilung) ist generell ein Dokument, das auch in späteren Jahren für Vergleichsbetrachtungen oder Folgeuntersuchungen eine Bedeutung erhält.

Die Fernsehaufnahmen können und sollten bereits während der Untersuchung vor Ort am Monitor mitverfolgt werden. Sie erlauben so eine direkte Steuerung der Untersuchung durch den verantwortlichen Ingenieur oder Geologen (z. B. Detailbetrachtungen interessanter Bereiche mittels Zoom und sofortige Entscheidungen über Folgemaßnahmen).

Fernsehbefahrungen mit geophysikalischen Untersuchungen in einem Arbeitsgang zu kombinieren erscheint nach [ 9 ] nicht sinnvoll, da bei den Fernsehbefahrungen im allgemeinen die notwendigen Voraussetzungen für exakte geophysikalische Messungen nicht eingehalten werden können. Die Kameras mit den Beleuchtungseinrichtungen stören z. B. Messungen der Temperatur und der Leitfähigkeit, weil sie Wärme abgeben, oder sie machen Messungen mit Flowmetersonden unmöglich, weil die Fernsehkamera häufig für Detailbetrachtungen angehalten werden muss.



**Abb. 3** Ausgebrochene Filterrippe an Grundwassermessstelle Nr. 02143, SCHALKENTHANN B1. Die Aufnahme in 19,5 m unter Gelände zeigt, dass der Filterkies in die rd. 30 m tiefe Messstelle gefallen ist. Das Feinsandige Material ist ungeschützt weiteren Ausspülungen ausgesetzt (siehe auch 15.1.2)



**Abb. 4** Beschädigtes Vollrohr einer Tertiärmessstelle, aufgenommen vor einem Sanierungsversuch; Der Grundwasserstand ist hier in rd. 11 Jahren um über 23,9 m angestiegen. Grundwassermessstelle Nr. 25138, PENZING I TB 822 (siehe auch Abb. 25 und Abb. 26 )

### 3 Technik der Fernsehbefahrung

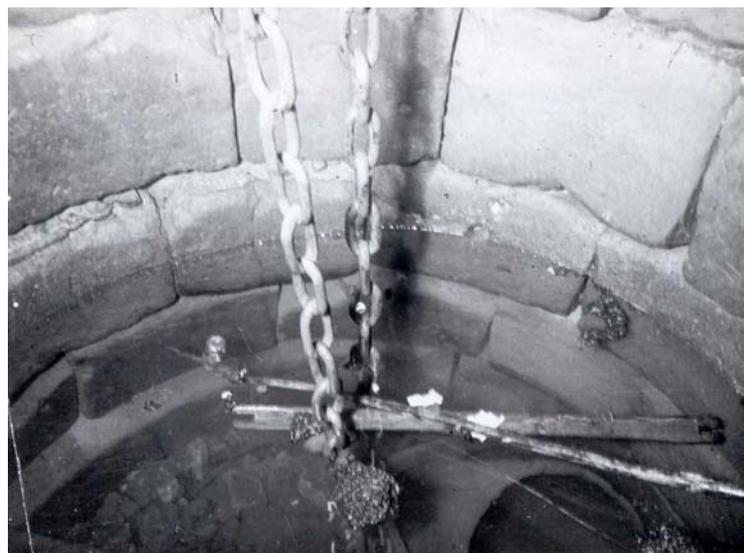
Seit etwa 1950 waren in Bohrlöchern nur Fotoapparate mit Elektronenblitz im Einsatz, die über dem Grundwasserspiegel ausgelöst wurden. Diese wurden durch Unterwasser-Schwarzweiß-Fernsehkameras und dann durch Unterwasser-Farbfernsehkameras verdrängt [ 5 ].

Das Interesse am Zustand des historischen gemauerten Brunnens in Betzenstein veranlasste im Jahre 1965 neun Fachleute, den 92 m tiefen Brunnen aus dem Jahre 1549 zu besichtigen. Der Brunnendurchmesser von 2,20 m ermöglichte, dass die Fachleute bis auf 80 m Tiefe in den Brunnen abgelassen werden konnten, um detaillierte Fotografien aufnehmen zu können.

**Abb. 5** In 65 m Tiefe zeigt die Brunnenwand die Inschrift 1545. Der von 1543 bis 1549 errichtete Brunnen wurde aus 2047 Sandsteinquadern aus dem Veldensteiner Forst gebaut. Manuelle Fotoaufnahme der Messstelle Nr. 06106, BETZENSTEIN, T.Br. TB 1. aus dem Jahre 1965 I [ 21 ]



**Abb. 6** Manuelle Fotoaufnahme der Brunnenwand in ca. 80 m Tiefe. Mit der schweren Eisenkette wurden früher die Wassereimer befördert. Messstelle Nr. 06106, BETZENSTEIN, T.Br. TB 1 [ 17 ]



Die Fotoaufnahmen von dem Tiefbrunnen zeigten mannshohe Nischen, eiserne Ringe, viereckige Löcher (für Balkenaufleger) sowie die Auflandung. Die Messstelle Nr. 06106, BETZENSTEIN, T.Br. TB 1 wird seit 1990 im Landesgrundwasserdienst beobachtet.

### Unterwasser-Fernsehkameras

Noch bis ca. 1995 wurden Kameras angeboten, die meist nur eine Axialsicht zuließen. Ein radialer Blick auf die Bohrloch- oder Messstellenwand wurde nur möglich durch einen unter der Kamera befestigten, um 45° geneigten Spiegel. Dieser konnte bei manchen Modellen um ein gewisses Maß gedreht und dadurch das Abbild im Spiegel vergrößert werden. Dabei konnte aber immer nur ein bestimmter Ausschnitt der Verrohrung gezeigt werden. Der Spiegel behinderte die Ausleuchtung und Sicht in die tiefen Messstellenbereiche (Abb. 1). Zudem erforderte das Justieren bzw. Zoomen einige Zeit, so dass die von der Messstellenwand abgelösten Ablagerungen flockenartig im Messrohr absanken und dadurch mit der Zeit die Sicht auf das Messrohr stark beeinträchtigten (vgl. Abb. 56).

Fortschrittlichere Fernsehverfahren waren mit schwenkbarem Objektiv ausgerüstet und konnten sowohl in axialer als auch in radialer Richtung Aufnahmen liefern. Die Belichtung war teilweise noch so unausgewogen, dass in üblichen Grundwassermessstellen bei starken Weitwinkelobjektiven die Messstellenwand in der näheren Umgebung zu hell abgebildet wurde und in axialer Richtung nach wenigen Dezimetern zu schwach ausgeleuchtet war. Die Farbgebung war gelbstichig. Die Bildauflösung war im Gegensatz zur neuesten Technik gering, so dass die Fotos trotz kleiner Formate immer noch eine deutliche Unschärfe aufwiesen (Abb. 7).



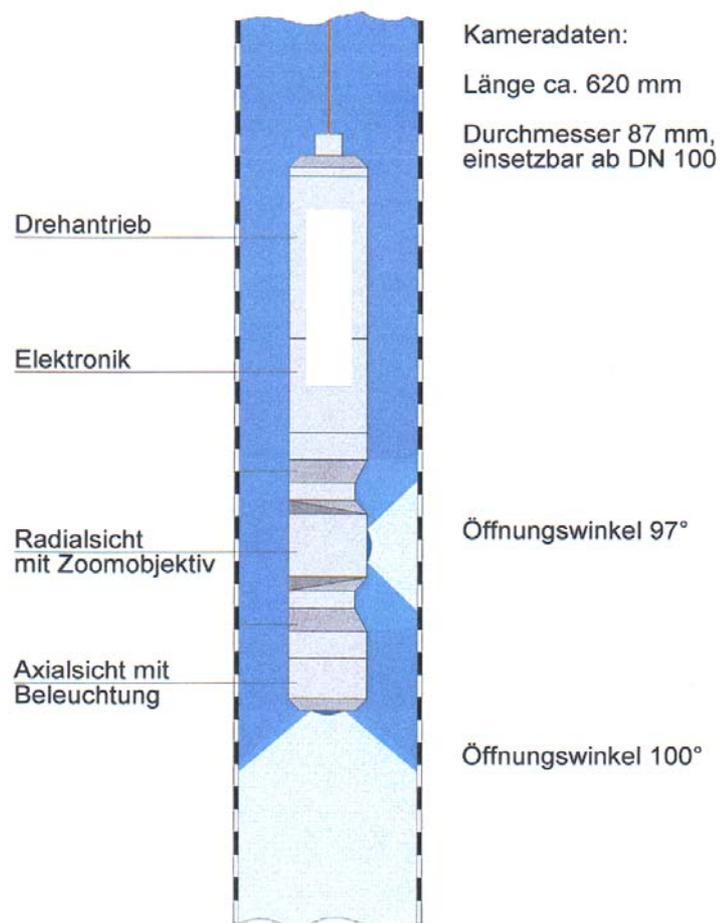
**Abb. 7** Frühere Unterwasserkameras mit schwenkbarem Kamerakopf lieferten Bilder mit deutlicher Unschärfe, ungleichmäßiger Ausleuchtung, unnatürlicher Farbtemperatur. Hier: Starke Ablagerungen an der Messstelle Nr. 08242, WEHRINGEN 879

### Digitale Unterwasser-Fernsehkameras

Inzwischen werden digitale Unterwasserkameras angeboten, die mit je einem Weitwinkelobjektiv für Radial- und Axialsicht ausgerüstet sind (Abb. 8). Sie liefern aufgrund ihrer hohen Auflösung gestochen scharfe Bilder und die Belichtung erreicht Tageslichtqualität (Abb. 2).

Im Allgemeinen werden Weitwinkelobjektive mit Blickwinkeln von  $100^\circ$  eingesetzt. Sie bieten den Vorteil, bereits bei axialer Sicht sehr weiträumig die Rohrwand betrachten zu können. Der Zeitaufwand zum Anhalten, Schwenken und Drehen des Kamerakopfs wird reduziert. Damit wird erreicht, dass die Fernsehuntersuchung nicht durch absinkende oder aufgewirbelte Flocken beeinträchtigt wird.

Im Gegensatz zu früher gebräuchlichen Kameras haben digitale Unterwasser-Fernsehkameras einen geringeren Abstand zwischen Objektiv und Bohrlochwand und sind damit auch bedingt bei trübem Grundwasser einsetzbar [ 10 ].



**Abb. 8** Schema einer modernen digitalen Unterwasser-Farbfernsehkamera für Fernsichtbahrungen in Grundwassermessstellen (Schemaskizze der Fa. Aquitronic)

### **Technische Bedingungen vor Ort**

Für verwertbare Fernsehaufnahmen müssen vor Ort einige technische Bedingungen erfüllt sein. Voraussetzungen für zufriedenstellende Ergebnisse der optischen Untersuchung sind:

- Fernsehbefahrungen sollten nicht unmittelbar nach vorausgegangenen Arbeiten in der Bohrung durchgeführt werden. Nach dem Ziehen von Einbauten (Schwimmersysteme oder andere Messwertgeber, Unterwasserpumpen, Steigrohre etc.) sollte die Grundwassermessstelle mindestens 24 Stunden ruhen, so dass sich Trübstoffe absetzen können [ 14 ].
- Ist eine Ruhezeit nicht möglich, kann man sich damit behelfen, nach dem Einführen der Kamera die Pumpe wieder einzubauen und während der Fernsehbefahrung Grundwasser zu fördern. In der Regel kann so nach kurzer Zeit mit klarem Wasser gerechnet werden [ 10 ].  
*Hinweis: Das gleichzeitige Abpumpen während der Fernsehbefahrung ist relativ aufwändig und kann je nach Ausbaquerschnitt technische Probleme mit sich bringen. Die Variante kam bei den hier beschriebenen Fernsehbefahrungen nicht zum Einsatz.*
- Teilweise wird auch die sogenannte Schluckbrunnen-Methode eingesetzt. Dabei wird in die Messstelle Frischwasser eingeleitet, das die Trübstoffe allmählich nach unten drückt. Die Wassereinleitung muss jedoch unterhalb des Ruhewasserspiegels erfolgen [ 10 ].  
*Hinweis: Diese Methode ist relativ aufwändig und kam deshalb bei den hier beschriebenen Fernsehbefahrungen nicht zum Einsatz.*
- Die beiden vorgenannten Methoden sind sehr aufwändig, wenn der Ruhewasserspiegels tief liegt. Besteht die Trübe aus sehr feinen Tonmineralen, kann der Absetzvorgang u. U. Monate dauern. Zur Beschleunigung können sogenannte Flockungsmittel eingesetzt werden [ 10 ].  
*Hinweis: Diese Methode kam hier ebenfalls nicht zum Einsatz.*
- Die Messstelle muss für die untersuchende Firma gut zugänglich sein (i.d.R. Anfahrt für Lkw erforderlich).

# 4 Untersuchungsprogramm und Ausschreibung

## 4.1 Untersuchungsprogramm

Im April 1992 hat das LfW ein „Konzept und Arbeitsprogramm für die Neuordnung des Messnetzes Grundwasserstand in Bayern“ erstellt und innerhalb der Bayer. Wasserwirtschaftsverwaltung abgestimmt. In diesem Konzept [ 13 ] wurden die für das zukünftige Grundnetz in Frage kommenden Messstellen festgelegt. An diesen Messstellen wurde eine Reihe von Funktionsprüfungen durchgeführt, unter anderem auch Fernsehuntersuchungen.

Neben den Messstellen des Landesgrundwasserdienstes wurden auch einige Messstellen Dritter bzw. aufgelassene Brunnen der Wasserversorgung für die Fernsehuntersuchungen ausgewählt, um die Eignung dieser Objekte für das Landesmessnetz feststellen zu können.

## 4.2 Ausschreibung

### **Erste Auftragsvergaben**

Die ersten Auftragsvergaben erfolgten zunächst durch eine vereinfachte Ausschreibung bestimmter Messstellenkontingente, da kein standardisiertes Leistungsverzeichnis verfügbar war. Die Angebote waren so individuell abgefasst, dass eine Preisvergleich relativ zeitaufwändig war. Ferner hatten die Firmen einen relativ großen Spielraum für die Ausführung der Leistungen.

### **Leistungsverzeichnis des LfW**

Das LfW hat daraufhin ein detailliertes Leistungsverzeichnis als Grundlage für die Ausschreibungen erstellt. Erste Auswertungen der auf dieser Basis vergebenen Fernsehbefahrungen ergaben, dass teilweise nur wenige Bilder den Messstellenzustand und die bedeutenden Ausbauelemente dokumentierten. Vermutlich aus Zeit- und Kostengründen wurde die Bildanzahl reduziert und entsprechend verkürzt. Der Bildbericht war somit nur bedingt brauchbar. Aufgrund dieser Erfahrungen hat das LfW 1995 das Leistungsverzeichnis überarbeitet und als Merkblatt Nr. 2.1/5 den Wasserwirtschaftsämtern für deren Ausschreibung bereit gestellt [ 14 ].

Voraussetzung für diese Ausschreibung ist, dass alle Messstellen mit Lkw erreicht werden können. Soweit Einschränkungen bestehen, ist dies dem Bieter mitzuteilen.

Elemente des Leistungsverzeichnisses des LfW [ 14 ] sind:

- a) **Mindestkriterien für die Unterwasser-Farbfernsehkamera**  
(Kamerakopf für Axialsicht und Radialsicht; 90° zur Lotrechten; Vorhalten der Anlage einschließlich Bedienung und aller Nebenleistungen, z. B. Notstromaggregat).
- b) die **Dokumentation** der Untersuchung **durch Video-Aufzeichnung** auf VHS-Standard (heute zusätzlich auch mit DVD möglich). Der Nullpunkt für die Tiefenposition des Kamera-Aufnahmekopfes muss auf die Höhe der Geländeoberkante ausgerichtet sein.
- c) ein **ausführlicher Bildbericht** für jede Messstellenbefahrung.  
Dieser Bildbericht soll auf alle festgestellten Schäden oder Beeinträchtigungen des Messstellenausbaus und auf die Tiefenlage der einzelnen Ausbauabschnitte (Aufsatz-, Filter-Sumpfrohre) eingehen; er soll aussagekräftige Fotoaufnahmen enthalten, speziell von den Übergangsbereichen Standrohr/Vollrohr, Stahl-/PVC-Rohr, Rohr/offene Bohrung, vom Grundwasserspiegel, vom Filterrohr, von allen festgestellten Schäden und der Messstellensohle. Ein Bildbericht soll aus mindestens zehn Fotos bestehen. Bei tiefen Messstellen soll mindestens eine Fotoaufnahme alle 10 m vorhanden sein. Im Bereich der Vollrohre sollen diese Fotos möglichst die Rohrverbindungen zeigen.
- d) Die **Tiefenlage der Ausbauabschnitte** soll in Meter unter Geländeoberkante angegeben werden und nicht bezogen auf den Messpunkt oder die Rohroberkante, da diese Bezugsgrößen im Verlauf der Gesamtbeobachtung verändert und damit später die tiefenmäßige Zuordnung der Ausbauelemente erschwert werden kann.
- e) Der Bildbericht soll eine **Beurteilung durch einen Brunnenbau-Ingenieur** enthalten.
- f) **An- und Abtransport** des kompletten Fernsehuntersuchungswagens, sonstige Fahrt- und Übernachtungskosten, incl. erforderlicher Zwischentransporte einschließlich Wegekosten und sonstiger Spesen sind pauschal für alle Messstellen anzubieten. Alle Messstellen bzw. Brunnen sollen unmittelbar hintereinander, bei nur einer An- und Abfahrt, untersucht werden. Sollte der Untersuchungsumfang eine Übernachtung des Personals erforderlich machen, ist dies im Pauschalangebot einzukalkulieren.
- g) Warte- und Stillstandszeiten für Personal und Anlage, welche vom Auftraggeber zu vertreten sind, müssen pauschal pro Stunde angeboten werden.

#### **Aufgaben des Auftraggebers**

Seitens des Auftraggebers ist dafür zu sorgen, dass die freie Zugänglichkeit der einzelnen Messstellen rechtzeitig vor der Befahrung hergestellt wird (d. h. Abbau von Messgeräten u. ä.). Pumpen, Saugleitungen u. a. Einbauten müssen mindestens 24 Stunden – besser mehrere Tage – vor dem Untersuchungstermin ausgebaut sein, so dass sich Trübstoffe weitgehend abgesetzt haben.

Der Auftragnehmer erhält vom Auftraggeber eine Auflistung der Messstellenstandorte (Landkreis, Gemeinde) sowie Informationen zu Messstellentiefe und Rohrinnendurchmesser.

### 4.3 Untersuchte Messstellen

Das LfW hat 400 Fernsehbefahrungen ausgewertet, die von 1989 bis 1999 an 370 Grundwassermessstellen der bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung durchgeführt wurden.

#### Baujahr der Grundwassermessstellen

Die Grafik in Abb. 9 zeigt das Baujahr und damit das Alter der untersuchten Grundwassermessstellen. Der größte Teil dieser Messstellen wurde in einer Zeit errichtet, in der Fernsehbefahrungen nicht oder nur bedingt möglich bzw. bei der Bauabnahme noch nicht üblich waren.

Die Auswertung der untersuchten Messstellen (s. Abb. 9) ergibt, dass 46 % der Messstellen vor 1980 errichtet wurden und 82 % der Messstellen vor 1992 gebaut wurden. Die älteste untersuchte Messstelle wurde im Jahr 1901 (Messstelle Nr. 16119, Eching 275 D) errichtet.

Nur etwa jede achte Fernsehbefahrung wurde unmittelbar im ersten Jahr nach dem Neubau der Messstelle im Rahmen der Bauabnahme durchgeführt.

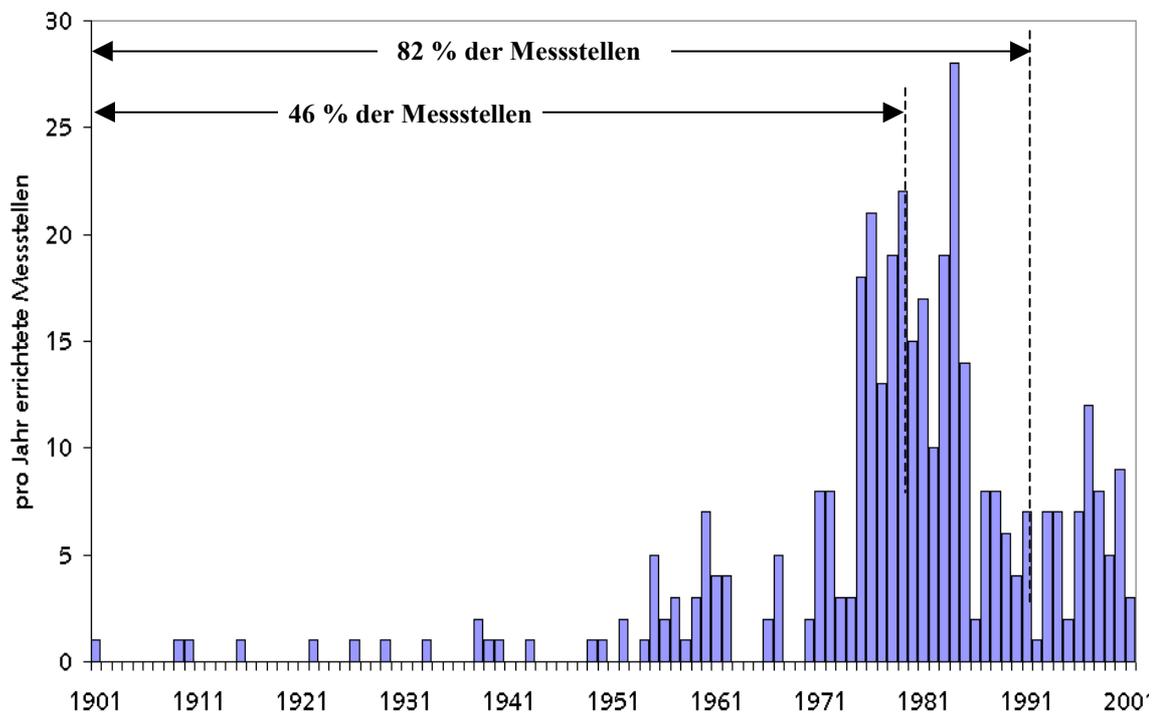
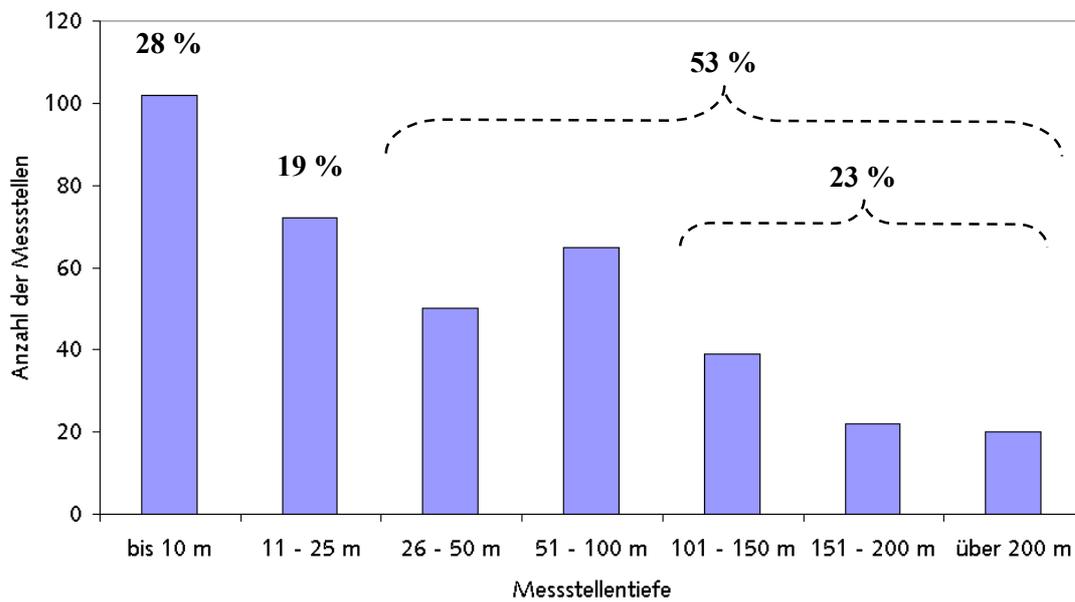


Abb. 9 Baujahr der untersuchten Grundwassermessstellen

### Ausbautiefen der Grundwassermessstellen

Von den untersuchten 370 Messstellen sind 102 Messstellen maximal 10 m tief. Etwa die Hälfte der Messstellen sind tiefer als 25 m und fast ein Viertel der Messstellen sind tiefer als 100 m (Abb. 10). Die tiefste Fernsichtbefahrung wurde bis in eine Tiefe von 310,49 m durchgeführt (Messstelle Nr. 3127, Raitenbuch KMS 1).

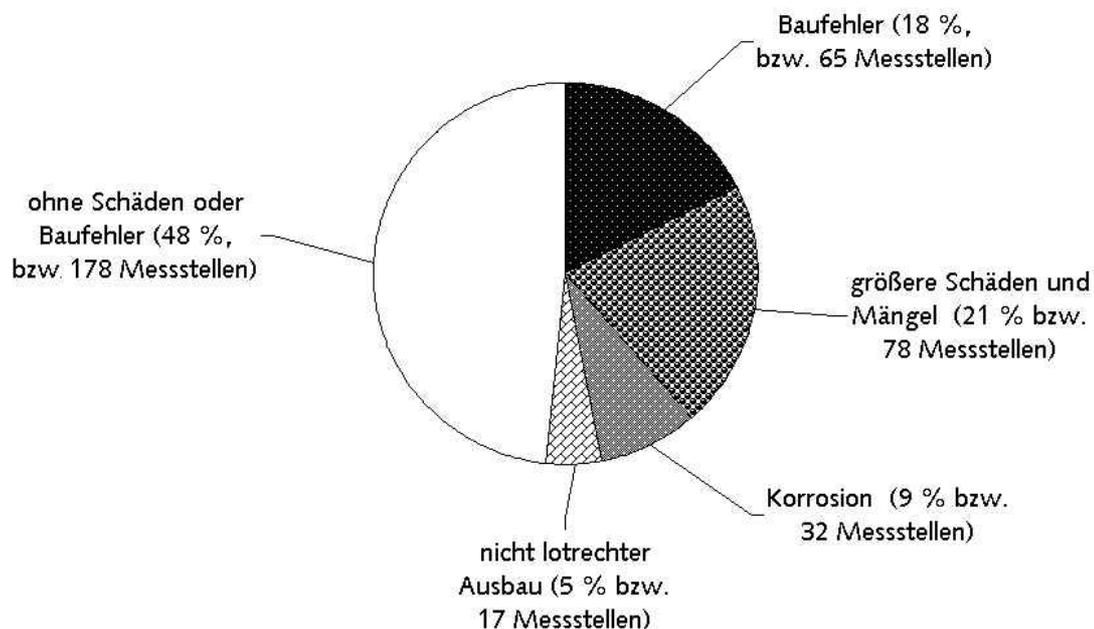


**Abb. 10** Sohltiefen der untersuchten Grundwassermessstellen

# 5 Ergebnisse der Fernsichtbefahrungen

## 5.1 Baufehler, Schäden und Mängel

Ein Ergebnis der Fernsichtuntersuchungen war, dass in jeder zweiten Messstelle entweder Baufehler, Schäden oder Mängel vorlagen (Abb. 11). So wurden Baufehler an 65 Messstellen, größere Schäden bei 78 Messstellen, Korrosionserscheinungen an den Verrohrungen bei 32 Messstellen und ein nicht lotrechter Ausbau bei 17 Messstellen festgestellt. Diese Mängel summieren sich auf insgesamt 192 Messstellen (= 52 % von 370 untersuchten Messstellen).



**Abb. 11** Festgestellte Baufehler, Schäden, Korrosionserscheinungen sowie nicht lotrechter Ausbau

### 5.1.1 Baufehler

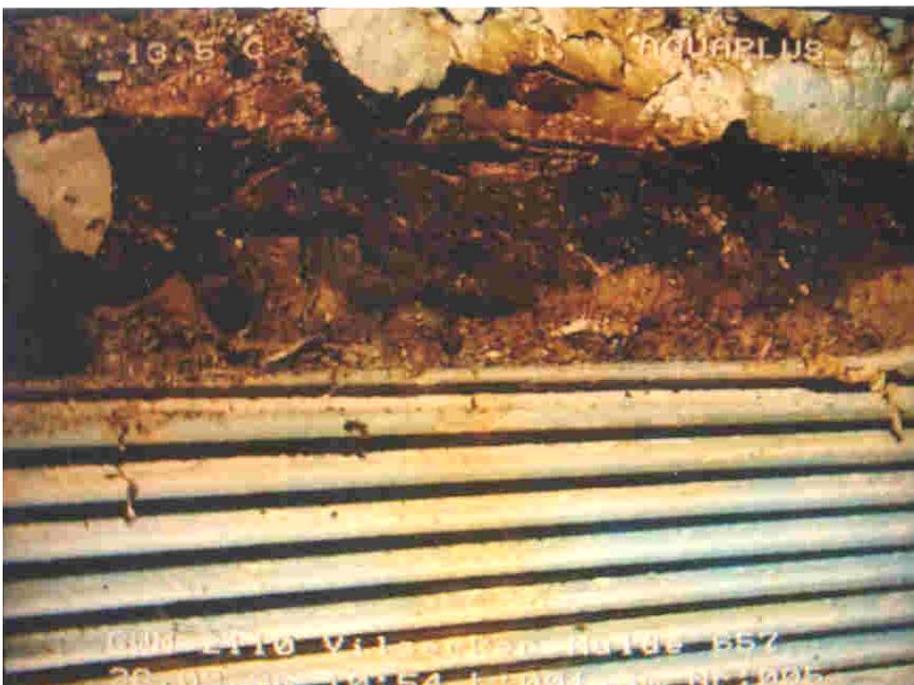
#### **Baufehler 1: Schlecht verschraubte Rohrverbindungen**

An nahezu 20 % der Messstellen wurden unvollständig verschraubte Rohrverbindungen beobachtet (Abb. 12, Abb. 78). Hier ist ein Eindringen von Oberflächenwasser möglich, das zu Verockerungen oder Verunreinigungen führen kann. In Einzelfällen wurden sogar nicht verschraubte, offene Rohrverbindungen beobachtet (Abb. 13, Abb. 14). Deformierte Verbindungen (Abb. 15) geben Hinweise auf eine nicht sachgerechte Bauausführung.

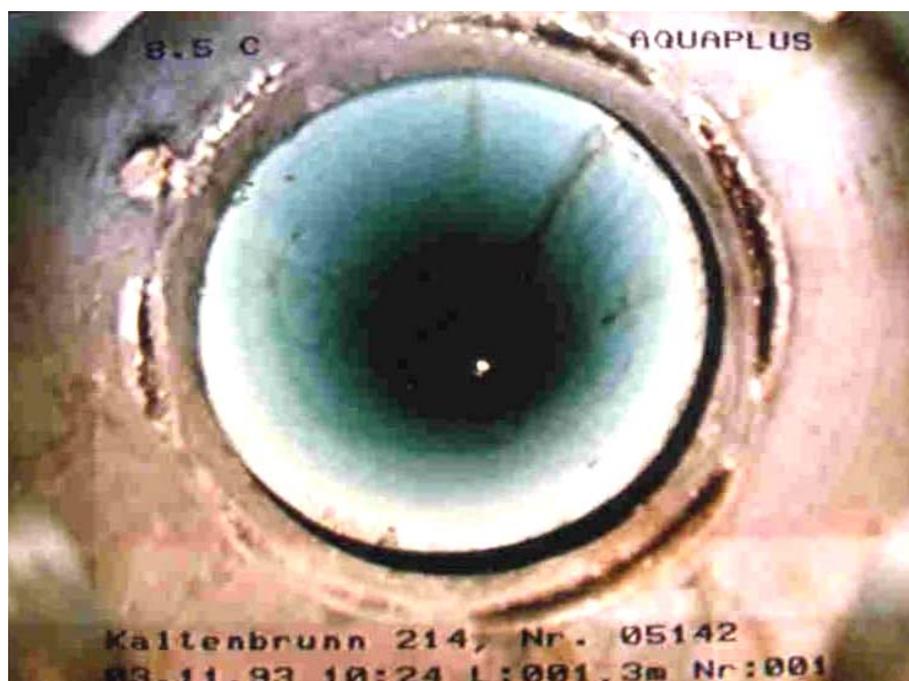
In wenigen Messstellen wurde bitumenartiges Material als Dichtungsmittel verwendet (Abb. 16). Mehrfach wurde ein Herausdrücken einer Zementabdichtung beobachtet (Abb. 17).



**Abb. 12** Sicht auf Gewindegang; unvollständig verschraubte Rohrverbindung. Messstelle Nr. 03119, VEITSAURACH



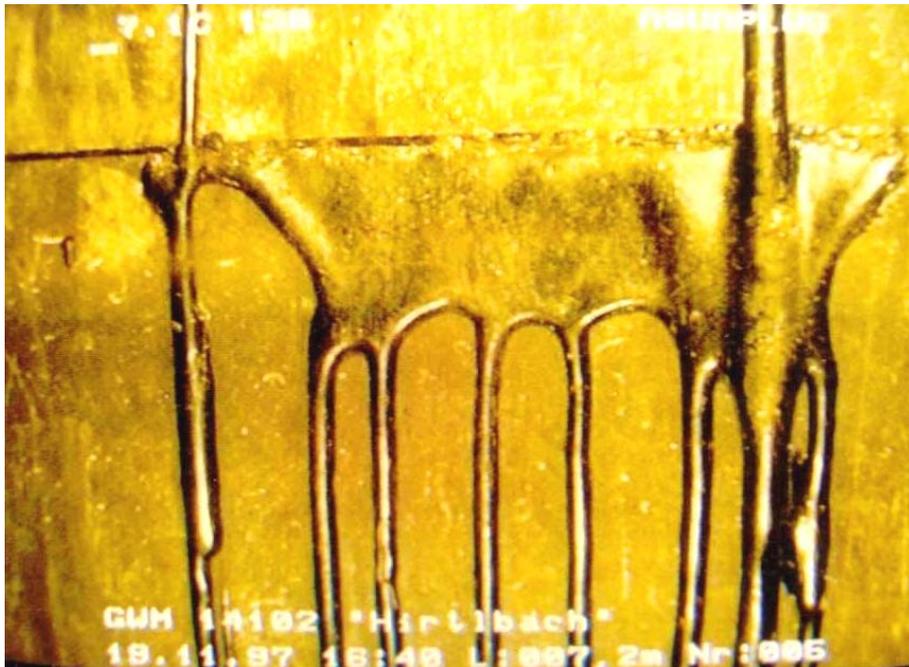
**Abb. 13** Offene (nicht verschraubte oder gerissene) Rohrverbindung. Messstelle Nr. 02110, FREIHUNGSAND II



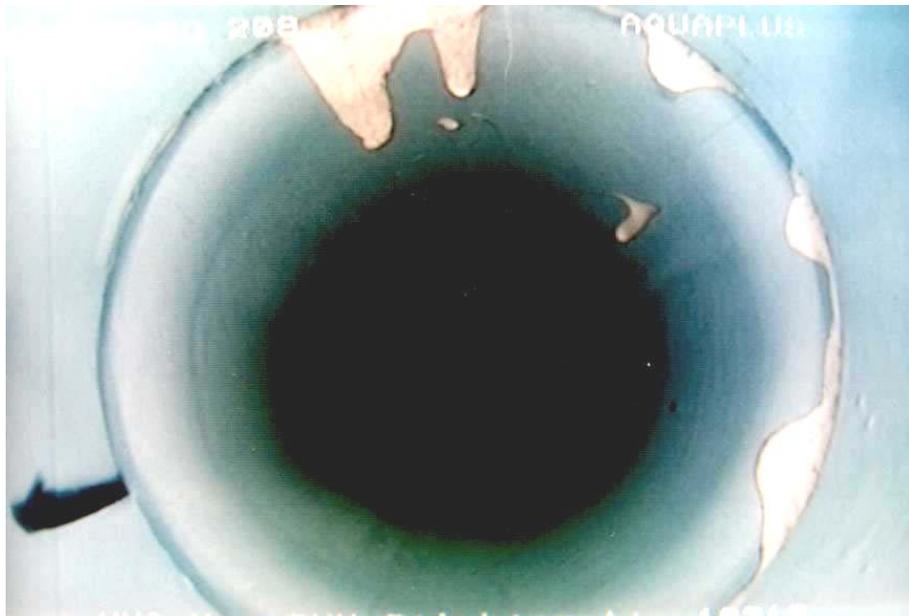
**Abb. 14** Standrohr nicht verschraubt. Messstelle Nr. 05142, KALTENBRUNN 214



**Abb. 15** Rohrübergang deformiert. Messstelle Nr. 17146, HEIMBACH 2 981



**Abb. 16** An der Muffenverbindung herausgepressten Bitumen-Dichtmittel. Messstelle Nr. 14102, HIRTLBACH



**Abb. 17** An der Muffenverbindung wurde beim Verschrauben Zement-Dichtmittel herausgepresst. Messstelle Nr. 16213, GILCHING 808

### **Baufehler 2: Fehlender oder falscher Messstellenausbau**

Bei der Auswertung der Fernsehbegehungen wurde festgestellt, an welchen Messstellen Ausbauelemente fehlen bzw. nicht entsprechend dem Ausbauplan positioniert sind. Wie Tab. 1 zeigt, haben sich in der Folge bei der Mehrzahl dieser Messstellen erhöhte Auflandungen ergeben.

<u>Messstelle</u>	<u>Art des Ausbaus</u>	<u>Auflandung</u>
02136	1 m offene Bohrung in Lehm und Sand (statt Sperrrohr)	6,4 m
03122	0,6 m Filterrohr im Tonstein (statt Vollrohr)	3,9 m
25707	1 m Filterrohr im Ton (statt Vollrohr)	4,8 m
19135	2,5 m Filterrohr im Ton (statt Vollrohr)	-

**Tab. 1** Baufehler: Fehlender oder falscher Messstellenausbau

### 5.1.2 Größere Schäden und Mängel im Messstellenausbau

An 21 % der Messstellen wurden größere Schäden bzw. Mängel festgestellt (Abb. 11). Diese sind in Tab. 2 zusammengestellt.

<u>Art der Schäden</u>	<u>Anzahl der Messstellen</u>
Brüche, Risse oder Löcher in den Filterrohren	22
Undichte Vollrohrverbindungen	39
Risse oder Löcher in Vollrohren	17
Komplette Rohrabbrüche	13
Eingestürzte Messstellen	2
Offene Rohrverbindungen	5
Sonstige Schäden	4

**Tab. 2** Größere Schäden bzw. Mängel an Grundwassermessstellen (z.T. mehrere Schäden an einer Messstelle)

Die in Tab. 2 genannten Schäden werden nachfolgend erläutert:

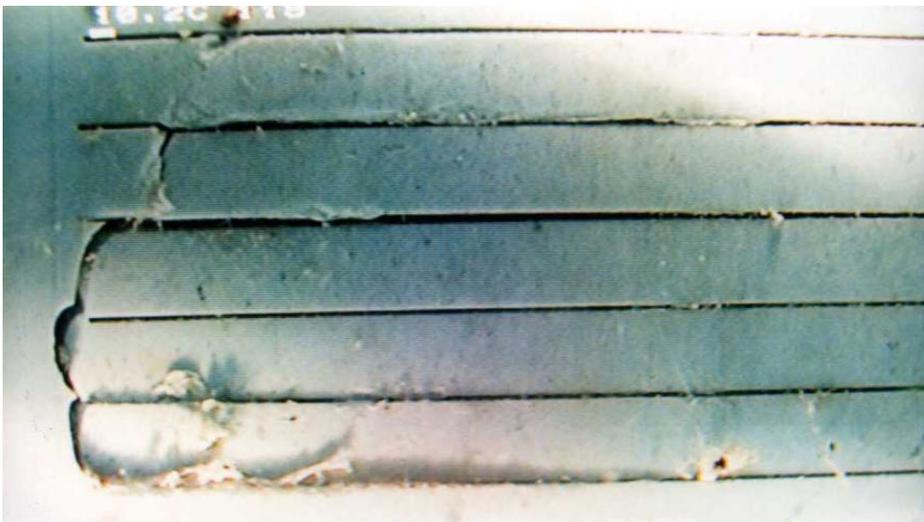
#### **Brüche, Risse oder Löcher in den Filterrohren**

Unerwartet häufig wurden Beschädigungen im Bereich der Filterrohre beobachtet (bei 22 Messstellen). Risse in den Filterrohren sind eine latente Gefahr für die Standsicherheit der Messstelle.

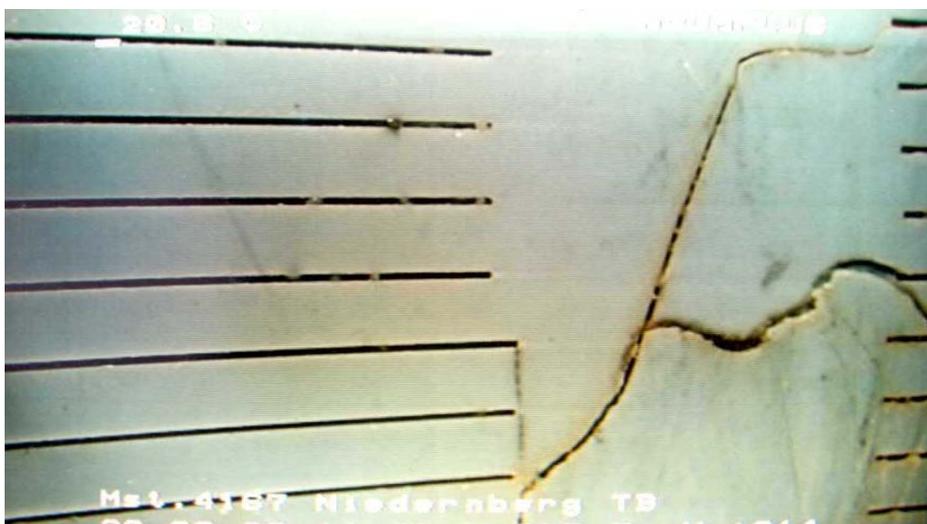
Bei angebrochenen Filterstegen (vgl. Abb. 18, Abb. 19) kann durch den anstehenden Druck des Filterkieses auf die Filterrippen dieser Filterbereich durchbrechen. In der Folge kann der Filterkies ungehindert in das Messrohr fallen. Je nach Tiefenlage der gebrochenen Filterrippen können dadurch beträchtliche Kiesmassen einsickern, wodurch nicht nur die Messstelle aufgefüllt wird, sondern auch im Ringraum der Bohrung entsprechende Hohlräume entstehen. Diese Hohlräume können mit der Zeit einbrechen und durch das anstehende Bodenmaterial aufgefüllt werden. In Extremfällen kann durch eine plötzliche Rutschung von Erd- bzw. Gesteinsmaterial auch die Messstelle eingedrückt werden, so dass eine weitere Nutzung nicht mehr möglich ist. Ferner können sich Entnahmepumpen an den vorstehenden Filterrippen verkanten.

Es wurde auch ein notdürftig repariertes Filterrohr entdeckt (Abb. 20). Die Standfestigkeit ist hier fraglich. In jedem Fall entspricht der Einbau eines geflickten Filterrohrs nicht den VOB-Richtlinien.

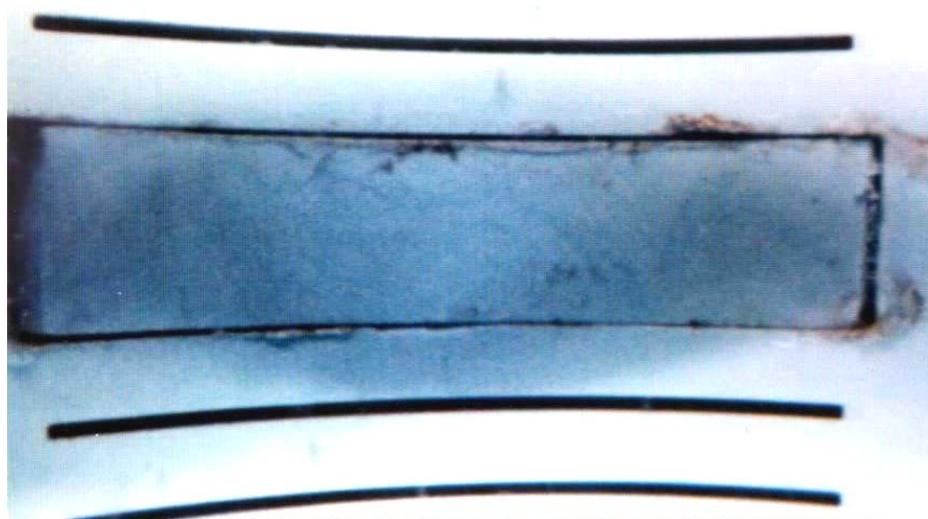
Eine mögliche Ursache für derartige Filterbrüche kann z. B. ein unsachgemäßer Einsatz der Kettenzange im Bereich der Filterlamellen sein (Abb. 21). Da in diesem Bereich die Rohre geschwächt sind, können die hohen Druckkräfte beim Zusammenschrauben der Rohre ein Brechen der Lamellen bewirken. Bereits ein leichtes Einreißen der PVC-Lamellen wird später durch Druckkräfte des Filterkieses und den Gebirgsdruck zu einer Vergrößerung des Risses und möglicherweise zum Einsturz der Messstelle führen. Aus diesem Grund sollten derart beschädigte Filterrohre nicht eingebaut, sondern von der Bohrstelle entfernt werden.



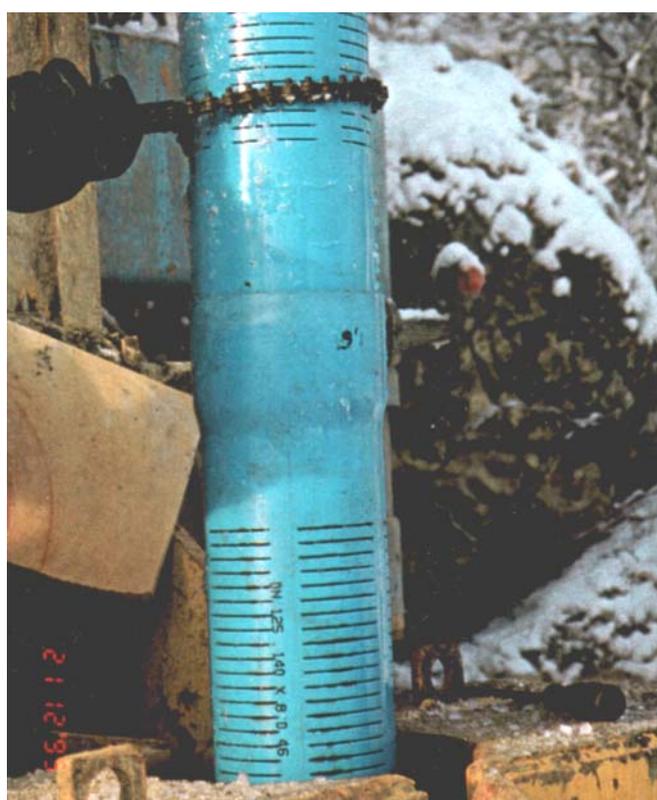
**Abb. 18** Beschädigung im Bereich der Filterlamellen. Messstelle Nr. 16223, HOHENLINDEN 904



**Abb. 19** Beschädigung im nicht geschlitzten Filterrohrbereich. Messstelle Nr. 04167, NIEDERNBERG TB

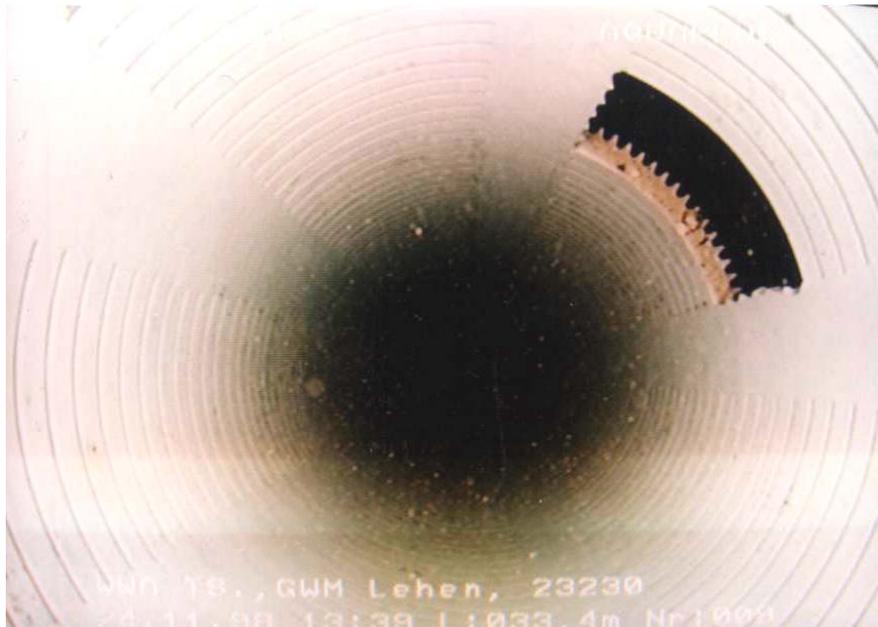


**Abb. 20** Geflickte Filterlamelle. Messstelle Nr. 24119, SANDPLATZ 793



**Abb. 21** Unsachgemäßer Einsatz einer Kettenzange im Bereich der Filterschlitz

Teilweise waren einzelne Filterlamellen auch ganz herausgebrochen (Abb. 2). In Abb. 22 und Abb. 23 ist gut erkennbar, wie weit der Filterkies bereits aus dem Ringraum herausgespült wurde.



**Abb. 22** Ausgebrochene Filterslitze verursachen eine erhöhte Auflandung aus Filterkies. Messstelle Nr. 23230, LEHEN D 10



**Abb. 23** Blick auf die Bohrlochwand durch eine herausgebrochene Filterlamelle. Der Filterkies fehlt. Messstelle Nr. 23216, TOEGING 2 924

Eine Sanierung der gebrochenen Filter ist heute mittels Innenrohrmanschetten möglich. Dabei wird ein mehrlagiges Edelstahlblech mit Gummidichtung im Schadensbereich eingebracht und mit Hilfe einer Arretierungsmanschette an der Rohrwand fixiert. Die an den Enden abgeschrägte Manschette bewirkt eine Rohrverengung von etwa 8 mm (nach [ 3 ]).

Die Fernsehbefahrungen zeigten, dass Filterbereiche auch durch herabfallende Gegengewichte von Schreibgeräten beschädigt wurden (Abb. 24, Abb. 25). Bei der Tertiärmessstelle PENZING (Abb. 25) hatte dies zur Folge, dass der Tertiär-Wasserspiegel um rd. 12 m anstieg (Abb. 26).



**Abb. 24** Durch Fremdgegenstand verursachtes Loch in der Filterwand. Messstelle Nr. 23209, HONAU 915



**Abb. 25** Ein vom Schwimmer abgelenktes Gegengewicht eines Schreibgeräts verursachte ein Loch in der Wand des Vollrohrs; Messstelle Nr. 25138, PENZING I TB 822. Der Schwimmer war trotz hoher Auftriebkraft in einer Tiefe von 38,7 m unter Messpunkt eingeklemmt. Der Wasserspiegel befand sich zum Zeitpunkt der Fernsehbefahrung (15.10.92).



### **Undichte Vollrohrverbindungen**

Lange Zeit waren undichte Vollrohrverbindungen in Grundwassermessstellen wenig bekannte Mängel. Fernsehbefahrungen zeigten relativ häufig undichte Rohrabschnitte. Undichtigkeiten haben eine große Bedeutung für den Grundwasserschutz, weil hier vertikale Grundwasserströmungen mit einem Durchfluss von bis zu mehreren tausend Kubikmetern pro Jahr festgestellt wurden [ 1 ], [ 2 ], [ 3 ], [ 18 ].

Bei Undichtigkeiten ist die natürliche Trennung von Grundwasserstockwerken nicht mehr gegeben und es können je nach den vorherrschenden Druckverhältnissen große Grundwassermengen aus oberflächennahen Grundwasserleitern in tiefere Schichten versickern oder aber Tiefenwasser in oberflächennahe Bereiche exfiltrieren. Untersuchungen zur Vertikalströmung in nicht dauernd abgepumpten Grundwassermessstellen zeigten, dass Vertikalströmungen schon bei geringsten Potentialunterschieden zwischen den Stockwerken entstehen können (BARCZEWSKI et al. [ 1 ]). Dies kann zu Problemen für die Grundwassergüte und die Grundwassermengenbewirtschaftung führen. Durch undichte Vollrohrverbindungen können Verunreinigungen oder geogene Wasserinhaltsstoffe (z. B. Salze) über mehrere Grundwasserstockwerke verschleppt werden.

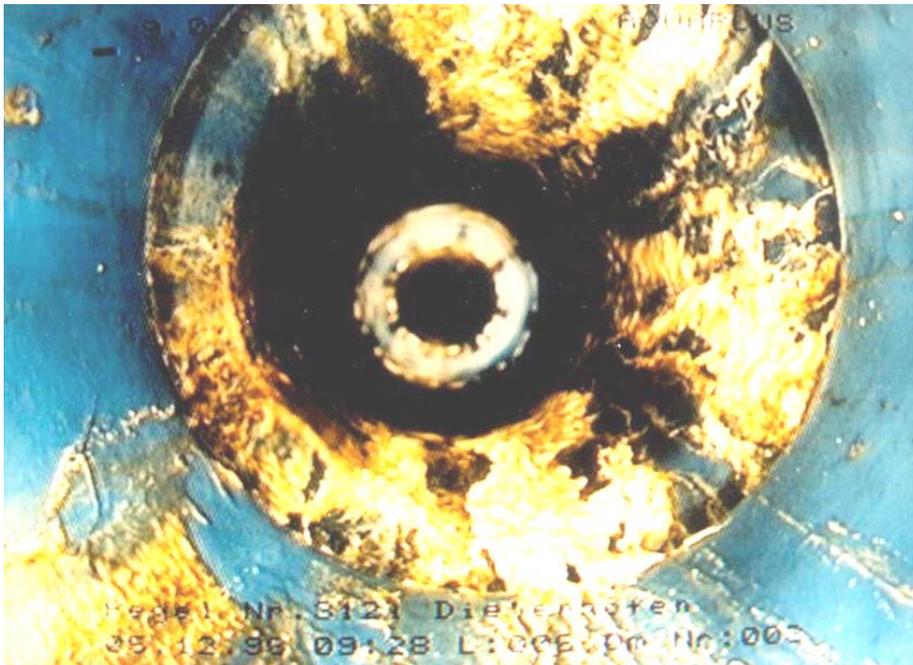
Bei Untersuchungen von TOUSSAINT [ 18 ], [ 19 ] wurden bei Fernsehbefahrungen sogar in 36 % der Messstellen Muffenverbindungen festgestellt, die nicht in Ordnung waren. An 34 % der Messstellen wurde an den Muffenverbindungen ein Zufluss von Fremdwasser beobachtet.

Die Fernsehbefahrungen im Landesgrundwasserdienst in Bayern ergab, dass 39 Messstellen undichte Rohrverbindungen aufwiesen. Bezogen auf die untersuchten 370 Messstellen haben somit 11 % der Messstellen derartige Mängel.

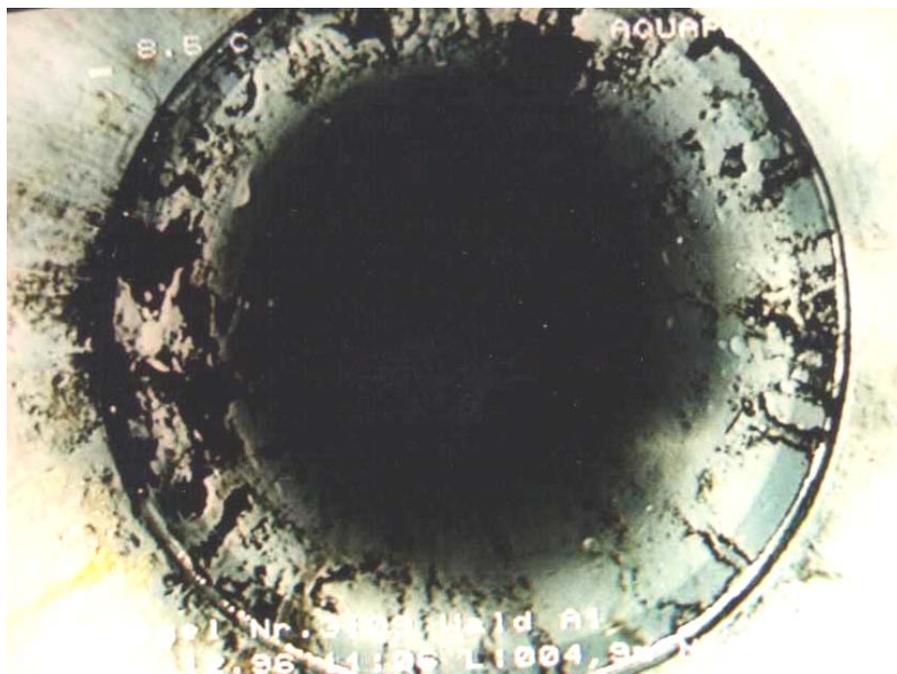
Undichte Vollrohrverbindungen werden mit Fernsehbefahrungen nur dann erkannt, wenn sich durch die Vermischung der verschiedenen Grundwässer in Nähe der Verschraubungen „Verockerungen“ bzw. schwarze Ausfällungen bilden oder aber das Eindringen des Wassers direkt beobachtet werden kann. Die Auswertungen zeigten, dass die durch die Undichtigkeiten verursachten Ablagerungen meist nicht, wie man erwarten könnte, an schlecht verschraubten Rohrverbindungen festgestellt wurden, sondern teilweise auch an komplett verschraubten Muffen (Abb. 27, Abb. 28, Abb. 29, Abb. 30).

Auch aus den vorgenannten Gründen des Grundwasserschutzes sind undichte Vollrohrverbindungen ein Mangel, der heute beim Neubau von Grundwassermessstellen nicht mehr akzeptiert werden sollte.

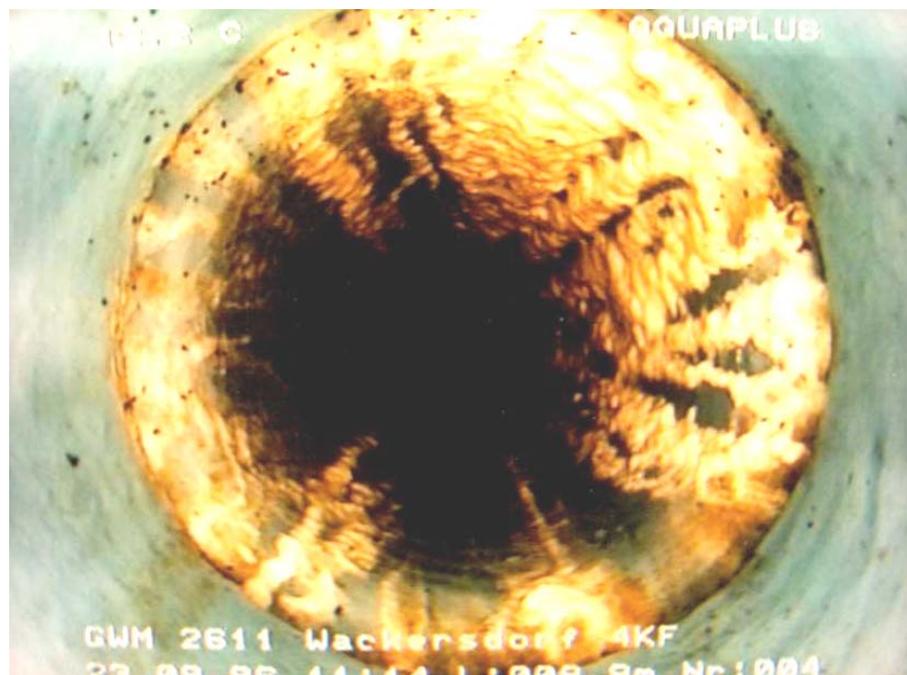
Die Beispiele in Abb. 27 bis Abb. 30 zeigen auch, wie schwierig undichte Rohrverbindungen diagnostiziert werden können. Für Regressforderungen an die ausführenden Bohrfirmen wird mit geophysikalischen Methoden nachzuweisen sein, ob ggf. eine Selbstabdichtung erfolgt ist, oder aber tatsächlich eine Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit besteht.



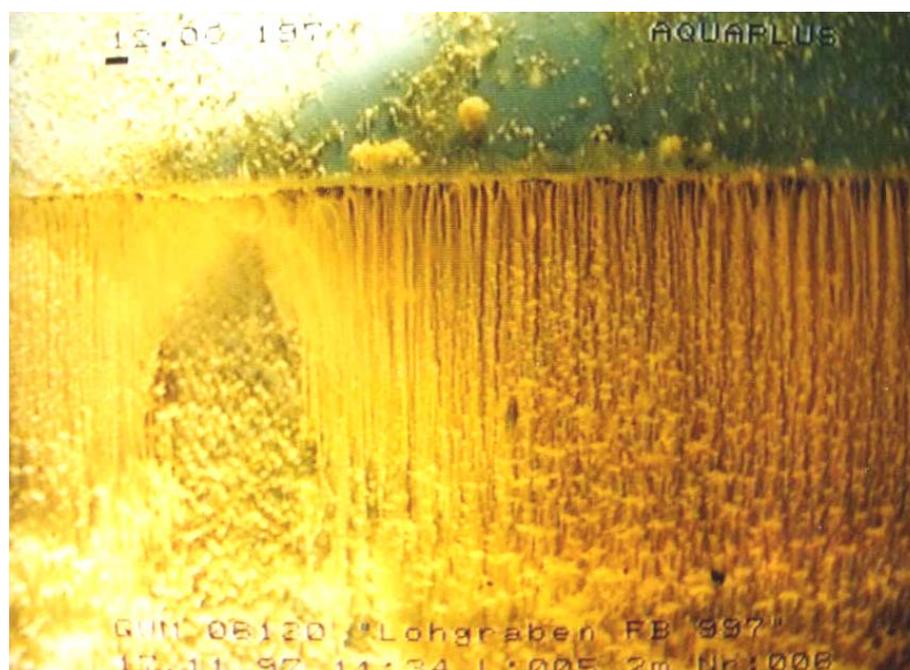
**Abb. 27** Undichte Rohrverbindung mit Ablagerungsfähne. Messstelle Nr. 03121, DIETENHOFEN



**Abb. 28** Schwarze (wahrscheinlich organische) Ablagerungen an einer fest verschraubten, aber undichten Rohrverbindung in 4,9 m Tiefe. Messstelle Nr. 03109, WALD/A1-TIEFBR 697



**Abb. 29** Undichte Rohrverbindung mit Ablagerungsfähne. Messstelle Nr. 02611, WACKERSDORF 4KF



**Abb. 30** Undichte Rohrverbindung mit Ablagerungsfähne. Messstelle Nr. 06130, LOHGRABEN B FLBR 997

### Risse oder Löcher in Vollrohren

Im Regelfall sind die Rohrwandungen der Grundwassermessstellen so dimensioniert, dass sie die üblichen Belastungen problemlos aushalten. Die Fernsehbefahrungen haben dennoch gezeigt, dass an 17 Messstellen die relativ massiven Vollrohre gerissen sind (Abb. 31, Abb. 32, Abb. 33). Diese Risse können hierbei über den gesamten Umfang der Rohre auftreten, wie z.B. in Abb. 31. In wieweit hier Bauwerkssetzungen oder tektonische Kräfte diese Risse verursacht haben, kann mit der Fernsehbefahrung allein nicht ermittelt werden.

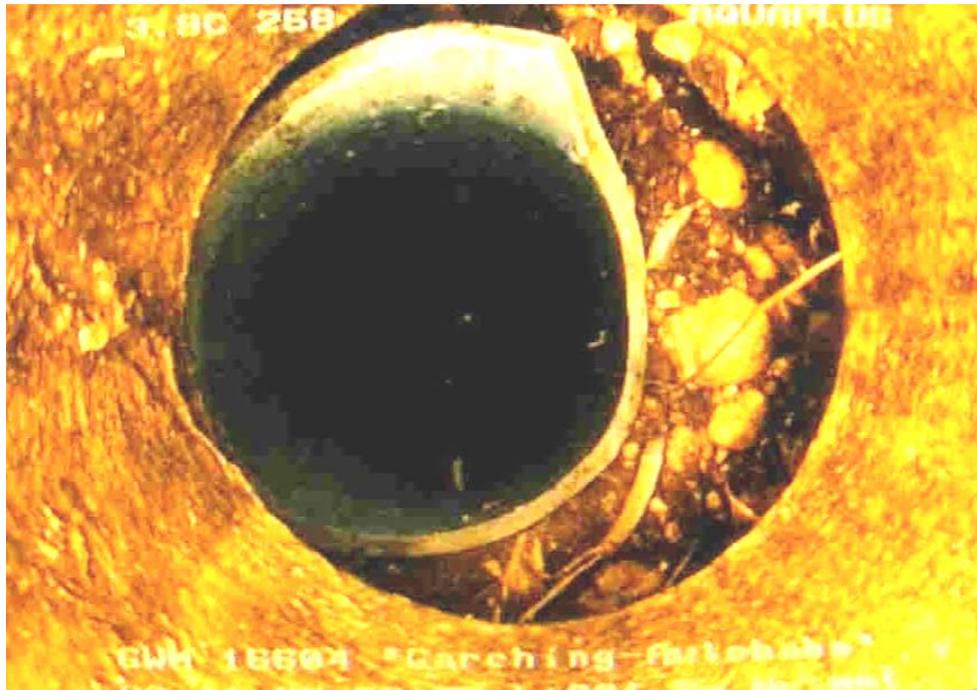
Die Fernsehbefahrungen dokumentieren hier aber den jeweils aktuellen Zustand und geben Hilfestellung für weitergehende Maßnahmen, ob zur Sanierung oder zur Auflassung bzw. Verfüllung der Messstelle.



**Abb. 31** Das Vollrohr ist in 11,2 m Tiefe gerissen und nur noch durch eine kleine Materialbrücke verbunden. Messstelle Nr. 25144, PEITING WV 872 TR

### Komplette Rohrabbrüche

An 13 Messstellen wurden mit den Fernsehbefahrungen komplette Rohrabbrüche dokumentiert. Dieses vollständige Abreißen des Vollrohres wurde in oberflächennahen, wie auch in tieferen Bereichen beobachtet (Abb. 32, Abb. 33). Die Bruchstellen liegen im allgemeinen nicht im Bereich der Muffenverbindungen, sondern im glatten Vollrohrbereich.



**Abb. 32** Rohrbruch mit seitlichem Versatz. Messstelle Nr. 16604, GARCHING-AUTOB. G4A



**Abb. 33** Rohrbruch mit seitlichem Versatz in einer Tiefe von 9,4 m unter Gelände. Messstelle Nr. 27107, RIENECK, Ausbautiefe 117 m

### Eingestürzte Messstellen

Werden mit der Fernsehbefahrung bei einer 96 m tiefen Messstelle im Bereich eines Vollrohrs bei 22 m unter Gelände Felsen gesichtet, wie in Abb. 34, ist ein Neubau unausweichlich. Eine weitere 200 m tiefe Karstmessstelle ist in einer Tiefe von 81 m unter Gelände eingestürzt.



**Abb. 34** Das Vollrohr ist 22 m unter Gelände abgerissen, die Messstelle darunter zusammengestürzt. Messstelle Nr. 27113, SCHONDERFELD 213, Ausbautiefe 88 m unter Gelände

### Offene Rohrverbindungen

An 5 Messstellen wurden bei der Fernsehbefahrung offene Rohrverbindungen angetroffen (s. Abb. 13).

### Sonstige Schäden

Hier sind stark deformierte Rohrverbindungen zu nennen, die den Rohrquerschnitt deutlich verengen (s. Abb. 15). Ferner wurden Felsausbrüche im Bereich der offenen Bohrung und mutwillig eingebrachte Steine im Messrohr beobachtet, wodurch das Bohrloch bzw. die Messstelle versperrt wurde (s. Abb. 35, Abb. 36). Die Bergung großer Steine ist nahezu unmöglich. Im vorliegenden Fall konnte der Messbetrieb jedoch weitergeführt werden.



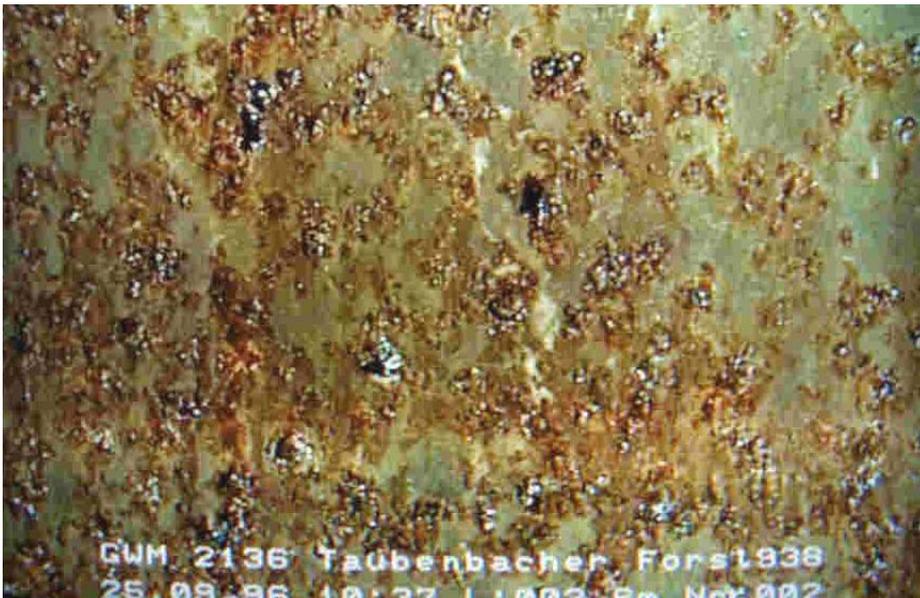
**Abb. 35** Blockierter Bohrlochquerschnitt durch Herausbrechen eines Stücks des anstehenden Felsens in 155 m Tiefe. Offene Bohrung der Messstelle Nr. 06121, NORDL.OTTENBERG C 199, Endteufe 255 m



**Abb. 36** Durch Steine blockiertes Beobachtungsrohr. Messstelle Nr. 13112, LAUCHDORF 560

### 5.1.3 Korrosionserscheinungen

Die Auswertung der Fernsichtbefahrungen ergab, dass an 26 Messstellen Korrosionserscheinungen an der Verrohrung bestehen, wie z.B. Rost an Stahlrohren (Abb. 37), Abblättern oder Blasenbildung an beschichteten Stahlrohren (Abb. 38), Korrosion an bituminierten Stahl- oder Kupferrohren u. ä., bis hin zu vollkommen korrodierten Stahlrohren (Abb. 39). Starke Korrosionen können bewirken, dass Messgeräte mit Schwimmer hängen bleiben, und so die Messwerte verfälschen.



**Abb. 37** Rost am Stahlrohr. Messstelle Nr. 02136, TAUBENB.FORST C 938



**Abb. 38** Blasenbildung an beschichtetem Stahlrohr. Messstelle Nr. 02110, FREIHUNGSAND II 657



**Abb. 39** Komplette korrodiertes Stahl-Vollrohr in 59 m Tiefe. Messstelle Nr. 06121, NORDL. OTTENBERG C 199

Vereinzel wurden deutliche Druckstellen und **Kratzspuren** beobachtet (Abb. 40), die möglicherweise von Entnahmepumpen herrühren, welche die Filterschlitzbereiche verschleppen.



**Abb. 40** Kratzspuren im Filterrohrbereich in 26 m Tiefe. Messstelle Nr. 10140, HOEHN (S1)

#### 5.1.4 Nicht lotrechter Einbau des Messrohres

In den Bildberichten zu den Fernsehbefahrungen wurde bei 17 Messstellen erwähnt, dass das Messrohr nicht lotrecht ist. Zum Ausmaß der Schiefe wurde keine Angabe gemacht. Allerdings haben nur wenige Fernsehuntersuchungsfirmen regelmäßig zum lotrechten Ausbau Angaben gemacht, so dass von einer Dunkelziffer weiterer nicht lotrecht ausgeführter Messstellen ausgegangen werden muss. Nach BAUMANN / THOLEN [ 2 ] ist eine ungenaue Bohrlochgeometrie beim Bau von Grundwassermessstellen ein häufiger und unterschätzter Fehler, der bei manchen Messgeräten (speziell mit Schwimmersystemen) messtechnische Schwierigkeiten zur Folge hat.

#### 5.1.5 Organische Verunreinigung

Bei der Messstelle in Abb. 41 und Abb. 42 haben sich in der Bauphase Ratten in das falsche Loch geflüchtet. Ohne die Ergebnisse der Fernsehbefahrung würden die "eigenartigen" Gütedaten sicher zu manchen wilden Spekulationen führen (zur Grundwasserbiologie siehe Kapitel 5.9).



**Abb. 41** Aufschwimmender Rattenkadaver in neu gebauter Beweissicherungsmessstelle



**Abb. 42** Tote Ratten in neu gebauter Beweissicherungsmessstelle

## 5.2 Abweichungen vom Ausbauplan

Die Überprüfung der Tiefen der einzelnen Ausbauelemente mittels Fernsehbefahrungen ergab an 185 Messstellen Abweichungen von über einem halben Meter gegenüber den Angaben in den Ausbauplänen. Das sind 50 % der 370 untersuchten Messstellen. Ferner wurden Abweichungen im Ausbau festgestellt, wie z. B. der Einbau eines Filterrohrs statt eines geplanten Aufsatz- oder Sumpfrohrs, eine offene Bohrung statt eines geplanten Filterrohrs, oder es wurden Ausbaubabschnitte bis zu rund 20 m tiefer bzw. bis zu ca. 13 m höher angetroffen als geplant. Lediglich an 39 Messstellen (11 %) wurden keine nennenswerten Unterschiede ( $\pm 5$  cm) zum Ausbauplan festgestellt.

Nach der Art der Abweichungen konnten diese 185 Messstellen noch einmal in drei Gruppen unterteilt werden (Abb. 43):

- **Abweichungen von über einem halben Meter:** In 102 Messstellen (= 28 % von 370 Messstellen) waren die Filterstrecken bzw. die offenen Bohrungen gegenüber dem Ausbauplan über einen halben Meter nach oben oder unten verschoben. Die Art des Ausbaus stimmte aber ansonsten mit dem Ausbauplan überein.  
Zum Beispiel wies die Messstelle Nr. 24600, PARKSTEIN EB VI TR Abweichungen der geplanten Filtertiefen von 2,29 m bis 2,54 m auf. Die Messstelle Thannhausen B FB (Nr. 09210) zeigte vertikale Abweichungen von rd. 80 cm.

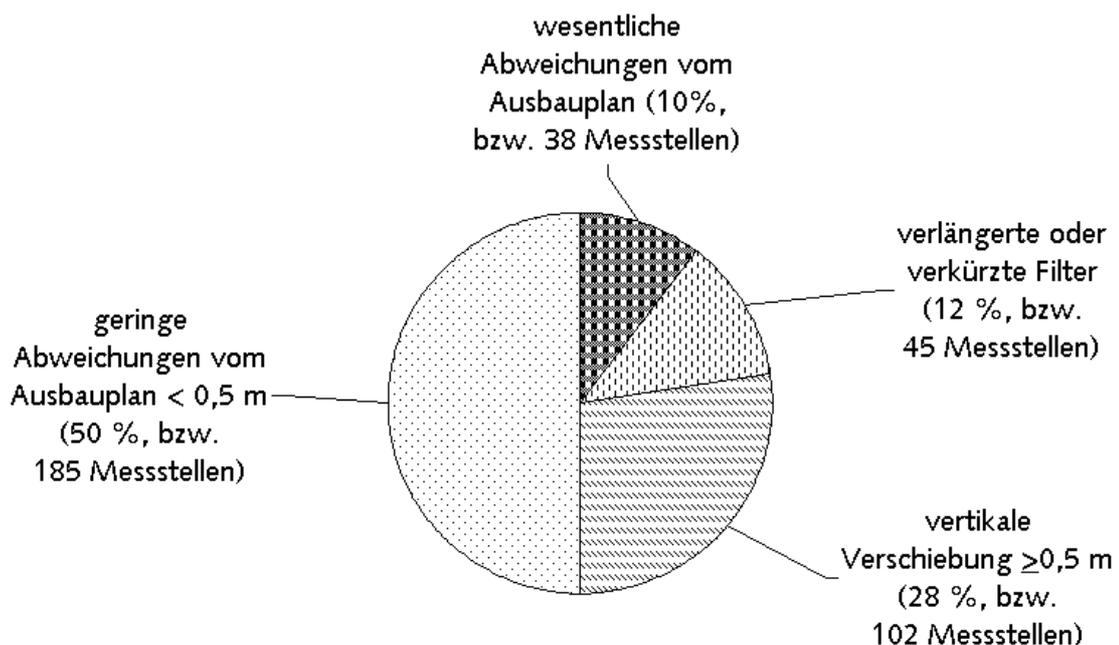


Abb. 43 Abweichungen vom Ausbauplan

- **Längere oder kürzere Filterstrecken** gegenüber den Angaben im Ausbauplan wurden bei 45 Messstellen festgestellt, wobei die Abweichungen bei diesen Messstellen über einen halben Meter betragen. Der Ausbau stimmte aber wenigstens in der Reihenfolge der Ausbauabschnitte mit dem Plan überein.  
Beispielsweise wurden in der Messstelle Nr. 3112, WALD/B2-FLACHBR 763 vertikale Abweichungen der Filterober- und -unterkanten von +0,70 m bis -1,30 m (2,00 m Spannweite) und in der Messstelle Nr. 7151, WOLFERSZELL 743 Abweichungen von +6,00 m bis +11,20 m (5,20 m Spannweite) festgestellt.
- Eine **andere Art des Ausbaus** als im Ausbauplan vorgegeben wurde bei 38 Messstellen angetroffen (ca. 10 % aller untersuchten Messstellen). Hier waren zusätzliche Voll- oder Filterrohre eingebaut oder geplante Voll- oder Filterrohre weggelassen worden. Im Extremfall wurden sogar offene Bohrlöcher angetroffen, obwohl im Ausbauplan Verrohrungen angegeben waren. Teilweise wurden gegenüber dem Ausbauplan Sumpfrohre eingebaut oder vorgesehene Sumpfrohre durch Filterrohre ersetzt.  
Beispielsweise wurde in der 200 m tiefen Messstelle Nr. 17139, PRACKENFELS 229, ab 71 m unter Gelände eine offene Bohrung statt eines Filterrohrs angetroffen.

Gründe für die Änderungen gegenüber dem Ausbauplan gingen nicht immer aus den Messstellenakten hervor.

### 5.3 Ablagerungen an Rohrrinnenwand und in Filterschlitz

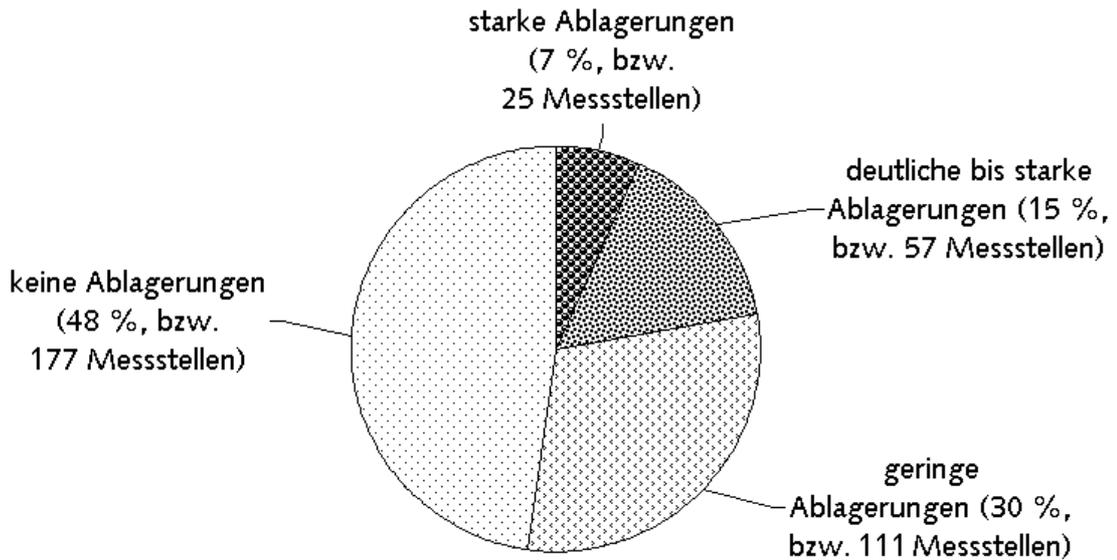
Häufig festgestellte Mängel sind braune Ablagerungen an den Innenwänden der Filter- bzw. Vollrohre und in den Filterschlitz, die teilweise nicht ganz korrekt als Verockerungen bezeichnet werden (Abb. 45). Die Ablagerungen werden verursacht durch chemische Ungleichgewichte, die bei der Mischung unterschiedlicher Grundwässer entstehen. Sie bestehen meistens aus Eisenoxiden (Verockerungen) und Manganoxiden. In Ausnahmefällen bilden sie große Kristalle wie in Abb. 46.

Geringe Ablagerungen wie in Abb. 45 sind messtechnisch für die Erhebung quantitativer Messdaten kein Hindernis oder Nachteil.

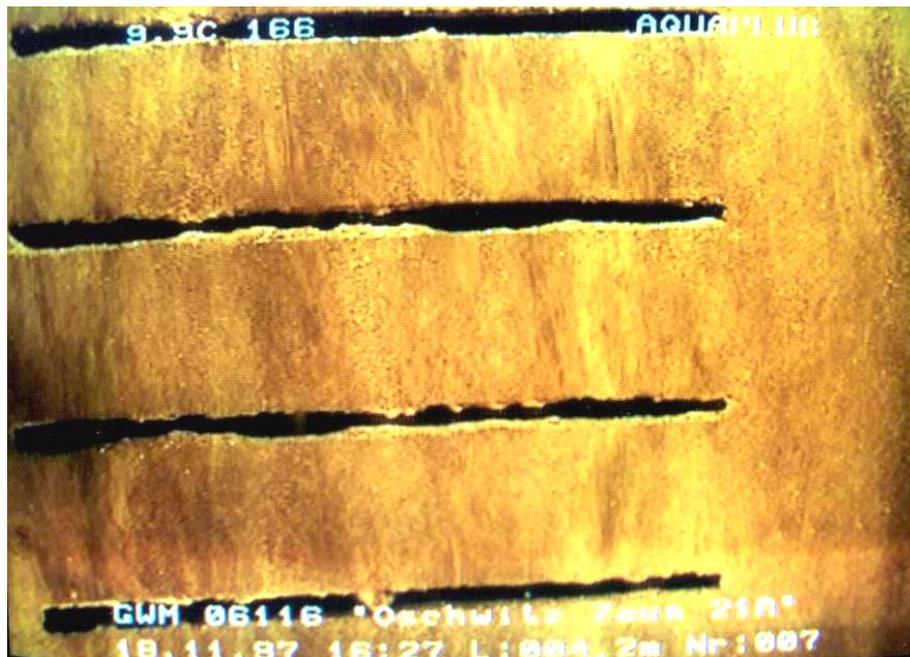
Daneben gibt es Ablagerungen (Abb. 28, Abb. 47), die je nach Ausprägung dazu führen können, dass sich bei Schwimmersystemen (Schreibgerät, Datensammler) ein Schwimmer oder Gegengewicht darin verhaken kann.

Das größte Problem stellen Ablagerungen in den Filterschlitz dar, da hierdurch der Grundwasserzustrom und damit die Funktionstüchtigkeit der Grundwassermessstelle beeinträchtigt werden kann.

Bei der Auswertung der Ablagerungen wurde in Abb. 44 auch nach ihrer Stärke unterschieden. Insgesamt zeigten 193 Messstellen geringe bis starke Ablagerungen. Hiervon haben 83 Messstellen deutliche bis starke Ablagerungen. Nur in wenigen Fällen waren die Ablagerungen so dick bzw. dicht, dass nicht mehr erkennbar war, ob die Verrohrung aus Filter- oder Vollrohren bestand oder es sich um eine offene Bohrung handelte.



**Abb. 44** Ablagerungen in den Verrohrungen



**Abb. 45** Geringe, meist braune Ablagerungen, sogenannte „Verockerungen“, an der Innenwand der Grundwassermessstelle Nr. 06116, OSCHWITZ-ZAUN 21A. Die Filterschlitz sind nahezu frei



**Abb. 46** Kristalle an der Rohrwand der Messstelle Nr. 02620, WACKERSDORF 7KT

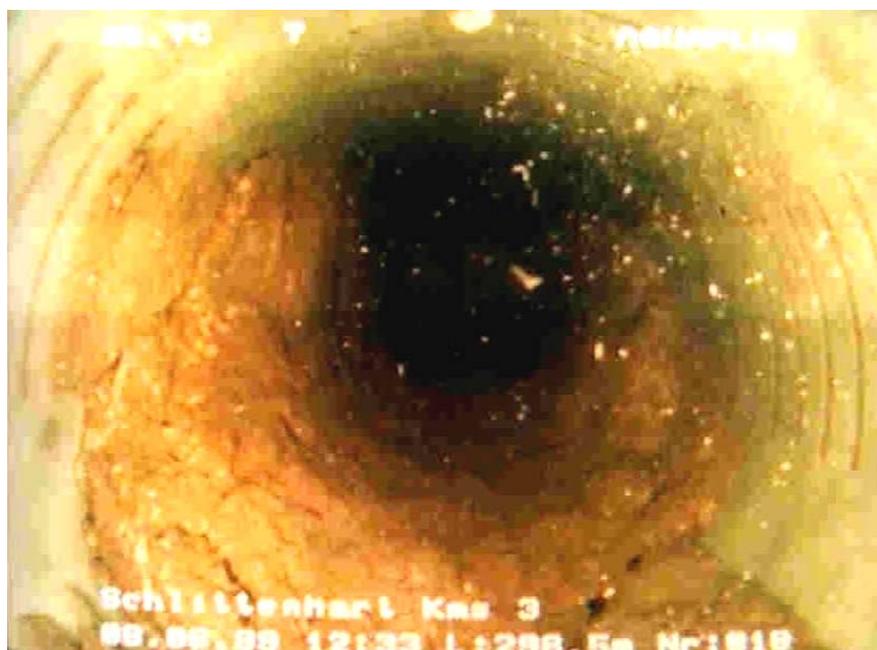


**Abb. 47** Netzartige, schwarze Ablagerungen an alten Holzrohren. Messstelle Nr. 05168, Burk 23

Die Abb. 7 und Abb. 48 zeigen Beispiele für starke Ablagerungen. Abb. 49 bis Abb. 51 Beispiele für deutliche bis starke Ablagerungen.



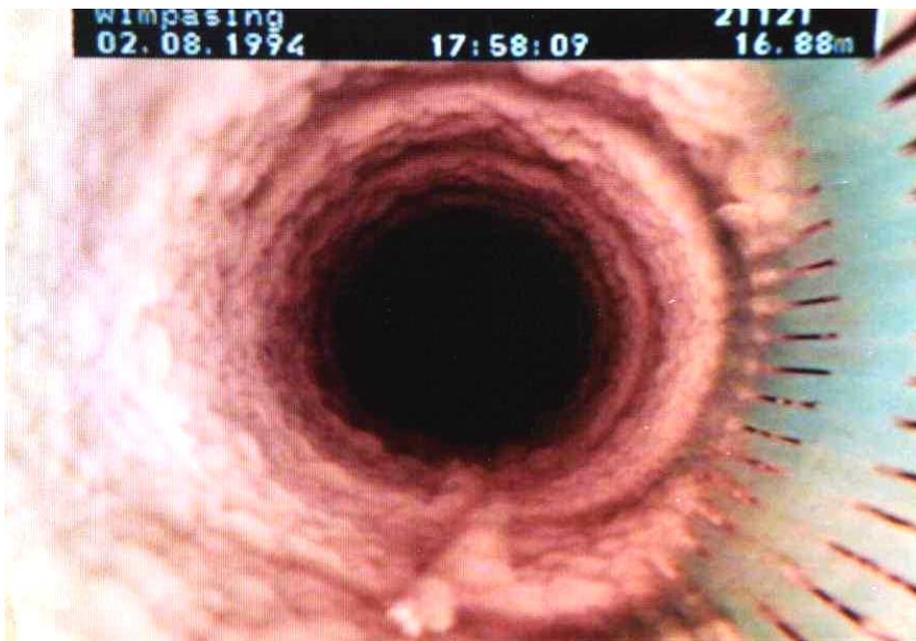
**Abb. 48** Sehr starke Ablagerungen stoppten die Fernsichtbefahrung vorzeitig. Nur selten sind die „Verockerungen“ so stark, dass man nicht mehr erkennen kann, ob es sich um ein Voll- oder Filterrohr handelt. Messstelle Nr. 17144, ZINKELMUEHLE 2 976



**Abb. 49** Teilweise starke Ablagerungen im Filterbereich in 298m Tiefe. Messstelle Nr. 03128, Schlittenhart GM 3

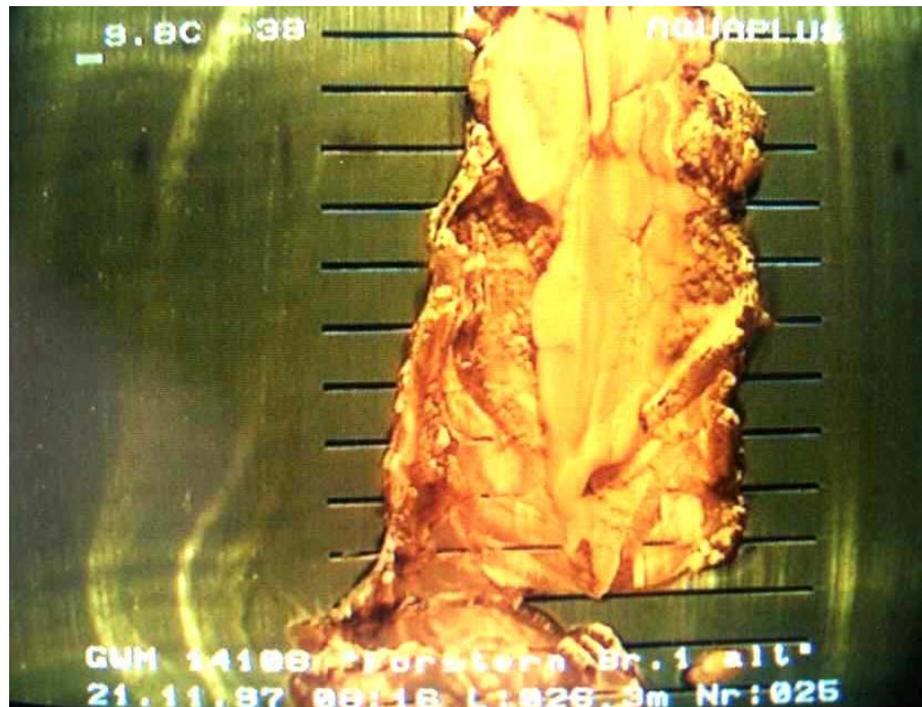


**Abb. 50** Starke Ablagerungen in der Messstelle Nr. 19130, HAMMERSBACH 696. Die Fernsehbefahrung musste in 75 m Tiefe abgebrochen werden. Auf der Ablagerung befinden sich Krebse oder Insektenlarven

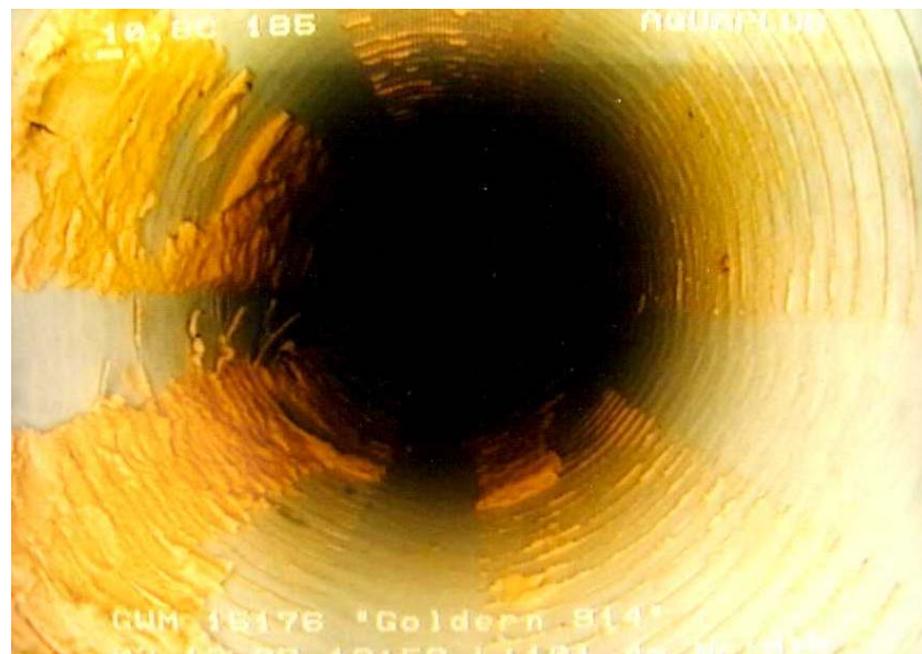


**Abb. 51** Starke Ablagerungen im Filterbereich in 16,8 m Tiefe. Messstelle Nr. 21121, WIMPASING 611

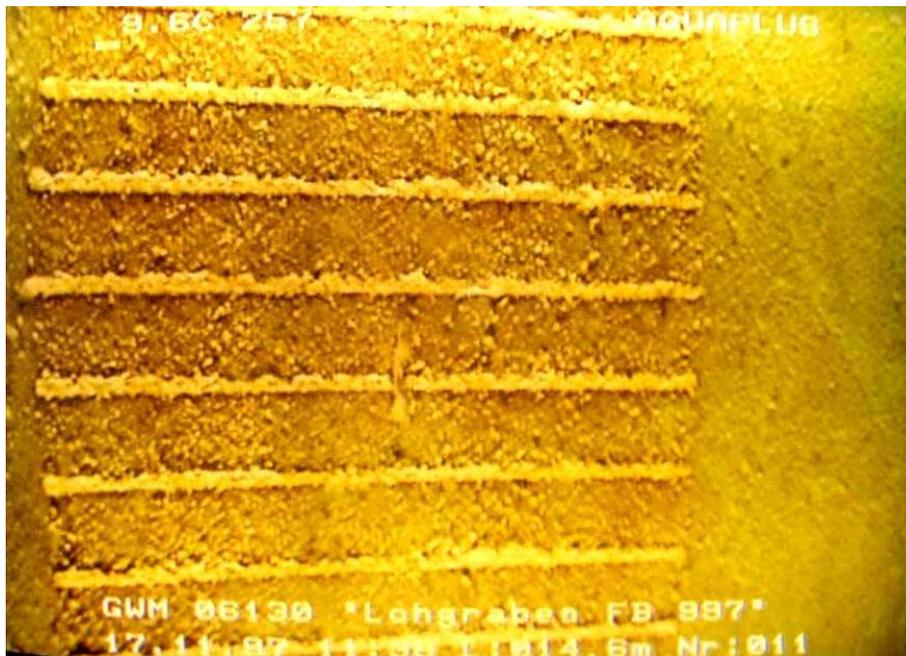
In Abb. 52 und Abb. 53 werden Beispiele für deutliche Ablagerungen wiedergegeben. Geringe Ablagerungen zeigen dagegen die Messstellen in Abb. 45, Abb. 54 und Abb. 55.



**Abb. 52** Künstliche Ablagerungen in 28 m Tiefe. Messstelle Nr. 14108, FORSTERN BR. 1 alt



**Abb. 53** Deutliche Ablagerungen im Filterbereich in 101 m Tiefe; viele Filterschlitze sind geschlossen. Messstelle Nr. 15176, GOLDERN 914



**Abb. 54** Geringe Ablagerungen, aber geschlossene Filterschlitz in 14,6 m Tiefe. Messstelle Nr. 06130, LOHGRABEN B FLBR 997



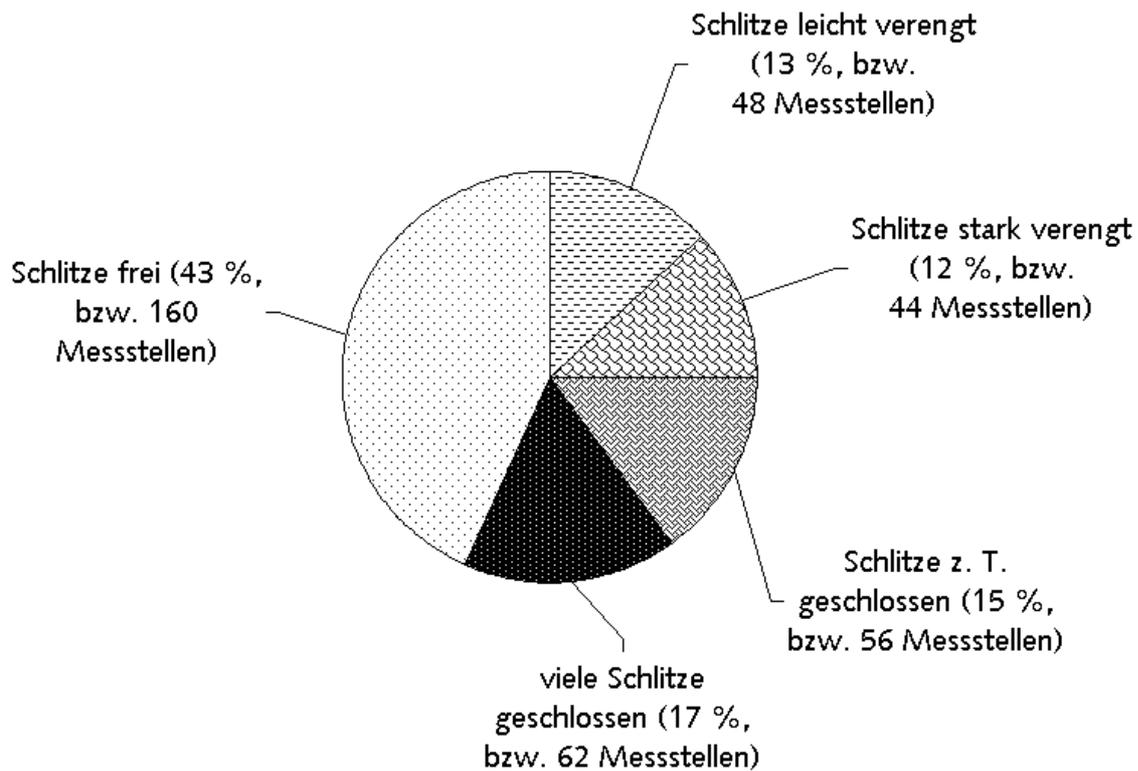
**Abb. 55** Geringe Ablagerungen, Filterschlitz frei. Messstelle Nr. 04167, NIEDERNBERG TB

Die Ablagerungen sind meist fest mit der Verrohrung verwachsen. Gelegentlich haften sie aber auch nur locker an der Messstellenwand an und lösen sich schon durch die von der Kamera im Grundwasser ausgelösten Wasserbewegungen (Abb. 56).



**Abb. 56** Lockere Ablagerungen lösen sich während der Kamerabefahrung in 124 m Tiefe und behindern die Sicht. Messstelle Nr. 06131, SAULOHE C 998

In den ausgewerteten Fernsehbefahrungen wurden in 209 Messstellen Ablagerungen in den Filterschlitz festgestellt. Hiervon waren die Filterschlitz bei 162 Messstellen teilweise stark verengt bis geschlossen (Abb. 57).



**Abb. 57** Zustand der Filterschlitz

Die verschiedenen Zustände der Filterschlitz sollen durch die nachfolgenden Beispiele verdeutlicht werden.

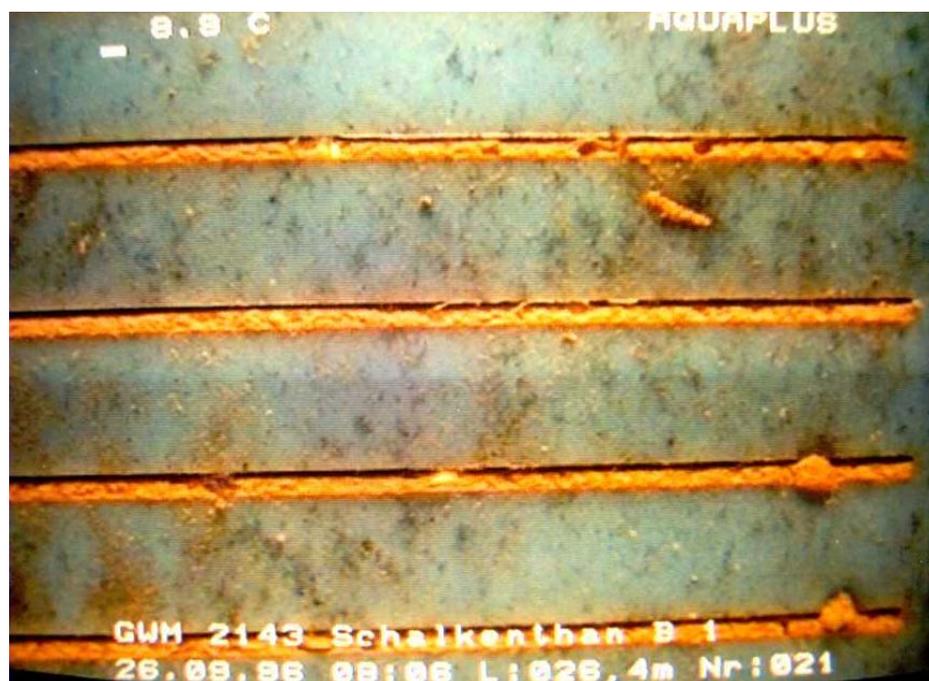
Abb. 54 und Abb. 58 zeigen die Ausprägung von vollständig geschlossenen Filterschlitz und Abb. 59 gibt stark verengte Filterschlitz wieder.

In Abb. 60 sind leicht verengte Schlitz zu sehen. In Einzelfällen können die Filterschlitz auch verengt sein durch Unterkorn aus zu feinkörnigem Filterkies (Abb. 61).

Grundwassermessstellen mit stark verengten Filterschlitz sollen durch eine weitere Fernsehbefahrung im Abstand von fünf bis zehn Jahren kontrolliert werden. Gegebenenfalls muss durch geeignete Regenerierungs-Maßnahmen (Bürsten, Hochdruckreinigung, etc.) eine Erweiterung der Filterschlitz veranlasst werden.



**Abb. 58** Vollständig geschlossene Schlitz in 18,4 m Tiefe. Die Bauabnahme wurde hier verweigert. Die Messstelle wurde verfüllt und neu gebaut; Bohrung GwM 1b



**Abb. 59** Stark verengte Schlitz in 26 m Tiefe, Messstelle Nr. 02143, SCHALKENTHANN B1



**Abb. 60** Leicht verengte Schlitz in 45 m Tiefe, Messstelle Nr. 03112, WALD/B2-FLACHBR 763



**Abb. 61** Zum Teil verengte Schlitz durch Unterkorn aus zu feinkörnigem Filterkies. Messstelle Nr. 19143, NEUKIRCHEN VB2

## 5.4 Offene, nicht ausgebaute Bohrungen

Tiefbohrungen im Festgestein wurden in früheren Jahren aus Kostengründen teilweise nicht mit den sonst üblichen Filterrohren ausgebaut. Dadurch wurden nicht nur die Kosten für die Filter- und Vollrohre für Ausbaulängen von über 50 m eingespart, sondern auch der Einbau der Kiesel- und Kieschüttungen und eventuell notwendigen Absperrrungen.

Der darunter liegende, nicht ausgebaute Bereich der Messstelle wird als offene Bohrung bezeichnet. Bei diesen Messstellen ist meist nur der oberflächennahe Bereich mit einem Messrohr bzw. Vollrohr ausgebildet, womit i. d. R. die oberflächennahen Grundwasserleiter abgesperrt werden.

Von den Fernsehbefahrungen, die im Landesgrundwasserdienst durchgeführt wurden, waren insgesamt 22 Messstellen als offene Bohrungen im Fels ausgebaut worden (das entspricht 5,9 % der untersuchten 370 Messstellen).

Von diesen 22 Messstellen zeigten zwölf Messstellen Klüfte (Abb. 62) und Karsthohlräume (Abb. 63, Abb. 64). Zehn Messstellen wiesen Felsausbrüche auf (Abb. 65). Ein Felsausbruch versperrte die Messstelle so stark, dass die Fernsehbefahrung abgebrochen werden musste (s. Abb. 75). Hier sind geologische Störungen als Hauptursache zu sehen, die sich in unausgebauten Messstellen ungeschützt und stärker auswirken als in ausgebauten Messstellen.

Mit den Aufnahmen der Fernsehbefahrungen an diesen Messstellen ist leicht erkennbar, dass der massive Fels in Abb. 62 eine wesentlich höhere Standfestigkeit aufweist, als die relativ brüchigen Formationen in Abb. 63 bis Abb. 65.

Da in den Messstellen mit offenen Bohrungen der schützende Ausbau mit Verrohrung und Filterkies fehlt, wurden dort erwartungsgemäß relativ häufig erhöhte Auflandungen angetroffen. In Tab. 3 werden die Auflandungshöhen für sieben Messstellen wiedergegeben.

<u>Messstelle</u>	<u>Besonderheit im Messstellenausbau</u>	<u>Höhe der Auflandung</u>
02135	zahlreiche Karsthohlräume	24,2 m
02136	Sperrrohr zu kurz, Lehm, Sand, offene Klüfte	6,4 m
02142		2 m
03117		12 m
07154		3,4 m
24126	wenige Klüfte und Ausbrüche	3,2 m
24144	unklarer Ausbau	131 m

**Tab. 3** Offene Bohrungen mit erhöhten Auflandungen



**Abb. 62** Offene Bohrung mit steil nach links oben einfallender Kluft in 76 m Tiefe. Messstelle Nr. 20171, MATTING 1 661



**Abb. 63** Radialer Blick auf einen kleinen Karsthohlraum mit hoher Sandführung in 32,7 m Tiefe. Offene Bohrung mit 24 m Auflandung. Messstelle Nr. 02135, TAUBENB.FORST B 937



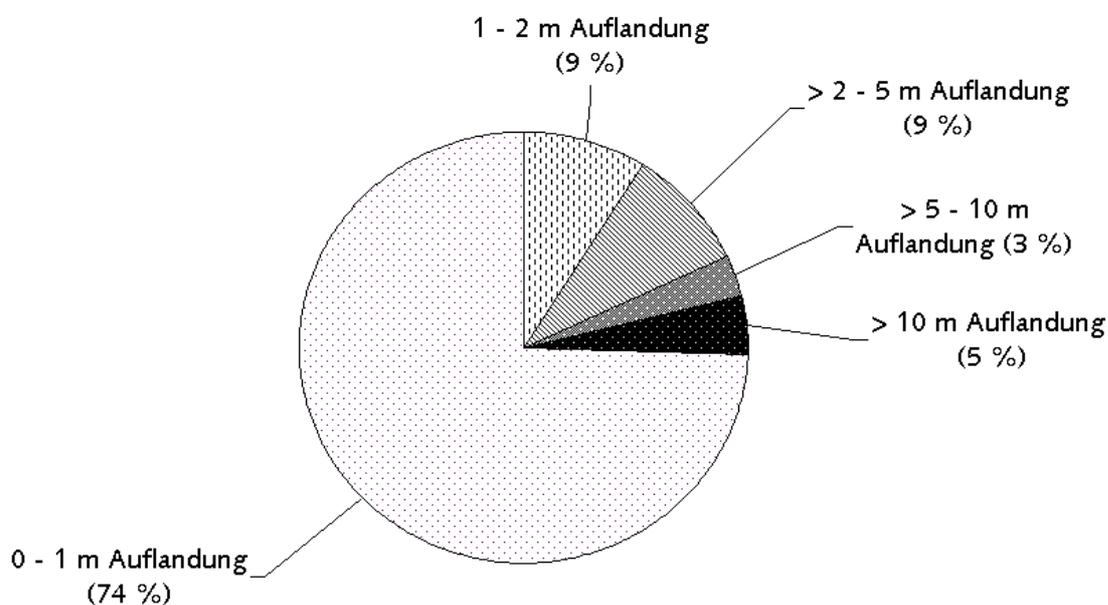
**Abb. 64** Ein kleiner Karsthohraum mit hoher Sandführung in 140 m Tiefe in der offenen Bohrung der Messstelle Nr. 09289, WERTINGEN (artesisch gespannt)



**Abb. 65** Offene Bohrung mit Felsausbrüchen. Messstelle Nr. 09289, WERTINGEN (Artes.)

## 5.5 Auflandungen im Messrohr

Die in den Fernsehbefahrungen angetroffenen erhöhten Auflandungen in der Messstellensohle bestanden - soweit bei den Fernsehbefahrungen erkennbar - hauptsächlich aus Feinkies und Sand. Sie stammen bei den beschädigten oder vollständig korrodierten Verrohrungen vor allem aus nachgerutschtem Filterkies (s. Abb. 2, Abb. 22) und in den offenen Bohrungen aus den Klüften und Karsthohlräumen (Abb. 63).



**Abb. 66** Höhe der Auflandungen an der Messstellensohle (von 370 untersuchten Messstellen)

Die Abb. 66 zeigt, dass größere Auflandungen von über einem Meter bei rd. 25% aller Messstellen angetroffen wurde. Die Höhe der Auflandung und die tatsächliche Sohlentiefe der Messstelle konnten nicht immer exakt bestimmt werden. Dies sei am Beispiel der Messstelle, Nr. 10124, STEINACHTAL 154 erläutert:

- Die Fernsehbefahrung ermittelt eine Endtiefe von 93,50 m. Der Ausbauplan der Messstelle gibt eine Sohlentiefe von 99,00 m an. Dies ergibt eine Auflandung von 5,50 m.
- Laut Ausbauplan sollte die Messstelle 90,00 m tief sein. Das ist aufgrund der bei der Fernsehbefahrung festgestellten Endtiefe von 93,50 m offensichtlich falsch.
- Laut Ausbauplan sollte sich die Sumpfroberkante bei 88,00 m befinden. Tatsächlich wurde sie jedoch bei 92,50 m angetroffen. Wurde die geplante Länge des Sumpfrohrs (2 m) tat-

sächlich eingebaut, so liegt die Endteufe bei 94,50 m und es ergibt sich eine Auflandung von nur 1,00 m. In diesem Fall hätte die Bohrfirma 5,50 m zu wenig gebohrt.

Das Beispiel zeigt, wie wichtig eine sorgfältige Dokumentation bei Planung und Bau der Grundwassermessstellen ist. Auch von TOUSSAINT [ 18 ] wird hervorgehoben, dass er bei der Prüfung von Messstellenbeschreibungen vielfach nur unsichere oder widersprüchliche Aussagen fand.

## 5.6 Wurzeln und Fremdkörper in der Messstelle

In fast jeder sechsten Messstelle wurden bei den Fernsehbefahrungen Fremdkörper im Messrohr gefunden, insgesamt an 66 Messstellen. Sie sind entweder im mehrjährigen Betrieb in die Messstellen hineingefallen oder aber in die Messstelle hineingewachsen, wie z.B. Wurzeln von nahegelegenen Bäumen, Büschen und Sträuchern.

Ein besonderes Problem stellen die Wurzeldurchwachsungen dar, da diese mit der Zeit das Messrohr zusetzen (Abb. 67) und auch nach einer mechanischen Beseitigung rasch wieder nachwachsen. Derartige Durchwurzungen wurden bis zu einer Tiefe von 18 m unter Gelände festgestellt. Die Wurzeln wachsen oberflächennah in die undichten Muffenverbindungen der Vollrohre, gelegentlich aber auch durch die Filterschlitz (Abb. 67).

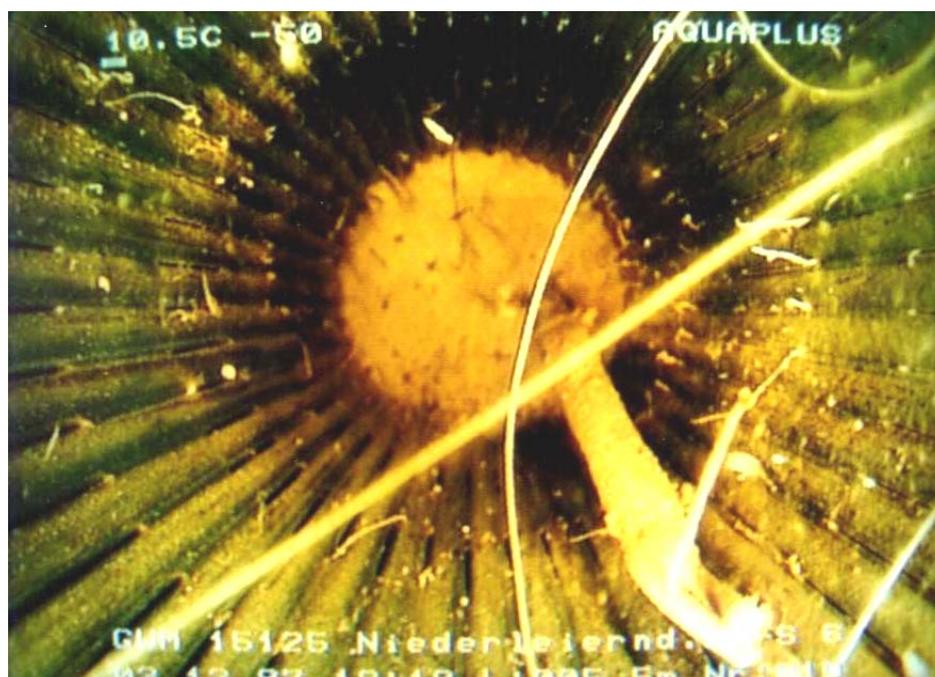
Zum größten Teil sind die Fremdkörper aber Gegenstände, die im Betrieb der Messstellen irgendwann einmal abgestürzt sind, wie abgerissene Pumpen, Drahtseile, Schwimmer und Gegengewichte von Schreibgeräten u. ä. (Abb. 68 bis Abb. 71).



**Abb. 67** Starker Wurzelwuchs im Filterrohr in 4,4 m Tiefe. Messstelle Nr. 16257, DACHAU-OST D 56



**Abb. 68** Abgerissenes Drahtseil über der Auflandung in 144 m Tiefe. Messstelle Nr. 06132, RAMLESREUTH D 999



**Abb. 69** Abgerissenes Gegengewicht eines Schreibgerätes über der Auflandung in 5,5 m Tiefe. Messstelle Nr. 15126, NIEDERLEIERNDF.MU. S6



**Abb. 70** Abgerissenes Gegengewicht eines Schreibgerätes über der Auflandung in 16,3 m Tiefe. Messstelle Nr. 16233, ERDING



**Abb. 71** Abgerissene Schwimmer auf dem Grundwasserspiegel in 88 m Tiefe. Die Bergung der runden Schwimmer ist in engen Messrohren relativ kompliziert. Messstelle Nr. 06121, NORDL.OTTENBERG

Es finden sich aber auch Fremdgegenstände wie Taschenmesser, Stahlteile (Abb. 72), Plexiglas, Kanthölzer und sonstige Fremdkörper (Abb. 74).



**Abb. 72** Stahlteil auf der Sohle der Messstelle Nr. 23723, ABFALTER NOERDLICH in 6,2 m Tiefe

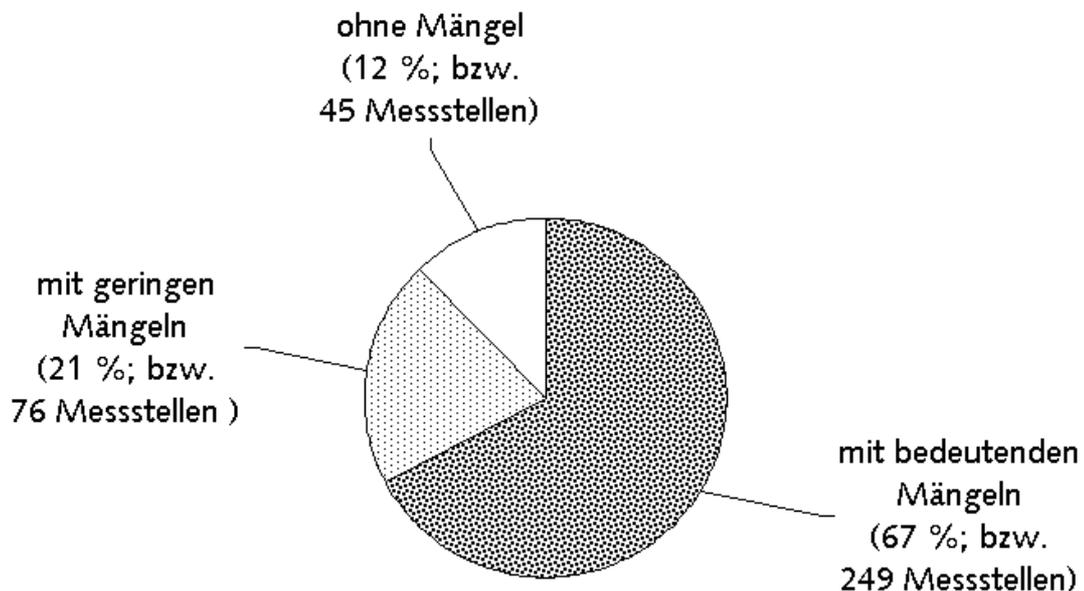
Die meisten Fremdkörper wurden in den Auflandungen gefunden. Gelegentlich blockierten sie aber auch die Beobachtungsrohre (s. Abb. 74), so dass die Kamerabefahrung vorzeitig abgebrochen werden musste.

## 5.7 Mängelfreie Messstellen

Die Notwendigkeit von Fernsehbefahrungen kann man auch daran erkennen, wie wenig Messstellen bei den Fernsehbefahrungen ohne Beanstandungen bzw. fast ohne Beanstandungen waren.

Bei der Auswertung der Fernsehbefahrungen ergab sich folgendes Bild:

Ohne Mängel waren lediglich 12 % der untersuchten Messstellen und zwei Drittel der Messstellen wiesen bedeutende Mängel auf (Abb. 73). Unter geringen Mängeln gemäß Abb. 73 wird verstanden, dass höchstens geringe Ablagerungen vorhanden waren, keine Bauplanänderungen festgestellt wurden und die vertikalen Abweichungen vom Ausbauplan höchstens einen halben Meter betrug (vgl. Ziffer 5.2).



**Abb. 73** Anteil der Messstellen ohne Mängel, mit kleinen und bedeutenden Mängeln

Zu ähnlich geringen Zahlen unbeanstandeter Messstellen kamen auch TOUSSAINT und PÜTZ bei der Auswertung von 50 Fernsehbefahrungen [ 19 ], [ 20 ]. In diesen Untersuchungen wurden 3 Messstellen (bzw. 6 %) nicht beanstandet und 13 Messstellen (26 %) wiesen mindestens einen Fehler auf; sie unterschieden hierbei allerdings nicht zwischen leichten und schweren Mängeln.

## 5.8 Vorzeitig beendete Fernsehbefahrungen

Die Fernsehbefahrungen mussten bei 37 Messstellen bzw. 10 % der untersuchten Messstellen vorzeitig abgebrochen werden ([ 22 ]). Die Ursachen hierfür sind in Tab. 4 zusammengestellt.

Anlass für den Abbruch der Befahrungen	Anzahl der Messstellen	Beispiele
Blockade durch Wurzeln, Fremdkörper oder Steine	8	Abb. 25, Abb. 36, Abb. 74
starke Ablagerungen an den Wänden der Verrohrung	7	Abb. 48, Abb. 50
gebrochene Rohre mit seitlichem Versatz und ähnliche Schäden	6	Abb. 32, Abb. 33
zu große Trübung des Grundwassers im Messrohr	6	
geologische Ursachen wie Nachfallgefahr, Störungen mit seitlichem Versatz und Felsausbrüche	4	(Abb. 75), Abb. 35
Baufehler wie z. B. nicht trichterförmige, exzentrische Rohrverkleinerungen	2	
Einsturz des Ausbaus (Vollrohr, Beobachtungsrohr, offenes Bohrloch)	2	Abb. 34
das Kabel für die Unterwasser-Fernsehkamera ist zu kurz (nur 78 m Kabel für 85 m tiefe Messstelle)	1	
Unterwasser-Fernsehkamera ist im Rohr eingeklemmt	1	

**Tab. 4** Ursachen für den Abbruch der Fernsehbefahrungen an 37 Messstellen

In einzelnen Messstellen wurde die Reduzierung des Rohrdurchmessers nicht trichterförmig, sondern in Stufen und exzentrisch ausgeführt. Als Folge davon mussten die Fernsehbefahrungen abgebrochen werden, weil die Kameras in die darunter liegenden dünneren Rohre nicht eingefädelt werden konnten. An diesen Messstellen konnten die gesamten Filterstrecken von 39 m bzw. 179 m Länge nicht untersucht werden.



**Abb. 74** Durch Fremdkörper blockierte, 41 m tiefe Messstelle Nr. 23192, OED/MEHRING 576. Die Bergung des Fremdkörpers in 33,5 m Tiefe war möglich. Bei einer erneuten Fernsehbefahrung zeigte sich im Filterbereich eine 1 m mächtige Auflandung



**Abb. 75** Eine geologische Störung mit seitlichen Versatz in der offenen Bohrung der 341 m tiefen Messstelle Nr. 15169, GUNDELSHAUSEN 826 beendete die Fernsehbefahrung vorzeitig in 118 m Tiefe

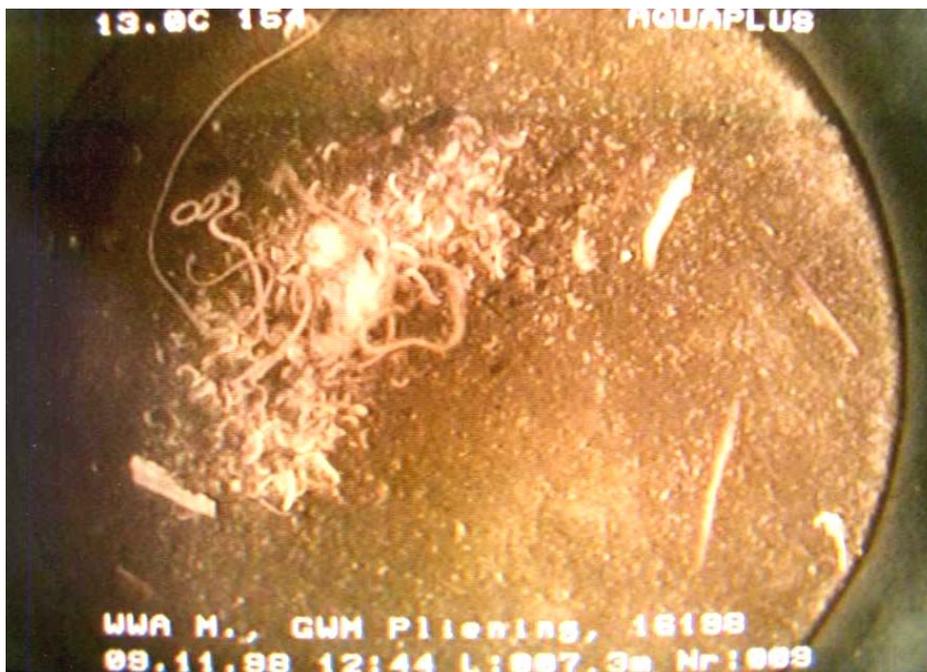
## 5.9 Grundwasserbiologie, Kleinlebewesen

Bei den Fernsehbefahrungen wurden auch unerwartet häufig Kleinlebewesen beobachtet. Bei ca. 10 % der untersuchten Fernsehbefahrungen wurden Organismen angetroffen. Hierbei handelt es sich sowohl um verschiedene, typischerweise im Grundwasser lebende Organismen, als auch um Lebewesen, die das Grundwasser nur kurzzeitig z. B. für die Entwicklung ihrer Larven nutzen oder die sich aus der oberflächennahen Bodenpassage versehentlich in die Messstelle verirrt.

In der Video-Aufzeichnung bzw. im Bildbericht festgehalten wurden:

- Würmer (z. B. Brunnendrahtwürmer); vgl. Abb. 76
- Kleinkrebse (sowohl typische Grundwasserkrebse als auch normalerweise nicht im Grundwasser lebende Krebse); vgl. Abb. 77, Abb. 78, Abb. 79, Abb. 81
- Insektenlarven, Fliegen, Libellenlarve; vgl. Abb. 80, Abb. 82, Abb. 83, Abb. 84
- Ameisen, sowie ein Ameisennest, Käfer, Spinnen, Schnecken; vgl. Abb. 85, Abb. 86, Abb. 87, Abb. 88
- tote Ratten; s. Abb. 41, Abb. 42 (sowie Kapitel 5.1.5)

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen eine Auswahl dieser Lebewesen.



**Abb. 76** Im Grundwasser lebende Brunnendrahtwürmer in 6,6 m Tiefe unter Gelände. Messstelle Nr. 16198, PLIENING 556A. Die Tiefenangabe von 7,3 m ist darin begründet, dass hier ab Rohroberkante gemessen wurde



**Abb. 77** Grundwasserkrebs in 33,4 m Tiefe. Messstelle Nr. 04144, KIRSCHFURT 181



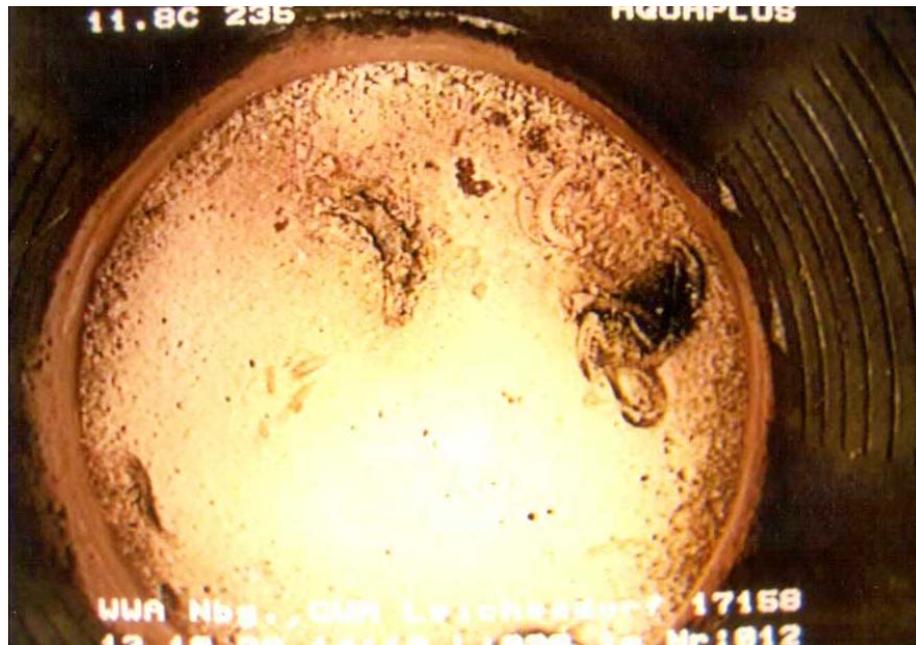
**Abb. 78** Grundwasserkrebs in schlecht verschraubter Rohrverbindung. Messstelle Nr. 15143, LANDAU BW-U-I



**Abb. 79** Grundwasserkrebse auf dem Grundwasserspiegel, in dem sich die Scheinwerfer der Kamera spiegeln. Messstelle Nr. 09248, FRAUENRIEDHAUSEN D 48



**Abb. 80** Insektenlarven, nicht typischerweise im Grundwasser lebende Organismen auf der Sohle der Messstelle Nr. 19125, EICHENDORF 342B in 8,8 m Tiefe



**Abb. 81** Kleinkrebs, im Grundwasser lebend, und Hüllen von Insektenlarven (rechts oben, nicht im Grundwasser lebend) in 20 m Tiefe; Messstelle Nr. 17158, LEICHENDORF BB 6 242



**Abb. 82** Nicht im Grundwasser lebende Insektenlarve in 38 m Tiefe, Messstelle Nr. 04140, GROSSWALLSTADT 162



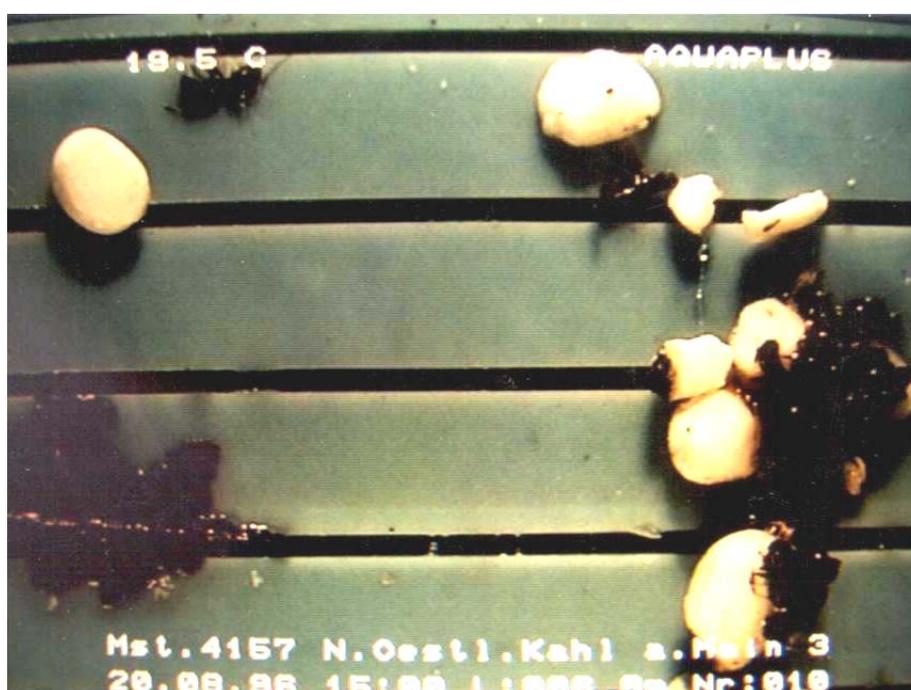
**Abb. 83** Libellenlarve (nicht im Grundwasser lebend). Messstelle Nr. 19709, EGGENFELDEN 10



**Abb. 84** Grundwasserfremde Insektenlarven und abgesunkene Ablagerungen auf der Sohle der 25 m tiefen Messstelle Nr. 17152, GROSSHABERSDORF 197



**Abb. 85** Ameisenklumpen in 24 m Tiefe Messstelle Nr. 04142, SCHNEEBERG 179



**Abb. 86** Ameisen mit Eiern. Messstelle Nr. 04157, N.OESTL. KAHl A. MAIN 3



**Abb. 87** Ameisenbau am Grundwasserspiegel der Messstelle Nr. 19143, NEUKIRCHEN VB2



**Abb. 88** Spinne (nicht im Grundwasser lebend). Messstelle Nr. 08193, DERCHING 638

## 5.10 Grundwasserströmungen

Bei Fernsehbefahrungen ist es i.a. schwierig, Grundwasserströmungen zu erkennen. Lediglich in Videoaufzeichnungen können Wasserströmungen an den Bewegungen und der Geschwindigkeit von Trübstoffen, vorbeistreichenden Ablagerungen oder auch von Luftblasen erkannt werden (Messstelle Nr. 25707 – Eschenlohe 26/3). Die Bilddokumentation alleine gibt dazu nur in wenigen Fällen einen unmittelbaren Aufschluss, wie dies z.B. die Abb. 89 veranschaulicht. Ergänzend werden deshalb z. B. Flowmetermessungen empfohlen.

Bei den Untersuchungen nach [ 22 ] wurden in sechs Messstellen Grundwasserströmungen bzw. Hinweise darauf festgestellt.

In drei Messstellen wurden deutliche nach oben gerichtete Strömungen, in zwei Messstellen seitlich einströmendes Grundwasser beobachtet (Abb. 89). In einer Messstelle, bei der während der Fernsehbefahrung auch die Temperatur gemessen wurde, zeigte sich ein Temperaturanstieg von  $5,4^{\circ}\text{C}$  auf  $10,7^{\circ}\text{C}$ .



**Abb. 89** Starker seitlicher Grundwasserzustrom in 38,8 m Tiefe; Messstelle Nr. 23212, AICH 918

## 5.11 Qualität der Bildberichte

Die Bildberichte der einzelnen Firmen zu den Fernsehbefahrungen wurden im Verlauf der zehn Jahre dauernden Untersuchungen sehr individuell verfasst. Sie reichten von kurzen, reinen Fotoserien bis hin zu sehr ausführlichen Berichten.

Schriftliche Zusammenfassungen fehlten bei ca. 25 % der Fernsehbefahrungen. Teilweise stimmten die Textausführungen in der Zusammenfassung nicht mit den Bildern überein. Zum Teil wurden wichtige Angaben oder Mängel in den Berichten vergessen.

**Feststellungen aus der Auswertung der Bildberichte** sind:

- dass die Fernsehbefahrung wegen der Trübe des Grundwassers und mangelnder Fernsicht abgebrochen wurde, obwohl im Bildbericht noch sehr gut die verengten Filterschlitzte zu erkennen waren.
- dass im Bildbericht überwiegend nur Aufnahmen in vertikaler Richtung (d.h. nur axiale Sicht) gezeigt wurden. Die Filterschlitzte selbst – die primär von Interesse sind – wurden nicht gezeigt, obwohl die Schlitzte durch Ablagerungen verengt waren.
- dass zum Ansatzpunkt der Fernsehbefahrung keine Information vermerkt und damit nicht erkennbar ist, ob die Tiefenangaben im Bericht auf die Geländeoberkante oder auf die Messrohroberkante bezogen sind (Messrohroberkante häufig identisch mit Messpunkthöhe).
- dass die Kamerabefahrung abgebrochen werden musste, weil die Länge des Kabels nicht ausreichte, obwohl die Messstellentiefe in der Ausschreibung angegeben war.
- dass die Ober- und Unterkanten der Filter nicht bzw. falsch angegeben wurden oder nicht durch Fotos belegt wurden.
- dass Reinigungsmaßnahmen empfohlen wurden, obwohl die Messstelle voll funktionsfähig war und sich lediglich im Sumpfrohr ein wenig Fremdmaterial oder einige Kleinlebewesen befanden oder sich nur sehr geringfügig schwarze Ablagerungen gebildet hatten.
- dass im Bildbericht „keine Mängel“ abgegeben wurde, obwohl die Filterschlitzte teilweise oder ganz geschlossen waren.
- dass nur einer von mehreren Mängeln der Messstelle genannt wurde, dieser aber durch kein einziges Foto im Bildbericht belegt war.
- dass bei älteren Fernsehbefahrungen über eine Strecke von über 100 m keine Fotos über die „geringen Ablagerungen im Vollrohr“ gezeigt wurden
- Bei 17 Messstellen wurde erwähnt, dass das Messrohr nicht lotrecht ist (vgl. Ziffer 5.1.1). Zum Ausmaß der Schiefe wurde keine Angabe gemacht. Generell haben nur wenige Firmen zur Geometrie der Messstelle regelmäßig Angaben gemacht.

In einigen bis zu 250 m tiefen Messstellen waren die Beobachtungsrohre mit DN 100 zwar ausreichend groß dimensioniert, doch verhinderte dieser Rohrdurchmesser bei den früher eingesetzten Unterwasser-Fernsehkameras den Einsatz einer hochwertigen Kamera mit Zentriervorrichtung, so dass neben der schlechteren Bildqualität der kleineren Kamera auch noch die Sicht getrübt wurde, weil durch eine fehlende Zentriervorrichtung während der Fernsehbefahrung an der Innenwand Ablagerungen abgestreift wurden.

Auch bei modernen Unterwasser-Fernsehkameras ist es wichtig, dass eine Zentriervorrichtung vorhanden ist.

Zur Kontrolle der Bildberichte wurden u.a. auch die Videoaufzeichnungen hinzugezogen. Hierbei wurde festgestellt, dass ältere Videobänder z. T. nicht mehr lesbar waren. Generell ist daraus zu folgern, dass eine spätere Auswertung der Videoaufzeichnungen bei einer größeren Anzahl von Grundwassermessstellen nicht nur relativ zeitaufwändig ist, sondern teilweise durch die rasche Alterung der Videobänder nicht mehr möglich ist.

**In der Praxis zeigt sich, dass primär der Bildbericht ausgewertet wird. Daher kommt einer ausführlichen Bilddokumentation eine hohe Bedeutung zu.**

Es wird deshalb vor der Abnahme der Fernsehuntersuchung empfohlen:

- dass der Bildbericht und die Videoaufzeichnung bzw. die digitale Videodatei vom Auftraggeber der Fernsehbefahrung kritisch durchgesehen wird und ggf. Nachbesserungen im Bildbericht eingefordert werden, bevor die Rechnung beglichen wird.
- dass geprüft wird, ob die Messstelle hinreichend durch Fotos dokumentiert wird (vgl. Ausführungen in Kapitel 4.2).
- zu prüfen, ob der dargestellte Ausbauplan mit den Ergebnissen der Fernsehbefahrung übereinstimmt.

Soweit zum Ansatzpunkt der Fernsehbefahrung keine Information vermerkt ist, sollte dies im Anschluss an die Fernsehuntersuchung abgeklärt und im Bildbericht vermerkt werden. Da die Messrohre baulich verkürzt oder verlängert werden können, wird empfohlen, die Tiefenangaben im Bildbericht auf die Geländeoberkante zu beziehen und ggf. vorhandene Bildberichte zu korrigieren.



# 6 Folgerungen

Die Auswertung der Fernsehbefahrungen zeigt, welche Bedeutung die **Bauabnahme** von Grundwassermessstellen mittels Unterwasser-Fernsehkameras hat. Die Fernsehuntersuchung dient der Überprüfung der regelgerechten Bauausführung und der Feststellung möglicher Abweichungen zwischen dem geplanten und tatsächlichen Messstellenausbau. Wenn z. B. falsche Ausbauelemente eingebaut wurden, Filterstrecken nicht richtig von Spülungsresten befreit wurden oder Rohrverbindungen nicht vollständig verschraubt sind, werden die vertraglich vereinbarten Leistungen nicht erbracht und dies kann Konsequenzen für die Baufirma haben. Auch nicht lotrecht eingebaute Messrohre bringen erfahrungsgemäß im späteren Betrieb messtechnische Erschwernisse mit sich.

Undichte Rohrverbindungen lassen die notwendige Sorgfalt seitens der Baufirma vermissen und der **Grundwasserschutz** wird dauerhaft beeinträchtigt, da durch hydraulische Kurzschlüsse beträchtliche Wassermengen zwischen ursprünglich getrennten Grundwasserleitern ausgetauscht werden. Lokal vorhandene Grundwasserverunreinigungen – z. B. im oberflächennahen Grundwasser – können so in die tieferen Grundwasserhorizonte einsickern. Außerdem können sich die Druckpotentiale verschiedener Grundwasserleiter überlagern und sich so schwierig interpretierbare Mischwasserspiegel ausbilden.

Undichtigkeiten erschweren bzw. verhindern die korrekte hydrogeologische Interpretation der **Mess- und Analysedaten**, z. B. hinsichtlich der Altersbestimmung von Grundwasservorkommen, der Ermittlung der Grundwasserneubildungsraten oder der Beurteilung der Grundwasserbeschaffenheit. Mess- und Analysedaten können zudem falsch interpretiert werden, wenn der tatsächliche Ausbau der Messstelle nicht bekannt ist. Fernsehbefahrungen können hier entscheidende Detailinformationen liefern. In der Praxis werden Mängel leider meist erst festgestellt, wenn schon kosten- und personalintensive mehrjährige Messreihen des Grundwasserstandes und Analysen der Grundwasserbeschaffenheit vorliegen.

Auf Basis der Untersuchungsergebnisse wurden **Konsequenzen für die weitere Nutzung der staatlichen Messstellen** im Landesgrundwasserdienst gezogen. Ein Teil der geeigneten aber schadhafte Messstellen mit mehrjährigen Messreihen wurden bereits saniert, an einzelnen Messstellen stehen noch Sanierungsmaßnahmen aus. Die übrigen Messstellen wurden – sofern sie im Besitz des Freistaates Bayern waren – verfüllt. Messstellen Dritter wurden bei Vorlage negativer Ergebnisse aus der Fernsehuntersuchung nicht in den Landesgrundwasserdienst übernommen.

Aufgrund der Ergebnisse sollten Fernsehbefahrungen von Grundwassermessstellen **in regelmäßigen Abständen zur Funktionsprüfung** eingesetzt werden. Nur eine regelmäßige Kontrolle stellt sicher, dass die Anforderungen des vorsorgenden Grundwasserschutzes, aber auch wissenschaftliche Anforderungen an eine hohe Datenqualität erfüllt werden. Im Grundnetz des Landesgrundwasserdienstes sind daher Funktionsprüfungen mittels Fernsehuntersuchung in Abständen von 10 Jahren vorgesehen und sind damit Teil des **Qualitätssicherungsprogramms**, wie es auch in anderen Bundesländern praktiziert wird [ 1 ].

## Folgerungen

Der **Bildbericht** zur Fernsehbefahrung ist ein wichtiges Dokument zur Grundwassermessstelle. Auftraggebern von Fernsehbefahrungen wird dringend empfohlen, den Bildbericht kritisch zu prüfen und ggf. Nachbesserungen am Bildbericht bzw. an der Grundwassermessstelle selbst einzufordern.

## 7 Dank

Ein besonderer Dank gilt den Fachkräften im Gewässerkundlichen Dienst in den Wasserwirtschaftsämtern, die vor Ort die Untersuchungen tatkräftig begleitet haben, einschließlich des temporären Ausbaus der Messgeräte, der speziell bei Schreibgeräten relativ zeitaufwändig war.

Den Mitgliedern im ATV-DVWK/DVGW- Fachausschuss „Grundwassermessgeräte“ danken wir für beratende konzeptionellen Anregungen bei der Abwicklung der Untersuchungen und die Literaturhinweise. Stellvertretend sind hier Herr Dr.-Ing. Barczewski (Universität Stuttgart), Frau Dipl.-Geol. Dr. Taug (Geologisches Landesamt, Hamburg), Herr Dipl.-Geol. Renatus (U-Bahn-Referat der Landeshauptstadt München), Herr Dipl.-Ing. Willibald (Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe) und Herr Dr.-Ing. Nitsche (Dresdner Grundwasserforschungszentrum) genannt.

Ferner bedanken wir uns herzlichst für die redaktionelle Mitarbeit an diesem Materialienheft bei den Kolleginnen und Kollegen des LfW: Frau Dipl.-Geol. Ashauer, Herr Dipl.-Geol. Dr. Bittersohl, Herr Dipl.-Geol. Büttner, Herr Dipl.-Ing. Deiglmayr, Herr Dipl.-Geol. Dr. Egger, Herr Dipl.-Biol. Dr. Gierig, Herr Dipl.-Ing. (FH) Keilwerth, Herr Dipl.-Geol. Schmederer, Herr von Trotha sowie bei Frau Burger und Frau Schön für die Unterstützungen bei der Gestaltung des Berichts.



## 8 Literatur

- [ 1 ] Barczewski, B.; Grimm-Strehle, J.; Bisch, G. (1993): Überprüfung der Eignung von Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen; Zeitschrift Wasserwirtschaft, 83, S 72 - 78.
- [ 2 ] Baumann, K.; Tholen, M. (2002): Mängel an Brunnen und GwMessstellen. In: Zeitschrift bbr, Heft 1/2002.
- [ 3 ] Baumann, K.; Nolte, L.-P.; Tewes, S. (2004): Grundwassermessstellen – Pflege, Sanierung und Rückbau (Teil 1). In: Zeitschrift bbr, Heft 1/2004, S. 42 - 48.
- [ 4 ] DVGW = Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (1988): Bau und Betrieb von Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen; Technische Mitteilung Merkblatt W 121, Okt. 1988, Neuausgabe Juli 2003 (Titel: Bau und Ausbau von Grundwassermessstellen).
- [ 5 ] DVGW = Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (1990): Geophysikalische Untersuchungen in Bohrlöchern und Brunnen zur Erschließung von Grundwasser – Zusammenstellung von Methoden; Technische Mitteilung Merkblatt W 110, Juni 1990, 50 Seiten.
- [ 6 ] DVGW = Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (1998): Sanierung und Rückbau von Bohrungen, Grundwassermessstellen und Brunnen, Technische Regel Arbeitsblatt W 135, November 1998, 76 Seiten.
- [ 7 ] DVGW = Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (2001): Bau und Ausbau von Vertikalfilterbrunnen, Technische Mitteilung Arbeitsblatt W 123, September 2001, 29 Seiten.
- [ 8 ] DVWK = Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (1997): Tiefenorientierte Probenahme aus Grundwassermessstellen, Merkblatt zur Wasserwirtschaft 245, 14 Seiten.
- [ 9 ] Haas, H. (1985): Fernsehtechnische Entwicklung und deren Anwendungsbereiche zur Untersuchung von Tiefbrunnen, Baugrunderschließungsbohrungen und sonstiger Hohlräume, Zeitschrift bbr. Heft 6/1985, S. 234-237.
- [ 10 ] Haas, H. (1996): Optische Tiefbrunnenuntersuchung. Brunnenausbaukontrolle und Dokumentation. In: FIGAWA DVGW Intensivschulung, Rückbau und Sanierung von Brunnen und Messstellen, 22.-23.5.1996, Berlin.
- [ 11 ] Houben, G., S. Merten und C. Treskatis (1999): Entstehung, Aufbau und Alterung von Brunneninkrustationen. Zeitschrift bbr, Heft 10/1999.
- [ 12 ] LAWA = Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (1982): Grundwasser; Richtlinie für Beobachtung und Auswertung, Teil 1 Grundwasserstand; Woeste Druck und Verlag, Essen, 72 Seiten.

- [ 13 ] LfW = Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (1992): Neuordnung des Messnetzes Grundwasserstand; Konzept und Arbeitsprogramm; Sammlung LfW, Merkblatt Nr. 2.1/3, vom 15.04.1992, 16 Seiten mit 6 Anlagen.
- [ 14 ] LfW = Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (1995): Messstellenuntersuchung mit Unterwasserkameras; Sammlung LfW, Merkblatt Nr. 2.1/5, vom 13.11.1995, 3 Seiten mit 2 Anlagen.
- [ 15 ] LfW = Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft (1998): Der Gewässerkundliche Dienst in Bayern; Informationsberichte Heft 2/98, 157 Seiten.
- [ 16 ] LfW = Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (2003): Bau von Grundwassermessstellen; Sammlung LfW, Merkblatt Nr. 2.1/7, vom 01.01.2003, 12 Seiten mit 14 Anlagen.
- [ 17 ] Stadtarchiv Betzenstein (1963): Der tiefe Brunnen zu Betzenstein; aus 400-jähriger Heimatgeschichte, kurzer geschichtlicher Abriss über den historischen Brunnen, vom 15.07.1963; unveröffentlicht, Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, Referat 12 (Messstellenakt 06106), 7 Seiten.
- [ 18 ] Toussaint, B. (1987): Erfahrungen mit Eignungsprüfungen von Messstellen zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit. In: Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, Heft 1, S. 1-11.
- [ 19 ] Toussaint, B.; Pütz, W. (1987): Erfahrungen mit Eignungsprüfungen von Messstellen zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit, Teil 2. In: Zeitschrift bbr, 10/1987.
- [ 20 ] Toussaint, B.; Pütz, W. (1986): Eignungsprüfung von Grundwassermessstellen insbesondere im Zusammenhang mit Programmen zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit. In: Umweltplanung und Umweltschutz, Schriftenreihe der Hessischen Landesanstalt für Umweltschutz, Heft 47, Wiesbaden
- [ 21 ] Wasserwirtschaftsamt Bayreuth (1965): Einrichtung einer Grundwassermessstelle im "Tiefen Brunnen" der Stadt Betzenstein, Lkr. Pegnitz; Aktenvermerk der Brunnenbesteigung am 15.03.1965 mit Fotoaufnahmen vom Brunneninnern; unveröffentlicht, Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, Referat 12 (Messstellenakt 06106), 10 Seiten
- [ 22 ] Wittmer, G. (2002): Auswertung von Fernsehbefahrungen der Bayer. Wasserwirtschaftsverwaltung, unveröffentlicht, Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, Referat 12 , 135 Seiten.

# 9 Verzeichnis der Abbildungen

Abb. Nr.	Inhalt	Seite
Abb. 1	Bei früheren Unterwasser-Fernsehkameras ermöglichte nur ein unter der Kamera hängender, geneigter Spiegel eine radiale Betrachtung der Messstellenwand. Der Bildausschnitt war klein, die axiale Sicht behindert. Grundwassermessstelle Nr. 24129, WEIDENSTAUE	10
Abb. 2	Neue Unterwasser-Fernsehkameras liefern scharfe Bilder in Tageslichtqualität und trotz Weitwinkelobjektiv in annähernd natürlichem Blickwinkel. Filterkies, Steine und Bruchstücke eines beschädigten Filterrohrs über einer 4 m hohen Auflandung. Messstelle Nr. 16228, MOOSHAEUSSL 909A	10
Abb. 3	Ausgebrochene Filterrippe an Grundwassermessstelle Nr. 02143, SCHALKENTHANN B1. Die Aufnahme in 19,5 m unter Gelände zeigt, dass der Filterkies in die rd. 30 m tiefe Messstelle gefallen ist. Das Feinsandige Material ist ungeschützt weiteren Ausspülungen ausgesetzt (siehe auch 15.1.2)	12
Abb. 4	Beschädigtes Vollrohr einer Tertiärmessstelle, aufgenommen vor einem Sanierungsversuch; Der Grundwasserstand ist hier in rd. 11 Jahren um über 23,9 m angestiegen. Grundwassermessstelle Nr. 25138, PENZING I TB 822 (siehe auch Abb. 25 und Abb. 26 )	12
Abb. 5	In 65 m Tiefe zeigt die Brunnenwand die Inschrift 1545. Der von 1543 bis 1549 errichtete Brunnen wurde aus 2047 Sandsteinquadern aus dem Veldensteiner Forst gebaut. Manuelle Fotoaufnahme der Messstelle Nr. 06106, BETZENSTEIN, T.Br. TB 1. aus dem Jahre 1965 1 [ 21 ]	13
Abb. 6	Manuelle Fotoaufnahme der Brunnenwand in ca. 80 m Tiefe. Mit der schweren Eisenkette wurden früher die Wassereimer befördert. Messstelle Nr. 06106, BETZENSTEIN, T.Br. TB 1 [ 17 ]	13
Abb. 7	Frühere Unterwasserkameras mit schwenkbarem Kamerakopf lieferten Bilder mit deutlicher Unschärfe, ungleichmäßiger Ausleuchtung, unnatürlicher Farbtemperatur. Hier: Starke Ablagerungen an der Messstelle Nr. 08242, WEHRINGEN 879	14
Abb. 8	Schema einer modernen digitalen Unterwasser-Farbfernsehkamera für Fernsichtbegehungen in Grundwassermessstellen (Schemaskizze der Fa. Aquitronic)	15
Abb. 9	Baujahr der untersuchten Grundwassermessstellen	19
Abb. 10	Sohltiefen der untersuchten Grundwassermessstellen	20
Abb. 11	Festgestellte Baufehler, Schäden, Korrosionserscheinungen sowie nicht lotrechter Ausbau	21
Abb. 12	Sicht auf Gewindegang; unvollständig verschraubte Rohrverbindung. Messstelle Nr. 03119, VEITSAURACH	22
Abb. 13	Offene (nicht verschraubte oder gerissene) Rohrverbindung. Messstelle Nr. 02110, FREIHUNGSAND II	22
Abb. 14	Standrohr nicht verschraubt. Messstelle Nr. 05142, KALTENBRUNN 214	23

<u>Abb. Nr.</u>	<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
Abb. 15	Rohrübergang deformiert. Messstelle Nr. 17146, HEIMBACH 2 981	23
Abb. 16	An der Muffenverbindung herausgepressten Bitumen-Dichtmittel. Messstelle Nr. 14102, HIRTLBACH	24
Abb. 17	An der Muffenverbindung wurde beim Verschrauben Zement-Dichtmittel herausgepresst. Messstelle Nr. 16213, GILCHING 808	24
Abb. 18	Beschädigung im Bereich der Filterlamellen. Messstelle Nr. 16223, HOHENLINDEN 904	26
Abb. 19	Beschädigung im nicht geschlitzten Filterrohrbereich. Messstelle Nr. 04167, NIEDERNBERG TB	26
Abb. 20	Geflickte Filterlamelle. Messstelle Nr. 24119, SANDPLATZ 793	27
Abb. 21	Unsachgemäßer Einsatz einer Kettenzange im Bereich der Filterschlitz	27
Abb. 22	Ausgebrochene Filterschlitz verursachten eine erhöhte Auflandung aus Filterkies. Messstelle Nr. 23230, LEHEN D 10	28
Abb. 23	Blick auf die Bohrlochwand durch eine herausgebrochene Filterlamelle. Der Filterkies fehlt. Messstelle Nr. 23216, TOEGING 2 924	28
Abb. 24	Durch Fremdgegenstand verursachtes Loch in der Filterwand. Messstelle Nr. 23209, HONAU 915	29
Abb. 25	Ein vom Schwimmer abgelenktes Gegengewicht eines Schreibgeräts verursachte ein Loch in der Wand des Vollrohrs; Messstelle Nr. 25138, PENZING I TB 822. Der Schwimmer war trotz hoher Auftriebskräfte in einer Tiefe von 38,7 m unter Messpunkt eingeklemmt Der Wasserspiegel befand sich zum Zeitpunkt der Fernsehbefahrung (15.10.92).	29
Abb. 24	Anstieg des Tertiärwasserspiegels an Messstelle Nr. 25138, PENZING I TB 822; durch ein Loch in der Vollrohrwand stieg der Grundwasserspiegel kurzzeitig um über 10 m an (s. Abb. 4, Abb. 25). Im Verlauf der nachfolgenden Untersuchungen stieg der Wasserspiegel um insgesamt 23,9 m an	30
Abb. 27	Undichte Rohrverbindung mit Ablagerungsfahne. Messstelle Nr. 03121, DIETENHOFEN	32
Abb. 28	Schwarze (wahrscheinlich organische) Ablagerungen an einer fest verschraubten, aber undichten Rohrverbindung in 4,9 m Tiefe. Messstelle Nr. 03109, WALD/A1-TIEFBR 697	32
Abb. 29	Undichte Rohrverbindung mit Ablagerungsfahne. Messstelle Nr. 02611, WACKERSDORF 4KF	33
Abb. 30	Undichte Rohrverbindung mit Ablagerungsfahne. Messstelle Nr. 06130, LOHGRABEN B FLBR 997	33
Abb. 31	Das Vollrohr ist in 11,2 m Tiefe gerissen und nur noch durch eine kleine Materialbrücke verbunden. Messstelle Nr. 25144, PEITING WV 872 TR	34
Abb. 32	Rohrbruch mit seitlichem Versatz. Messstelle Nr. 16604, GARCHING-AUTOB. G4A	35

Abb. Nr.	Inhalt	Seite
Abb. 33	Rohrbruch mit seitlichem Versatz in einer Tiefe von 9,4 m unter Gelände. Messstelle Nr. 27107, RIENECK, Ausbautiefe 117 m	35
Abb. 34	Das Vollrohr ist 22 m unter Gelände abgerissen, die Messstelle darunter zusammengestürzt. Messstelle Nr. 27113, SCHONDERFELD 213, Ausbautiefe 88 m unter Gelände	36
Abb. 35	Blockierter Bohrlochquerschnitt durch Herausbrechen eines Stücks des anstehenden Felsens in 155 m Tiefe. Offene Bohrung der Messstelle Nr. 06121, NORDL.OTTENBERG C 199, Endteufe 255 m	37
Abb. 36	Durch Steine blockiertes Beobachtungsrohr. Messstelle Nr. 13112, LAUCHDORF 560	37
Abb. 37	Rost am Stahlrohr. Messstelle Nr. 02136, TAUBENB.FORST C 938	38
Abb. 38	Blasenbildung an beschichtetem Stahlrohr. Messstelle Nr. 02110, FREIHUNGSAND II 657	38
Abb. 39	Komplett korrodiertes Stahl-Vollrohr in 59 m Tiefe. Messstelle Nr. 06121, NORDL. OTTENBERG C 199	39
Abb. 40	Kratzspuren im Filterrohrbereich in 26 m Tiefe. Messstelle Nr. 10140, HOEHN (S1)	39
Abb. 41	Aufschwimmender Rattenkadaver in neu gebauter Beweissicherungsmessstelle	40
Abb. 42	Tote Ratten in neu gebauter Beweissicherungsmessstelle	40
Abb. 43	Abweichungen vom Ausbauplan	41
Abb. 44	Ablagerungen in den Verrohrungen	43
Abb. 45	Geringe, meist braune Ablagerungen, sogenannte „Verockerungen“, an der Innenwand der Grundwassermessstelle Nr. 06116, OSCHWITZ-ZAUN 21A. Die Filterschlitzte sind nahezu frei	43
Abb. 46	Kristalle an der Rohrrinnenwand der Messstelle Nr. 02620, WACKERSDORF 7KT	44
Abb. 47	Netzartige, schwarze Ablagerungen an alten Holzrohren. Messstelle Nr. 05168, Burk 23	44
Abb. 48	Sehr starke Ablagerungen stoppten die Fernsehbefahrung vorzeitig. Nur selten sind die „Verockerungen“ so stark, dass man nicht mehr erkennen kann, ob es sich um ein Voll- oder Filterrohr handelt. Messstelle Nr. 17144, ZINKELMUEHLE 2 976	45
Abb. 49	Teilweise starke Ablagerungen im Filterbereich in 298m Tiefe. Messstelle Nr. 03128, Schlittenhart GM 3	45
Abb. 50	Starke Ablagerungen in der Messstelle Nr. 19130, HAMMERSBACH 696. Die Fernsehbefahrung musste in 75 m Tiefe abgebrochen werden. Auf der Ablagerung befinden sich Krebse oder Insektenlarven	46

<u>Abb. Nr.</u>	<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
Abb. 51	Starke Ablagerungen im Filterbereich in 16,8 m Tiefe. Messstelle Nr. 21121, WIMPASING 611	46
Abb. 52	Künstliche Ablagerungen in 28 m Tiefe. Messstelle Nr. 14108, FORSTERN BR. 1 alt	47
Abb. 53	Deutliche Ablagerungen im Filterbereich in 101 m Tiefe; viele Filterschlitz sind geschlossen. Messstelle Nr. 15176, GOLDERN 914	47
Abb. 54	Geringe Ablagerungen, aber geschlossene Filterschlitz in 14,6 m Tiefe. Messstelle Nr. 06130, LOHGRABEN B FLBR 997	48
Abb. 55	Geringe Ablagerungen, Filterschlitz frei. Messstelle Nr. 04167, NIEDERNBERG TB	48
Abb. 56	Lockere Ablagerungen lösen sich während der Kamerabefahrung in 124 m Tiefe und behindern die Sicht. Messstelle Nr. 06131, SAULOHE C 998	49
Abb. 57	Zustand der Filterschlitz	50
Abb. 58	Vollständig geschlossene Schlitz in 18,4 m Tiefe. Die Bauabnahme wurde hier verweigert. Die Messstelle wurde verfüllt und neu gebaut; Bohrung GwM 1b	51
Abb. 59	Stark verengte Schlitz in 26 m Tiefe, Messstelle Nr. 02143, SCHALKENTHANN B1	51
Abb. 60	Leicht verengte Schlitz in 45 m Tiefe, Messstelle Nr. 03112, WALD/B2-FLACHBR 763	52
Abb. 61	Zum Teil verengte Schlitz durch Unterkorn aus zu feinkörnigem Filterkies. Messstelle Nr. 19143, NEUKIRCHEN VB2	52
Abb. 62	Offene Bohrung mit steil nach links oben einfallender Kluft in 76 m Tiefe. Messstelle Nr. 20171, MATTING 1 661	54
Abb. 63	Radialer Blick auf einen kleinen Karsthohlraum mit hoher Sandführung in 32,7 m Tiefe. Offene Bohrung mit 24 m Auflandung. Messstelle Nr. 02135, TAUBENB.FORST B 937	54
Abb. 64	Ein kleiner Karsthohlraum mit hoher Sandführung in 140 m Tiefe in der offenen Bohrung der Messstelle Nr. 09289, WERTINGEN (artesisch gespannt)	55
Abb. 65	Offene Bohrung mit Felsausbrüchen. Messstelle Nr. 09289, WERTINGEN (Artes.)	55
Abb. 66	Höhe der Auflandungen an der Messstellensohle (von 370 untersuchten Messstellen)	56
Abb. 67	Starker Wurzelwuchs im Filterrohr in 4,4 m Tiefe. Messstelle Nr. 16257, DACHAU-OST D 56	58
Abb. 68	Abgerissenes Drahtseil über der Auflandung in 144 m Tiefe. Messstelle Nr. 06132, RAMLESREUTH D 999	58
Abb. 69	Abgerissenes Gegengewicht eines Schreibgerätes über der Auflandung in 5,5 m Tiefe. Messstelle Nr. 15126, NIEDERLEIERNDF.MU. S6	59

Abb. Nr.	Inhalt	Seite
Abb. 70	Abgerissenes Gegengewicht eines Schreibgerätes über der Auflandung in 16,3 m Tiefe. Messstelle Nr. 16233, ERDING	59
Abb. 71	Abgerissene Schwimmer auf dem Grundwasserspiegel in 88 m Tiefe. Die Bergung der runden Schwimmer ist in engen Messrohren relativ kompliziert. Messstelle Nr. 06121, NORDL.OTTENBERG	60
Abb. 72	Stahlteil auf der Sohle der Messstelle Nr. 23723, ABFALTER NOERDLICH in 6,2 m Tiefe	60
Abb. 73	Anteil der Messstellen ohne Mängel, mit kleinen und bedeutenden Mängeln	61
Abb. 74	Durch Fremdkörper blockierte, 41 m tiefe Messstelle Nr. 23192, OED/MEHRING 576. Die Bergung des Fremdkörpers in 33,5 m Tiefe war möglich. Bei einer erneuten Fernsehbefahrung zeigte sich im Filterbereich eine 1 m mächtige Auflandung	63
Abb. 75	Eine geologische Störung mit seitlichen Versatz in der offenen Bohrung der 341 m tiefen Messstelle Nr. 15169, GUNDELSHAUSEN 826 beendete die Fernsehbefahrung vorzeitig in 118 m Tiefe	63
Abb. 76	Im Grundwasser lebende Brunnendrahtwürmer in 6,6 m Tiefe unter Gelände. Messstelle Nr. 16198, PLIENING 556A. Die Tiefenangabe von 7,3 m ist darin begründet, dass hier ab Rohroberkante gemessen wurde	64
Abb. 77	Grundwasserkrebs in 33,4 m Tiefe. Messstelle Nr. 04144, KIRSCHFURT 181	65
Abb. 78	Grundwasserkrebs in schlecht verschraubter Rohrverbindung. Messstelle Nr. 15143, LANDAU BW-U-I	65
Abb. 79	Grundwasserkrebse auf dem Grundwasserspiegel, in dem sich die Scheinwerfer der Kamera spiegeln. Messstelle Nr. 09248, FRAUENRIEDHAUSEN D 48	66
Abb. 80	Insektenlarven, nicht typischerweise im Grundwasser lebende Organismen auf der Sohle der Messstelle Nr. 19125, EICHENDORF 342B in 8,8 m Tiefe	66
Abb. 81	Kleinkrebs, im Grundwasser lebend, und Hüllen von Insektenlarven (rechts oben, nicht im Grundwasser lebend) in 20 m Tiefe; Messstelle Nr. 17158, LEICHENDORF BB 6 242	67
Abb. 82	Nicht im Grundwasser lebende Insektenlarve in 38 m Tiefe, Messstelle Nr. 04140, GROSSWALLSTADT 162	67
Abb. 83	Libellenlarve (nicht im Grundwasser lebend). Messstelle Nr. 19709, EGGENFELDEN 10	68
Abb. 84	Grundwasserfremde Insektenlarven und abgesunkene Ablagerungen auf der Sohle der 25 m tiefen Messstelle Nr. 17152, GROSSHABERSDORF 197	68
Abb. 85	Ameisenklumpen in 24 m Tiefe Messstelle Nr. 04142, SCHNEEBERG 179	69
Abb. 86	Ameisen mit Eiern. Messstelle Nr. 04157, N.OESTL. KAHL A. MAIN 3	69
Abb. 87	Ameisenbau am Grundwasserspiegel der Messstelle Nr. 19143, NEUKIRCHEN VB2	70

## Verzeichnis der Abbildungen

<u>Abb. Nr.</u>	<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
Abb. 88	Spinne (nicht im Grundwasser lebend). Messstelle Nr. 08193, DERCHING 638	70
Abb. 89	Starker seitlicher Grundwasserzustrom in 38,8 m Tiefe; Messstelle Nr. 23212, AICH 918	71

# 10 Verzeichnis der Tabellen

<u>Tab. Nr.</u>	<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
Tab. 1	Baufehler: Fehlender oder falscher Messstellenausbau	25
Tab. 2	Größere Schäden bzw. Mängel an Grundwassermessstellen (z.T. mehrere Schäden an einer Messstelle)	25
Tab. 3	Offene Bohrungen mit erhöhten Auflandungen	53
Tab. 4	Ursachen für den Abbruch der Fernsehbefahrungen an 37 Messstellen	62



# 11 Verzeichnis der Messstellen in den Abbildungen

Für folgende Messstellen sind Aufnahmen von Fernsehbefahrungen im Materialienheft enthalten:

Messstellen- nummer <sup>1</sup>	Messstellenname	Bild- nummer	Seiten- nummer
02110	FREIHUNGSAND II 657	Abb. 13	22
02110	FREIHUNGSAND II 657	Abb. 38	38
02135	TAUBENB.FORST B 937	Abb. 63	54
02136	TAUBENB.FORST C 938	Abb. 37	38
02143	SCHALKENTHANN B1	Abb. 3	12
02143	SCHALKENTHANN B1	Abb. 59	51
02611	WACKERSDORF 4KF	Abb. 29	33
02620	WACKERSDORF 7KT	Abb. 46	44
03109	WALD/A1-TIEFBR 697	Abb. 28	32
03112	WALD/B2-FLACHBR 763	Abb. 60	52
03119	VEITSAURACH	Abb. 12	22
03121	DIETENHOFEN	Abb. 27	32
03128	Schlittenhart GM 3	Abb. 49	45
04140	GROSSWALLSTADT 162	Abb. 82	67
04142	SCHNEEBERG 179	Abb. 85	69
04144	KIRSCHFURT 181	Abb. 77	65
04157	N.OESTL. KAHL A. MAIN 3	Abb. 86	69
04167	NIEDERNBERG TB	Abb. 55	48
04167	NIEDERNBERG TB	Abb. 19	26
05142	KALTENBRUNN 214	Abb. 14	23
05168	Burk 23	Abb. 47	44
06116	OSCHWITZ-ZAUN 21A	Abb. 45	43
06121	NORDL.OTTENBERG C 199	Abb. 39	39
06121	NORDL.OTTENBERG C 199	Abb. 35	37
06121	NORDL.OTTENBERG C 199	Abb. 71	60

<sup>1</sup> Messstellenummer im Landesgrundwasserdienst-quantitativ in Bayern

Verzeichnis der Messstellen in den Abbildungen

Messstellennummer <sup>1</sup>	Messstellenname	Bildnummer	Seitennummer
06130	LOHGRABEN B FLBR 997	Abb. 54	48
06130	LOHGRABEN B FLBR 997	Abb. 30	33
06131	SAULOHE C 998	Abb. 56	49
06132	RAMLESREUTH D 999	Abb. 68	58
08193	DERCHING 638	Abb. 88	70
08242	WEHRINGEN 879	Abb. 7	14
09248	FRAUENRIEDHAUSEN D 48	Abb. 79	66
09289	WERTINGEN (Artes.)	Abb. 64	55
09289	WERTINGEN (Artes.)	Abb. 65	55
10140	HOEHN (S1)	Abb. 40	39
13112	LAUCHDORF 560	Abb. 36	37
14102	HIRTLBACH	Abb. 16	24
14108	FORSTERN BR. 1 alt	Abb. 52	47
15126	NIEDERLEIERNDF.MU. S6	Abb. 69	59
15143	LANDAU BW-U-I. 30-5	Abb. 78	65
15169	GUNDELSHAUSEN 826	Abb. 75	63
15176	GOLDERN 914	Abb. 53	47
16198	PLIENING 556A	Abb. 76	64
16213	GILCHING 808	Abb. 17	24
16223	HOHENLINDEN 904	Abb. 18	26
16228	MOOSHAEUSL 909A	Abb. 2	10
16233	ERDING D 37	Abb. 70	59
16257	DACHAU-OST D 56	Abb. 67	58
16604	GARCHING-AUTOB. G4A	Abb. 32	35
17144	ZINKELMUEHLE 2 976	Abb. 48	45
17146	HEIMBACH 2 981	Abb. 15	23
17152	GROSSHABERSDORF 197	Abb. 84	68
17158	LEICHENDORF BB 6 242	Abb. 81	67

Verzeichnis der Messstellen in den Abbildungen

Messstellennummer <sup>1</sup>	Messstellenname	Bildnummer	Seitennummer
19125	EICHENDORF 342B	Abb. 80	66
19130	HAMMERSBACH 696	Abb. 50	46
19143	NEUKIRCHEN VB2	Abb. 61	52
19143	NEUKIRCHEN VB2	Abb. 87	70
19709	EGGENFELDEN 10	Abb. 83	68
20171	MATTING 1 661	Abb. 62	54
21121	WIMPASING 611	Abb. 51	46
23192	OED/MEHRING 576	Abb. 74	63
23209	HONAU 915	Abb. 24	29
23212	AICH 918	Abb. 89	71
23216	TOEGING 2 924	Abb. 23	28
23230	LEHEN D 10	Abb. 22	28
23723	ABFALTER NOERDLICH	Abb. 72	60
24119	SANDPLATZ 793	Abb. 20	27
24129	WEIDENSTAUDE	Abb. 1	10
25138	PENZING I TB 822	Abb. 4	12
25138	PENZING I TB 822	Abb. 25	29
25144	PEITING WV 872 TR	Abb. 31	34
27107	RIENECK 164	Abb. 33	35
27113	SCHONDERFELD 213	Abb. 34	36



# 12 Verzeichnis der untersuchten Messstellen

Lfd. Nr.	Messstellennummer	Messstellenname	Baujahr	Sohltiefe [m u. GOK]
1	02110	Freihungsand II 657	1973	176,60
2	02112	Freihölser Senke 716	1976	47,30
3	02117	Freihölser Senke 721	1976	28,10
4	02118	Freihölser Senke 722	1976	20,90
5	02126	Bodenwöhler Senke 730	1976	22,75
6	02135	Taubenbacher Forst 937	1981	86,00
7	02136	Taubenbacher Forst 938	1981	84,30
8	02141	Fichtenhof	1993	139,00
9	02142	Ehenfeld B4	1991	82,00
10	02143	Schalkentann B1	1991	30,20
11	02144	Schalkentann B6	1991	50,00
12	02145	Oberammersricht B2	1990	48,30
13	02146	Oberammersricht B8	1990	30,10
14	02609	Wackersdorf WS2	1988	94,00
15	02611	Wackersdorf 4KF	1984	72,10
16	02613	Wackersdorf 6KF	1984	99,00
17	02614	Wackersdorf 7KF	1984	40,20
18	02615	Wackersdorf 10KF	1984	64,30
19	02616	Wackersdorf 1KT	1984	164,00
20	02618	Wackersdorf 3KT	1984	194,00
21	02619	Wackersdorf 5KT	1984	142,00
22	02620	Wackersdorf 7KT	1984	100,10
23	02621	Wackersdorf 8KT	1984	134,40
24	02622	Wackersdorf 1T	1984	49,30
25	02623	Wackersdorf 2T	1984	32,10
26	03108	Meinheim-Trommetsheim	1962	5,60
27	03109	Wald A1 Gunzenhausen	1976	174,10
28	03110	Wald B1 Gunzenhausen	1975	180,00
29	03111	Wald A2 Gunzenhausen	1976	92,00
30	03112	Wald B2 Gunzenhausen	1975	88,00
31	03114	Pfölfeld	1960	64,40
32	03116	Geilsheim Wassertrüdingen	1960	55,40
33	03117	Zimmern PO 10a Pappenheim	1982	249,00
34	03119	Veitsaurach-Windsbach	1988	108,10
35	03120	Zandt Lichtenau	1989	110,00
36	03121	Dietenhofen	1989	110,00
37	03122	Böllingsdorf Heilsbronn	1989	112,00
38	03125	Hürth PO 9 Treuchtlingen	1994	241,50

## Verzeichnis der untersuchten Messstellen

Lfd. Nr.	Messstellennummer	Messstellenname	Baujahr	Sohltiefe [m u. GOK]
39	03127	Raitenbuch kms1	1995	310,49
40	03128	Schlittenhardt kms3	1998	298,00
41	03129	Wilburgstetten qu5	1996	7,00
42	03130	Wilburgstetten kms5	1996	60,00
43	03631	Schwaighausen	1972	39,84
44	04005	Erlenbach	1929	14,00
45	04108	Frühlingslust	1909	7,80
46	04134	Kleinostheim 133	1973	7,20
47	04137	Röllfeld 159	1975	48,80
48	04140	Großwallstadt 162	1976	100,00
49	04141	Rück 178	1976	137,00
50	04142	Schneeberg 179	1976	100,21
51	04144	Kirschfurt 181	1976	117,85
52	04149	Faulbach 221	1980	120,00
53	04150	Faulbach 222	1980	121,00
54	04157	nordöstlich Kahl 3	1987	9,48
55	04166	Niedernberg FB	1988	13,70
56	04167	Niedernberg TB	1988	100,50
57	04170	Dammbach S 2	1999	160,78
58	04171	Mömlingen S 3	1999	160,00
59	04172	Weibersbrunn S 4	1999	120,49
60	04173	Weilbach-Gönz S 6	1999	75,12
61	04174	Heinrichsthal S 7	1999	40,00
62	05006	Pommersfelden	1938	16,16
63	05007	Staffelstein 33B	1971	7,41
64	05123	Strullendorf 63A	1972	6,67
65	05126	Rattelsdorf 136	1972	7,02
66	05141	Viereth Hut 193A	1977	8,70
67	05142	Kaltenbrunn 214	1984	6,75
68	05143	Burgebrach 232	1985	8,97
69	05144	Stegaurach 236	1985	9,84
70	05166	Baunach	1998	89,30
71	05167	Kersbach	1998	114,60
72	05168	Burk 23	1970	99,98
73	05173	Weichendorf 17 (Drosendorf)	1962	149,00
74	06001	Melkendorf 16B	1957	5,50
75	06004	Weißenstadt 12A	1952	4,34
76	06102	Oberauhof 17A	1938	5,69
77	06108	Neuenplos 119	1970	71,39

## Verzeichnis der untersuchten Messstellen

Lfd. Nr.	Messstellennummer	Messstellenname	Baujahr	Sohltiefe [m u. GOK]
78	06109	Brüderes 130	1972	49,11
79	06111	Gebhardhof 132	1972	38,04
80	06116	Oschwitz Zaun21A	1959	6,83
81	06121	Nördlich Ottenberg 199	1978	255,00
82	06127	Moggendorf 186	1976	132,72
83	06130	Lohgraben Fl.br. 997	1978	34,13
84	06131	Saulohe 998	1978	153,00
85	06132	Ramlesreuth D	1978	153,00
86	06133	Lessau TB 201	1978	130,04
87	06134	Lessau FB202	1978	80,00
88	06145	Obernsees	1983	1390,00
89	07117	Pankofen 246A	1922	4,40
90	07126	Arbing 336A	1960	6,10
91	07151	Wolferszell 743	1976	88,00
92	07153	Bruderamming 816	1978	57,00
93	07154	Linzing 817	1978	41,00
94	07156	Moos TR 893	1982	9,50
95	07159	Hengersberg BR.I.	1961	38,11
96	07165	Osterhofen Süd BO,C	1991	68,00
97	08152	Wörnitzstein W2	1971	9,60
98	08154	Holzkirchen	1971	4,95
99	08166	Mohnheim	1952	56,07
100	08177	Bobingen NO578	1973	16,25
101	08188	Graben 602	1974	13,95
102	08193	Derching	1975	6,41
103	08197	Lechhausen 642	1975	4,26
104	08200	Lechhausen 645	1975	6,05
105	08239	Waldhaus	1977	6,42
106	08242	Wehringen Q 2	1955	19,20
107	08248	Gennach	1983	9,35
108	08249	Gennach 979	1982	8,70
109	08251	Thierhaupten D35	1984	8,86
110	08252	Thierhaupten D36	1984	7,87
111	08253	Thierhaupten D41	1984	7,38
112	08256	Auchseshaim D54	1985	201,00
113	08257	Mertingen D55	1985	252,00
114	08259	Augsburg-Lechhausen 98b	1985	6,05
115	08261	Niederschönfeld	1985	9,40
116	08262	Bieselbach	1985	6,19

Verzeichnis der untersuchten Messstellen

Lfd. Nr.	Messstellennummer	Messstellenname	Baujahr	Sohltiefe [m u. GOK]
117	08266	Gersthofen	1962	111,50
118	08280	Meitingen T3f	2000	70,00
119	08281	Meitingen T3t	2000	120,50
120	08282	Kleinaitingen T2f	2000	78,00
121	08283	Kleinaitingen T2t	2000	184,00
122	08638	Mertingen 8c	1955	5,45
123	09157	Bad Wörishofen	1971	18,60
124	09165	Zeisertshofen	1976	8,55
125	09170	Pless	1977	5,66
126	09171	Boos	1977	11,00
127	09182	Altensteig	1977	11,59
128	09190	Kirchheim	1982	10,59
129	09195	Hohenraunen	1977	195,60
130	09197	Gundremmingen	1976	5,95
131	09198	Do-Ried-Holzheim	1974	11,31
132	09206	Thannhausen A,TB	1981	175,00
133	09207	Thannhausen B,TB	1981	165,00
134	09208	Thannhausen C,TB	1981	171,00
135	09209	Thannhausen A,FB	1981	65,92
136	09210	Thannhausen B,FB	1981	70,79
137	09211	Thannhausen C	1981	75,48
138	09223	Untereichen	1959	6,75
139	09230	Egg	1984	7,56
140	09231	Betlinshausen	1983	15,62
141	09234	Heimerting	1983	5,83
142	09236	Ichenhausen	1984	4,90
143	09237	Obenhausen	1984	7,71
144	09238	Sontheim	1984	12,61
145	09241	Steinheim	1984	6,75
146	09244	Mörslingen	1985	10,79
147	09248	Frauenriedhausen	1985	13,14
148	09251	Gundelfingen	1985	6,04
149	09259	Vöhringen	1986	13,63
150	09270	Mattsies	1989	114,00
151	09276	Thannhausen Q/A	1981	6,00
152	09277	Thannhausen Q/B	1981	8,06
153	09278	Thannhausen Q/C	1981	7,80
154	09279	Mindelheim	1993	18,14
155	09284	Tafertshofen	1996	6,80

## Verzeichnis der untersuchten Messstellen

Lfd. Nr.	Messstellennummer	Messstellenname	Baujahr	Sohltiefe [m u. GOK]
156	09285	Markt Grönenbach	1996	64,90
157	09286	Riedheim	1996	8,10
158	09287	Otterw./Niederrieden	1996	133,00
159	09288	Woringen (XI)	1997	25,00
160	09289	Wertingen I X a	1997	206,40
161	09290	Gundremmingen I X b	1997	179,80
162	10123	Geroldsgrün	1987	120,00
163	10124	Steinachtal 154	1974	92,50
164	10126	Knellendorf	1975	68,52
165	10140	Neustadt-Coburg / b. Höhn	1998	140,66
166	13112	Lauchdorf 560	1972	14,40
167	13126	Ebenhofen 758	1976	30,50
168	13131	Handwerks 796	1977	18,76
169	13134	Buchloe III	1977	6,53
170	14102	Hirtlbach	1961	42,38
171	14104	Freising-Nord	1993	56,59
172	14108	Forstern Br.I alt	1955	29,23
173	14110	Türkenfeld Brunnen II	1967	204,00
174	14111	Niederroth T 7f (7a)	2000	54,00
175	14112	Niederroth T 7t (7b)	2000	106,00
176	14113	Pulling Q 8	2000	15,10
177	14114	Eitting Q 10	2000	9,05
178	14115	Glaslern Q 11	2000	4,45
179	14116	Rothschwaige Q 12	2001	8,90
180	14117	Feldgeding Q 13	2001	6,00
181	14118	Eichenried Q 14	2001	13,00
182	15100	Offenstetten 141	1943	7,20
183	15120	Ihlerstein Tief K1	1966	115,00
184	15125	Niederleierdorf LA-S5	1967	3,20
185	15126	Niederleierdorf LA-S6	1967	5,20
186	15132	Schmatzhausen 633	1960	20,20
187	15133	Schaitdorf 604	1975	260,30
188	15143	Landau BWUI 30-5	1949	6,68
189	15161	BWUI 30-75A	1975	3,60
190	15164	Bartmühle 75,2	1975	7,80
191	15165	Ramermühle 75,3	1975	8,33
192	15168	Lohstadt 825	1978	105,89
193	15169	Gundelshausen 826	1978	341,60
194	15172	Staubing 853	1980	202,39

## Verzeichnis der untersuchten Messstellen

Lfd. Nr.	Messstellennummer	Messstellenname	Baujahr	Sohltiefe [m u. GOK]
195	15173	Staubing B 854	1980	200,20
196	15176	Goldern 914	1984	138,00
197	15688	Alte Flußmeisterstelle D1	1971	6,37
198	16006	Eglfing Lehrer	1915	17,60
199	16008	Germering	1950	13,59
200	16108	Eglfing Wald	1959	23,30
201	16117	Freising	1910	8,30
202	16119	Eching	1901	17,19
203	16144	Maisach	1926	12,50
204	16198	Pliening	1940	6,60
205	16212	Gilching 807	1977	22,40
206	16213	Gilching 808	1977	162,10
207	16218	Unterpfaffenhofen	1978	14,98
208	16223	Hohenlinden 904	1981	59,50
209	16225	Flughafen Erding	1979	16,00
210	16226	Aufhausen	1979	36,00
211	16227	Hasenhaide	1979	24,00
212	16228	Mooshäusl	1979	9,13
213	16229	Inkofen	1979	4,00
214	16232	Unering	1979	31,27
215	16233	Erding	1985	14,40
216	16244	Olching	1981	16,32
217	16249	Gauting	1984	29,30
218	16257	Dachau Ost	1987	6,08
219	16267	Planegg	1987	24,00
220	16268	Poing	1988	8,50
221	16270	Taufkirchen	1985	202,20
222	16604	Garching-Autobahn	1955	8,40
223	17110	Wachendorf	1966	15,70
224	17134	Allersberg 216 TR	1979	22,07
225	17135	Erlangen-Ost TB 217 TR	1979	88,00
226	17136	Erlangen-West 218 TR	1979	17,96
227	17137	Erlenstegen TR 4	1979	25,30
228	17138	Fürth Rednitztal 220TR	1980	8,94
229	17139	Prackenfels 229	1982	80,97
230	17140	Leerstetten	1982	11,84
231	17142	Tennenlohe 230	1983	15,44
232	17143	Zinkelmühle 1	1983	27,57
233	17144	Zinkelmühle 2	1983	30,50

## Verzeichnis der untersuchten Messstellen

Lfd. Nr.	Messstellennummer	Messstellenname	Baujahr	Sohltiefe [m u. GOK]
234	17145	Heimbach 1	1983	32,00
235	17146	Heimbach 2	1983	27,49
236	17147	Heimbach 3	1983	48,62
237	17149	Wilhermsdorf	1984	19,60
238	17152	Grosshabersdorf Q12	1985	23,30
239	17156	Nürnberg U-Bahn 240	1981	23,04
240	17158	Leichendorf BB 6	1983	20,00
241	17160	Hüglmühle artesisch	1988	170,00
242	17167	Obersteinbach (K8)	1997	119,08
243	17171	Pfaffenhofen B6	1998	85,00
244	17172	Reichenschwand Q1	1998	10,80
245	17173	Pfaffenhofen Q8	1998	12,21
246	17176	Untermässing K 10	1998	171,20
247	18122	Hart-Aigen	1972	8,83
248	18125	Pockinger Heide	1997	7,00
249	18126	Poigham	1997	8,30
250	18127	Mittich	1997	6,20
251	18128	Aldesbach	1997	9,80
252	19118	Seibersdorf	1971	17,30
253	19125	Eichendorf 342B	1960	9,20
254	19130	Hammersbach	1975	76,00
255	19131	Nopplinger Feld TB846	1978	52,00
256	19132	Nopplinger Feld TB847	1978	28,80
257	19133	Kleinkay 778	1979	67,41
258	19134	Kleinkay 779	1979	30,40
259	19135	Kleinkay 780	1979	66,00
260	19136	Reisbach 968	1983	46,54
261	19137	Dengkofen 964	1984	81,00
262	19139	Mooshof D40	1985	8,72
263	19140	Simbach B4A	1978	9,10
264	19141	Kirchdorf Hitzenau	1987	88,00
265	19142	Hölsbrunn	1989	85,00
266	19143	Neukirchen	1986	89,90
267	19144	Steina VB1	1994	156,35
268	19603	Dellendorf K4	1957	8,60
269	19607	Tabeckendorf K8a	1958	8,50
270	19614	Leithen R6	1957	6,03
271	19631	Pfarrkirchen Pan 1a	1956	5,27
272	19648	Pfarrkchn.. Q VI Nr.18	1956	6,60

Verzeichnis der untersuchten Messstellen

Lfd. Nr.	Messstellennummer	Messstellenname	Baujahr	Sohltiefe [m u. GOK]
273	19709	Eggenfelden 10	1971	5,50
274	20167	Schierling West S2	1967	3,20
275	20171	Matting 1 661	1967	150,00
276	20176	Neuhof 695	1960	93,00
277	20187	Alling 814	1967	23,70
278	20191	Cham Stadellohe 867	1980	6,30
279	20192	Mühlhausen 877	1980	292,50
280	20193	Loderbach 878	1980	292,40
281	20197	Hohenfels	1987	27,13
282	20198	Holzheim	1987	25,30
283	21121	Wimpasing	1975	18,36
284	21122	Waldkraiburg	1976	37,41
285	21128	Geiselharting-West	1979	144,86
286	21129	Geiselharting-Ost	1979	239,49
287	21130	Wendling-Süd	1979	138,00
288	21131	Wendling-Nord	1979	223,36
289	21136	Mühldorf-Hallenbad	1987	16,64
290	21137	Redenfeld 17	1994	4,37
291	21138	Pfaffenhofen 120	1994	3,42
292	21139	Sendling	1994	2,08
293	21140	Holzkirchen	1993	100,01
294	21141	Grafring T 2	1996	83,00
295	21142	Elsbeth / Stadl 91	1995	74,05
296	21920	Wiechs	1978	32,50
297	21921	Waith	1978	13,49
298	21927	Weihenlinden	1977	13,22
299	21930	Westerham	1977	7,29
300	21985	Stadt Kolbermoor	1991	7,29
301	23004	Haiming 380A	1982	24,23
302	23107	Pietling Nilling 378A	1960	4,50
303	23192	Öd / Mehring 576	1978	38,90
304	23202	Lederhub	1980	80,00
305	23203	Sigrün A	1980	23,86
306	23204	Sigrün B TB 862	1980	79,70
307	23206	S.Westl. Rabenden 869	1980	64,70
308	23207	SO Kainrading	1980	69,79
309	23208	südl. Hart	1980	50,00
310	23209	Honau	1981	74,00
311	23210	Westerhausen 916	1981	87,00

## Verzeichnis der untersuchten Messstellen

Lfd. Nr.	Messstellennummer	Messstellenname	Baujahr	Sohltiefe [m u. GOK]
312	23212	Aich 918	1981	80,00
313	23216	Töging 2 924	1982	15,50
314	23225	Schützing 375D	1982	11,13
315	23229	Osterberg	1983	69,89
316	23230	Lehen	1983	47,96
317	23235	Erlstätt	1984	14,90
318	23723	Abfalter noerdlich	1991	6,50
319	24118	Neudorf 792	1976	123,70
320	24119	Neudorf 793 Sandplatz	1976	130,43
321	24124	Bürgerwald B II	1983	9,61
322	24125	Almesbach JVA	1983	10,20
323	24126	Grafenwöhr Bo. A D32	1984	229,00
324	24129	Weidenstaude	1988	51,40
325	24130	Sauernlohe	1933	60,20
326	24131	Ämtergebäude	1989	7,15
327	24135	Pirk	1994	50,50
328	24137	Kürmreuth	1939	46,16
329	24138	Hessenreuth	1993	251,50
330	24141	Trabitz	1993	18,00
331	24142	Pirkmühle	1990	6,30
332	24143	Harderbühl P 14 T	1992	50,00
333	24144	Kalkhäusel-Mantel	1994	160,00
334	24600	Parkstein EB VI TR	1975	199,00
335	25100	Winkl-Klaffenbach 246	1955	13,44
336	25106	Arzbach 246 C	1971	6,90
337	25111	Weindorf 573	1972	50,21
338	25117	St. Andrae 612	1975	28,63
339	25119	Strohmeier 614	1975	31,30
340	25121	Kronau 616	1975	42,39
341	25130	Wielenbach 691	1976	20,51
342	25132	Egenried 705	1976	62,98
343	25133	Grundwald 706	1976	55,00
344	25135	Mittenwald-Gerber	1978	55,14
345	25138	Penzing I TB 822	1978	92,09
346	25139	Penzing II FB824	1977	10,59
347	25141	Schröfeln 1 829	1979	17,51
348	25142	Schröfeln 2 830	1979	17,72
349	25143	Graswang 831	1979	39,50
350	25144	Peiting WV 872 TR	1980	27,90

Verzeichnis der untersuchten Messstellen

Lfd. Nr.	Messstellennummer	Messstellenname	Baujahr	Sohltiefe [m u. GOK]
351	25151	Wolfratshausen 883	1982	9,43
352	25155	Igling 957	1983	14,91
353	25156	Denklingen 958	1983	39,30
354	25157	Wielenbach	1983	18,93
355	25160	Scheuring 983	1984	7,47
356	25163	Lenggries-Vorderriß 3/986	1984	17,92
357	25164	Pupplinger Au 9	1961	6,13
358	25170	Wallgau 2	1988	32,50
359	25182	Geretsried Q2	1997	3,20
360	25183	Deutenhausen Q3	1997	10,00
361	25184	Ettal Q1	1997	19,00
362	25668	Oberau 2/3 TR	1954	13,92
363	25700	östl. Loisach D/1K	1962	22,20
364	25707	Eschenlohe Nr. 26/3	1961	196,00
365	27107	Rieneck	1975	117,00
366	27113	Schonderfeld	1979	88,50
367	27116	Wagenmühle	1991	47,30
368	27118	Heinrichstal	1990	117,50
369	27121	Lohr am Main/Farbmühle	1993	150,00
370	27124	Dipach BK 1	1997	98,80