

***Geophysikalische Messungen in
Tulum (Mexiko) - 2010***

*Österreichische Akademie der Wissenschaften
Dr. Ignaz Seipel-Platz 2
1010 Wien*

von

Mag. R. Supper, Dr. A. Schiller, Mag. B. Jochum, Mag. D. Ottowitz

Wien, Jänner 2011

Abstract

This report contains the results from the 2010 measuring campaign in the area of Tulum (Yucatan, Mexico), carried out within the international research initiative XPLORE, devoted to the protection of the Sian Ka'an biosphere reserve. The field work, co-financed by the Austrian Academy of Science in frame of the Man and Biosphere (MAB) program and the project Xplore (L524-N10) of the Austrian Science Fund, was performed between April 6th and 24th, 2010. It was the sixth measuring campaign since 2006, with the goal to advance the general understanding of the whole karst system in the area by application of airborne and ground geophysical methods.

The main focus for this campaign was put on drilling and borehole measurements to investigate key parameter of the limestone rocks for calibration of the airborne results and the follow up groundwater model. They should provide high resolution data of the subsurface in the surrounding of cave systems. For this purpose several measuring methods were applied including electromagnetics, natural gamma, flow measurements (Impeller Flow meter), temperature, electrical conductivity and HiRAT (High Resolution Acoustic Televiewer). Borehole logging was performed in total at 9 boreholes from which 7 were drilled during the first two weeks of the field campaign. The interpretation of the collected data leads to the important conclusion that the porosity of the formation has an unexpected strong influence on the measured resistivity compared to the influence of pore fluid conductivity. This is demonstrated by the fact that we observed similar resistivity values in the freshwater and saltwater saturated formations, depending on their porosities. In addition important data related to cave and fissure structures which were drilled through were derived.


In addition to these measurements several geoelectrical measurements were performed close to the drill holes. At some locations geoelectric borehole to surface measurements were additionally performed to increase the resolution of the derived model.

With the aid of a special borehole water sampling device about 15 water samples were collected inside the boreholes at different depth. These water samples were filtered and stabilized in the field and finally analysed by the Department of Geochemistry of the Geological Survey of Austria in Vienna. The results show that the so called "freshwater" in the research area is always influenced by seawater. The degree of influence depends on the distance to the sea and the depth where the water sample is taken. The mineral content (Ca^{2+} , Mg^{2+} and K^{+}) of the analysed water samples is high due to the influence of seawater and limestone.

To the end of the measuring campaign, when all the work and measurements related to the boreholes were completed, combined temperature/pressure sensors were installed at six selected borehole locations to monitor the variation of the groundwater level over a period of one year. This long term data is essential for the calibration of the hydrological modelling, since so far hardly any long term data is available. The analysis and interpretation of this data will be finalised after collection of the sensors in February 2011.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	i
Inhaltsverzeichnis	ii
1 Einleitung	1
2 Übersichtsplan	2
3 Geophysikalische Messungen	4
3.1 Geoelektrik	4
3.2 Bohrlochgeophysik	20
3.3 Hydrochemische Untersuchungen	34
3.4 Grundwasserspiegel Monitoring	38
4 Zusammenfassung	41
5 Danksagung / Acknowledgement	43
Anhang	44
Bohrprofile	44
Wasseranalysen	56

Kontakt:  Geologische Bundesanstalt /Fachabteilung Geophysik
e-mail: Robert.Supper@geologie.ac.at
Tel.: +43 1 712 56 74 380

1 Einleitung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Arbeiten, Daten und Ergebnisse der von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften im Rahmen des Projektes „Xplore“ anteilig geförderten Messkampagne vom 06.04.2010 bis 24.04.2010 in Tulum/Mexiko. Die Förderung durch die ÖAW erfolgte aus dem UNESCO-Programm „Man and Biosphäre“ (MaB). Das FWF Projekt „Xplore“ (L524-N10) ist Teil einer bereits seit 2006 laufenden internationalen Forschungskooperation mit dem Ziel, (aero-) geophysikalische und hydrologische Methoden in innovativer Weise zu kombinieren, um zu einem tieferen Verständnis der Dynamik des ausgedehnten Karstwasserregimes bei Tulum zu gelangen. Die Bedeutung dieser Studie leitet sich aus der Situation eines forcierten Tourismusausbaues in und um Tulum und der Notwendigkeit der Bewahrung einzigartiger Natur im nahen Biosphärenpark und UNESCO-Weltnaturerbe Sian Ka'an ab. Die unterirdischen Karstwässer und Fließ-/Speicherstrukturen verbinden das gesamte Gebiet und ein möglichst genaues hydrologisches Modell des gesamten Grundwassersystems kann zum Schlüsselfaktor für eine naturbewahrende und nachhaltige, die Ressourcen schonende Stadt- und Tourismusentwicklung werden. Im Rahmen der Kampagne 2010 wurden Daten erhoben bzw. Langzeitmessungen gestartet, die einen wesentlichen Input zur Erstellung dieses Modelles bilden.

Das Hauptaugenmerk wurde dabei auf die während des genannten Zeitraumes zu errichtenden Bohrlöcher und die Bohrlochmessungen gelegt. Zusätzlich wurden geoelektrische Messungen durchgeführt, deren Interpretation mit Hilfe der Bohrlochmessungen wesentlich erleichtert und verbessert wurde. Im Weiteren werden die gewonnen hochauflösenden Bohrlochdaten dazu verwendet, die boden- und aerogeophysikalischen Messungen der letzten Jahre zu kalibrieren. Bisher fehlende Information im Bereich der zeitlichen bzw. saisonalen Änderungen des Grundwasserhaushaltes dieser Region soll mit den Daten des neu installierten Grundwasser-Monitoring Netzes, bestehend aus in Bohrlöchern installierten autonomen Druckpegel- und Temperaturloggern, für wesentliche Parameter bereitgestellt werden.

2 Übersichtsplan

Abbildung 1 zeigt die geografische Lage des Interessensgebietes innerhalb Mexikos.



Abbildung 1: Geografische Lage des Messgebietes

Das Messgebiet umfasst die Stadt Tulum mit näherer Umgebung. Wenige Kilometer südwestlich befindet sich das artenreiche Lagunen- und Mangrovegebiet von Sian Ka'an (Maya für: „Quellen des Himmels“), Biosphärenpark und seit 1986 UNESCO Weltnaturerbe. Die beabsichtigte touristische Entwicklung der Stadt Tulum stellt für den Biosphärenpark sehr bald eine akute Bedrohung dar, wenn das dazu notwendige Frisch-/Abwassermanagement nicht auf profunden wissenschaftlichen Fakten fußt. Das Messgebiet ist Teil der ausgedehnten Karstebenen entlang der Ostküste der Halbinsel Yucatan, die vor allem durch ausgedehnte wasserdurchströmte Karsthöhlensysteme gekennzeichnet sind, die nur an wenigen Stellen in Form von Cenoten zu Tage treten. Die Nähe zum Meer bewirkt eine komplizierte Wechselwirkung zwischen einer aufliegenden Schicht aus leichterem Süßwasser, das aus dem Landesinneren stammt, und einem darunter befindlichen Salzwasserkörper.

Abbildung 2 zeigt eine Detailansicht des Messgebietes mit den bereits vorhandenen bzw. errichteten Bohrungen, den gemessenen geoelektrischen Profilen und den von Höhlentauchern erkundeten Höhlensystemen. Die Ergebnisse der letzten Messkampagnen haben gezeigt, dass die Höhlensysteme und deren unmittelbare Umgebung eine entscheidende Rolle im Grundwasserhaushalt spielen. Daher wurde der Großteil der Bohrungen in unmittelbarer Nähe zu bekannten Höhlensystemen positioniert. Die so gewonnenen Daten sollen ein besseres Verständnis für den Aufbau des Untergrundes in deren Umgebung liefern. Die Verteilung der Bohrungen ist, wie in Abbildung 2 deutlich ersichtlich,

an ausgebaute Verkehrswege gebunden, da die dichte Vegetation keine anderen Möglichkeiten zulässt.

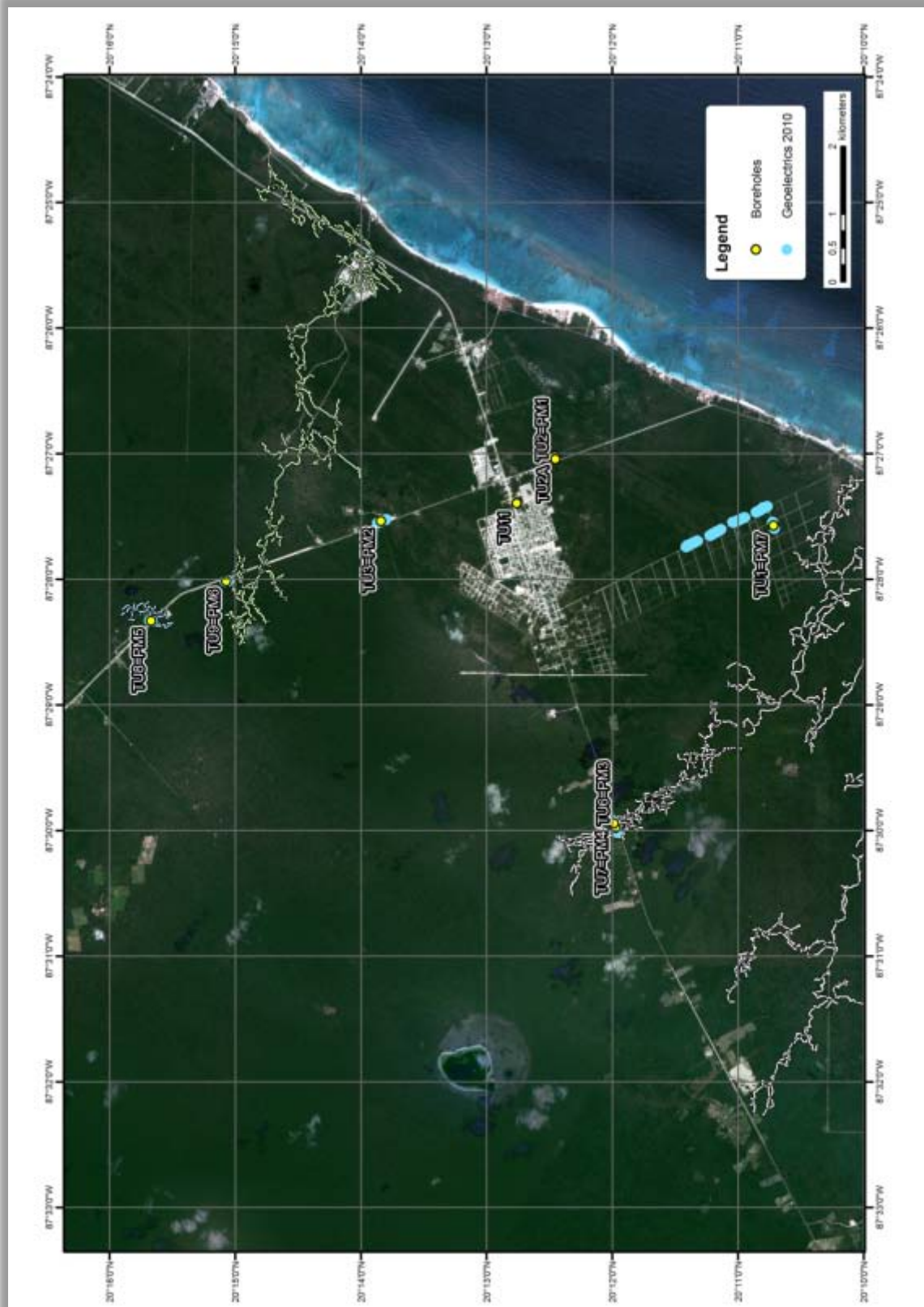


Abbildung 2: Detailansicht des Messgebietes mit Lage der Bohrlöcher und der Geoelektrik Profile sowie bekannter Höhlensysteme

3 Geophysikalische Messungen

3.1 Geoelektrik

Die geoelektrischen Messungen wurden mit dem an der Geologischen Bundesanstalt entwickelten Messgerät GEOMON^{4D} durchgeführt. Das Hauptaugenmerk der Messkampagne wurde auf die in Auftrag gegebenen Bohrungen und damit verbundenen Bohrlochmessungen gelegt. Daher wurden auch die geoelektrischen Messungen vorwiegend an den Positionen der Bohrlöcher durchgeführt (eine Ausnahme stellen die Profile GC2 – GC5 dar). Zu den üblicherweise angewendeten Elektrodenanordnungen (Gradient und Schlumberger) wurden an ausgewählten Profilen noch zusätzliche Elektroden in den Bohrlöchern platziert, um Borehole to Surface Messungen zu ermöglichen. Diese Messanordnung verbessert die Auflösung des Messverfahrens vor allem in der Umgebung des Bohrloches. In Tabelle 1 sind die Spezifikationen der gemessenen geoelektrischen Messprofile angegeben. Die erzielten Eindringtiefen der einzelnen Messungen sind an die Profillänge gekoppelt und betragen etwa ein Fünftel der Profillänge.

Tabelle 1 Spezifikation der Geoelektrik Profile			
Geoelektrik Profil	Profillänge[m]	Messrichtung	Elektrodenanordnung
Profil TU1	92	~ SW – NO	Gradient / Schlumberger
Profil TU3	132	~ NW – SO	Gradient
Profil TU6+7	92, 144, 160	~ NO – SW	Gradient / Borehole to Surface
Profil TU8	40	N – S	Gradient / Borehole to Surface
Profil TU9	48	N – S	Gradient / Borehole to Surface
Profil GC2	184	~ SO – NW	Gradient
Profil GC3	184	~ SO – NW	Gradient
Profil GC4	184	~ SO – NW	Gradient
Profil GC5	184	~ SO – NW	Gradient

Abbildung 3 zeigt die Lage der gemessenen geoelektrischen Messprofile.

Die Ergebnisse der geoelektrischen Messungen zeigen im Groben einen dreischichtigen Aufbau. An der Oberfläche dominiert der sehr hochohmige, trockene bis feuchte Kalkstein. Die spezifischen elektrischen Widerstände variieren zwischen 200 und 2000 Ohmm. Bei Hohlräumen (ohne Porenfluid) liegt der elektrische Widerstandswert entsprechend höher (z.B. Profil TU9).

Der Grundwasserspiegel ist in den Ergebnisse zum Teil zu erkennen und kennzeichnet die Grenze zwischen sehr hohen elektrischen Widerständen an der Oberfläche und den eher moderaten elektrischen Widerständen darunter. Dieser Bereich stellt die zweite Schicht dar, deren elektrische Widerstände mit zunehmender Tiefe immer geringer werden. Es wird angenommen, dass in diesem Bereich die Porenräume mit Porenfluid (Süßwasser bzw. Brackwasser) gesättigt sind.

In größeren Tiefen dominiert der Einfluss des Salzwassers als Porenfluid. Diese Schicht zeichnet sich durch sehr niedrige spezifische elektrische Widerstände im Bereich von 1-15 Ohmm aus.

In einigen Ergebnissen zeigen sich deutliche, unter dem Grundwasserspiegel liegende, niederohmige Anomalien, die zum Teil auf größere Klüfte bzw. Höhlen zurückzuführen sind.

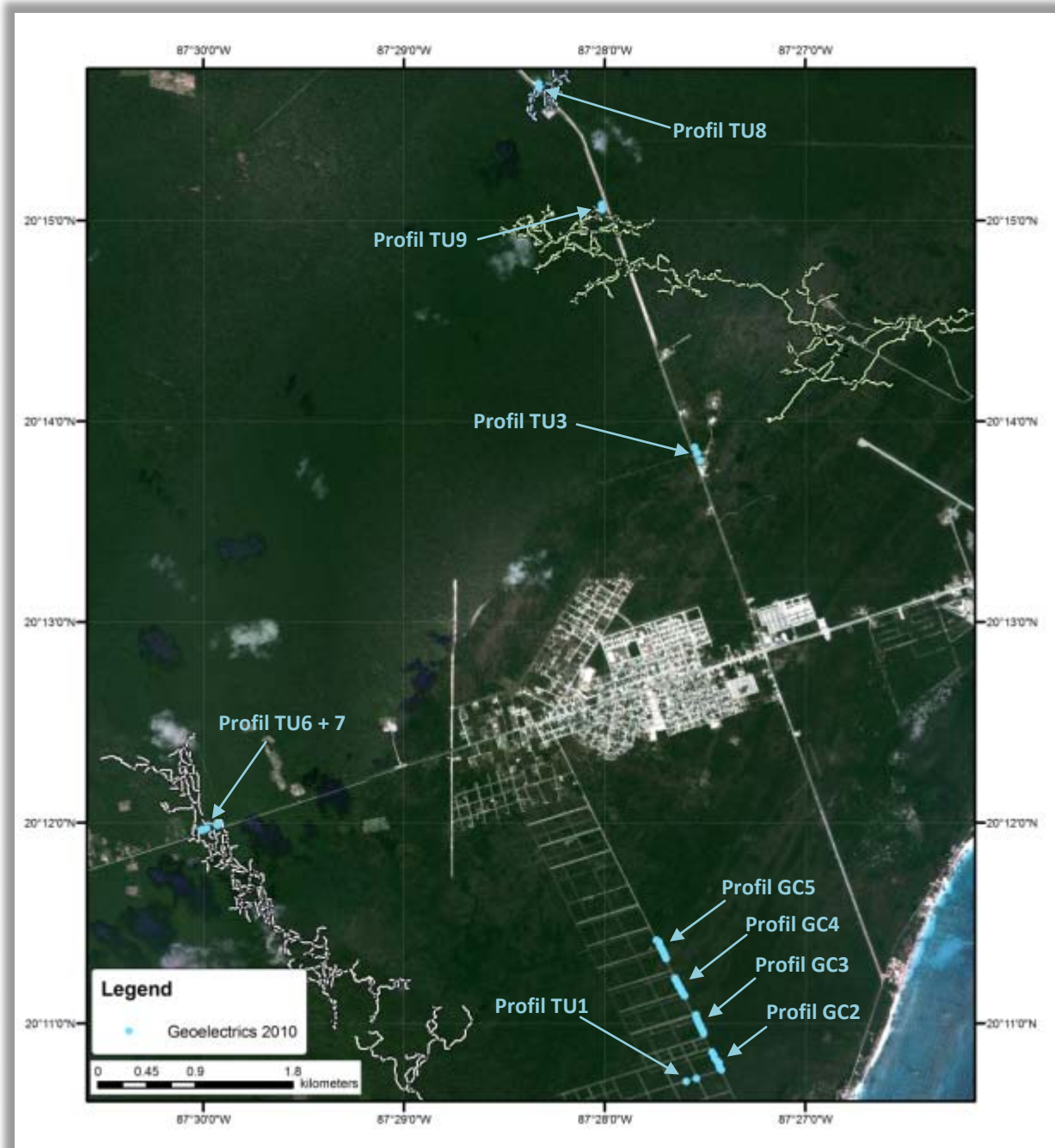


Abbildung 3: Detailübersicht der gemessenen Geoelektrik Profile

Profil TU1



Abbildung 4: Profilanfang (links), Blickrichtung Profilende (rechts)

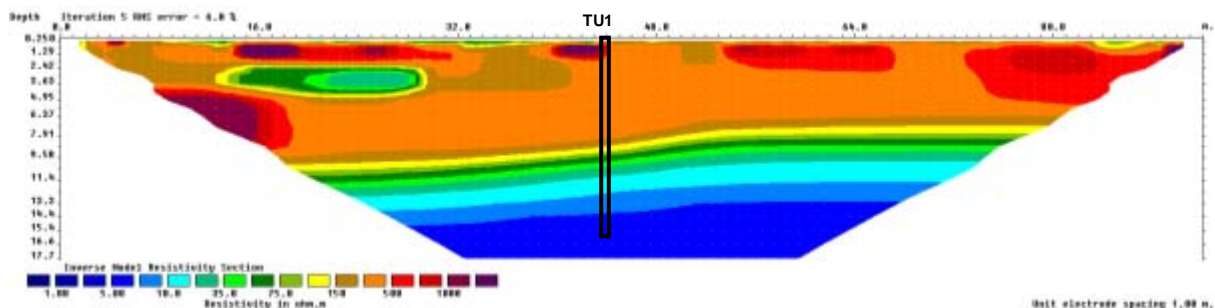


Abbildung 5: Inversionsergebnis der Geoelektrik mit Lage der Bohrung

Profil TU1 liegt von allen Messprofilen am südlichsten und wurde entlang der Zufahrtsstraße zu einem neu errichteten Haus aufgebaut. Abgesehen von diesem einzelnen Gebäude ist die Umgebung von dichtem Wald geprägt, den lediglich einzelne systematisch angelegte Schotterstraßen durchqueren. Diese Straßen stellen die erste Phase des geplanten Ausbaues der Stadt Tulum dar. In Abbildung 4 ist der Profilanfang, sowie das Messprofil ab der Mitte Richtung Profilende zu sehen.

In Abbildung 5 ist das Inversionsergebnis der durchgeführten geoelektrischen Messung als Tiefensektion dargestellt. Die beigefügte Farbskala reicht von 1 (blau) bis 1500 Ohmm (violett). Deutlich hervorzuheben ist die annähernd horizontal verlaufende Grenzschicht bei etwa 14 m Tiefe, die den Wechsel zwischen Süßwasser (in den meisten Fällen auch beeinflusst durch Salzwasser – siehe Kapitel 3.3) und Salzwasser als Porenfluid darstellt (Widerstandsbereich unter 10 Ohmm). Darüber liegt ein Bereich in dem der elektrische

Widerstand stark abnimmt (ca. 9 bis 14 m Tiefe). Dieser Bereich deutet auf eine Übergangszone zwischen den beiden Porenfluiden hin. Der aus den Bohrlochmessungen ermittelte Grundwasserspiegel in einer Tiefe von 3.8 m (siehe Kapitel 3.2) lässt sich im Inversionsergebnis nur ansatzweise erkennen. Die hochohmige Anomalie an der Oberfläche bei Profilmeter 16 korreliert eindeutig mit der Abwassergrube des benachbarten Hauses. Die darunterliegende niederohmige Anomalie könnte auf das Einsickern von Abwasser in den Untergrund durch undichte Stellen des Abwasserreservoirs hindeuten. Abgesehen davon ist der obere Bereich des Untergrundes (bis zur Tiefe von etwa 8 m) bezüglich der Widerstandsverteilung relativ homogen.

Profil TU3



Abbildung 6: Blickrichtung Profilanfang (links), Blickrichtung Profilmitte (Sonnenschirm) bzw. Profilende (rechts)

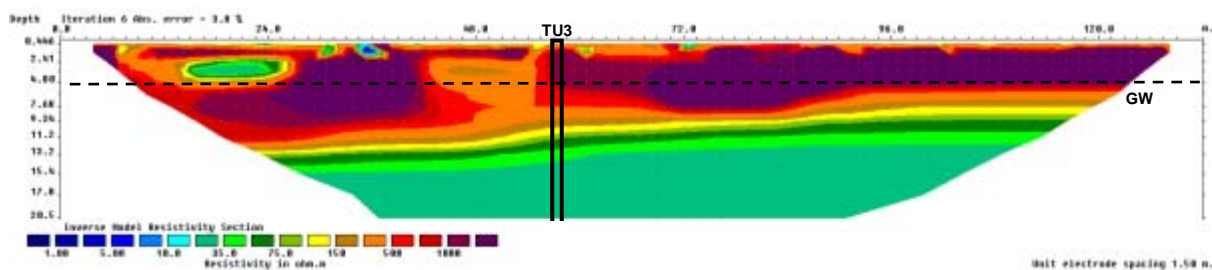


Abbildung 7: Inversionsergebnisse der Geoelektrik mit Lage der Bohrung

Das Profil TU3 liegt vom Profilanfang bis zur Bohrung auf dem Einfahrtsbereich eines Baustofflagerplatzes. Der weitere Teil des Messprofils führt durch den angrenzenden Bereich mit mittelhohem Bewuchs (siehe Abbildung 6). Das Profil verläuft parallel zur Straße, die von Tulum nach Coba führt.

Abbildung 7 zeigt das Inversionsergebnis der geoelektrischen Messung mit eingezeichneter Bohrung bei Profilmeter 57. Auch bei diesem Messprofil ist in einer Tiefe von ca. 12 bis 15 m ein deutlicher Abfall des spezifischen elektrischen Widerstandes zu erkennen, was auf die Übergangzone von Süßwasser zu Salzwasser als Porenfluid hindeutet. Die Messung der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit des Grundwassers im Bohrloch zeigt den Übergang zu Salzwasser allerdings erst in einer Tiefe von etwa 19 m (siehe Abbildung 30). Um diese Grenze auflösen zu können reicht die Eindringtiefe der durchgeführten geoelektrischen Messung nicht aus. Der Grundwasserspiegel, der laut Bohrlochmessungen bei knapp 5 m

Tiefe liegt, ist ab Profilmeter 90 deutlich erkennbar. Im vorderen Bereich des Messprofils ist diese Grenze nur schwer zu erkennen. Die niederohmige Anomalie, die im Bereich des Profilanfanges zu sehen ist dürfte auf eine anthropogene Störung zurückzuführen sein. An der unmittelbaren Oberfläche (0 – 100 cm) sind im Vergleich zum darunterliegenden Bereich relativ niedrige elektrische Widerstände zu erkennen, die durch die Infiltration von Regenwasser zu erklären sind. Während der gesamten Messkampagne hat es nämlich immer wieder teilweise stark geregnet.

Profil TU6 + 7



Abbildung 8: Profilende (links), Blickrichtung Profilanfang (rechts)

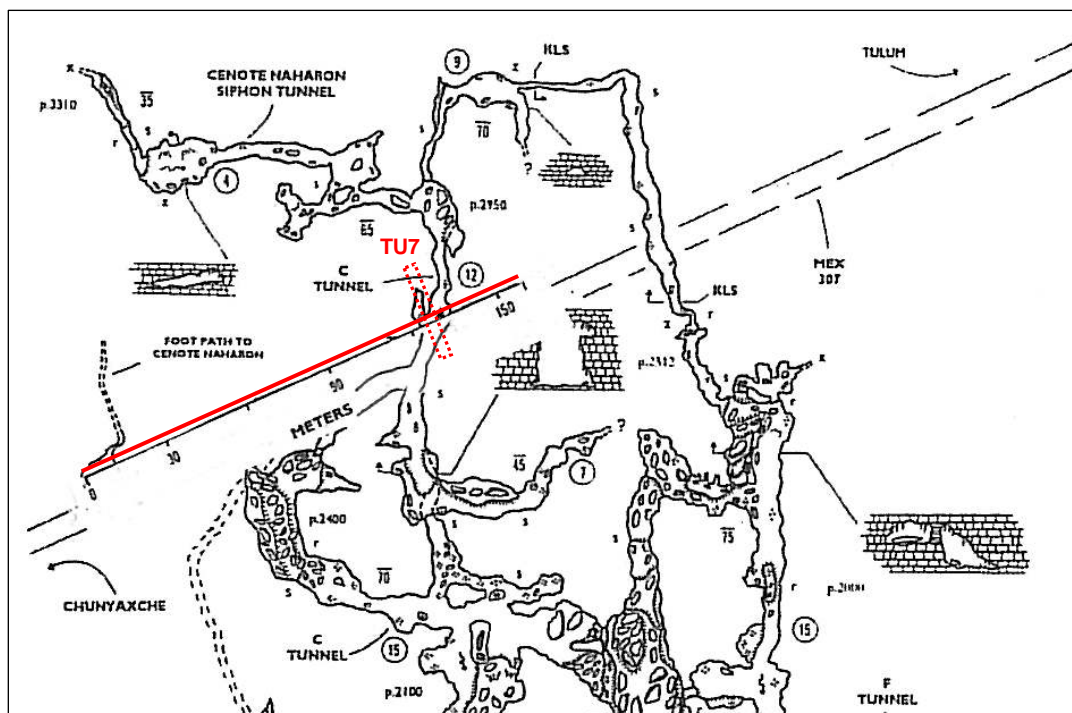


Abbildung 9: Höhlenkarte von Tauchern mit eingezeichnetem Geoelektrik-Profil und Bohrung TU7 (rot)

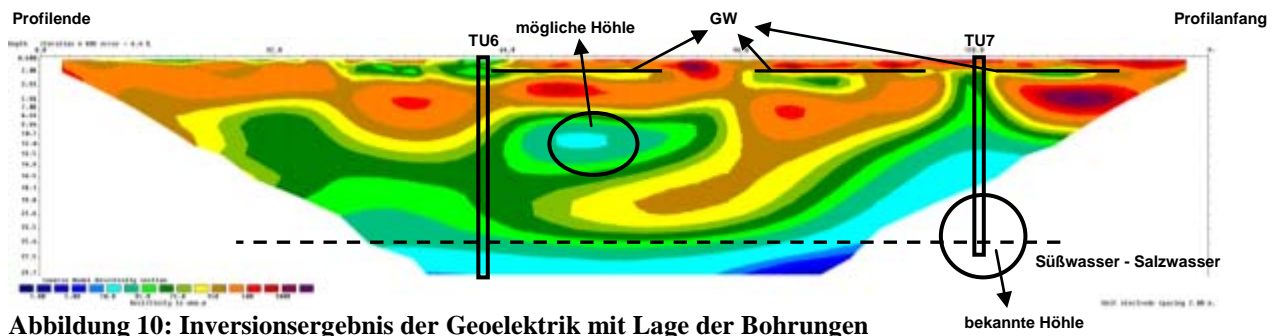


Abbildung 10: Inversionsergebnis der Geoelektrik mit Lage der Bohrungen



Abbildung 11: Prozentuelle Differenz der elektrischen Leitfähigkeit zwischen zwei Messergebnissen (vor und nach der Fertigstellung von Bohrung TU7)

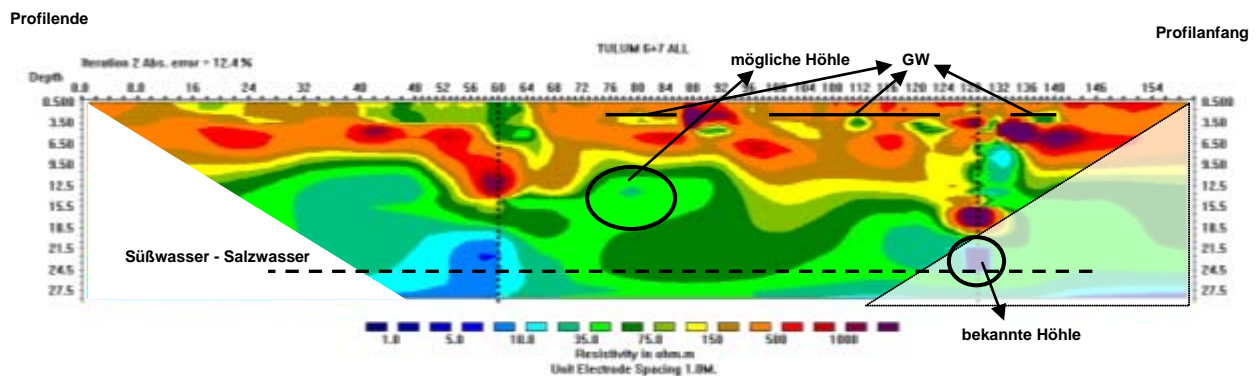


Abbildung 12: Inversionsergebnis der Geoelektrik (Borehole to Surface) mit Bohrlochelektroden (schwarze Punkte)

Dieses Messprofil wurde parallel zur Straße Richtung Felipe Carrillo Puerto aufgebaut. Der Anfangsbereich des Profils wurde entlang einer Schneise im Wald ausgelegt. Im Weiteren führt die Auslage an einem Stacheldrahtzaun entlang bis zum Ende des Einfahrtsbereichs zur Cenote Cristall (Abbildung 8). Die Lage dieses Messprofils wurde so gewählt, dass es an den Bohrungen TU6 sowie TU7 vorbeiführt. Zusätzlich zu den üblichen Elektrodenanordnungen (Gradient und Schlumberger) wurden hier auch Borehole to Surface Messungen bei beiden Bohrlöchern durchgeführt.

Abbildung 10 zeigt das Inversionsergebnis der üblichen Elektrodenanordnung. Wie in den vorherigen Messergebnissen ist auch hier der Übergang zwischen Süß- und Salzwasser als Porenfluid deutlich zu erkennen, wobei die Tiefe im Vergleich zum Ergebnis der Bohrlochmessungen etwas größer ausfällt. Diese Diskrepanz bewegt sich in einer Größenordnung die sich durchaus mit der eingeschränkten Auflösung der geoelektrischen Messung (speziell in dieser Tiefe) erklären lässt. Der Bereich bis zu dieser Grenzschicht zeigt

hier eine sehr heterogene Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstandes. Laut Bohrprofil der Bohrfirma wurden beim Bohrloch TU7 drei größere Klüfte bzw. fluidgefüllte Hohlräume durchbohrt, die mit dem bekannten Höhlensystem (siehe Abbildung 9) korrelieren. Dieses Höhlensystem befindet sich bei der normalen Oberflächengeoelektrik nicht im Messbereich, dennoch bildet sich oberhalb der Höhle eine deutliche niederohmige Anomalie ab. Das Messergebnis in Abbildung 10 stammt von einer Messung, die nach Fertigstellung des Bohrloches TU7 durchgeführt wurde. Der Vergleich mit Messergebnissen vor Bohrbeginn zeigt speziell im Bereich von Bohrloch TU7 deutliche Unterschiede in den Widerständen (siehe Abbildung 11). Diese Erniedrigung des elektrischen Widerstandes lässt sich durch das Einströmen von Wässern starker elektrischer Leitfähigkeit in seichtere Bereiche des Bohrloches erklären. Die Grundlage für diese Annahme stellt die enorme Dynamik des Grundwassers dar, die beim Bohrloch TU7 beobachtet wurde (näheres siehe Abschnitt 3.2). Dieses Ergebnis zeigt, dass das Bohren die elektrischen Eigenschaften des Untergrundes stark beeinflussen kann.

Der Vergleich zwischen den Inversionsergebnissen von Abbildung 10 und Abbildung 12 zeigt zwar im Großen und Ganzen die gleichen Strukturen, allerdings sind in der Umgebung der Bohrlöcher bzw. zwischen den beiden Bohrlöchern, wo durch die spezielle Elektrodenanordnung eine verbesserte Auflösung erzielt wird, auch größere Unterschiede festzustellen. Das Gesamtbild in diesem Bereich zeigt durch die verbesserte Auflösung wesentlich kleinräumigere Widerstandsanomalien. Im Bereich der Profilmitte tritt wie im Ergebnis der Oberflächengeoelektrik eine niederohmige Anomalie auf, die als mögliche Höhle interpretiert werden kann. Beim Bohrloch TU7 befindet sich in einer Tiefe von etwa 20 m eine bekannte Höhle (siehe Abbildung 9 bzw. Abbildung 32), die bei der Inversion ins Startmodell inkludiert wurde, um das Inversionsergebnis zu optimieren. Die bekannte Höhle befindet sich zwar auch bei dieser Messung am Rand bzw. knapp außerhalb des Messbereiches (transparenter Bereich in Abbildung 12), trotzdem hat deren Existenz einen Einfluss auf das Inversionsergebnis der durch das Einbeziehen in das Startmodell minimiert wird. Der Vergleich zu den durchgeführten Bohrlochmessungen (im speziellen EM-Log) in TU6 und TU7 zeigt tendenziell eine Korrelation zwischen den vertikalen Widerstandsverteilungen (siehe Abbildung 31 Abbildung 32). Speziell beim Bohrloch TU7 korrelieren die Bereiche niedrigen elektrischen Widerstandes hervorragend mit Bereichen hoher Porosität aus dem Bohrprofil. Der Grundwasserspiegel der laut Bohrlochmessungen bei einer Tiefe von 2.1 m liegt ist in den Ergebnissen der Geoelektrik nur ansatzweise zu erkennen.

Profil TU8



Abbildung 13: Blickrichtung Profilanfang mit Bohrloch bei Profilmeter 25

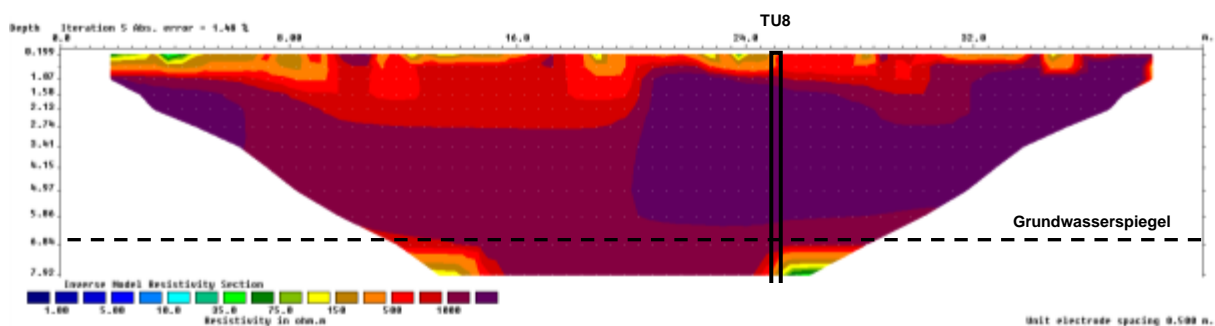


Abbildung 14: Inversionsergebnis der Geoelektrik mit Lage der Bohrung

Profil TU8 wurde an der Straße Richtung Coba gemessen. Die Auslage in Nord-Süd-Richtung erfolgte direkt neben der Straße auf einem Parkplatz (Abbildung 13). Da der zur Verfügung stehende Platz sehr eingeschränkt war, konnte diese Messung nur mit einer Profillänge von 40 m durchgeführt werden. Bei Profilmeter 25 passierte das Messprofil das Bohrloch TU8, dass mit einer Tiefe von knapp 31 m deutlich tiefer ist als die erreichte Eindringtiefe der durchgeführten geoelektrischen Messung.

In Abbildung 14 ist das Inversionsergebnis dargestellt. Durch die geringe Eindringtiefe wurde bei diesem Profil nur der oberste, zum Großteil trockene Bereich des Untergrundes untersucht (der Grundwasserspiegel liegt laut Bohrlochmessungen bei 6.45 m). Aus diesem Grund ist es nicht verwunderlich, dass das Ergebnis im gesamten Bereich der Tiefensektion

sehr hohe spezifische elektrische Widerstände zeigt. Aufgrund von starken Regenfällen an den Tagen vor dieser Messung, können die kleinräumigen Widerstandsanomalien (niedrigerer spezifischer elektrischer Widerstand) an der Oberfläche als Infiltrationsprozesse von Regenwasser gedeutet werden. Der tiefere Bereich des Inversionsergebnisses (ab ca. 6.5 m Tiefe) zeigt tendenziell eine Abnahme des spezifischen elektrischen Widerstandes, was auf den Grundwasserspiegel zurückzuführen ist. Auch bei diesem Messprofil wurden Borehole to Surface Messungen durchgeführt, die aber aufgrund der geringen Auslagelänge an der Oberfläche und des relativ tiefen Grundwasserspiegels zu keinem brauchbaren Ergebnis geführt haben.

Profil TU9



Abbildung 15: Profilanfang (links), Blickrichtung Profilende mit Bohrloch TU9 (rechts)

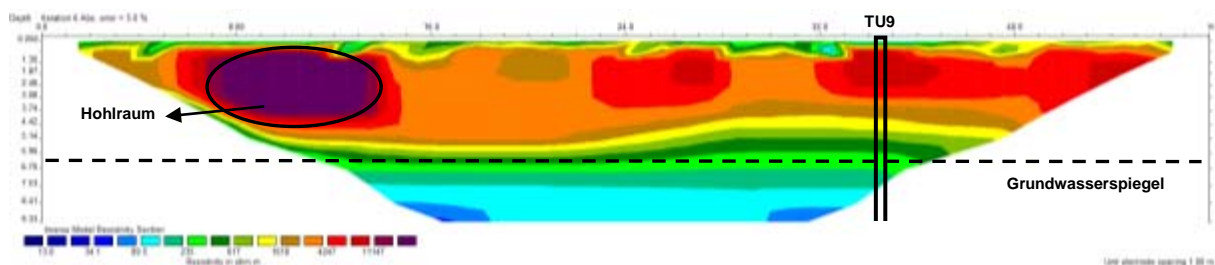


Abbildung 16: Inversionsergebnis der Geoelektrik (Gradient) mit Lage der Bohrung

Dieses Messprofil wurde ebenfalls an der Straße Richtung Coba, auf einem umzäunten Privatgrundstück (Messrichtung Süd-Nord) aufgebaut. Es führt bei Profilmeter 34.5 unmittelbar am Bohrloch TU9 vorbei (Abbildung 15).

Das Inversionsergebnis (Abbildung 16) zeigt in der Tiefe von etwa 6.5 m eine deutliche Abnahme des spezifischen elektrischen Widerstandes. Diese Grenze ist mit dem Grundwasserspiegel, der sich laut Bohrlochgeophysik in einer Tiefe von 6.3 m befindet gleichzusetzen. Bei der Betrachtung von Abbildung 16 ist zu beachten, dass die Einteilung des Farbschemas von den vorherigen Inversionsergebnisse abweicht, damit die Anomalie mit extrem hohen spezifischen elektrischen Widerständen (>12000 Ohmm) zwischen Profilmeter 7 und 14 sichtbar gemacht wird. Diese Anomalie ist auf den in Abbildung 17 erkennbaren Hohlraum unter dem Messprofil zurückzuführen. Damit zeigt sich, dass sich die

Methode der Geoelektrik hervorragend dafür eignet Hohlräume aufzuspüren bzw. nachzuweisen.



Abbildung 17: Hohlraum zwischen Profilmeter 7 und 14 (links), Detailansicht mit Grundwasserspiegel (rechts)

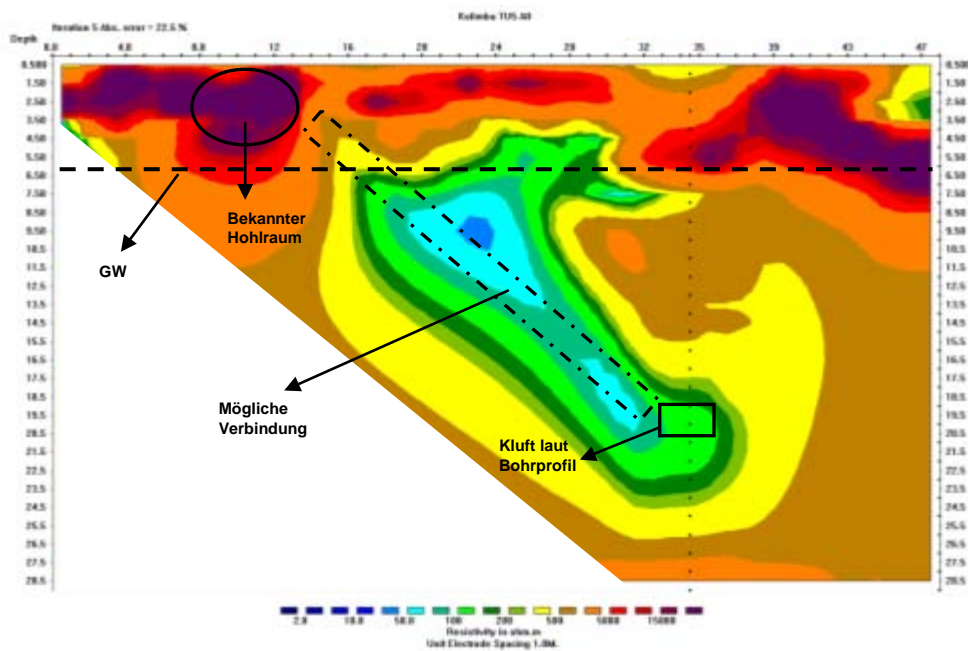


Abbildung 18: Inversionsergebnis der Geoelektrik (Borehole to Surface) mit Bohrlochelektroden (schwarze Punkte)

In Abbildung 18 ist das Inversionsergebnis der Borehole to Surface Messung dargestellt. Zu betonen ist, dass die Rahmenbedingungen für diese Messmethode (ähnlich wie bei Profil TU8) nicht optimal sind (geringe Profillänge, relativ tiefer Grundwasserspiegel). Dennoch bildet sich sowohl der Grundwasserspiegel als auch der Hohlraum zwischen Profilmeter 7 und 14 in den spezifischen elektrischen Widerständen ab. Zusätzlich sind auch im Bereich des Profilendes sehr hochohmige Anomalien zu erkennen, die auf luftgefüllte Hohlräume zurückzuführen sind. Die bei der Bohrung angetroffene, wassergefüllte Höhle in 18 - 20 m Tiefe deutet sich in der Geoelektrik als Zone niedrigen elektrischen Widerstandes an. Die schräg nach oben verlaufende, niederohmige Anomalie deutet eine Verbindung der Höhle in der Tiefe mit dem Hohlraum an der Oberfläche an. Tatsächlich zeigt der Hohlraum an der Oberfläche die Tendenz in diese Richtung abzufallen, wobei in größerer Tiefe auch der Grundwasserspiegel zu erkennen war (siehe Abbildung 17), der sich im Inversionsergebnis in diesem Bereich deutlich abbildet.

Profil TU GC2 – GC5



Abbildung 19: Straße entlang der die Profile GC2 bis GC5 gemessen wurden

Die Messprofile GC2 bis GC5 wurden im Gegensatz zu allen anderen nicht an Bohrlöcher gekoppelt. Die Auslage erfolgte auf der in Abbildung 19 dargestellten Straße, die geradeaus an die 4 km in den bis jetzt noch nahezu unbesiedelten Wald führt. Der Profilanfang des ersten Profils wurde an die Straßenabzweigung zum Bohrloch TU1 gesetzt. An dessen Profilenende wurde dann im Abstand von 200 m das nächste Profil (GC3) angeknüpft. Die restlichen zwei Profile wurden nach der gleichen Systematik ausgelegt.

In den Abbildung 20 bis Abbildung 23 sind die Inversionsergebnisse der 4 Messprofile dargestellt. Alle zeigen eine klare Gemeinsamkeit, nämlich den Übergangsbereich zwischen den Porenfluiden Süßwasser und Salzwasser. Ähnlich wie bei Messprofil TU1 beginnt dieser Bereich im Durchschnitt bei etwa 10 m Tiefe. Der Grundwasserspiegel, der laut Bohrung TU1 in diesem Bereich bei ca. 4 m liegen sollte, ist in den Ergebnisse teilweise zu erkennen. Er stellt die Grenze zwischen sehr hohen und moderaten elektrischen Widerständen dar (am besten zu erkennen in Abbildung 20). Die Widerstandsverteilung in den oberen 10 bis 15 m zeigt ein sehr heterogenes Bild, wobei einige Widerstandsanomalien auf größere, fluidgefüllte Klüfte bzw. Höhlen hindeuten (z.B. Abbildung 20 und Abbildung 21).

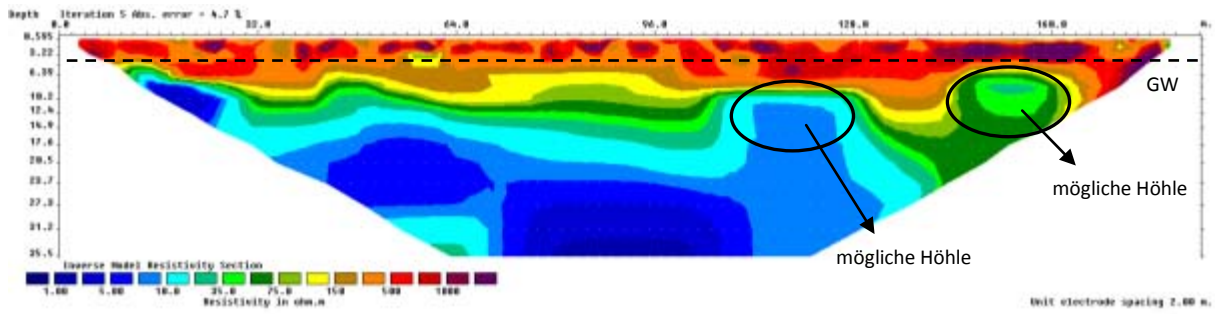


Abbildung 20: Inversionsergebnis der Geoelektrik (Profil GC2) mit möglichen Höhlen

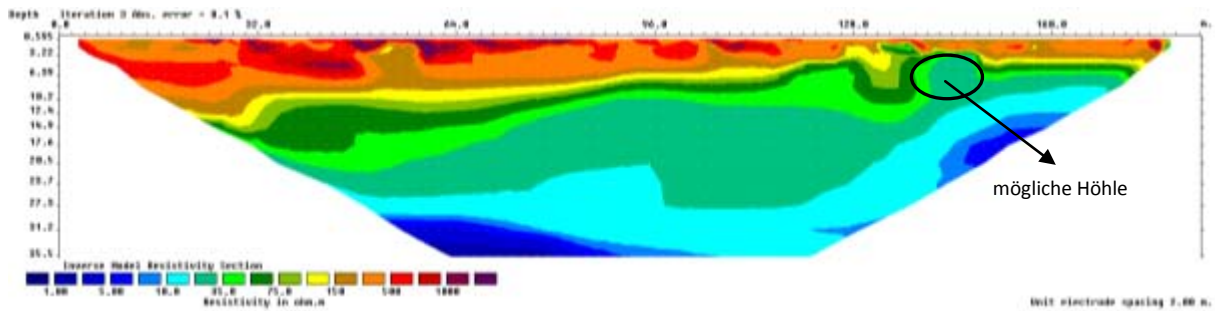


Abbildung 21: Inversionsergebnis der Geoelektrik (Profil GC3) mit möglichen Höhlen

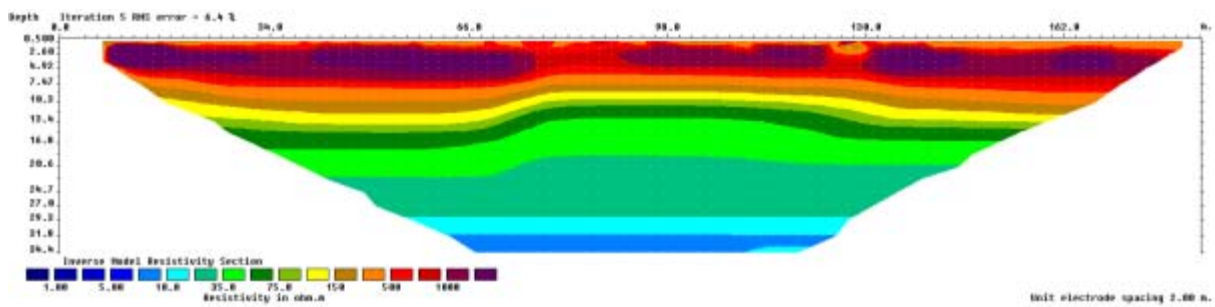


Abbildung 22: Inversionsergebnis der Geoelektrik (Profil GC4)

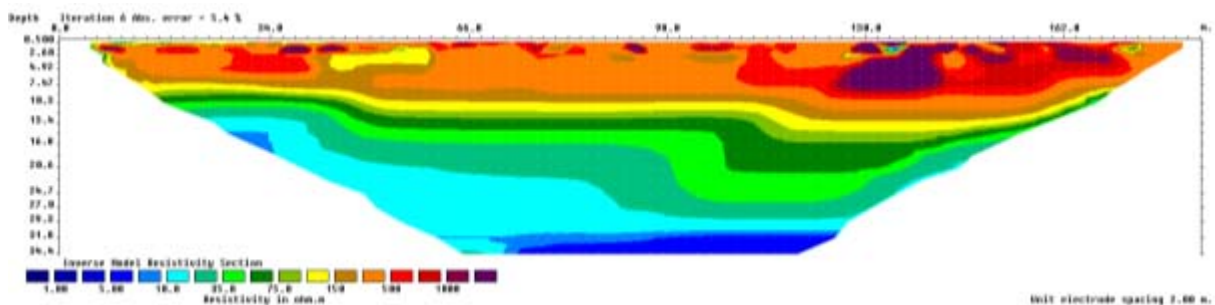


Abbildung 23: Inversionsergebnis der Geoelektrik (Profil GC5)

3.2 Bohrlochgeophysik

Für die Bohrlochmessungen wurden folgende Sonden der Firma Robertson Geologging eingesetzt:

- Elektromagnetik (7 Spulen um verschiedene Eindringtiefen zu erreichen) kombiniert mit natürlicher Gammastrahlung
- Impeller Flowmeter um die vertikale Fließgeschwindigkeit des Grundwassers zu bestimmen
- Der High Resolution Acoustic Televiewer (HRAT) liefert kontinuierliche Logs von orientierten, hochauflösenden Ultraschallbildern der Bohrlochwand. Dadurch ist es möglich durch die Darstellung von Frakturen und Bohrlochwandausbrüchen stratigraphisch-geologische Aussagen zu tätigen.

Weiterführende Information sind unter www.geologging.com zu finden.

Die Bohrlöcher mit den dazugehörigen Koordinaten und den jeweils durchgeführten Messungen sind in Tabelle 2 angegeben. Bis auf die beiden Bohrlöcher TU2a und TU11 wurden alle während der Messkampagne errichtet.

Die Abbildung 24 und 25 zeigen die Lokation der Bohrungen TU8 und TU9 während der Bohrtätigkeit. Das Bild von Abbildung 26 wurde während des Einsetzens der Schlitzrohre bei Bohrung TU2 gemacht.

Tabelle 2 Messmethoden in den Bohrlöchern							
Bohrlochbezeichnung	Bohrpunktname (lt. Bohrfirma)	X	Y	Temperatur + Leitfähigkeit	EM+Gamma	Flowmeter	HiRAT
TU 1	PM 7	87°27'34,2" W	20°10'43,1" N	x	x	x	
TU 2	PM 1	87°27'01,0" W	20°12'27,6" N	x	x	x	x
TU 2a	bereits vorhanden	87°27'02,5" W	20°12'27,2" N	x			
TU 3	PM 2	87°27'32,1" W	20°13'50,5" N	x	x	x	x
TU 6	PM 3	87°29'58,7" W	20°11'58,6" N	x	x	x	x
TU 7	PM 4	87°29'56,5" W	20°11'59,2" N	x	x	x	x
TU 8	PM 5	87°28'19,7" W	20°15'40,2" N	x	x	x	x
TU 9	PM 6	87°28'00,8" W	20°15'04,3" N	x	x	x	x
TU 11	bereits vorhanden	87°27'23,6" W	20°12'27,2" N	x	x	x	



Abbildung 24: Bohrung TU8



Abbildung 25: Bohrung TU9



Abbildung 26: Einsetzen der Schlitzrohre in das Bohrloch TU2



Abbildung 27: Bohrlochmessungen

Das EM Signal aller Bohrlochlogs ist oberhalb des Grundwasserspiegels stark schwankend. Die Messkurve wird glatter sobald sich die Sonde im Wasser befindet. Ein Grund ist, dass die elektrische Leitfähigkeit des trockenen Gesteines sehr niedrig ist und kleine Variationen in der Leitfähigkeit (aufgrund von luftgefüllten Klüften) starke Schwankungen im Widerstand erzeugen ($\text{Widerstand} = 1/\text{Leitfähigkeit}$). Um diese starken Schwankungen im trockenen Bereich des Bohrloches zu glätten, wurden die Messwerte nachträglich mittels eines Medianfilters (Fensterlänge 10 Datenpunkte) gefiltert. Im Weiteren ist zu beachten, dass die gemessenen elektrischen Widerstände der EM-Logs nicht direkt mit denen der geoelektrischen Messungen zu vergleichen sind. Da die beiden Messverfahren auf anderen physikalischen Prinzipien beruhen sind die Widerstandsverteilungen nur tendenziell nicht aber absolut miteinander zu vergleichen. In den folgenden Abbildungen Abbildung 28 bis Abbildung 35 sind die Ergebnisse der Bohrlochgeophysik, die elektrische Leitfähigkeit des Wassers und die geologisch-geotechnischen Bohrlochinformationen dargestellt. Die Temperaturmessung des Wassers wurde zwar bei allen vorliegenden Bohrungen durchgeführt, allerdings wurde sie auf Grund der nahezu konstanten Werte von 26°C und einer Standardabweichung von 0.5°C nicht in die Darstellungen übernommen. Im Weiteren werden auch die teilweise durchgeführten HRAT Messungen nicht dargestellt, da sie für die hier durchgeführte Interpretation keinen wesentlichen Informationsgehalt bieten.

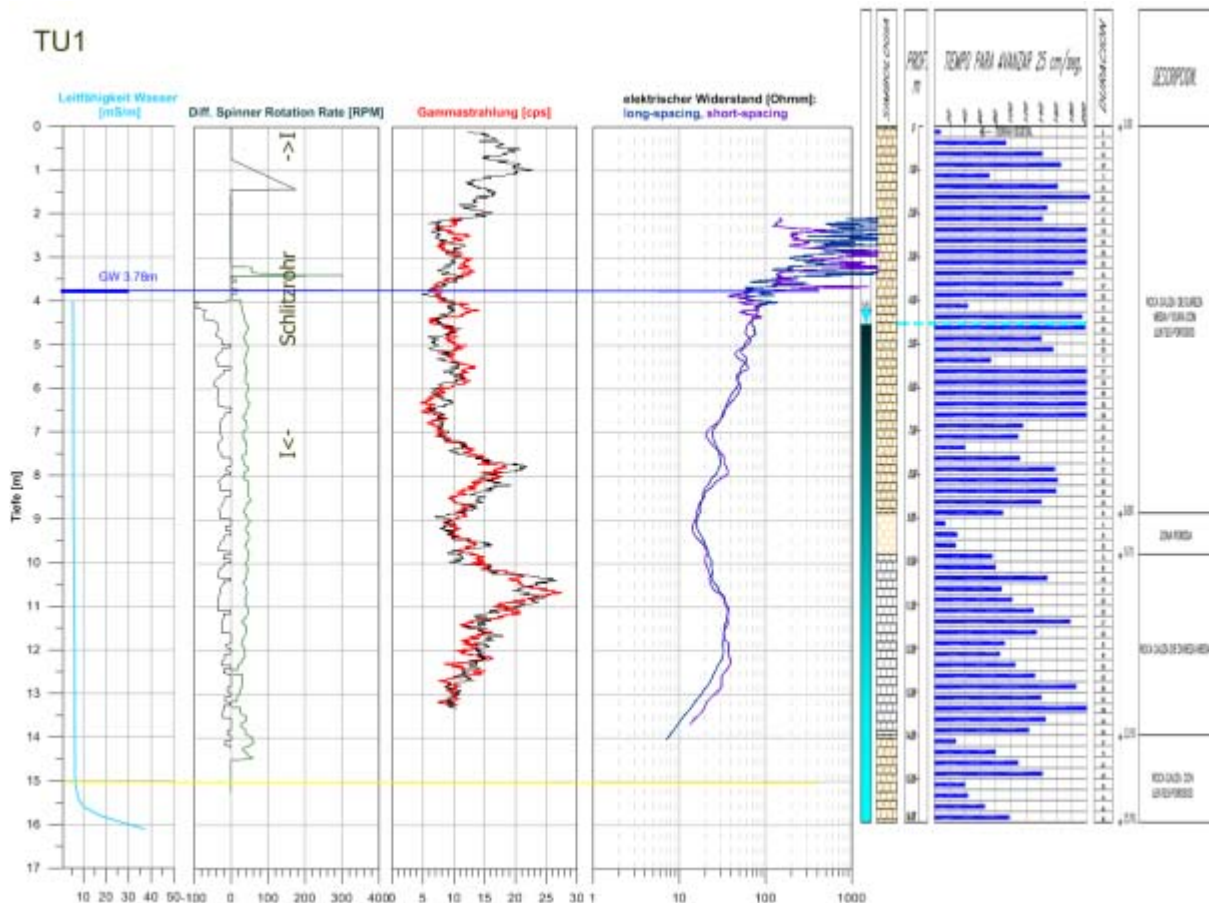


Abbildung 28: Ergebnisse der Bohrlochgeophysik, elektrische Leitfähigkeit des Wassers sowie geologisch-geotechnische Bohrlochinformation von TU1

Bei diesem Bohrloch wurden die Schlitzröhre vor der Bohrlochmessung eingesetzt, daher wurden sehr geringe Strömungsgeschwindigkeiten des Wassers gemessen und es konnten keine HRAT Messungen durchgeführt werden.

Die Leitfähigkeitsdaten des Wassers zeigen, dass mit der Bohrlochsohle gerade der Übergang zum Salzwasser (Meerwasser) erreicht wurde.

Der elektrische Widerstand der Gesteinsformation ist oberhalb des Grundwasserspiegels wie erwartet sehr hoch und nimmt in der Folge bis zu einer Tiefe von etwa 10 m mehr oder weniger kontinuierlich ab (siehe EM-Log). Danach folgt ein Bereich mit etwas höheren Werten, worauf der elektrische Widerstand Richtung Bohrlochsohle wieder schnell abnimmt. Diese Schwankungen korrelieren unterhalb des Grundwasserspiegels mit der geologisch-geotechnischen Bohrlochinformation der Bohrfirma und sind auf unterschiedliche Porosität des umgebenden Gesteins zurückzuführen.

Die Messkurve der natürlichen Gammastrahlung zeigt zwar einige Schwankung, die sich aber aufgrund des sehr geringen Tongehaltes der Gesteinsformationen im Messgebiet, insgesamt in sehr kleinen Messbereichen bewegen. Bis auf einzelne Ausnahmen ist diese Charakteristik für alle Bohrungen gültig.

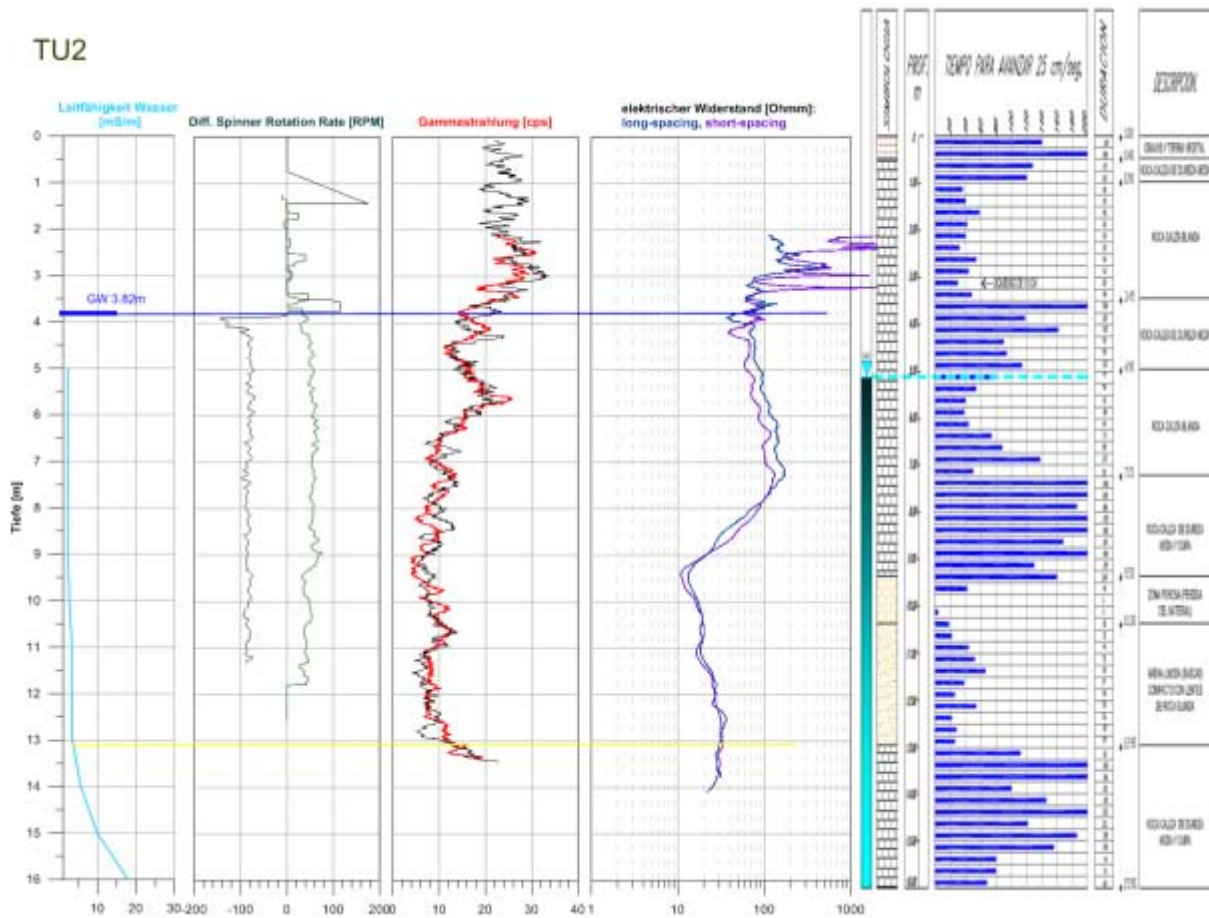


Abbildung 29: Ergebnisse der Bohrlochgeophysik, elektrische Leitfähigkeit des Wassers sowie geologisch-geotechnische Bohrlochinformation von TU2

Im bereits existierenden Bohrloch TU2a, welches neben dem Feuerwehrhaus liegt, wurden außer der elektrischen Leitfähigkeit und der Temperatur des Wassers keine Bohrlochmessungen durchgeführt, da es teilweise mit Müll verstopft war. Die zwei gemessenen Parameter zeigen keine Besonderheiten, daher wurde auf eine Darstellung verzichtet.

Der Grundwasserspiegel im benachbarten Bohrloch TU2 liegt bei 3.82 m Tiefe.

Das EM-Log ist klar in zwei unterschiedliche Abschnitte zu unterteilen. Einen hochohmigen Bereich sowohl oberhalb des Grundwasserspiegels (wie erwartet) als auch darunter bis zu einer Tiefe von etwa 8 m und einen niederohmigen Bereich ab einer Tiefe von 9 m. Diese unterschiedlichen Zonen korrelieren deutlich mit der geologisch-geotechnischen Bohrlochinformation, die im Bereich niedrigen elektrischen Widerstandes eine hohe Porosität zeigt. Ähnlich zum Bohrloch TU1 wurde auch hier nur an der Bohrlochsohle der Übergang zu Salzwasser (stark ansteigende elektrische Leitfähigkeit) erreicht.

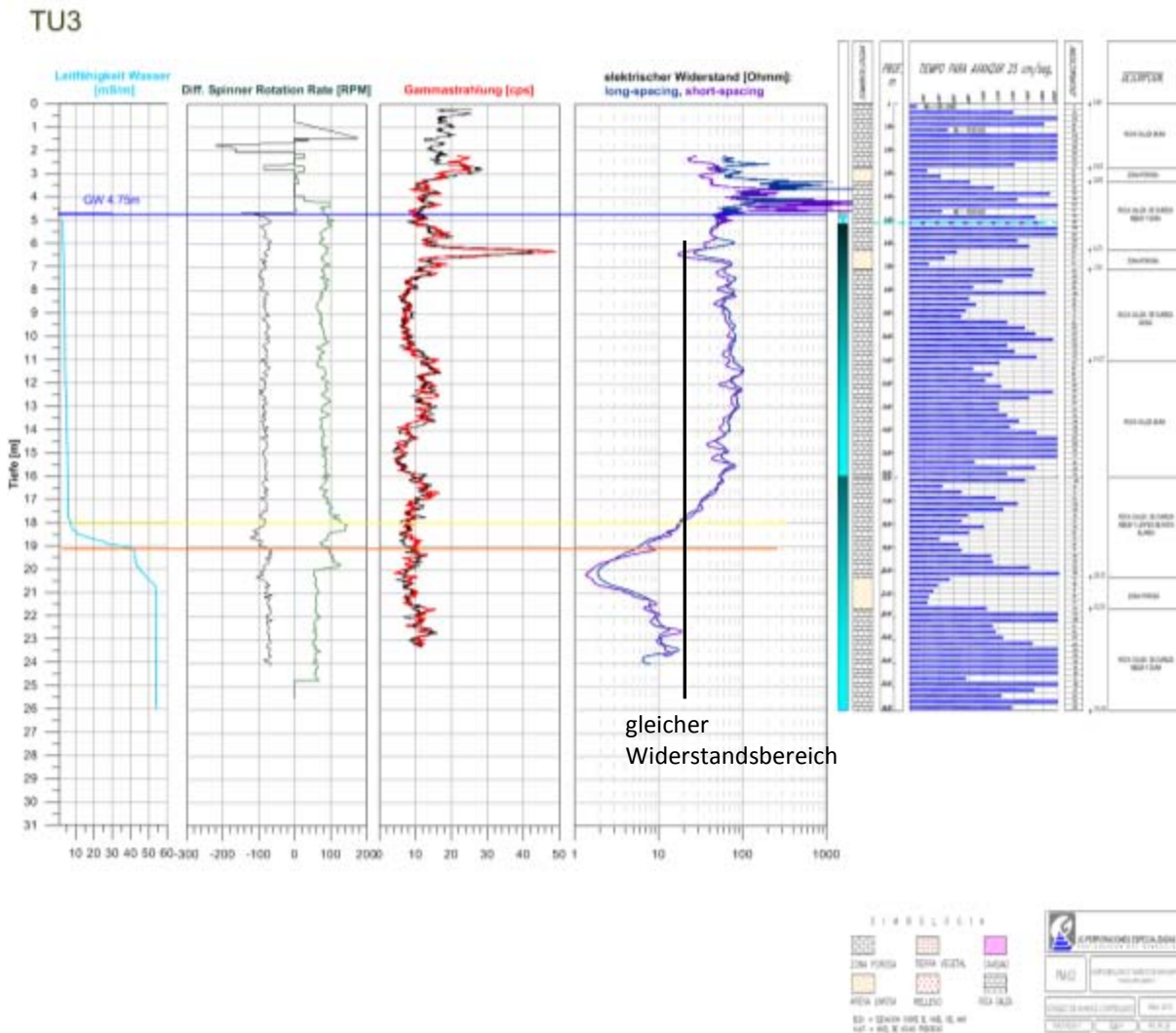


Abbildung 30: Ergebnisse der Bohrlochgeophysik, elektrische Leitfähigkeit des Wassers sowie geologisch-geotechnische Bohrlochinformation (mit Legende) von TU3

Das Gamma-Log zeigt bei 6 m Tiefe eine dünne Schicht von höherer Gammastrahlung. Dies könnte mit dem Ton korrelieren, der beim Bohren von TU3 an die Oberfläche gefördert wurde.

Die Bohrlochsohle reicht deutlich unter den Süßwasser- Salzwasserhorizont (gelbe-orange Linie in Abbildung 30), was sowohl in den Leitfähigkeitswerten des Wassers (ca. 50 mS/m) als auch im EM-Log (starke Abnahme des elektrischen Widerstandes) sichtbar ist. Der Bereich zwischen dem Grundwasserspiegel und dem Süßwasser- Salzwasserhorizont zeigt eine relativ gleichmäßige Widerstandsverteilung. Lediglich im Bereich zwischen 6 und 7 m ist eine Anomalie zu erkennen, die mit einem Bereich hoher Porosität korreliert. Knapp unter dem Süßwasser- Salzwasserhorizont ist ebenso eine Zone erhöhter Porosität vorhanden, die sich gleichermaßen im EM-Log abbildet. Generell zeigt sich in diesem Beispiel der Unterschied im elektrischen Widerstand, aufgrund der beiden Porenfluiden Salzwasser und Süßwasser, sehr deutlich. Im Tiefenbereich vom Grundwasserspiegel bis zur Übergangszone zum Salzwasser (gelbe Linie) werden elektrische Widerstände an die 100 Ohm gemessen. Abgesehen vom Wert bei der Zone erhöhter Porosität zeigen sich im Salzwasserbereich (unter der orangen

Linie) Werte um etwa 10 Ohmm. Der Vergleich zu den Widerständen, die zwischen 6 und 7 m gemessen wurden (erhöhte Porosität im Süßwasser), zeigt kaum Unterschiede, was deutlich macht welche Bedeutung der Porosität zuzuschreiben ist (in Abbildung 30 verdeutlicht durch die schwarze Linie).

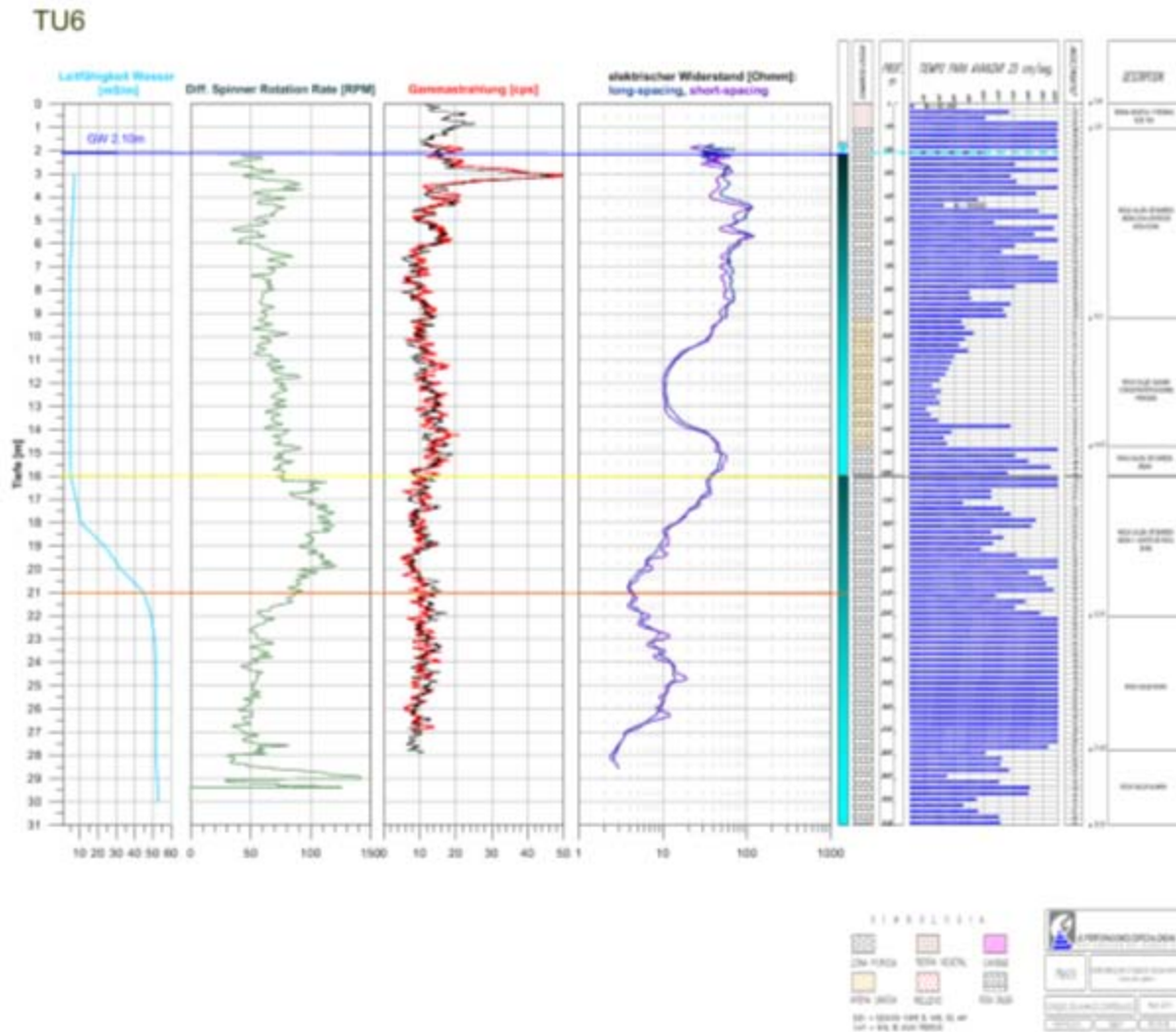


Abbildung 31: Ergebnisse der Bohrlochgeophysik, elektrische Leitfähigkeit des Wassers sowie geologisch-geotechnische Bohrlochinformation (mit Legende) von TU6

Das Gamma-Log zeigt bei 3 m Tiefe eine dünne Schicht von höherer Gammastrahlung, die, wie bei Bohrloch TU3, mit dem Ton korrelieren könnte, der beim Bohren von TU6 an die Oberfläche gefördert wurde.

Auch hier zeigt sich der Süßwasser- Salzwasserhorizont sehr deutlich, wobei sich die Übergangszone (zwischen gelber und oranger Linie) über 5 m erstreckt.

Das EM-Log zeigt bei diesem Bohrloch sehr starke Schwankungen in den elektrischen Widerständen. Die ersten 9 m des Bohrloches sind gekennzeichnet durch eine Zone mit relativ hohem elektrischem Widerstand. Laut geologisch-geotechnischer Bohrinformation folgt dann bis zu einer Tiefe von etwa 15 m ein Bereich sehr hoher Gesteinsporosität, der sich im EM-Log in sehr niedrigen elektrischen Widerständen manifestiert. Danach steigt der Widerstandswert kurzfristig wieder an, bis ab einer Tiefe von 16 m die elektrische Leitfähigkeit des Porenfluides den dominanten Einfluss auf den elektrischen Widerstand der Gesteinsformation darstellt. Trotz dieses starken Einflusses des Salzwassers zeigt das EM-Log auch im Süßwasserbereich Widerstandswerte, die sich in der gleichen Größenordnung bewegen wie im Salzwasserbereich. Dies zeigt, dass die Porosität für den elektrischen Widerstand der Gesteinsformation einen sehr entscheidenden Parameter darstellt und dieser unabhängig vom Porenfluid sehr niedrige Werte (10 Ohm) erreichen kann.

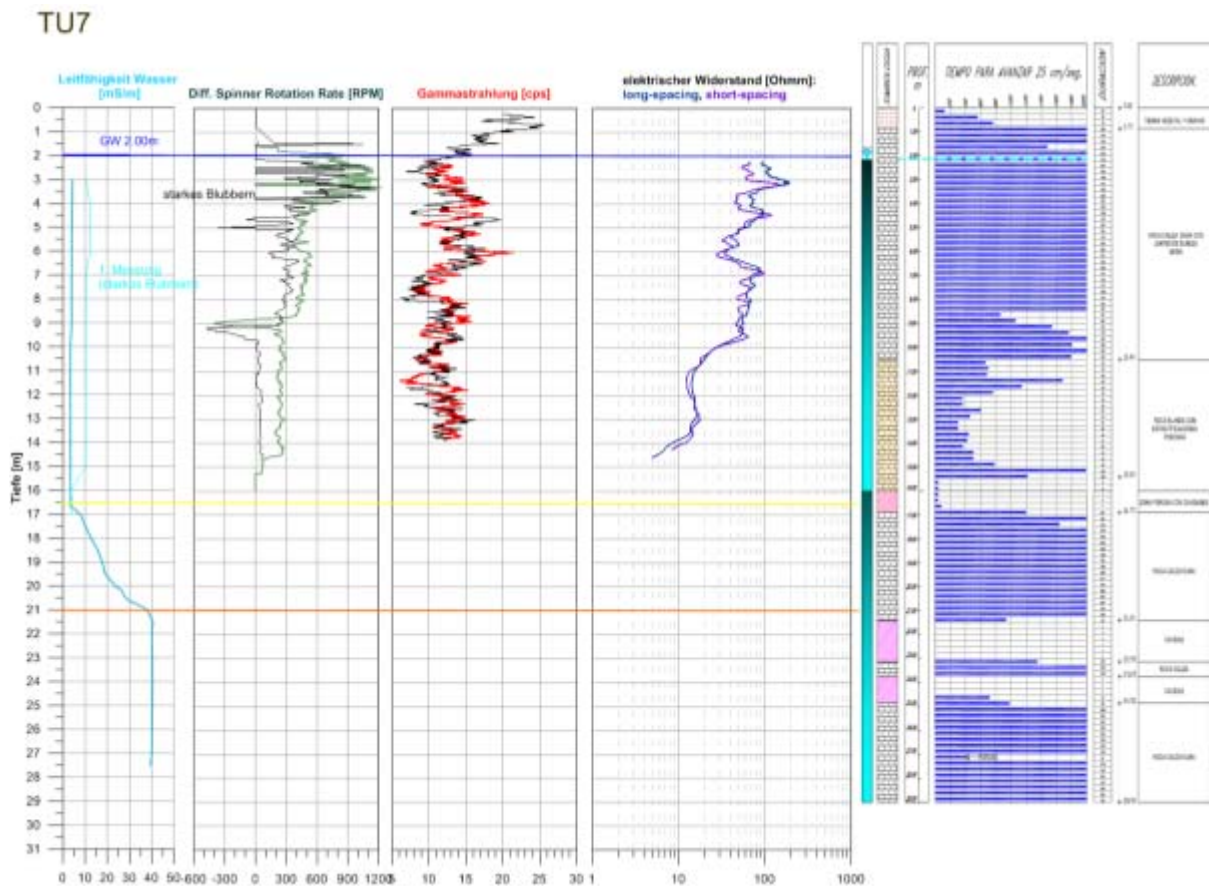


Abbildung 32: Ergebnisse der Bohrlochgeophysik, elektrische Leitfähigkeit des Wassers sowie geologisch-geotechnische Bohrlochinformation von TU7

TU7 ist ein Bohrloch mit zumindest mehreren angetroffenen Höhlen (laut Bohrfirma wurden 3 größer Klüfte bzw. Höhlen durchbohrt (siehe Bohrprofil)). Leider konnten die Bohrlochsonden bereits die erste Höhle in einer Tiefe von 16 m nicht durchdringen, da das gebohrte Loch am Höhlenboden (in ca. 17 m Tiefe) mit der Sonde scheinbar nicht getroffen wurde.

Die Leitfähigkeitsmessung zeigt ein Einströmen von weniger leitfähigem Frischwasser zwischen 16 und 17 m Tiefe. Zu verschiedenen Zeiten wurden ein Blubbern, ein Einfließen von Wasser und auch keine Auffälligkeiten akustisch wahrgenommen. Während der Phase des Blubbens wurde eine höhere elektrische Leitfähigkeit des Wassers an der Oberfläche gemessen als in 15 m Tiefe. Gleichzeitig gezogene Wasserproben zeigen einen sehr starken Meerwassereinfluss (Na^+ , Cl^-), der in 3.5 m noch höher ist als in 10.5 und 13.5 m Tiefe (siehe Tabelle 6, Abschnitt 3.3). Bei einer Wiederholungsmessungen (Phase der Unauffälligkeit) zeigte sich ein zu den anderen Bohrungen ähnlicher Leitfähigkeitsverlauf. Das unruhige Wasser beeinflusst das Flowmeter-Log speziell in den obersten 4 m sehr stark. Das EM-Log zeigt einen Bereich mit relativ hohen elektrischen Widerständen bis zu einer Tiefe von ca. 10 m. Danach nimmt der Widerstandswert schnell ab. Diese Abnahme korreliert mit einer Zone erhöhter Porosität.

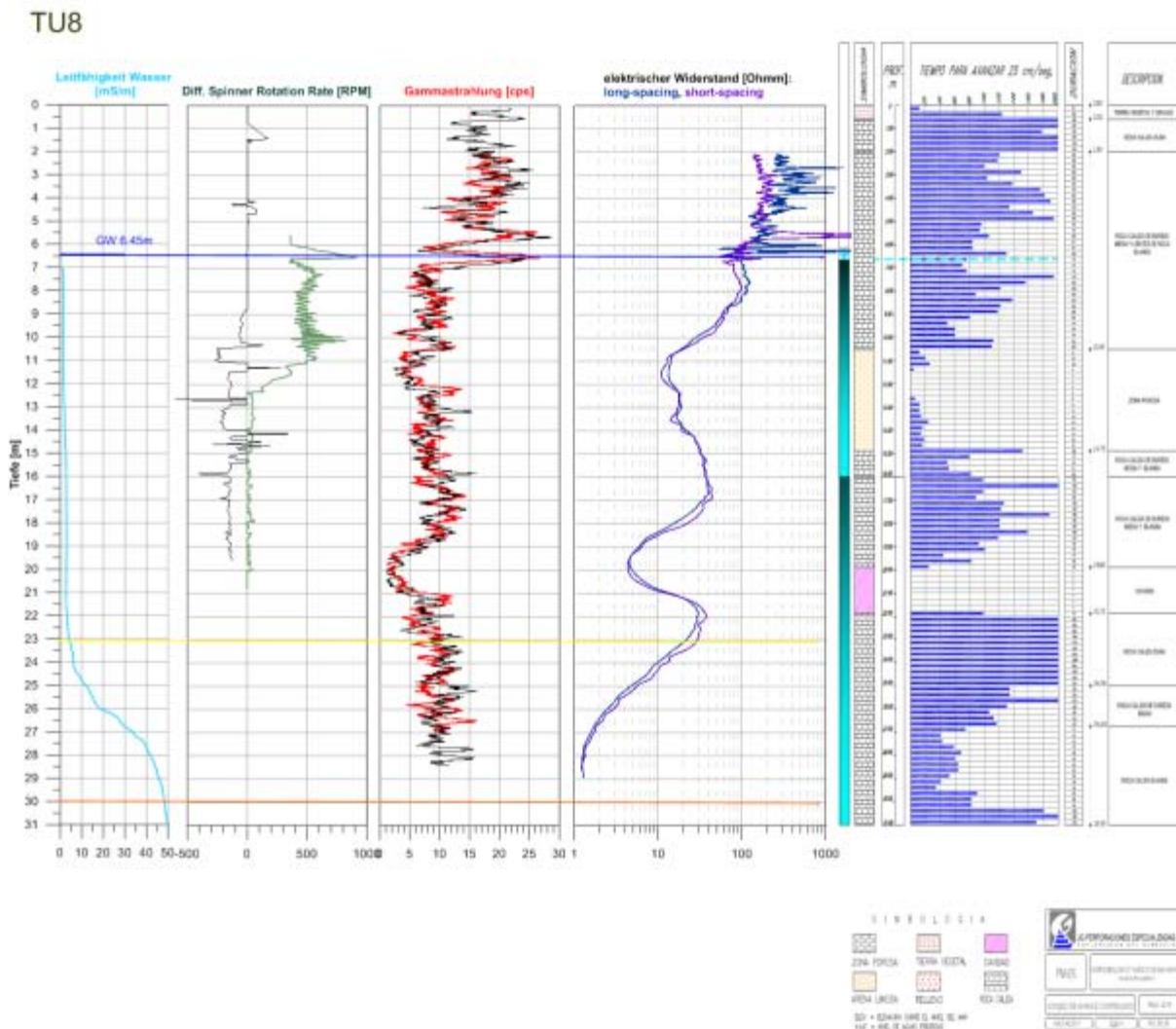


Abbildung 33: Ergebnisse der Bohrlochgeophysik, elektrische Leitfähigkeit des Wassers sowie geologisch-geotechnische Bohrlochinformation (mit Legende) von TU8

TU8 ist ein Bohrloch mit einer angetroffenen Höhle. Leider konnten die Bohrlochsonden Flowmeter und HRAT die Höhle in einer Tiefe von 20 m nicht durchdringen, da wiederum das Loch am Höhlenboden scheinbar nicht getroffen wurde.

Die elektrische Leitfähigkeit des Wassers ist bis zu einer Tiefe von 23 m konstant niedrig (ca. 3 Ohmm) und geht danach bis zur Bohrlochsohle zu sehr hohen Werten über, die reinem Salzwasser entsprechen. In diesem Bereich werden beim EM-Log auch die niedrigsten elektrischen Widerstände gemessen. Im seichteren Bereich des Bohrloches sind die Widerstandswerte wesentlich höher, dennoch sind auch hier niederohmige Zonen vorhanden, die einerseits mit erhöhter Gesteinsporosität bzw. einer durchbohrten Kluft korrelieren.

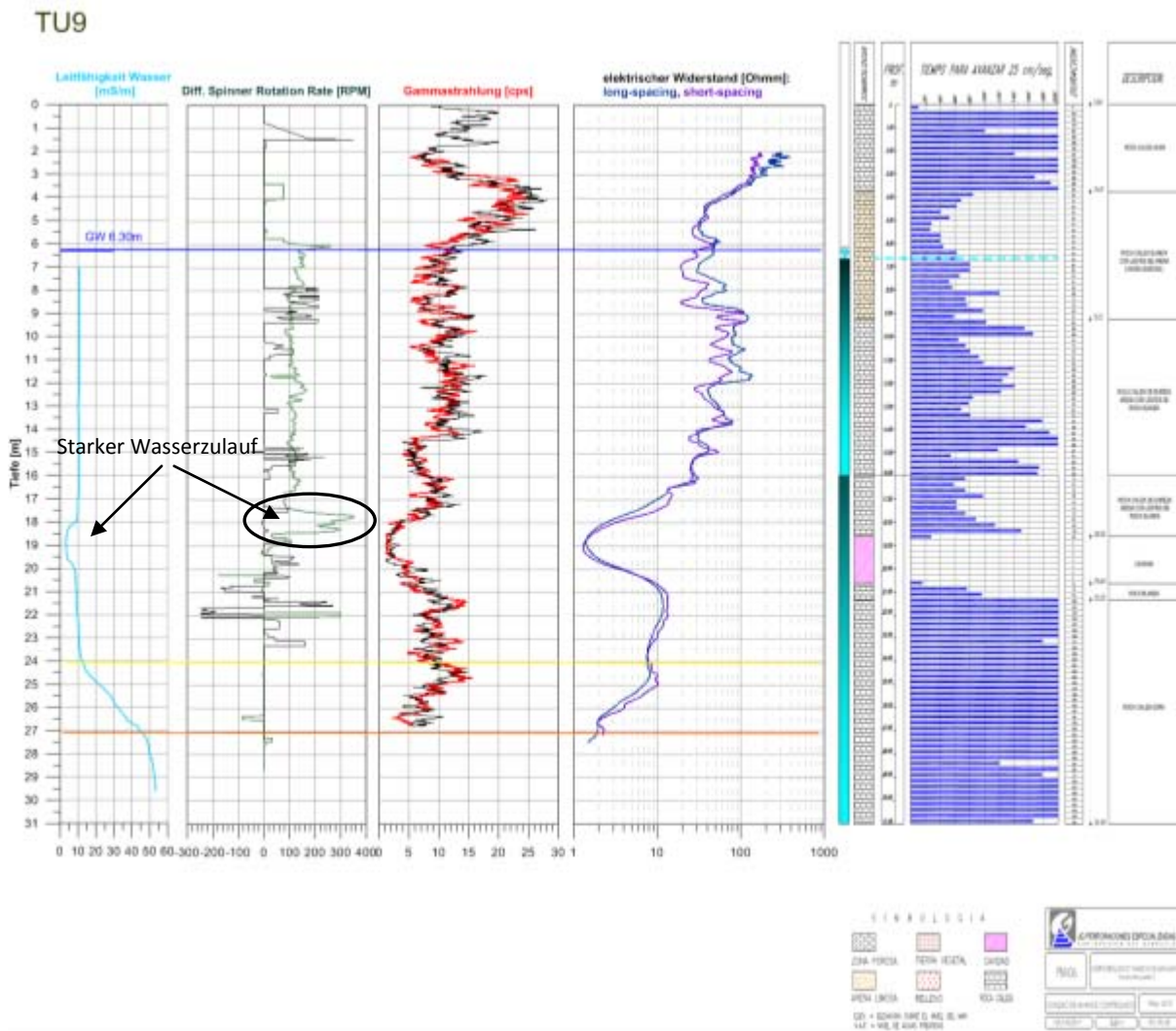


Abbildung 34: Ergebnisse der Bohrlochgeophysik, elektrische Leitfähigkeit des Wassers sowie geologisch-geotechnische Bohrlochinformation (mit Legende) von TU9

TU9 ist ebenfalls ein Bohrloch mit einer durchbohrten Höhle, jedoch konnten in diesem Fall alle Sonden bis zur Bohrlochsohle geführt werden bzw. messen.

Die Leitfähigkeitsmessung zeigt ein Einströmen von weniger leitfähigem Frischwasser bei 19 m Tiefe. Dieser Zulauf bestätigt sich im Aufwärtslog des Flowmeters (hellgrüne Kurve in Abbildung 34). In der gleichen Tiefe ist auch ein Minimum im Widerstandswert des EM-Logs zu sehen, das mit der durchbohrten Höhle korreliert. Im Bereich des Grundwasserspiegels ist laut Bohrprofil eine Zone höherer Gesteinsporosität vorhanden, die sich im EM-Log mit relativ niedrigen elektrischen Widerständen darstellt. Ab der Übergangszone (gelbe Linie) nimmt der Widerstandswert aufgrund der steigenden elektrischen Leitfähigkeit der Porenflüssigkeit stark ab.

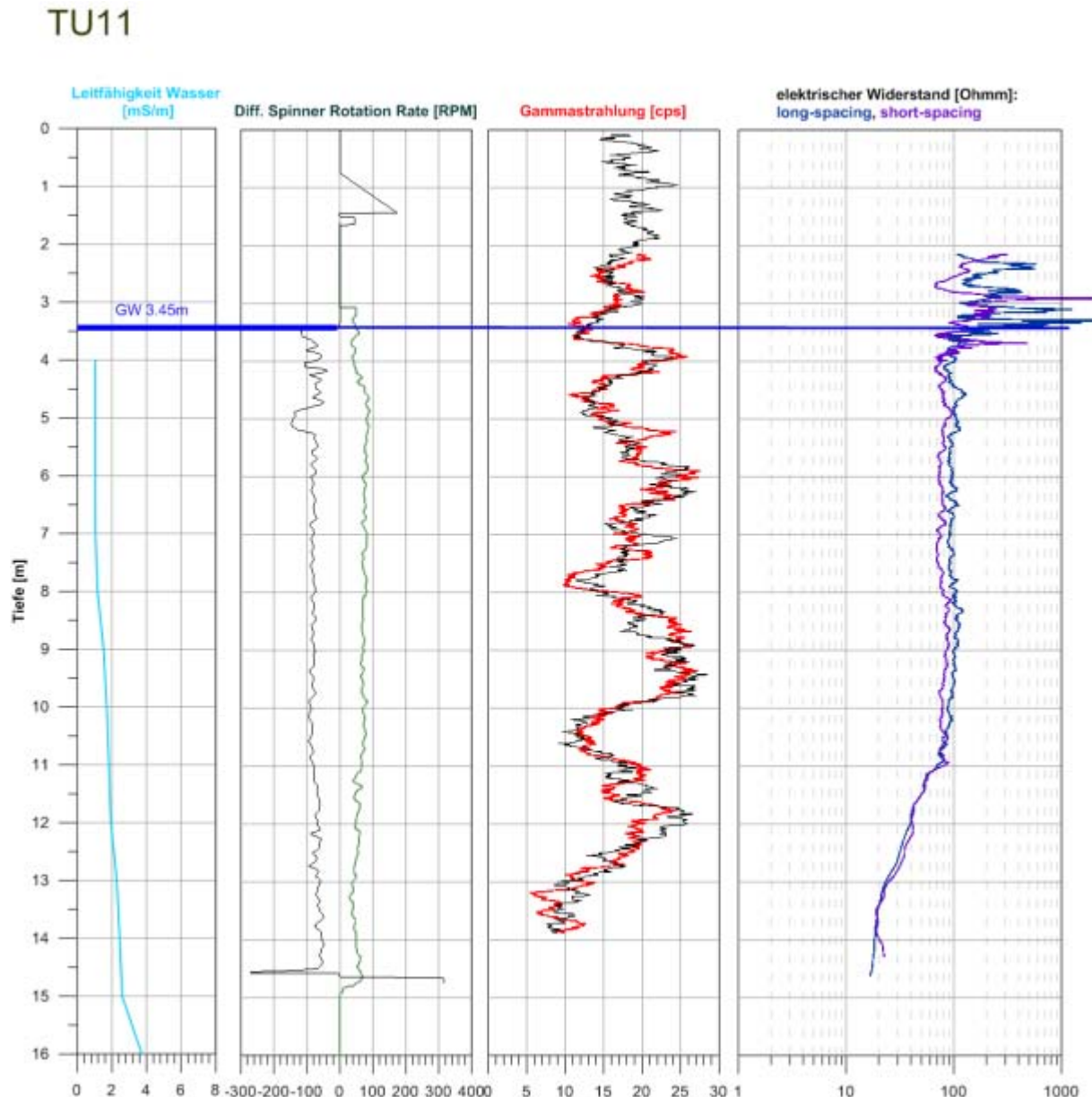


Abbildung 35: Ergebnisse der Bohrlochgeophysik und elektrische Leitfähigkeit des Wassers von TU11 (= Robbie Baustelle)

TU11 ist ein bereits existierendes Bohrloch neben einer verlassenen Baustelle. Aufgrund der Plastikverrohrung konnte keine HRAT-Messung durchgeführt werden.

An der Bohrlochsohle beginnt die elektrische Leitfähigkeit des Wassers etwas stärker anzusteigen. Im Vergleich zu den anderen Bohrlöchern ist das Wasser hier eher geringleitfähig, was auf den vergleichsweise geringen Mineraliengehalt des Wassers zurückzuführen ist (vgl. dazu Tabelle 6, Abschnitt 3.3). Abgesehen von den starken Widerstandsschwankungen oberhalb des Grundwasserspiegels, zeigt das EM-Log bis zu einer Tiefe von 11 m kaum Messwertänderungen. Danach nimmt der Widerstand bis zur Bohrlochsohle kontinuierlich ab. Diese Abnahme kann als Porositätszunahme des umgebenden Gesteins interpretiert werden, da sich die elektrische Leitfähigkeit des Wassers in diesem Tiefenbereich kaum ändert.

3.3 Hydrochemische Untersuchungen

Im Zuge der geophysikalischen Bohrlochmessungen (siehe Abschnitt 3.2) wurden vor Ort für die hydrochemischen Untersuchungen die Parameter Temperatur und elektrische Leitfähigkeit gemessen. Die Messung der Temperatur erfolgte nach der ÖNORM M 6616 (1. März 1994) elektrometrisch. Zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit wurde ein Leitfähigkeitsmessgerätes TA 197 LF mit einer Leitfähigkeitsmesszelle Cond1970i der Firma WTW verwendet und nach der Norm DIN 38404-C8 bestimmt. Die Kalibrierung des Messgerätes für die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit erfolgte unmittelbar vor der Probenahme.

Um einen Überblick über die Hydrochemie der verschiedenen Wasserarten (Süßwasser, Brackwasser und Salzwasser) zu bekommen, wurden im Rahmen der Bohrlochlogs insgesamt 16 Wasserproben in verschiedenen Tiefen gezogen.

Die Proben wurden vor Ort filtriert, gemäß ÖNORM EN ISO 5667-3 stabilisiert und im Labor der FA Geochemie der Geologischen Bundesanstalt analysiert. Folgende Parameter wurden dabei bestimmt (siehe Tabelle 4).

Tabelle 3			
Auflistung der Wasserproben			
Entnahmestelle	Entnahmetiefe [m]		
TU1	10	14	
TU2	8		
TU3	10	24	
TU6	10	26	
TU7	3.5	10.5	13.5
TU8	17		
TU9	12	27	
TU11	8		
Emma Haus	Wasserleitung		
Robbie Brunnen	Wasserleitung		

Tabelle 4			
Analysenmethoden für Wässer der FA Geochemie			
Parameter	Gerät	Methode*	Bestimmungsgrenze
Temperatur	Cond 1970i + TA 197 LF(WTW)	ÖNORM M 6616 (1. März 1994)	-
El. Leitfähigkeit - μ S/cm	TetraCon 325 (WTW)	DIN 38404-C8 (DEV)	-
Calcium (Ca^{2+}) – mg/l	ICP – MS 7500 (Agilent)	DIN EN ISO 17294-2	0,01
Magnesium (Mg^{2+}) – mg/l	ICP – MS 7500 (Agilent)	DIN EN ISO 17294-2	0,001
Natrium (Na^+) – mg/l	ICP – MS 7500 (Agilent)	DIN EN ISO 17294-2	0,01
Kalium (K^+) – mg/l	ICP – MS 7500 (Agilent)	DIN EN ISO 17294-2	0,05
Strontium (Sr^{2+}) – mg/l	ICP – MS 7500 (Agilent)	DIN EN ISO 17294-2	0,001
Barium (Ba^{2+}) mg/l	ICP – MS 7500 (Agilent)	DIN EN ISO 17294-2	0,0001
Lithium (Li^+) – mg/l	ICP – MS 7500 (Agilent)	DIN EN ISO 17294-2	0,0001
Eisen (Fe^{2+}) – mg/l	ICP – MS 7500 (Agilent)	DIN EN ISO 17294-2	0,001
Mangan (Mn^{2+}) – mg/l	ICP – MS 7500 (Agilent)	DIN EN ISO 17294-2	0,0001
Aluminium (Al) – mg/l	ICP – MS 7500 (Agilent)	DIN EN ISO 17294-2	0,0001
Arsen (As) – mg/l	ICP – MS 7500 (Agilent)	DIN EN ISO 17294-2	0,001
Cadmium (Cd) – mg/l	ICP – MS 7500 (Agilent)	DIN EN ISO 17294-2	0,0001
Chrom (Cr) – mg/l	ICP – MS 7500 (Agilent)	DIN EN ISO 17294-2	0,0001
Kupfer (Cu) – mg/l	ICP – MS 7500 (Agilent)	DIN EN ISO 17294-2	0,0001
Blei (Pb) – mg/l	ICP – MS 7500 (Agilent)	DIN EN ISO 17294-2	0,0001
Zink (Zn) – mg/l	ICP – MS 7500 (Agilent)	DIN EN ISO 17294-2	0,001
Chlorid (Cl^-) – mg/l	IC DX 100 (Dionex)	DIN EN ISO 10304-1	0,5
Sulfat (SO_4^{2-}) – mg/l	IC DX 100 (Dionex)	DIN EN ISO 10304-1	0,5
Härten - ° dH	-	Berechnet gem. ÖNORM EN ISO 9963-1 und DIN 38 409 – Teil 6	-

Die Qualitätssicherung erfolgt mittels Mehrfachmessungen und Kontrolle mit zertifizierten Standards.

* ... sämtliche angegebenen Methoden werden in Anlehnung an die angeführte Norm durchgeführt.

Tabelle 5		
Zusammensetzung von Meerwasser (Ch. Völker)		
http://130.133.88.4/projekte/geomeer/inhalt/meerwasser_zusammensetzung.php		
Ionen	Konzentration (mg/kg) in Seewasser der Salinität S=35	Prozent vom gesamten Ionengehalt
Kationen		
Natrium (Na ⁺)	10710	30.62
Magnesium (Mg ²⁺)	1290	3.68
Calcium (Ca ²⁺)	413	1.18
Kalium (K ⁺)	385	1.10
Strontium (Sr ²⁺)	7	0.02
Anionen		
Chlorid (Cl ⁻)	19270	55.07
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	2700	7.72
Bikarbonat (HCO ₃ ⁻)	140	0.40
Brom (Br ⁻)	67	0.19
Flour (F ⁻)	35	0.1

In der folgenden Tabelle (Tabelle 6) werden die Auffälligkeiten der Analyseergebnisse (siehe Anhang) zusammengefasst. Zu beachten ist, dass alle genommenen Proben sehr hohe Na⁺ und Cl⁻ Werte aufweisen, was auf den Einfluss von Meerwasser zurückzuführen ist (vgl. Tabelle 5). Ein weiterer Indikator für die Dominanz von Meerwasser ist das Verhältnis von Ca²⁺ zu Mg²⁺, das in diesen Fällen kleiner als eins ist. Umgekehrt kann aus dem Verhältnis $\text{Ca}^{2+} / \text{Mg}^{2+} > 1$ ein eher geringer Einfluss des Meerwassers abgeleitet werden. Im Weiteren ist zu beachten, dass die bestimmte Gesamthärte auch direkt mit dem Einfluss des Meerwassers zusammenhängt, wodurch sich bei starker Beeinflussung sehr hohe Werte für die bestimmte Gesamthärte des Wassers ergeben.

Tabelle 6 Zusammenfassung der Analyseergebnisse	
Entnahmestelle	Auffälligkeiten
TU1 (10m)	Beeinflussung vom Meerwasser, Gesamthärte sehr hoch;
TU1 (14m)	Sehr starke Beeinflussung vom Meerwasser – dadurch auch sehr hoher Wert bei der Gesamthärte
TU2	Leichte Beeinflussung vom Meerwasser
TU3 (10m)	Leichte Beeinflussung vom Meerwasser, Gesamthärte hoch;
TU3 (24m)	Meerwasser
TU6 (10m)	Leichte Beeinflussung vom Meerwasser, Gesamthärte hoch;
TU6 (26m)	Meerwasser
TU7 (3.5m)	Sehr starke Beeinflussung vom Meerwasser – allerdings ist $Ca^{2+}/Mg^{2+} > 1$
TU7 (10.5m)	Starke Beeinflussung vom Meerwasser – wiederum ist $Ca^{2+}/Mg^{2+} > 1$ – kann auf einen starken Einfluss des Kalkgesteins hindeuten
TU7 (13.5m)	Identisch zu TU7 (10.5m)
TU8	Geringe Beeinflussung vom Meerwasser, hohe Gesamthärte – dominanter Einfluss des Kalkgesteins;
TU9 (12m)	Mäßige Beeinflussung vom Meerwasser, sehr hohe Gesamthärte (teilweise Auswirkung des Kalkgesteins);
TU9 (27m)	Meerwasser
TU11 = Robbie Baustelle	Sehr leichte Beeinflussung vom Meerwasser
Emma Haus	Kein Trinkwasser, starke Beeinflussung vom Meerwasser;
Robbie Brunnen	Leichte Beeinflussung vom Meerwasser

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Wasserproben nur eine Momentaufnahme sind. Um detailliertere Aussagen treffen zu können, müsste ein Monitoring durchgeführt, Gesteine analysiert und der Ammonium- (Nitrit) sowie Phosphatgehalt zur Feststellung von anthropogenen Einflüssen bestimmt werden. Es wurde in keinem Fall Süßwasser, das der österreichischen Trinkwasserverordnung entspricht, gefunden, da der Mineraliengehalt (Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) um ein Vielfaches erhöht war. Es wurde keine bakteriologische Untersuchung durchgeführt, die für eine Qualitätsprüfung von Trinkwässern notwendig ist.

3.4 Grundwasserspiegel Monitoring

In den unter Abbildung 36 angegebenen Bohrungen wurden kombinierte Druck- und Temperatursensoren (siehe Abbildung 37) für Grundwasserpegel-Langzeitmessungen installiert. Die gemessenen Daten sollen zeitliche Schwankungen des Grundwasserspiegels bzw. der Halokline (Süßwasser- Salzwasserhorizont) liefern. Die Einzelmessungen erfolgen in Abständen von 30 Minuten und werden im internen Speicher der Messsensoren aufgezeichnet. Die vorhandene Speicherkapazität und der benötigte Speicherplatz pro Einzelmessung gewährleisten bei dem gewählten Messintervall eine Einsatzdauer von mehr als einem Jahr. Es ist geplant, diese Zeitspanne annähernd auszuschöpfen und die Messsensoren im Februar 2011 wieder einzusammeln. Damit die Bohrlochwände über diesen langen Zeitraum stabil bleiben, wurden die Bohrlöcher verrohrt und oben verschlossen (unter dem Grundwasserspiegel mit Schlitzrohren und Entlüftungsschlitzen im verschweißten oberen Teil). Bei der Installation der Sensoren wurde der Grundwasserspiegel mit einem Lichtlot eingemessen und als Ausgangswert übernommen. Zur Berücksichtigung der Luftdruckschwankungen wurde eine Atmosphärendruck-Basisstation in einem sicheren Raum wenige Kilometer von den Bohrungen entfernt positioniert. Die Druckmessung wird mittels eines Temperatursensors Temperaturdrift-kompensiert. Neben den Druckdaten stellt auch die Schwankung der Grundwassertemperatur während der fast einjährigen Aufzeichnungsdauer eine weitere wertvolle Information dar. Im Bohrloch TU6 wurden zwei Sensoren in unterschiedlichen Tiefen, einmal unter der Halokline und einmal über der Halokline installiert, um aus der gemessenen Druckdifferenz die Schwankungen des Haloklinenniveaus herausrechnen zu können. In jeder Pegel-Bohrung wurden zur Ermittlung des realen Dichtewertes für Süßwasser, Mischzone und Salzwasser zusätzlich Drucklogs gemessen. Diese Werte gehen in die genaue Auswertung der Druckpegeldaten ein. Mit einem repräsentativen Süßwasser/Salzwasser Dichtemodell lässt sich die Schwankung des Haloklinenniveaus über den gesamten Aufzeichnungszeitraum errechnen. Während des zweiten Arbeitsaufenthaltes im Februar 2011 (beim ÖAW beantragt) werden die Bohrungskordinaten mit Differential GPS mit Sub- cm-Genauigkeit eingemessen. Alle diese Informationen fließen in die Erstellung des Grundwassermodells der Region um die Stadt Tulum ein.

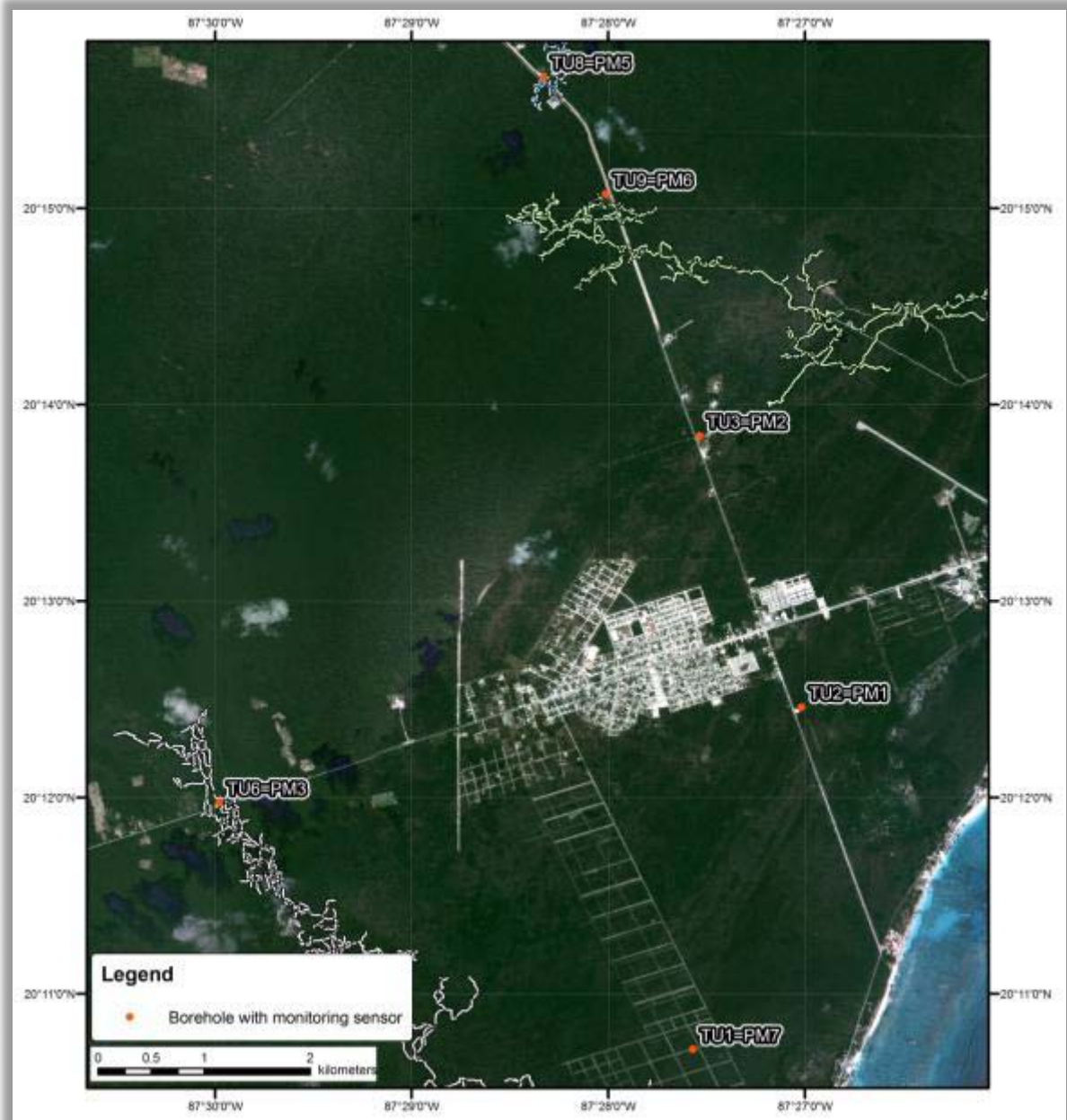


Abbildung 36: Lage der Bohrungen mit installierten Temperatur- und Drucksensoren (in TU6=PM3 sind zwei Sensoren in unterschiedlichen Tiefen installiert)



Abbildung 37: Temperatur- und Drucksensor mit interner Speichereinheit

4 Zusammenfassung

Die durchgeführte Messkampagne war in allen Belangen ein großer Erfolg. Die Daten der durchgeführten Messungen liefern wichtige Informationen für das genauere Verständnis des Grundwasserregimes der Region.

Das Hauptaugenmerk der Messkampagne wurde auf die in Auftrag gegebenen Bohrungen gelegt. Die durchgeführten Bohrlochmessungen lieferten noch nicht vorhandene, hochauflösende Daten des Untergrundes, die einen entscheidenden Beitrag zur Verbesserung der Interpretation der bereits vorhandenen geoelektrischen Daten darstellen. Neben den Bohrlochmessungen wurden auch geoelektrische Messungen durchgeführt. Im Bereich der Bohrlöcher konnte eine bis jetzt in diesem Messgebiet nicht verwendete Elektrodenanordnung eingesetzt werden. Diese sogenannten Borehole to Surface-Messungen führen im Vergleich zu normalen geoelektrischen Messungen an der Oberfläche zu einer deutlich verbesserten Auflösung des Untergrundes in der Umgebung des Bohrloches.

Mithilfe einer speziellen Bohrlochsonde wurden in den Bohrlöchern in unterschiedlichen Tiefen Wasserproben entnommen, die nach dem Rücktransport nach Wien von der Fachabteilung Geochemie der Geologischen Bundesanstalt analysiert wurden.

Nach Abschluss aller Arbeiten an den Bohrlöchern (Messungen, Verrohrung) wurden in ausgewählten Bohrungen kombinierte Temperatur- und Drucksensoren mit integrierter Speichereinheit installiert. Diese sollen über den Zeitraum eines Jahres die Temperatur- bzw. Druckschwankungen aufzeichnen. Die Druckschwankungen werden im Nachhinein in Wasserspiegelschwankungen umgerechnet und liefern somit den zeitlichen Verlauf des Grundwasserspiegels im Laufe eines Jahres.

Die Auswertung der Messdaten zeigt viele neue und auch teilweise unerwartete Aspekte. Die Bohrlochmessungen haben vor allem gezeigt, dass die Porosität des Gesteins, neben der Art des Porenfluids (Salzwasser oder Süßwasser), einen dominanten Einfluss auf den elektrischen Widerstand der Formation hat. So wurde in einigen Fällen beobachtet, dass bei geringer Porosität im salzwassergesättigten Bereich elektrische Widerstände auftreten, die auch im süßwassergesättigten Bereich bei relativ starker Porosität üblich sind.

Die Kombination von Bohrlochmessungen und geoelektrischen Messungen hat einmal mehr gezeigt, dass die jeweils gewonnenen elektrischen Widerstandsverteilungen nur tendenziell vergleichbar sind, da sich durch den grundlegenden physikalischen Unterschied der beiden Messmethoden die Absolut Werte deutlich voneinander unterscheiden. Nichts desto trotz liefern die Bohrlochmessungen wichtige Informationen für eine detaillierte und gesicherte Interpretation der geoelektrischen Messungen. Neben großräumigen Widerstandsunterschieden, die auf verschiedenen Porenfluiden (Salzwasser, Süßwasser) beruhen, wurden auch kleinräumige Anomalien, die auf unterschiedliche Porosität des Gesteins bzw. auf Klüfte und Höhlen zurückzuführen sind, beobachtet.

Die Analyse der genommenen Wasserproben hat gezeigt, dass nahezu alle einen starken Einfluss von Meerwasser zeigen (hohe Na^+ - und Cl^- -Werte). Dieser Einfluss hängt von der Tiefe der Probennahme und der Entfernung zur Küste ab. Der Mineraliengehalt der genommenen Wasserproben ist generell sehr hoch und übersteigt die Werte der österreichischen Trinkwasserverordnung immer um ein Vielfaches. Um anthropogen

Verunreinigungen (z.B. Abwässer) nachweisen zu können, müsste Vorort der Nitrat-, Nitrit und Phosphatgehalt bestimmt werden. Diese Bestimmung wird in der nächsten Messkampagne zumindest qualitativ erfolgen.

Die Daten der Vorort installierten Temperatur- und Drucksensoren werden erst Ende Februar 2011 vorliegen und sollten wichtige Langzeitinformationen über das Grundwasserregime dieser Region liefern.

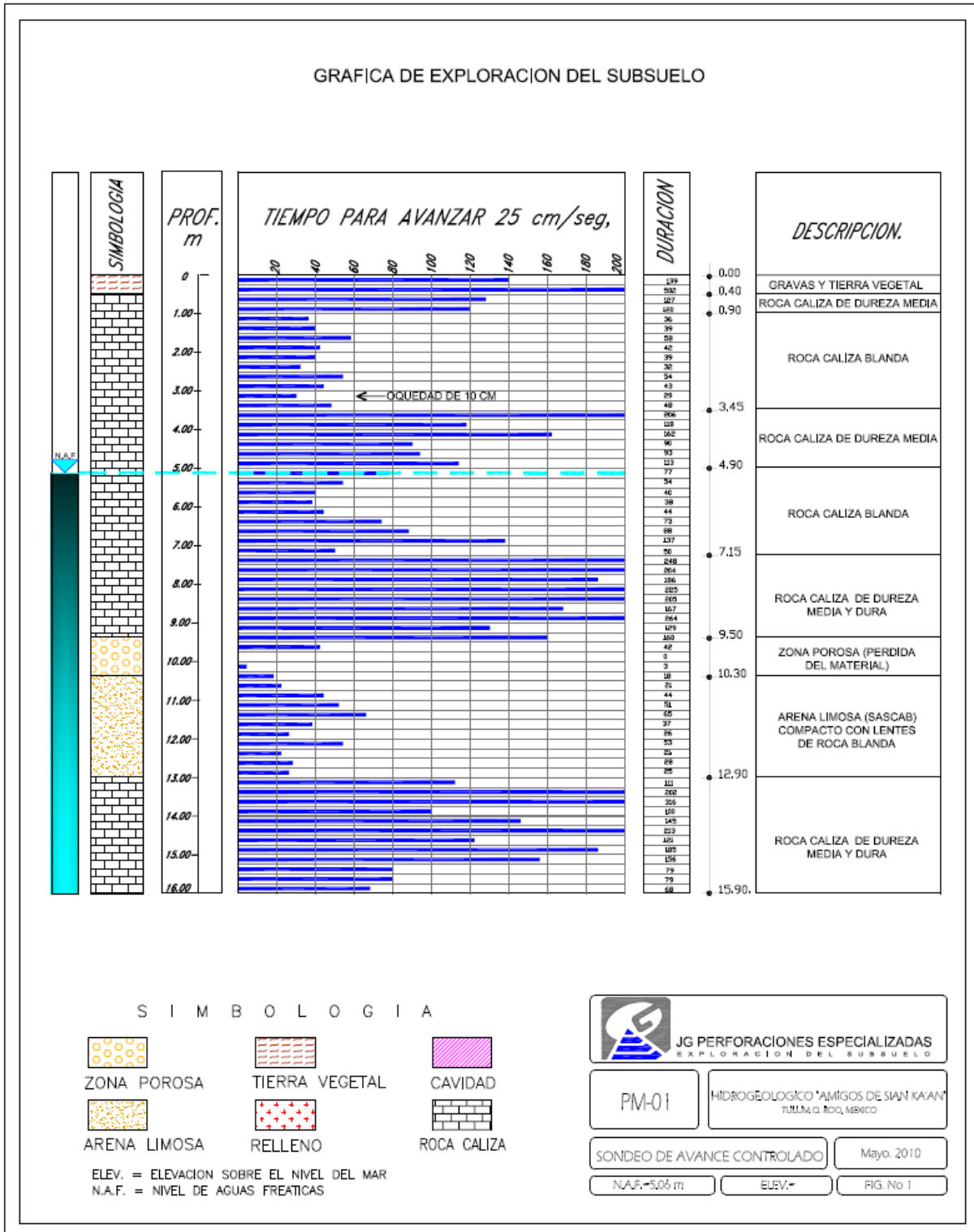
5 Danksagung / Acknowledgement

Die durchgeführte Messkampagne wurde finanziell unterstützt von der Österreichischen Akademie der Wissenschaft im Rahmen des „Man and Biosphere“ Programmes (MaB) und vom FWF im Rahmen des Xplore Projektes (L524-N10). Besonderer Dank gilt der Organisation „Amigos de Sian Ka’an“ für diverse organisatorische Unterstützung, das zur Verfügung stellen eines Geländefahrzeug und die operative Unterstützung vor Ort durch die beiden Mitarbeiter Alejandra Fregoso Domínguez und Enrique Santoyo Brito. Im Weiteren bedanken wir uns für die Unterstützung durch Robbie Schmittner, Xibalba Dive Centre und Sam Meacham, Centro Investigador del Sistema Acuífero de Quintana Roo (CINDAQ). Sehr dankbar sind wir der „Grupo de Exploracion Ox Bel Ha“ für die Erlaubnis der Verwendung von Höhlenkarten des Ox Bel Ha Höhlensystems. Die Karten wurden zur Verfügung gestellt durch Quintana Roo Speleological Survey 2006. Die an der Erforschung des Ox Bel Ha Höhlensystems hauptsächlich beteiligten Personen sind: B. Birnbach, S. Bogaerts, F. Devos, C. Le Maillot, S. Meacham, B. Philips, S. Richards, D. Riordan, S. Schnittger, G. Walten und K. Walten.

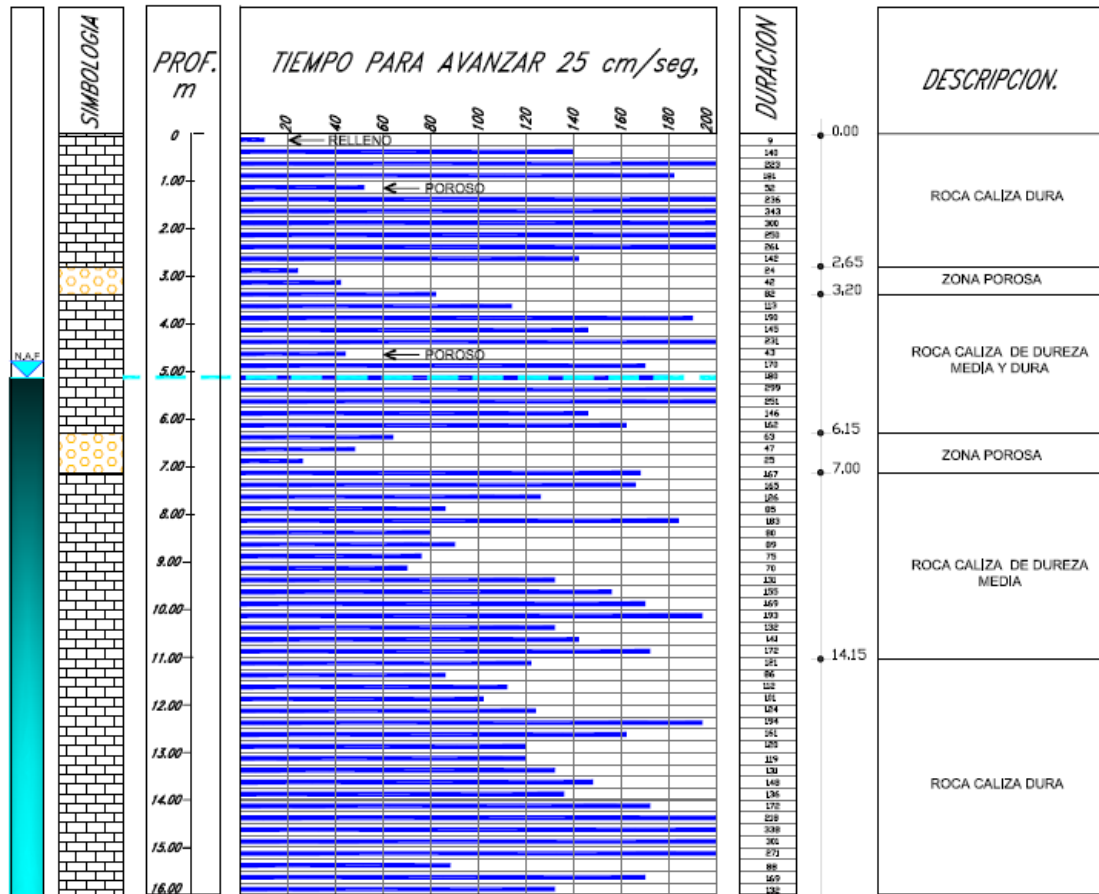
This survey was financially supported by the Austrian Academy of Science in the frame of the Man and Biosphere program (MaB) and the Austria Science Fund in frame of the Xplore project (L524-N10). Our special thanks go to the Amigos de Sian Ka’an for diverse organisational support, for providing a pick up car during the measuring campaign and for the on-site support by the staff members Alejandra Fregoso Domínguez and Enrique Santoyo Brito. We would like to sincerely acknowledge the support of Robbie Schmittner, Xibalba Dive Centre and Sam Meacham, Centro Investigador del Sistema Acuífero de Quintana Roo (CINDAQ). We are very grateful to Grupo de Exploracion Ox Bel Ha for permission to use the Ox Bel Ha cave line maps. Line maps kindly provided by Quintana Roo Speleological Survey 2006. Principal explorers of the Ox Bel Ha system: B. Birnbach, S. Bogaerts, F. Devos, C. Le Maillot, S. Meacham, B. Philips, S. Richards, D. Riordan, S. Schnittger, G. Walten and K. Walten.

Anhang







Bohrprofile



GRAFICA DE EXPLORACION DEL SUBSUELO



SIMBOLOGIA

- 
 ZONA POROSA
- 
 TIERRA VEGETAL
- 
 CAVIDAD
- 
 ARENA LIMOSA
- 
 RELLENO
- 
 ROCA CALIZA

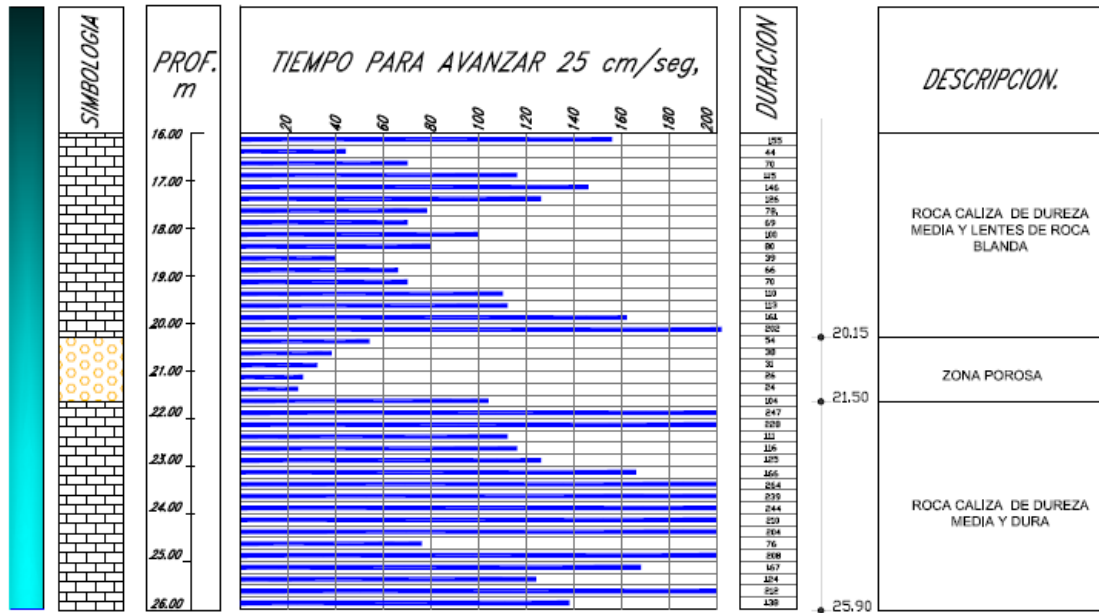
ELEV. = ELEVACION SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 N.A.F. = NIVEL DE AGUAS FREATICAS



PM-02 HIDROGEOLOGICO "AMIGOS DE SIAN K'AIAN"
 TULUM Q. ROO, MEXICO

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO Mayo, 2010
 N.A.F. = 5.06 m ELEV. = FRS, No 2a

GRAFICA DE EXPLORACION DEL SUBSUELO



S I M B O L O G I A

- | | | |
|--------------|----------------|-------------|
| | | |
| ZONA POROSA | TIERRA VEGETAL | CAVIDAD |
| | | |
| ARENA LIMOSA | RELLENO | ROCA CALIZA |

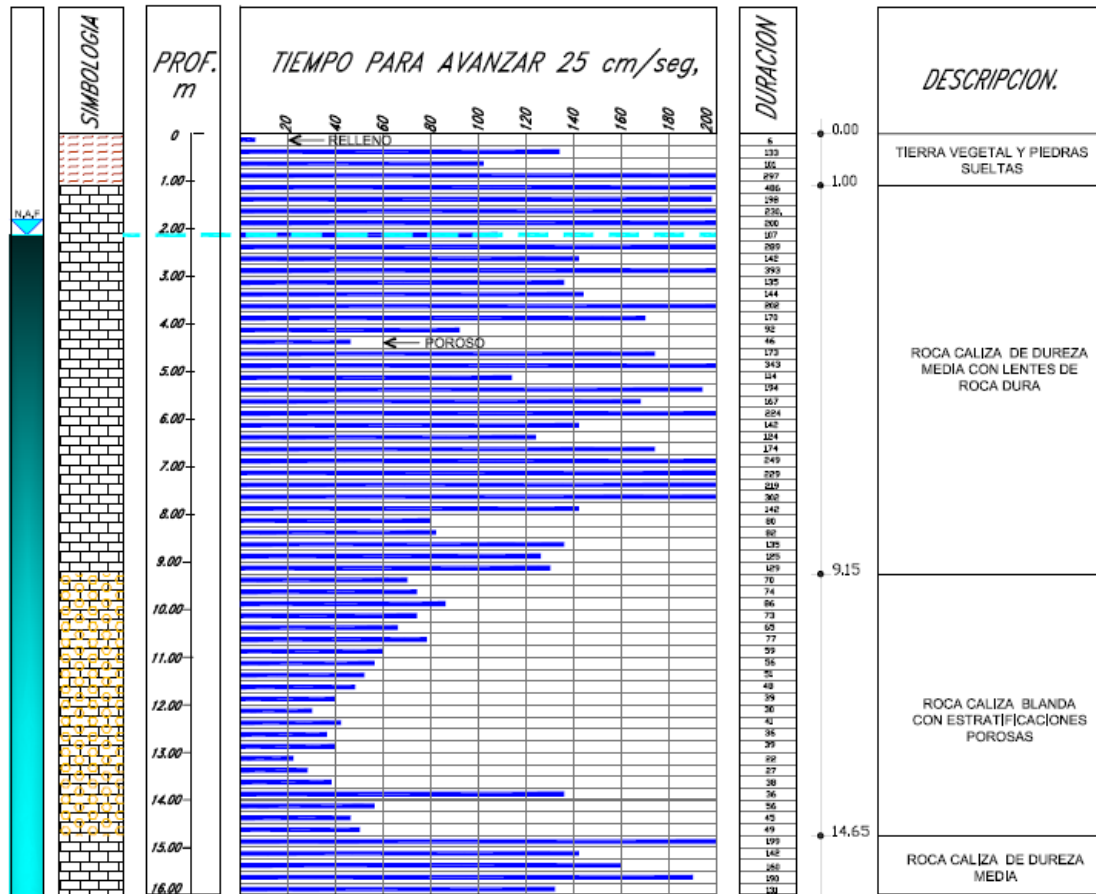
ELEV. = ELEVACION SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 N.A.F. = NIVEL DE AGUAS FREATICAS



PM-02 HIDROGEOLOGICO "AMIGOS DE SIAN K'AN"
 TULUM Q. ROO, MEXICO

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO Mayo, 2010
 N.A.F. = 5.06 m ELEV. = FIG. No 2b

GRAFICA DE EXPLORACION DEL SUBSUELO



S I M B O L O G I A

- ZONA POROSA
- TIERRA VEGETAL
- CAVIDAD
- ARENA LIMOSA
- RELLENO
- ROCA CALIZA

ELEV. = ELEVACION SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 N.A.F. = NIVEL DE AGUAS FREATICAS



PM-03

HIDROGEOLOGICO "AMIGOS DE SIAN K'AN"
 TULUM Q. ROO, MEXICO

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

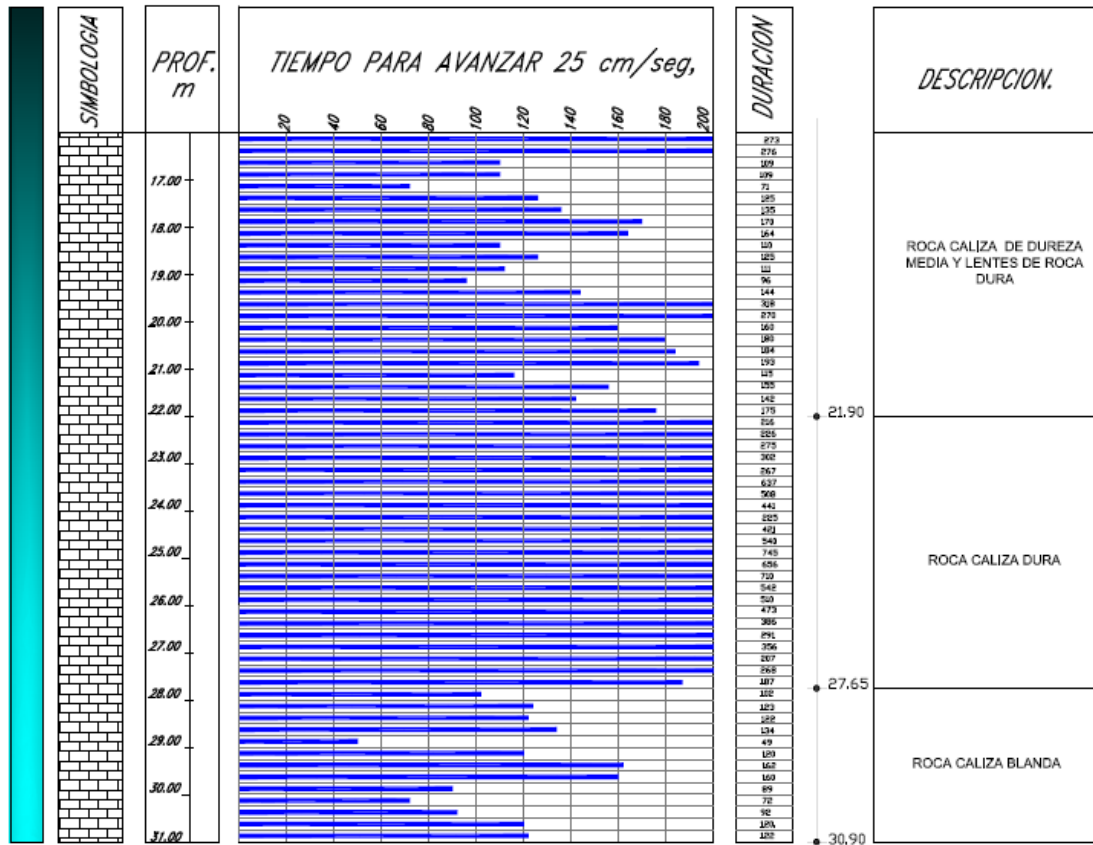
Mayo, 2010

N.A.F. = 2.10 m

ELEV. =

FGS, No 3a

GRAFICA DE EXPLORACION DEL SUBSUELO



S I M B O L O G I A

- ZONA POROSA
- TIERRA VEGETAL
- CAVIDAD
- ARENA LIMOSA
- RELLENO
- ROCA CALIZA

ELEV. = ELEVACION SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 N.A.F. = NIVEL DE AGUAS FREATICAS

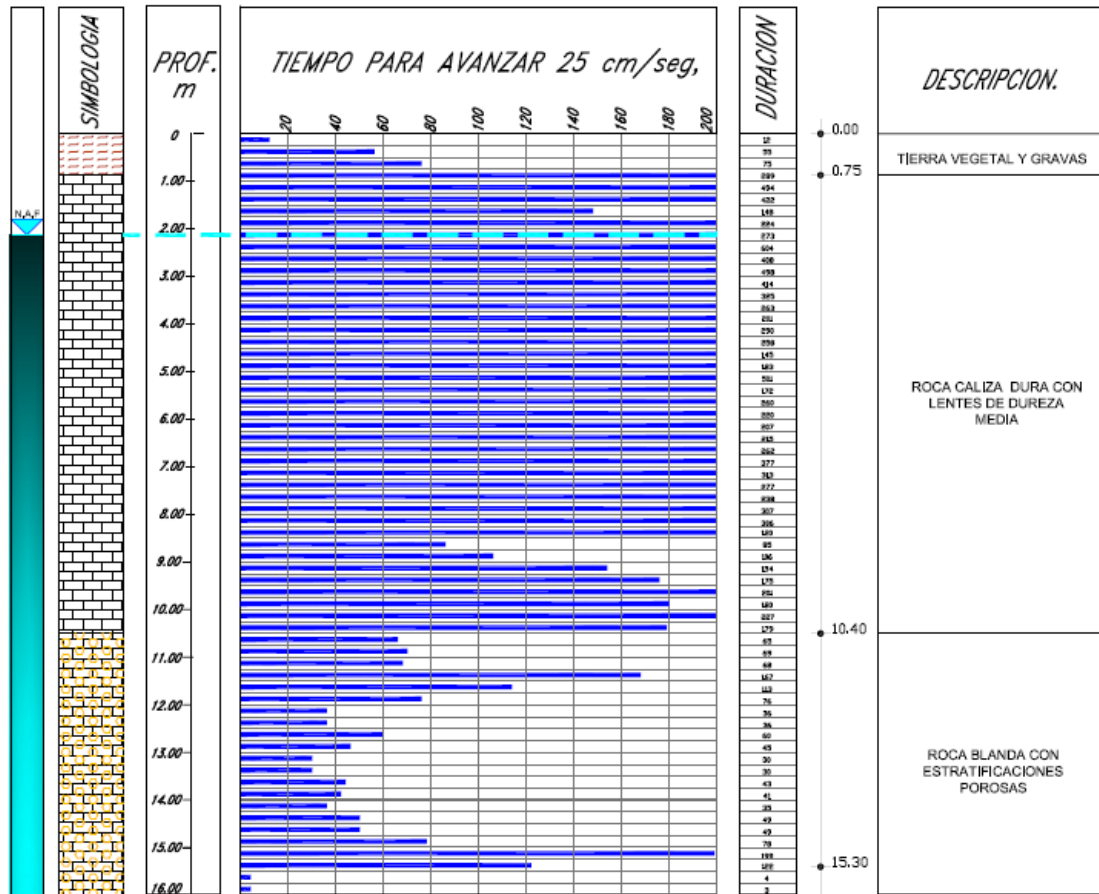


PM-03 HIDROGEOLOGICO "AMIGOS DE SIAN KA'AN"
 TULUM Q. ROO, MEXICO







SONDEO DE AVANCE CONTROLADO Mayo, 2010

N.A.F. = -2.10 m ELEV. = FIG. No 3b

GRAFICA DE EXPLORACION DEL SUBSUELO



S I M B O L O G I A

- 
ZONA POROSA
- 
TIERRA VEGETAL
- 
CAVIDAD
- 
ARENA LIMOSA
- 
RELLENO
- 
ROCA CALIZA

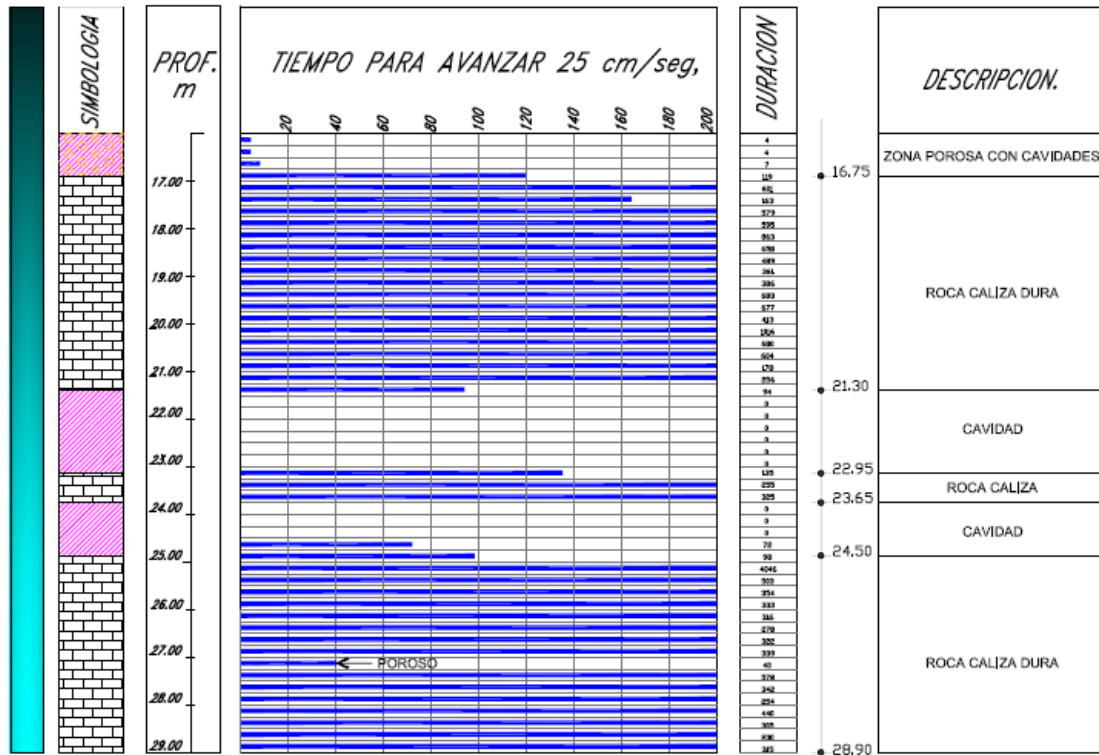
ELEV. = ELEVACION SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 N.A.F. = NIVEL DE AGUAS FREATICAS



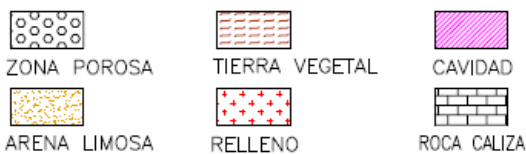
PM-04 HIDROGEOLOGICO "AMIGOS DE SIAN K'AN"
 TULUM Q. ROO, MEXICO

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO Mayo, 2010
 N.A.F. = 2.07 m ELEV. = FRS, No 4a

GRAFICA DE EXPLORACION DEL SUBSUELO



S I M B O L O G I A



ELEV. = ELEVACION SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 N.A.F. = NIVEL DE AGUAS FREATICAS

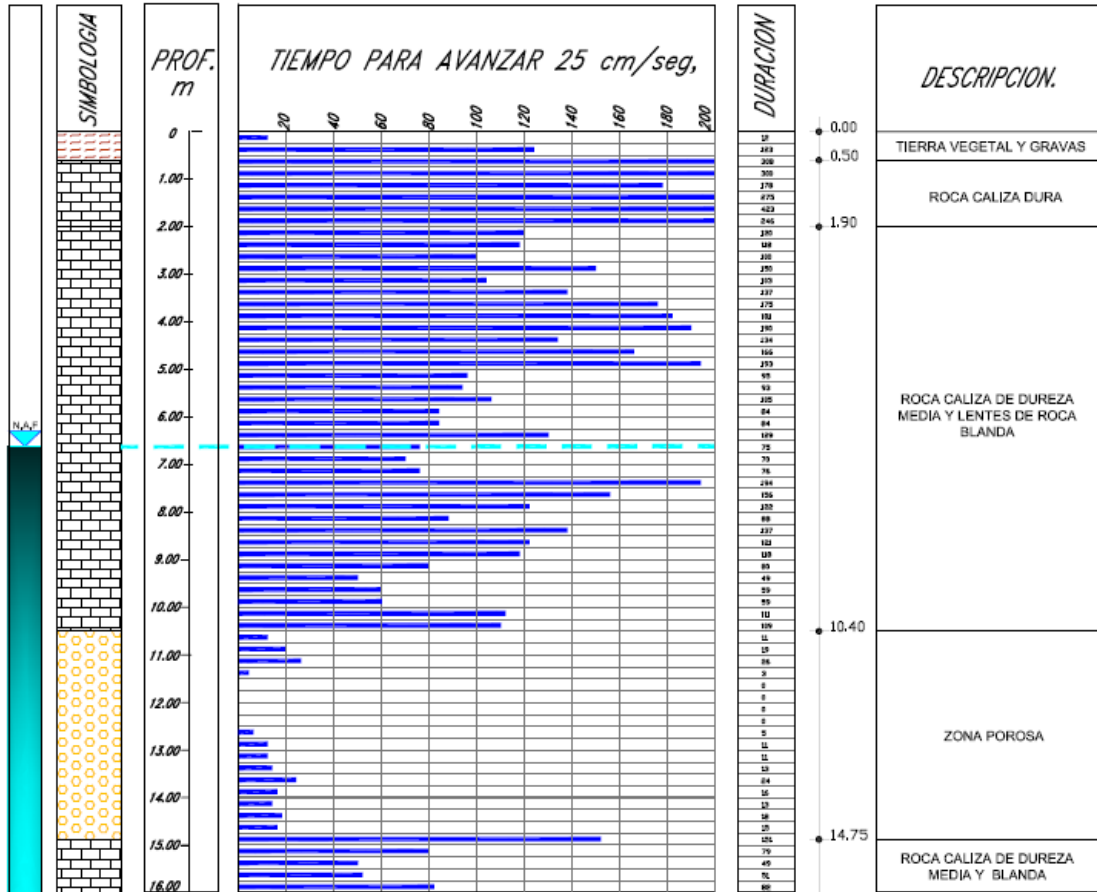


PM-04 HIDROGEOLOGICO "AMIGOS DE SIAN K'AYAN"
 TULUM a. RTO., MEXICO

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO Mayo, 2010

N.A.F. = 207 m ELEV. = FIG. No 4b

GRAFICA DE EXPLORACION DEL SUBSUELO



S I M B O L O G I A

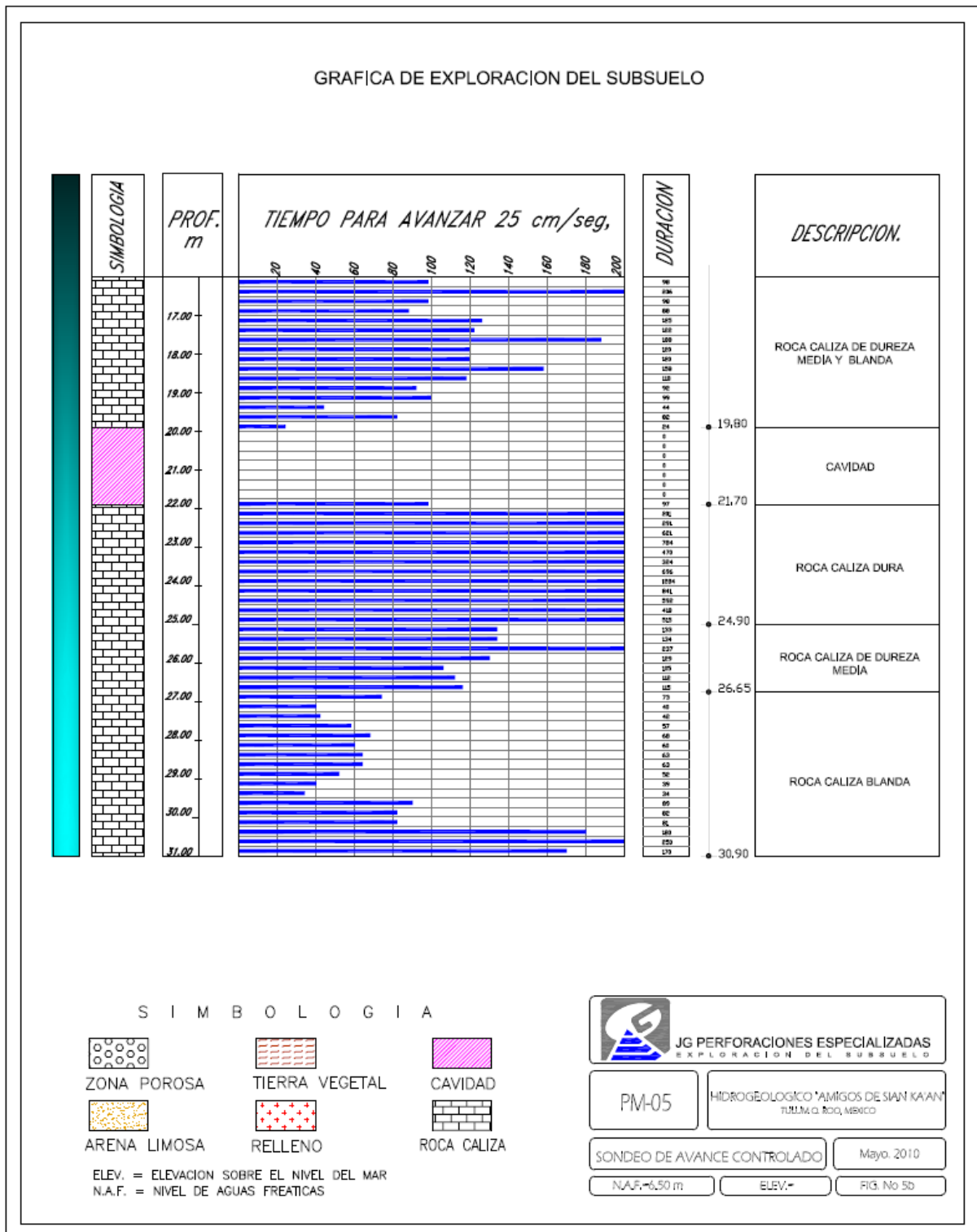
- ZONA POROSA
- TIERRA VEGETAL
- CAVIDAD
- ARENA LIMOSA
- RELLENO
- ROCA CALIZA

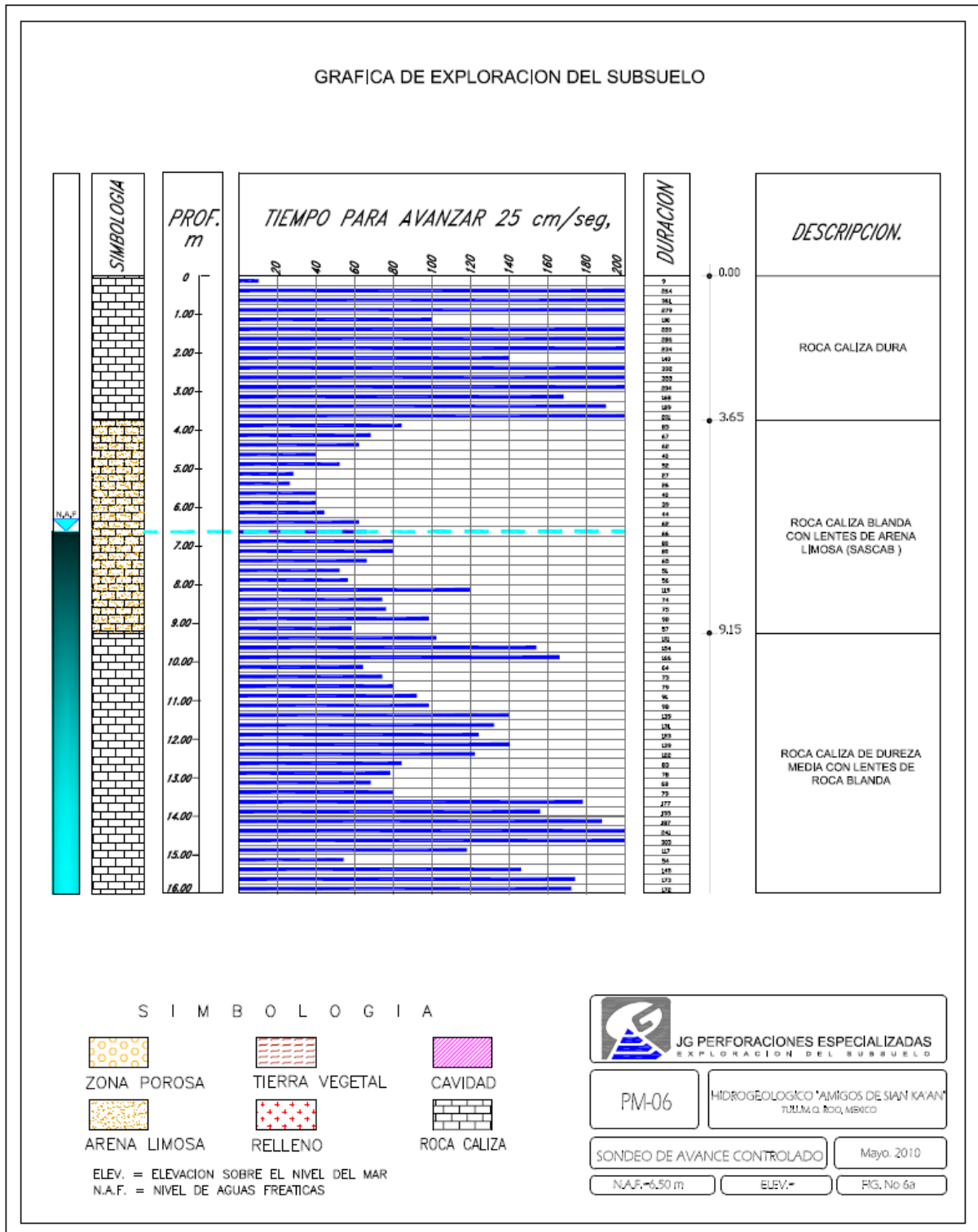
ELEV. = ELEVACION SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 N.A.F. = NIVEL DE AGUAS FREATICAS

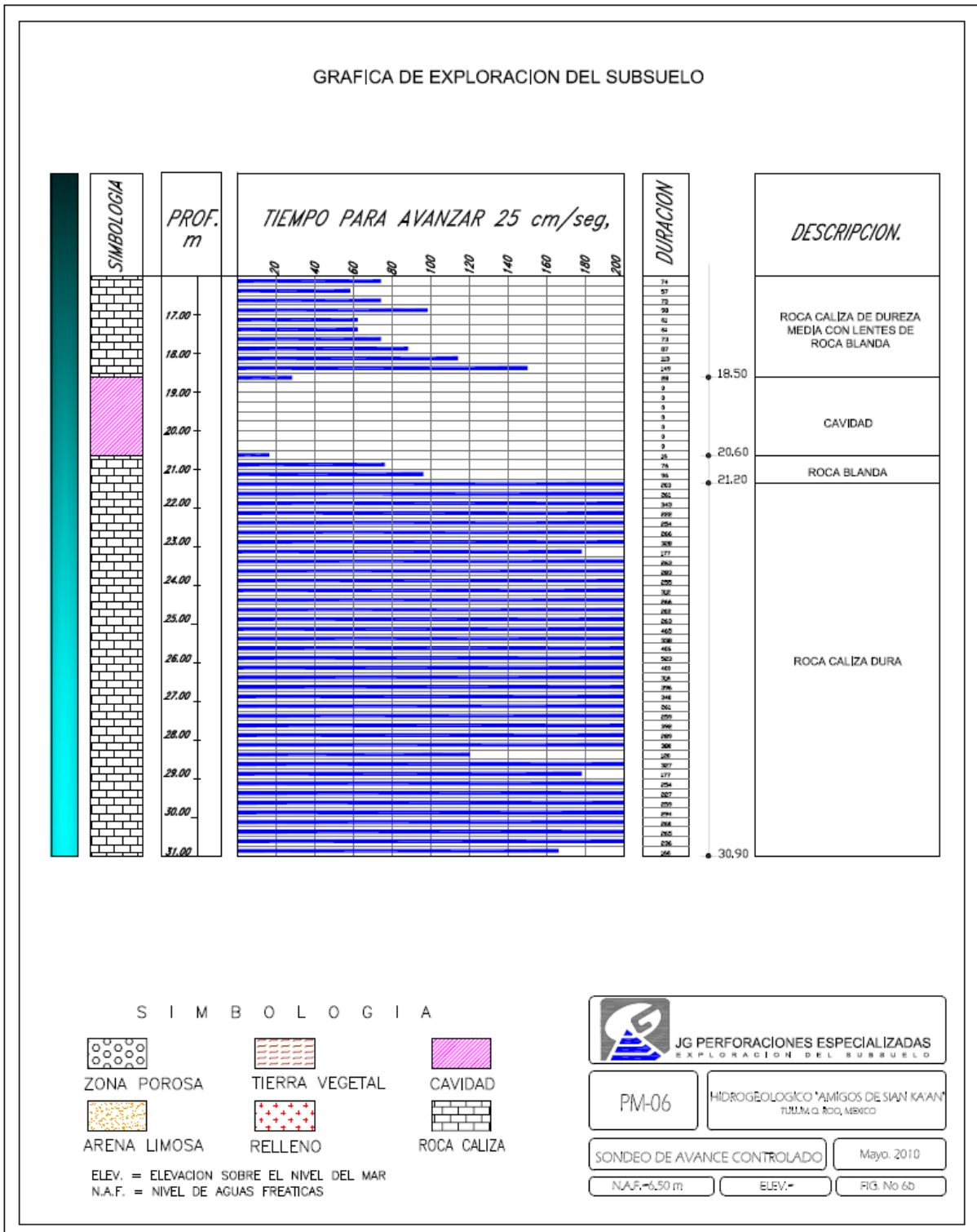


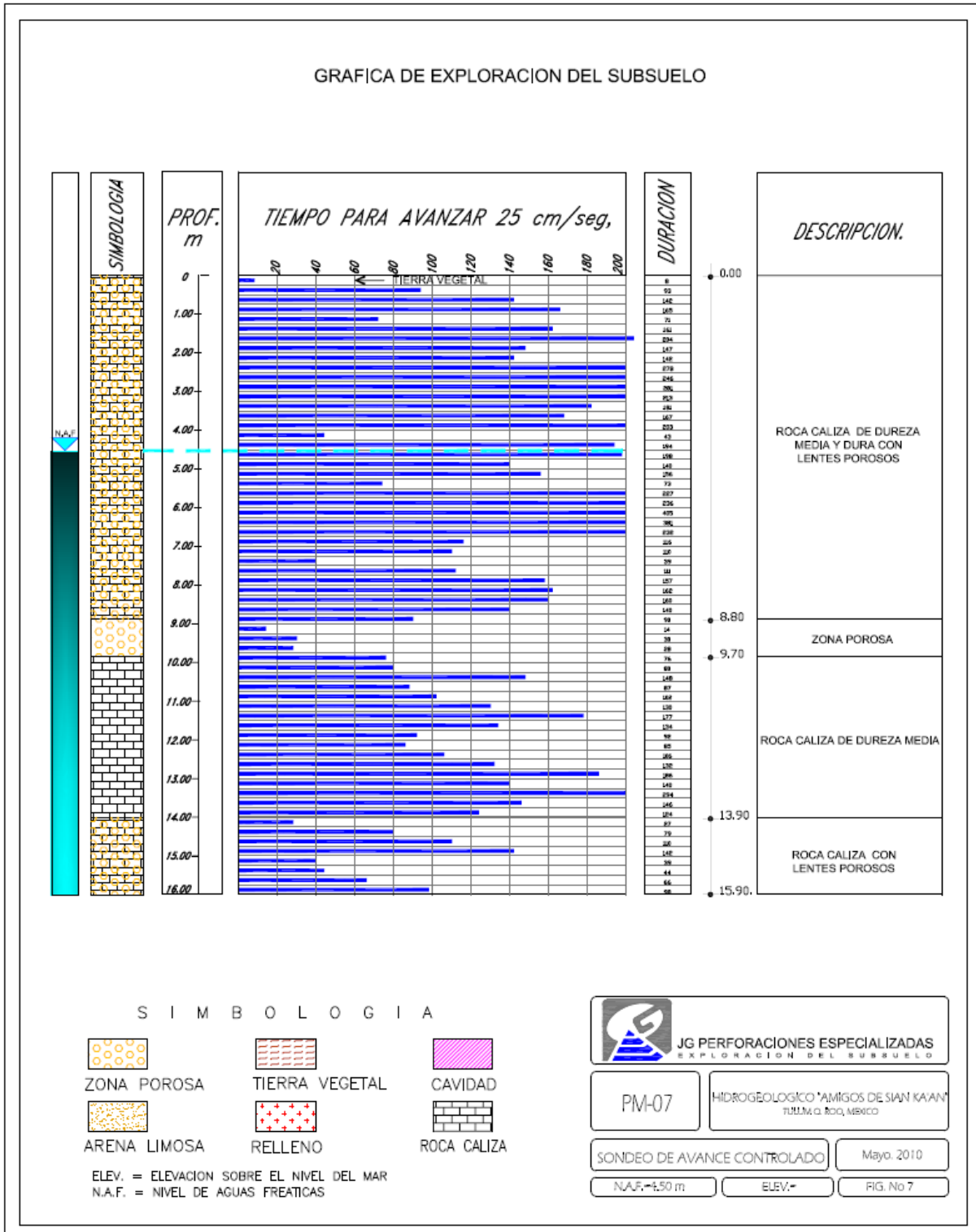
PM-05 HIDROGEOLOGICO "AMIGOS DE SIAN K'AN"
 TULUM a. RUC, MEXICO

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO Mayo, 2010
 N.A.F. = 6.50 m ELEV. = FIG. No 5a









Wasseranalysen

Geologische Bundesanstalt
 FA Geochemie
 Leitung: HR Mag. Dr. Gerhard Hobiger

Wasseranalyse

Probenahmestelle: Emma-Haus							
Probenehmer	Mag. Robert Supper	Koordinaten			GOK	Filterstrecke (m ab GOK)	
Geochemie-Nr.:	GCH-2010-034-001	M	RW	HW	(m ü. A.)	von	bis
Probenahmedatum	21.04.2010	n.b.	n.b.	n.b.			

Feldparameter		
Parameter	Messwert	IP ***
Schüttung (l/s)	n.b.	
Temperatur (°C)	n.b.	25
Leitf. (µS/cm)	n.b.	2500
pH	n.b.	6,5 - 9,5

Feldparameter		
Parameter	Messwert	
Redoxpotenzial	mV	n.b.
Sauerstoff	mg/l	n.b.
	%	n.b.

Kationen						
Ion	Messwert			GSWV *	MAP **	IP ***
	mg/l	meq/l	eq%			
Na ⁺	757	32.92	66.32	90		200
Ca ²⁺	151	7.55	15.21			
Mg ²⁺	103	8.45	17.03			
K ⁺	26	0.66	1.33	12		
Si ²⁺	1.79	0.04	0.08			
Li ⁺	0.014	0.00	0.00			
NH ₄ ⁺	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		0.5
Fe ²⁺	0.070	0.00	0.0			0.2
Mn ²⁺	0.0044	0.00	0.0			0.05
Al ³⁺	0.038	0.00	0.0	0.12		0.2
Cu ²⁺	0.0046	0.00	0.0	0.06	2	
Cr ³⁺	0.0003	0.00	0.0	0.03	0.05	
Cd ²⁺	0.0001	0.00	0.0	0.003	0.005	
Pb ²⁺	0.001	0.00	0.0	0.03	0.05	
Zn ²⁺	0.069	0.00	0.0	1.8		
Ba ²⁺	0.024	0.00	0.0			
Σ	1039	49.6	100.0			

Anionen						
Ion	Messwert			GSWV *	MAP **	IP ***
	mg/l	meq/l	eq%			
Cl ⁻	1422	40.10	89.7	60		200
SO ₄ ²⁻	220	4.59	10.3			250
HCO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.			
NO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	45	50	
NO ₂ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.06	0.1	
PO ₄ ³⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		
F ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.9	1.5	
Σ	1642	44.7	100.0			

Ges. Ionengehalt	n.b. mg/l	n.b. mmol/l
Ionenbilanz (%)	n.b.	

Dichte (g/cm³)	n.b.
----------------------------------	------

Besondere Parameter		
As (mg/l)	0.001	0.03 0.01

Härten	
Gesamthärte (°dH)	44.9
Karbonathärte (°dH)	n.b.
Nichtkarbonathärte (°dH)	n.b.

Berechnung des CO ₂		
lg(pCO ₂)	mg/l	mmol/l
n.b.	n.b.	n.b.

Berechneter Ammoniakgehalt	
NH ₃ (mg/l)	n.b.

Undissoziierte Stoffe	
H ₂ SiO ₃ (mg/l)	n.b.

n.b. ... nicht bestimmt
 * ... Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/1991 IdgF)
 ** ... Mindestanforderungsparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)
 *** ... Indikatorparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)



Wasseranalyse

Geologische Bundesanstalt
FA Geochemie
Leitung: HR Mag. Dr. Gerhard Hobiger

Probenahmestelle:		Robbie Baustelle				
Probennehmer	git Jochum/Dr. Arnulf	Koordinaten			GOK	Filterstrecke (m ab GOK)
Geochemie-Nr.:	GCH-2010-034-002	M	RW	HW	(m ü. A.)	von bis
Probenahmedatum	15.04.2010	n.b.	n.b.	n.b.		

Feldparameter		
Parameter	Messwert	IP ***
Schüttung (l/s)	n.b.	
Temperatur (°C)	26.5	25
Leitf. (µS/cm)	n.b.	2500
pH	n.b.	8.5 - 9.5

Feldparameter		
Parameter	Messwert	
Redoxpotenzial	mV	n.b.
Sauerstoff	mg/l	n.b.
	%	n.b.

Kationen						
Ion	Messwert			GSwV *	MAP **	IP ***
	mg/l	meq/l	eq%			
Na ⁺	127	5.51	42.58	90		200
Ca ²⁺	108	5.38	41.58			
Mg ²⁺	18	1.51	11.67			
K ⁺	18	0.45	3.51	12		
Sr ²⁺	3.01	0.07	0.53			
Li ⁺	0.006	0.00	0.01			
NH ₄ ⁺	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		0.5
Fe ²⁺	0.010	0.00	0.0			0.2
Mn ²⁺	0.010	0.00	0.0			0.05
Al ³⁺	0.053	0.01	0.0	0.12		0.2
Cu ²⁺	0.0469	0.00	0.0	0.06	2	
Cr ³⁺	0.0064	0.00	0.0	0.03	0.05	
Cd ²⁺	0.004	0.00	0.0	0.003	0.005	
Pb ²⁺	0.0085	0.00	0.0	0.03	0.05	
Zn ²⁺	0.167	0.01	0.0	1.8		
Ba ²⁺	0.064	0.00	0.0			
Σ	274	12.9	100.0			

Anionen						
Ion	Messwert			GSwV *	MAP **	IP ***
	mg/l	meq/l	eq%			
Cl ⁻	187	5.28	81.8	80		200
SO ₄ ²⁻	57	1.19	18.4			250
HCO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.			
NO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	45	50	
NO ₂ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.06	0.1	
PO ₄ ³⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		
F ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.9	1.5	
Σ	245	6.5	100.0			

Ges. Ionengehalt	n.b. mg/l	n.b. mmol/l
Ionenbilanz (%)	n.b.	

Dichte (g/cm ³)	n.b.
-----------------------------	------

Besondere Parameter			
As (mg/l)	0.002	0.03	0.01

Härten	
Gesamthärte (°dH)	19.3
Karbonathärte (°dH)	n.b.
Nichtkarbonathärte (°dH)	n.b.

Berechnung des CO ₂		
lg(pCO ₂)	mg/l	mmol/l
n.b.	n.b.	n.b.

Berechneter Ammoniakgehalt	
NH ₃ (mg/l)	n.b.

Undissoziierte Stoffe	
H ₂ SiO ₃ (mg/l)	n.b.

n.b. ... nicht bestimmt

* ... Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/1991 IdgF)

** ... Mindestanforderungsparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

*** ... Indikatorparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

Gerhard B. Hobiger



Wasseranalyse

Geologische Bundesanstalt
FA Geochemie
Leitung: HR Mag. Dr. Gerhard Hobiger

Probenahmestelle:		Robbie Brunnen				
Probenehmer	Dr. Armut Schiller	Koordinaten			GOK	Filterstrecke (m ab GOK)
Geochemie-Nr.:	GCH-2010-034-003	M	RW	HW	(m ü. A.)	von bis
Probenahmedatum	23.04.2010	n.b.	7°27'34,2" W	20°10'43,1" N		

Feldparameter		
Parameter	Messwert	IP ***
Schüttung (l/s)	n.b.	
Temperatur (°C)	n.b.	25
Leitf. (µS/cm)	n.b.	2500
pH	n.b.	6,5 - 9,5

Feldparameter		
Parameter	Messwert	
Redoxpotenzial	mV	n.b.
Sauerstoff	mg/l	n.b.
	%	n.b.

Kationen						
Ion	Messwert			GSWV *	MAP **	IP ***
	mg/l	meq/l	eq%			
Na ⁺	169	7.36	48.82	90		200
Ca ²⁺	108	5.38	35.66			
Mg ²⁺	23	1.89	12.55			
K ⁺	14	0.36	2.41	12		
Str ²⁺	3.16	0.07	0.48			
Li ⁺	0.004	0.00	0.00			
NH ₄ ⁺	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		0.5
Fe ²⁺	0.075	0.00	0.0			0.2
Mn ²⁺	0.0248	0.00	0.0			0.05
Al ³⁺	0.0525	0.01	0.0	0.12		0.2
Cu ²⁺	0.0081	0.00	0.0	0.06		2
Cr ³⁺	0.0008	0.00	0.0	0.03		0.05
Cd ²⁺	0.0001	0.00	0.0	0.003		0.005
Pb ²⁺	0.001	0.00	0.0	0.03		0.05
Zn ²⁺	0.042	0.00	0.0	1.8		
Ba ²⁺	0.028	0.00	0.0			
Σ	318	15.1	100.0			

Anionen						
Ion	Messwert			GSWV *	MAP **	IP ***
	mg/l	meq/l	eq%			
Cl ⁻	310	8.75	89.4	60		200
SO ₄ ²⁻	50	1.04	10.6			250
HCO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.			
NO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	45		50
NO ₂ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.06		0.1
PO ₄ ³⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		
F ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.9		1.5
Σ	360	9.8	100.0			

Ges. Ionengehalt	n.b. mg/l	n.b. mmol/l
Ionenbilanz (%)	n.b.	

Dichte (g/cm ³)	n.b.
-----------------------------	------

Besondere Parameter			
As (mg/l)	0.027	0.03	0.01

Härten	
Gesamthärte (° dH)	20.4
Karbonathärte (° dH)	n.b.
Nichtkarbonathärte (° dH)	n.b.

Berechnung des CO ₂		
lg(pCO ₂)	mg/l	mmol/l
n.b.	n.b.	n.b.

Berechneter Ammoniakgehalt	
NH ₃ (mg/l)	n.b.

Undissoziierte Stoffe	
H ₂ SiO ₃ (mg/l)	n.b.

n.b. ... nicht bestimmt

* ... Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/1991 idgF)

** ... Mindestanforderungsparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

*** ... Indikatorparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

Gerhard Hobiger



Wasseranalyse

Geologische Bundesanstalt
FA Geochemie
Leitung: HR Mag. Dr. Gerhard Hobiger

Probenahmestelle:		TU1 10m					
Probennehmer	rglt Jochum/Dr. Arnulf	Koordinaten			GOK	Filterstrecke (m ab GOK)	
Geochemie-Nr.:	GCH-2010-034-004	M	RW	HW	(m ü. A.)	von	bis
Probenahmedatum	21.04.2010	n.b.	7°27'34,2" N	20°10'43,1" N			

Feldparameter		
Parameter	Messwert	IP ***
Schüttung (l/s)	n.b.	
Temperatur (°C)	n.b.	25
Leitf. (µS/cm)	n.b.	2500
pH	n.b.	6,5 - 9,5

Feldparameter		
Parameter	Messwert	
Redoxpotenzial	mV	n.b.
Sauerstoff	mg/l	n.b.
	%	n.b.

Kationen						
Ion	Messwert			GSWV *	MAP **	IP ***
	mg/l	meq/l	eq%			
Na ⁺	845	36.76	66.28	90		200
Ca ²⁺	169	8.44	15.22			
Mg ²⁺	115	9.43	17.00			
K ⁺	30	0.77	1.39	12		
Str ²⁺	2.14	0.05	0.09			
Li ⁺	0.016	0.00	0.00			
NH ₄ ⁺	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		0.5
Fe ²⁺	< 0,001	0.00	0.0			0.2
Mn ²⁺	0.0025	0.00	0.0			0.05
Al ³⁺	0.0362	0.00	0.0	0.12		0.2
Cu ²⁺	0.0749	0.00	0.0	0.06	2	
Cr ³⁺	0.0004	0.00	0.0	0.03	0.05	
Cd ²⁺	0.005	0.00	0.0	0.003	0.005	
Pb ²⁺	0.013	0.00	0.0	0.03	0.05	
Zn ²⁺	0.182	0.01	0.0	1.8		
Ba ²⁺	0.032	0.00	0.0			
Σ	1181	55.5	100.0			

Anionen						
Ion	Messwert			GSWV *	MAP **	IP ***
	mg/l	meq/l	eq%			
Cl ⁻	1600	45.13	89.3	60		200
SO ₄ ²⁻	261	5.43	10.7			250
HCO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.			
NO ₂ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	45	50	
NO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.06	0.1	
PO ₄ ³⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		
F ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.9	1.5	
Σ	1861	50.6	100.0			

Ges. Ionengehalt	n.b. mg/l	n.b. mmol/l
Ionenbilanz (%)	n.b.	

Dichte (g/cm ³)	n.b.
-----------------------------	------

Besondere Parameter			
As (mg/l)	0.001	0.03	0.01

Härten	
Gesamthärte (° dH)	50.1
Karbonathärte (° dH)	n.b.
Nichtkarbonathärte (° dH)	n.b.

Berechnung des CO ₂		
I _g (pCO ₂)	mg/l	mmol/l
n.b.	n.b.	n.b.

Berechneter Ammoniakgehalt	
NH ₃ (mg/l)	n.b.

Undissoziierte Stoffe	
H ₂ SiO ₂ (mg/l)	n.b.

n.b. ... nicht bestimmt

* ... Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/1991 idgF)

** ... Mindestanforderungsparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

*** ... Indikatorparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)



Wasseranalyse

Geologische Bundesanstalt
FA Geochemie
Leitung: HR Mag. Dr. Gerhard Hobiger

Probenahmestelle:		TU1 14m					
Probenehmer	glt Jochum/Dr. Arnulf	Koordinaten			GOK	Filterstrecke (m ab GOK)	
Geochemie-Nr.:	GCH-2010-034-005	M	RW	HW	(m ü. A.)	von	bis
Probenahmedatum	21.04.2010	n.b.	7°27'34,2" N	20°10'43,1" N			

Feldparameter		
Parameter	Messwert	IP ***
Schüttung (l/s)	n.b.	
Temperatur (°C)	n.b.	25
Leitf. (µS/cm)	n.b.	2500
pH	n.b.	6,5 - 9,5

Feldparameter		
Parameter	Messwert	
Redoxpotenzial	mV	n.b.
Sauerstoff	mg/l	n.b.
	%	n.b.

Kationen						
Ion	Messwert			GSwV* mg/l	MAP** mg/l	IP*** mg/l
	mg/l	meq/l	eq%			
Na ⁺	2437	105.99	70.75	90		200
Ca ²⁺	213	10.63	7.10			
Mg ²⁺	376	30.91	20.64			
K ⁺	85	2.19	1.46	12		
Str ²⁺	3.07	0.07	0.05			
Li ⁺	0.040	0.01	0.00			
NH ₄ ⁺	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		0.5
Fe ²⁺	0.001	0.00	0.0			0.2
Mn ²⁺	0.0023	0.00	0.0			0.05
Al ³⁺	0.0496	0.01	0.0	0.12		0.2
Cu ²⁺	0.0261	0.00	0.0	0.06	2	
Cr ³⁺	0.0005	0.00	0.0	0.03	0.05	
Cd ²⁺	0.0003	0.00	0.0	0.003	0.005	
Pb ²⁺	0.005	0.00	0.0	0.03	0.05	
Zn ²⁺	0.088	0.00	0.0	1.8		
Ba ²⁺	0.032	0.00	0.0			
Σ	3114	149.8	100.0			

Anionen						
Ion	Messwert			GSwV* mg/l	MAP** mg/l	IP*** mg/l
	mg/l	meq/l	eq%			
Cl ⁻	4498	126.88	89.9	60		200
SO ₄ ²⁻	682	14.20	10.1			250
HCO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.			
NO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	45	50	
NO ₂ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.06	0.1	
PO ₄ ³⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		
F ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.9	1.5	
Σ	5180	141.1	100.0			

Ges. Ionengehalt	n.b.	mg/l	n.b.	mmol/l
Ionenbilanz (%)	n.b.			

Dichte (g/cm³)	n.b.
----------------------------------	------

Besondere Parameter			
As (mg/l)	0.001	0.03	0.01

Härten	
Gesamthärte (° dH)	116.5
Karbonathärte (° dH)	n.b.
Nichtkarbonathärte (° dH)	n.b.

Berechnung des CO ₂		
lg(pCO ₂)	mg/l	mmol/l
n.b.	n.b.	n.b.

Berechneter Ammoniakgehalt	
NH ₃ (mg/l)	n.b.

Undissoziierte Stoffe	
H ₂ SiO ₃ (mg/l)	n.b.

n.b. ... nicht bestimmt

* ... Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/1991 idgF)

** ... Mindestanforderungsparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

*** ... Indikatorparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

Gerhard Hobiger



Wasseranalyse

Geologische Bundesanstalt
FA Geochemie
Leitung: HR Mag. Dr. Gerhard Hobiger

Probenahmestelle:		TU2 8m					
Probenehmer	glt Jochum/Dr. Arnulf	Koordinaten			GOK	Filterstrecke (m ab GOK)	
Geochemie-Nr.:	GCH-2010-034-006	M	RW	HW	(m ü. A.)	von	bis
Probenahmedatum	15.04.2010	n.b.	7°27'01,0" N	20°12'27,6" N			

Feldparameter		
Parameter	Messwert	IP ***
Schüttung (l/s)	n.b.	
Temperatur (°C)	27.3	25
Leitf. (µS/cm)	n.b.	2500
pH	n.b.	6,5 - 9,5

Feldparameter		
Parameter	Messwert	
Redoxpotenzial	mV	n.b.
Sauerstoff	mg/l	n.b.
	%	n.b.

Kationen						
Ion	Messwert			GSwV* mg/l	MAP** mg/l	IP*** mg/l
	mg/l	meq/l	eq%			
Na ⁺	339	14.73	57.80	90		200
Ca ²⁺	139	6.92	27.14			
Mg ²⁺	41	3.39	13.30			
K ⁺	14	0.35	1.37	12		
Str ²⁺	3.82	0.09	0.34			
Li ⁺	0.007	0.00	0.00			
NH ₄ ⁺	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		0.5
Fe ²⁺	0.004	0.00	0.0			0.2
Mn ²⁺	0.0072	0.00	0.0			0.05
Al ³⁺	0.0466	0.01	0.0	0.12		0.2
Cu ²⁺	0.0437	0.00	0.0	0.06	2	
Cr ³⁺	0.0002	0.00	0.0	0.03	0.05	
Cd ²⁺	0.001	0.00	0.0	0.003	0.005	
Pb ²⁺	0.004	0.00	0.0	0.03	0.05	
Zn ²⁺	0.122	0.00	0.0	1.8		
Ba ²⁺	0.027	0.00	0.0			
Σ	536	25.5	100.0			

Anionen						
Ion	Messwert			GSwV* mg/l	MAP** mg/l	IP*** mg/l
	mg/l	meq/l	eq%			
Cl ⁻	562	15.85	90.1	60		200
SO ₄ ²⁻	83	1.73	9.9			250
HCO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.			
NO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	45	50	
NO ₂ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.06	0.1	
PO ₄ ³⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		
F ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.9	1.5	
Σ	645	17.6	100.0			

Ges. Ionengehalt	n.b. mg/l	n.b. mmol/l
Ionenbilanz (%)	n.b.	

Dichte (g/cm³)	n.b.
----------------------------------	------

Besondere Parameter		
As (mg/l)	0.003	0.03 0.01

Härten	
Gesamthärte (° dH)	28.9
Karbonathärte (° dH)	n.b.
Nichtkarbonathärte (° dH)	n.b.

Berechnung des CO ₂		
lg(pCO ₂)	mg/l	mmol/l
n.b.	n.b.	n.b.

Berechneter Ammoniakgehalt	
NH ₃ (mg/l)	n.b.

Undissoziierte Stoffe	
H ₂ SiO ₃ (mg/l)	n.b.

n.b. ... nicht bestimmt

* ... Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/1991 idgF)

** ... Mindestanforderungsparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

*** ... Indikatorparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

Gerhard Hobiger



Wasseranalyse

Geologische Bundesanstalt
FA Geochemie
Leitung: HR Mag. Dr. Gerhard Hobiger

Probenahmestelle:		TU3 10m					
Probenehmer	glt Jochum/Dr. Arnulf	Koordinaten			GOK	Filterstrecke (m ab GOK)	
Geochemie-Nr.:	GCH-2010-034-007	M	RW	HW	(m ü. A.)	von	bis
Probenahmedatum	15.04.2010	n.b.	7°27'32,1" N	20°13'50,5" N			

Feldparameter		
Parameter	Messwert	IP ***
Schüttung (l/s)	n.b.	
Temperatur (°C)	26.6	25
Leitf. (µS/cm)	n.b.	2500
pH	n.b.	6,5 - 9,5

Feldparameter		
Parameter	Messwert	
Redoxpotenzial	mV	n.b.
Sauerstoff	mg/l	n.b.
	%	n.b.

Kationen						
Ion	Messwert			GSwV* mg/l	MAP** mg/l	IP*** mg/l
	mg/l	meq/l	eq%			
Na ⁺	569	24.74	64.15	90		200
Ca ²⁺	161	8.04	20.84			
Mg ²⁺	63	5.17	13.41			
K ⁺	22	0.56	1.45	12		
Str ²⁺	2.22	0.05	0.13			
Li ⁺	0.009	0.00	0.00			
NH ₄ ⁺	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		0.5
Fe ²⁺	0.004	0.00	0.0			0.2
Mn ²⁺	0.0034	0.00	0.0			0.05
Al ³⁺	0.0485	0.01	0.0	0.12		0.2
Cu ²⁺	0.0202	0.00	0.0	0.06	2	
Cr ³⁺	0.001	0.00	0.0	0.03	0.05	
Cd ²⁺	0.0004	0.00	0.0	0.003	0.005	
Pb ²⁺	0.003	0.00	0.0	0.03	0.05	
Zn ²⁺	0.120	0.00	0.0	1.8		
Ba ²⁺	0.029	0.00	0.0			
Σ	817	38.6	100.0			

Anionen						
Ion	Messwert			GSwV* mg/l	MAP** mg/l	IP*** mg/l
	mg/l	meq/l	eq%			
Cl ⁻	885	24.97	79.3	60		200
SO ₄ ²⁻	313	6.52	20.7			250
HCO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.			
NO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	45	50	
NO ₂ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.06	0.1	
PO ₄ ³⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		
F ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.9	1.5	
Σ	1199	31.5	100.0			

Ges. Ionengehalt	n.b. mg/l	n.b. mmol/l
Ionenbilanz (%)	n.b.	

Dichte (g/cm³)	n.b.
----------------------------------	------

Besondere Parameter		
As (mg/l)	< 0,001	0.03 0.01

Härten	
Gesamthärte (° dH)	37,0
Karbonathärte (° dH)	n.b.
Nichtkarbonathärte (° dH)	n.b.

Berechnung des CO ₂		
lg(pCO ₂)	mg/l	mmol/l
n.b.	n.b.	n.b.

Berechneter Ammoniakgehalt	
NH ₃ (mg/l)	n.b.

Undissoziierte Stoffe	
H ₂ SiO ₃ (mg/l)	n.b.

n.b. ... nicht bestimmt

* ... Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/1991 idgF)

** ... Mindestanforderungsparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

*** ... Indikatorparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

Gerhard Hobiger



Wasseranalyse

Geologische Bundesanstalt
FA Geochemie
Leitung: HR Mag. Dr. Gerhard Hobiger

Probenahmestelle:		TU3 24m					
Probenehmer	glt Jochum/Dr. Arnulf	Koordinaten			GOK	Filterstrecke (m ab GOK)	
Geochemie-Nr.:	GCH-2010-034-008	M	RW	HW	(m ü. A.)	von	bis
Probenahmedatum	15.04.2010	n.b.	7°27'32,1" N	20°13'50,5" N			

Feldparameter		
Parameter	Messwert	IP ***
Schüttung (l/s)	n.b.	
Temperatur (°C)	26.9	25
Leitf. (µS/cm)	n.b.	2500
pH	n.b.	6,5 - 9,5

Feldparameter		
Parameter	Messwert	
Redoxpotenzial	mV	n.b.
Sauerstoff	mg/l	n.b.
	%	n.b.

Kationen						
Ion	Messwert			GSwV *	MAP **	IP ***
	mg/l	meq/l	eq%			
Na ⁺	10522	457.68	73.97	90		200
Ca ²⁺	519	25.92	4.19			
Mg ²⁺	1484	122.13	19.74			
K ⁺	498	12.73	2.06	12		
Str ²⁺	9.2	0.21	0.03			
Li ⁺	0.23	0.03	0.01			
NH ₄ ⁺	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		0.5
Fe ²⁺	0.003	0.00	0.0			0.2
Mn ²⁺	0.0010	0.00	0.0			0.05
Al ³⁺	0.0477	0.01	0.0	0.12		0.2
Cu ²⁺	0.0415	0.00	0.0	0.06	2	
Cr ³⁺	0.0007	0.00	0.0	0.03	0.05	
Cd ²⁺	0.0003	0.00	0.0	0.003	0.005	
Pb ²⁺	0.006	0.00	0.0	0.03	0.05	
Zn ²⁺	0.093	0.00	0.0	1.8		
Ba ²⁺	0.013	0.00	0.0			
Σ	13033	618.7	100.0			

Anionen						
Ion	Messwert			GSwV *	MAP **	IP ***
	mg/l	meq/l	eq%			
Cl ⁻	16091	453.87	88.3	60		200
SO ₄ ²⁻	2881	59.99	11.7			250
HCO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.			
NO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	45	50	
NO ₂ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.06	0.1	
PO ₄ ³⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		
F ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.9	1.5	
Σ	18972	513.9	100.0			

Ges. Ionengehalt	n.b. mg/l	n.b. mmol/l
Ionenbilanz (%)	n.b.	

Dichte (g/cm³)	n.b.
----------------------------------	------

Besondere Parameter			
As (mg/l)	0.002	0.03	0.01

Härten	
Gesamthärte (°dH)	415.1
Karbonathärte (°dH)	n.b.
Nichtkarbonathärte (°dH)	n.b.

Berechnung des CO ₂		
lg(pCO ₂)	mg/l	mmol/l
n.b.	n.b.	n.b.

Berechneter Ammoniakgehalt	
NH ₃ (mg/l)	n.b.

Undissoziierte Stoffe	
H ₂ SiO ₃ (mg/l)	n.b.

n.b. ... nicht bestimmt

* ... Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/1991 idgF)

** ... Mindestanforderungsparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

*** ... Indikatorparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

Gerhard Hobiger



Wasseranalyse

Geologische Bundesanstalt
FA Geochemie
Leitung: HR Mag. Dr. Gerhard Hobiger

Probenahmestelle:		TU5 (=TU9) 12m					
Probenehmer	rglt Jochum/Dr. Arnulf	Koordinaten			GOK	Filterstrecke (m ab GOK)	
Geochemie-Nr.:	GCH-2010-034-009	M	RW	HW	(m ü. A.)	von	bis
Probenahmedatum	20.04.2010	n.b.	7°28'00,8" N	20°15'04,3" N			

Feldparameter		
Parameter	Messwert	IP ***
Schüttung (l/s)	n.b.	
Temperatur (°C)	25.6	25
Leitf. (µS/cm)	n.b.	2500
pH	n.b.	6,5 - 9,5

Feldparameter		
Parameter	Messwert	
Redoxpotenzial	mV	n.b.
Sauerstoff	mg/l	n.b.
	%	n.b.

Kationen						
Ion	Messwert			GSwV *	MAP **	IP ***
	mg/l	meq/l	eq%			
Na ⁺	1858	60.81	66.35	90		200
Ca ²⁺	396	19.76	16.22			
Mg ²⁺	230	18.94	15.55			
K ⁺	86	2.19	1.80	12		
Str ²⁺	3.68	0.08	0.07			
Li ⁺	0.033	0.00	0.00			
NH ₄ ⁺	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		0.5
Fe ²⁺	0.001	0.00	0.0			0.2
Mn ²⁺	0.0009	0.00	0.0			0.05
Al ³⁺	0.0477	0.01	0.0	0.12		0.2
Cu ²⁺	0.0389	0.00	0.0	0.06	2	
Cr ³⁺	0.001	0.00	0.0	0.03	0.05	
Cd ²⁺	0.001	0.00	0.0	0.003	0.005	
Pb ²⁺	0.005	0.00	0.0	0.03	0.05	
Zn ²⁺	0.141	0.00	0.0	1.8		
Ba ²⁺	0.124	0.00	0.0			
Σ	2574	121.8	100.0			

Anionen						
Ion	Messwert			GSwV *	MAP **	IP ***
	mg/l	meq/l	eq%			
Cl ⁻	3504	98.84	90.6	60		200
SO ₄ ²⁻	494	10.29	9.4			250
HCO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.			
NO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	45	50	
NO ₂ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.06	0.1	
PO ₄ ³⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		
F ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.9	1.5	
Σ	3998	109.1	100.0			

Ges. Ionengehalt	n.b. mg/l	n.b. mmol/l
Ionenbilanz (%)	n.b.	

Dichte (g/cm³)	n.b.
----------------------------------	------

Besondere Parameter			
As (mg/l)	< 0,001	0.03	0.01

Härten	
Gesamthärte (° dH)	108.5
Karbonathärte (° dH)	n.b.
Nichtkarbonathärte (° dH)	n.b.

Berechnung des CO ₂		
lg(pCO ₂)	mg/l	mmol/l
n.b.	n.b.	n.b.

Berechneter Ammoniakgehalt	
NH ₃ (mg/l)	n.b.

Undissoziierte Stoffe	
H ₂ SiO ₃ (mg/l)	n.b.

n.b. ... nicht bestimmt

* ... Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/1991 idgF)

** ... Mindestanforderungsparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

*** ... Indikatorparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

Gerhard Hobiger



Wasseranalyse

Geologische Bundesanstalt
FA Geochemie
Leitung: HR Mag. Dr. Gerhard Hobiger

Probenahmestelle:		TU5 (=TU9) 27m					
Probenehmer	glt Jochum/Dr. Arnulf	Koordinaten			GOK	Filterstrecke (m ab GOK)	
Geochemie-Nr.:	GCH-2010-034-010	M	RW	HW	(m ü. A.)	von	bis
Probenahmedatum	20.04.2010	n.b.	7°28'00,8" N	20°15'04,3" N			

Feldparameter		
Parameter	Messwert	IP ***
Schüttung (l/s)	n.b.	
Temperatur (°C)	25,7	25
Leitf. (µS/cm)	n.b.	2500
pH	n.b.	6,5 - 9,5

Feldparameter		
Parameter	Messwert	
Redoxpotenzial	mV	n.b.
Sauerstoff	mg/l	n.b.
	%	n.b.

Kationen						
Ion	Messwert			GSwV* mg/l	MAP** mg/l	IP*** mg/l
	mg/l	meq/l	eq%			
Na ⁺	9849	426.43	74.05	90		200
Ca ²⁺	559	27.90	4.82			
Mg ²⁺	1331	109.53	18.93			
K ⁺	488	12.49	2.16	12		
Str ²⁺	8.82	0.20	0.03			
Li ⁺	0.213	0.03	0.01			
NH ₄ ⁺	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		0.5
Fe ²⁺	0.002	0.00	0.0			0.2
Mn ²⁺	0.0012	0.00	0.0			0.05
Al ³⁺	0.0334	0.00	0.0	0.12		0.2
Cu ²⁺	0.0779	0.00	0.0	0.06	2	
Cr ³⁺	0.001	0.00	0.0	0.03	0.05	
Cd ²⁺	0.001	0.00	0.0	0.003	0.005	
Pb ²⁺	0.006	0.00	0.0	0.03	0.05	
Zn ²⁺	0.138	0.00	0.0	1.8		
Ba ²⁺	0.024	0.00	0.0			
Σ	12237	578.6	100.0			

Anionen						
Ion	Messwert			GSwV* mg/l	MAP** mg/l	IP*** mg/l
	mg/l	meq/l	eq%			
Cl ⁻	15179	428.16	88.5	60		200
SO ₄ ²⁻	2661	55.39	11.5			250
HCO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.			
NO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	45	50	
NO ₂ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.06	0.1	
PO ₄ ³⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		
F ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.9	1.5	
Σ	17840	483.5	100.0			

Ges. Ionengehalt	n.b. mg/l	n.b. mmol/l
Ionenbilanz (%)	n.b.	

Dichte (g/cm³)	n.b.
----------------------------------	------

Besondere Parameter			
As (mg/l)	0.003	0.03	0.01

Härten	
Gesamthärte (° dH)	385.3
Karbonathärte (° dH)	n.b.
Nichtkarbonathärte (° dH)	n.b.

Berechnung des CO ₂		
lg(pCO ₂)	mg/l	mmol/l
n.b.	n.b.	n.b.

Berechneter Ammoniakgehalt	
NH ₃ (mg/l)	n.b.

Undissoziierte Stoffe	
H ₂ SiO ₃ (mg/l)	n.b.

n.b. ... nicht bestimmt

* ... Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/1991 idgF)

** ... Mindestanforderungsparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

*** ... Indikatorparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

Gerhard Hobiger



Wasseranalyse

Geologische Bundesanstalt
FA Geochemie
Leitung: HR Mag. Dr. Gerhard Hobiger

Probenahmestelle:		TU6 10m					
Probenehmer	rglt Jochum/Dr. Arnulf	Koordinaten			GOK	Filterstrecke (m ab GOK)	
Geochemie-Nr.:	GCH-2010-034-011	M	RW	HW	(m ü. A.)	von	bis
Probenahmedatum	15.04.2010	n.b.	7°29'58,7" N	20°11'58,6" N			

Feldparameter		
Parameter	Messwert	IP ***
Schüttung (l/s)	n.b.	
Temperatur (°C)	25.6	25
Leitf. (µS/cm)	n.b.	2500
pH	n.b.	6,5 - 9,5

Feldparameter		
Parameter	Messwert	
Redoxpotenzial	mV	n.b.
Sauerstoff	mg/l	n.b.
	%	n.b.

Kationen						
Ion	Messwert			GSwV* mg/l	MAP** mg/l	IP*** mg/l
	mg/l	meq/l	eq%			
Na ⁺	538	23.38	60.19	90		200
Ca ²⁺	155	7.71	19.85			
Mg ²⁺	89	7.32	18.85			
K ⁺	15	0.38	0.97	12		
Sr ²⁺	1.81	0.04	0.11			
Li ⁺	0.008	0.00	0.00			
NH ₄ ⁺	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		0.5
Fe ²⁺	0.003	0.00	0.0			0.2
Mn ²⁺	0.0015	0.00	0.0			0.05
Al ³⁺	0.0508	0.01	0.0	0.12		0.2
Cu ²⁺	0.0229	0.00	0.0	0.06	2	
Cr ³⁺	0.0004	0.00	0.0	0.03	0.05	
Cd ²⁺	0.0002	0.00	0.0	0.003	0.005	
Pb ²⁺	0.007	0.00	0.0	0.03	0.05	
Zn ²⁺	0.134	0.00	0.0	1.8		
Ba ²⁺	0.036	0.00	0.0			
Σ	798	38.8	100.0			

Anionen						
Ion	Messwert			GSwV* mg/l	MAP** mg/l	IP*** mg/l
	mg/l	meq/l	eq%			
Cl ⁻	967	27.27	89.7	60		200
SO ₄ ²⁻	150	3.12	10.3			250
HCO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.			
NO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	45	50	
NO ₂ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.06	0.1	
PO ₄ ³⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		
F ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.9	1.5	
Σ	1117	30.4	100.0			

Ges. Ionengehalt	n.b. mg/l	n.b. mmol/l
Ionenbilanz (%)	n.b.	

Dichte (g/cm³)	n.b.
----------------------------------	------

Besondere Parameter		
As (mg/l)	0.001	0.03 0.01

Härten	
Gesamthärte (°dH)	42.2
Karbonathärte (°dH)	n.b.
Nichtkarbonathärte (°dH)	n.b.

Berechnung des CO ₂		
lg(pCO ₂)	mg/l	mmol/l
n.b.	n.b.	n.b.

Berechneter Ammoniakgehalt	
NH ₃ (mg/l)	n.b.

Undissoziierte Stoffe	
H ₂ SiO ₃ (mg/l)	n.b.

n.b. ... nicht bestimmt

* ... Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/1991 idgF)

** ... Mindestanforderungsparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

*** ... Indikatorparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

Gerhard Hobiger



Wasseranalyse

Geologische Bundesanstalt
FA Geochemie
Leitung: HR Mag. Dr. Gerhard Hobiger

Probenahmestelle:		TU6 26m					
Probenehmer	glt Jochum/Dr. Arnulf	Koordinaten			GOK	Filterstrecke (m ab GOK)	
Geochemie-Nr.:	GCH-2010-034-012	M	RW	HW	(m ü. A.)	von	bis
Probenahmedatum	15.04.2010	n.b.	87°29'58,7"	20°11'58,6" N			

Feldparameter		
Parameter	Messwert	IP ***
Schüttung (l/s)	n.b.	
Temperatur (°C)	25,7	25
Leitf. (µS/cm)	n.b.	2500
pH	n.b.	6,5 - 9,5

Feldparameter		
Parameter	Messwert	
Redoxpotenzial	mV	n.b.
Sauerstoff	mg/l	n.b.
	%	n.b.

Kationen						
Ion	Messwert			GSwV *	MAP **	IP ***
	mg/l	meq/l	eq%			
Na ⁺	10898	474.04	74.19	90		200
Ca ²⁺	609	30.41	4.76			
Mg ²⁺	1466	120.65	18.88			
K ⁺	530	13.54	2.12	12		
Str ²⁺	9.76	0.22	0.03			
Li ⁺	0.226	0.03	0.01			
NH ₄ ⁺	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		0.5
Fe ²⁺	0.033	0.00	0.0			0.2
Mn ²⁺	0.0029	0.00	0.0			0.05
Al ³⁺	0.0480	0.01	0.0	0.12		0.2
Cu ²⁺	0.0531	0.00	0.0	0.06	2	
Cr ³⁺	0.001	0.00	0.0	0.03	0.05	
Cd ²⁺	0.0003	0.00	0.0	0.003	0.005	
Pb ²⁺	0.004	0.00	0.0	0.03	0.05	
Zn ²⁺	0.111	0.00	0.0	1.8		
Ba ²⁺	0.029	0.00	0.0			
Σ	13513	638.9	100.0			

Anionen						
Ion	Messwert			GSwV *	MAP **	IP ***
	mg/l	meq/l	eq%			
Cl ⁻	15775	444.97	88.3	60		200
SO ₄ ²⁻	2821	58.73	11.7			250
HCO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.			
NO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	45	50	
NO ₂ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.06	0.1	
PO ₄ ³⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		
F ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.9	1.5	
Σ	18596	503.7	100.0			

Ges. Ionengehalt	n.b. mg/l	n.b. mmol/l
Ionenbilanz (%)	n.b.	

Dichte (g/cm³)	n.b.
----------------------------------	------

Besondere Parameter			
As (mg/l)	0.002	0.03	0.01

Härten	
Gesamthärte (° dH)	423.6
Karbonathärte (° dH)	n.b.
Nichtkarbonathärte (° dH)	n.b.

Berechnung des CO ₂		
lg(pCO ₂)	mg/l	mmol/l
n.b.	n.b.	n.b.

Berechneter Ammoniakgehalt	
NH ₃ (mg/l)	n.b.

Undissoziierte Stoffe	
H ₂ SiO ₃ (mg/l)	n.b.

n.b. ... nicht bestimmt

* ... Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/1991 idgF)

** ... Mindestanforderungsparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

*** ... Indikatorparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

Gerhard Hobiger



Wasseranalyse

Geologische Bundesanstalt
FA Geochemie
Leitung: HR Mag. Dr. Gerhard Hobiger

Probenahmestelle:		TU7 3,5m					
Probenehmer	glt Jochum/Dr. Arnulf	Koordinaten			GOK	Filterstrecke (m ab GOK)	
Geochemie-Nr.:	GCH-2010-034-013	M	RW	HW	(m ü. A.)	von	bis
Probenahmedatum	15.04.2010	n.b.	87°29'56,5"	20°11'59,2" N			

Feldparameter		
Parameter	Messwert	IP ***
Schüttung (l/s)	n.b.	
Temperatur (°C)	25.4	25
Leitf. (µS/cm)	n.b.	2500
pH	n.b.	6,5 - 9,5

Feldparameter		
Parameter	Messwert	
Redoxpotenzial	mV	n.b.
Sauerstoff	mg/l	n.b.
	%	n.b.

Kationen						
Ion	Messwert			GSwV*	MAP**	IP***
	mg/l	meq/l	eq%			
Na ⁺	2261.93	98.39	69.72	90		200
Ca ²⁺	372.69	18.60	13.18			
Mg ²⁺	260.00	21.39	15.16			
K ⁺	102.10	2.61	1.85	12		
Str ²⁺	5.07	0.12	0.08			
Li ⁺	0.037	0.01	0.00			
NH ₄ ⁺	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		0.5
Fe ²⁺	0.006	0.00	0.0			0.2
Mn ²⁺	0.0065	0.00	0.0			0.05
Al ³⁺	0.0460	0.01	0.0	0.12		0.2
Cu ²⁺	0.0340	0.00	0.0	0.06	2	
Cr ³⁺	0.0004	0.00	0.0	0.03	0.05	
Cd ²⁺	0.0002	0.00	0.0	0.003	0.005	
Pb ²⁺	0.006	0.00	0.0	0.03	0.05	
Zn ²⁺	0.127	0.00	0.0	1.8		
Ba ²⁺	0.112	0.00	0.0			
Σ	3002	141.1	100.0			

Anionen						
Ion	Messwert			GSwV*	MAP**	IP***
	mg/l	meq/l	eq%			
Cl ⁻	3945.08	111.28	90.1	60		200
SO ₄ ²⁻	588.18	12.25	9.9			250
HCO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.			
NO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	45	50	
NO ₂ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.06	0.1	
PO ₄ ³⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		
F ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.9	1.5	
Σ	4533	123.5	100.0			

Ges. Ionengehalt	n.b. mg/l	n.b. mmol/l
Ionenbilanz (%)	n.b.	

Dichte (g/cm³)	n.b.
----------------------------------	------

Besondere Parameter		
As (mg/l)	0.001	0.03 0.01

Härten	
Gesamthärte (° dH)	112.1
Karbonathärte (° dH)	n.b.
Nichtkarbonathärte (° dH)	n.b.

Berechnung des CO ₂		
lg(pCO ₂)	mg/l	mmol/l
n.b.	n.b.	n.b.

Berechneter Ammoniakgehalt	
NH ₃ (mg/l)	n.b.

Undissoziierte Stoffe	
H ₂ SiO ₃ (mg/l)	n.b.

n.b. ... nicht bestimmt

* ... Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/1991 idgF)

** ... Mindestanforderungsparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

*** ... Indikatorparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

Gerhard Hobiger



Wasseranalyse

Geologische Bundesanstalt
FA Geochemie
Leitung: HR Mag. Dr. Gerhard Hobiger

Probenahmestelle:		TU7 10,5m				
Probenehmer	rglt Jochum/Dr. Arnulf	Koordinaten			GOK	Filterstrecke (m ab GOK)
Geochemie-Nr.:	GCH-2010-034-014	M	RW	HW	(m ü. A.)	von bis
Probenahmedatum	15.04.2010	n.b.	87°29'56,5"	20°11'59,2" N		

Feldparameter		
Parameter	Messwert	IP ***
Schüttung (l/s)	n.b.	
Temperatur (°C)	25.5	25
Leitf. (µS/cm)	n.b.	2500
pH	n.b.	6,5 - 9,5

Feldparameter		
Parameter	Messwert	
Redoxpotenzial	mV	n.b.
Sauerstoff	mg/l	n.b.
	%	n.b.

Kationen						
Ion	Messwert			GSwV *	MAP **	IP ***
	mg/l	meq/l	eq%			
Na ⁺	1197	52.08	66.14	90		200
Ca ²⁺	263	13.13	16.67			
Mg ²⁺	147	12.08	15.34			
K ⁺	53	1.36	1.73	12		
Str ²⁺	3.1	0.07	0.09			
Li ⁺	0.023	0.00	0.00			
NH ₄ ⁺	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		0.5
Fe ²⁺	0.001	0.00	0.0			0.2
Mn ²⁺	0.0033	0.00	0.0			0.05
Al ³⁺	0.0453	0.01	0.0	0.12		0.2
Cu ²⁺	0.0312	0.00	0.0	0.06	2	
Cr ³⁺	0.0004	0.00	0.0	0.03	0.05	
Cd ²⁺	0.0003	0.00	0.0	0.003	0.005	
Pb ²⁺	0.006	0.00	0.0	0.03	0.05	
Zn ²⁺	0.147	0.00	0.0	1.8		
Ba ²⁺	0.059	0.00	0.0			
Σ	1664	78.7	100.0			

Anionen						
Ion	Messwert			GSwV *	MAP **	IP ***
	mg/l	meq/l	eq%			
Cl ⁻	2007	56.62	89.3	60		200
SO ₄ ²⁻	327	6.81	10.7			250
HCO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.			
NO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	45	50	
NO ₂ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.06	0.1	
PO ₄ ³⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		
F ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.9	1.5	
Σ	2335	63.4	100.0			

Ges. Ionengehalt	n.b. mg/l	n.b. mmol/l
Ionenbilanz (%)	n.b.	

Dichte (g/cm³)	n.b.
----------------------------------	------

Besondere Parameter		
As (mg/l)	0.002	0.03 0.01

Härten	
Gesamthärte (° dH)	70.7
Karbonathärte (° dH)	n.b.
Nichtkarbonathärte (° dH)	n.b.

Berechnung des CO ₂		
lg(pCO ₂)	mg/l	mmol/l
n.b.	n.b.	n.b.

Berechneter Ammoniakgehalt	
NH ₃ (mg/l)	n.b.

Undissoziierte Stoffe	
H ₂ SiO ₃ (mg/l)	n.b.

n.b. ... nicht bestimmt

* ... Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/1991 idgF)

** ... Mindestanforderungsparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

*** ... Indikatorparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

Gerhard Hobiger



Wasseranalyse

Geologische Bundesanstalt
FA Geochemie
Leitung: HR Mag. Dr. Gerhard Hobiger

Probenahmestelle:		TU7 13,5m					
Probenehmer	rglt Jochum/Dr. Arnulf	Koordinaten			GOK	Filterstrecke (m ab GOK)	
Geochemie-Nr.:	GCH-2010-034-015	M	RW	HW	(m ü. A.)	von	bis
Probenahmedatum	15.04.2010	n.b.	87°29'56,5"	20°11'59,2" N			

Feldparameter		
Parameter	Messwert	IP ***
Schüttung (l/s)	n.b.	
Temperatur (°C)	25,6	25
Leitf. (µS/cm)	n.b.	2500
pH	n.b.	6,5 - 9,5

Feldparameter		
Parameter	Messwert	
Redoxpotenzial	mV	n.b.
Sauerstoff	mg/l	n.b.
	%	n.b.

Kationen						
Ion	Messwert			GSwV*	MAP**	IP***
	mg/l	meq/l	eq%			
Na ⁺	1232	53,58	66,90	90		200
Ca ²⁺	259	12,94	16,15			
Mg ²⁺	147	12,13	15,15			
K ⁺	53	1,35	1,69	12		
Str ²⁺	3,2	0,07	0,09			
Li ⁺	0,022	0,00	0,00			
NH ₄ ⁺	n.b.	n.b.	n.b.	0,3		0,5
Fe ²⁺	0,003	0,00	0,00			0,2
Mn ²⁺	0,0030	0,00	0,00			0,05
Al ³⁺	0,0441	0,00	0,00	0,12		0,2
Cu ²⁺	0,0252	0,00	0,00	0,06	2	
Cr ³⁺	0,0004	0,00	0,00	0,03	0,05	
Cd ²⁺	0,0002	0,00	0,00	0,003	0,005	
Pb ²⁺	0,005	0,00	0,00	0,03	0,05	
Zn ²⁺	0,137	0,00	0,00	1,8		
Ba ²⁺	0,060	0,00	0,00			
Σ	1695	80,1	100,0			

Anionen						
Ion	Messwert			GSwV*	MAP**	IP***
	mg/l	meq/l	eq%			
Cl ⁻	1992	56,19	89,3	60		200
SO ₄ ²⁻	322	6,71	10,7			250
HCO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.			
NO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	45	50	
NO ₂ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0,06	0,1	
PO ₄ ³⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0,3		
F ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0,9	1,5	
Σ	2314	62,9	100,0			

Ges. Ionengehalt	n.b. mg/l	n.b. mmol/l
Ionenbilanz (%)	n.b.	

Dichte (g/cm³)	n.b.
----------------------------------	------

Besondere Parameter		
As (mg/l)	0,001	0,03 0,01

Härten	
Gesamthärte (° dH)	70,3
Karbonathärte (° dH)	n.b.
Nichtkarbonathärte (° dH)	n.b.

Berechnung des CO ₂		
lg(pCO ₂)	mg/l	mmol/l
n.b.	n.b.	n.b.

Berechneter Ammoniakgehalt	
NH ₃ (mg/l)	n.b.

Undissoziierte Stoffe	
H ₂ SiO ₃ (mg/l)	n.b.

n.b. ... nicht bestimmt

* ... Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/1991 idgF)

** ... Mindestanforderungsparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

*** ... Indikatorparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

Gerhard Hobiger



Wasseranalyse

Geologische Bundesanstalt
FA Geochemie
Leitung: HR Mag. Dr. Gerhard Hobiger

Probenahmestelle:		TU8 17m					
Probenehmer	rglt Jochum/Dr. Arnulf	Koordinaten			GOK	Filterstrecke (m ab GOK)	
Geochemie-Nr.:	GCH-2010-034-016	M	RW	HW	(m ü. A.)	von	bis
Probenahmedatum	19.04.2010	n.b.	87°28'19,7"	20°15'40,2" N			

Feldparameter		
Parameter	Messwert	IP ***
Schüttung (l/s)	n.b.	
Temperatur (°C)	25,7	25
Leitf. (µS/cm)	n.b.	2500
pH	n.b.	6,5 - 9,5

Feldparameter		
Parameter	Messwert	
Redoxpotenzial	mV	n.b.
Sauerstoff	mg/l	n.b.
	%	n.b.

Kationen						
Ion	Messwert			GSwV*	MAP**	IP***
	mg/l	meq/l	eq%			
Na ⁺	527	22.93	60.46	90		200
Ca ²⁺	187	9.35	24.66			
Mg ²⁺	61	5.04	13.28			
K ⁺	22	0.55	1.46	12		
Str ²⁺	1.7	0.04	0.10			
Li ⁺	0.009	0.00	0.00			
NH ₄ ⁺	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		0.5
Fe ²⁺	0.002	0.00	0.0			0.2
Mn ²⁺	0.0012	0.00	0.0			0.05
Al ³⁺	0.0558	0.01	0.0	0.12		0.2
Cu ²⁺	0.0185	0.00	0.0	0.06	2	
Cr ³⁺	0.0004	0.00	0.0	0.03	0.05	
Cd ²⁺	0.0002	0.00	0.0	0.003	0.005	
Pb ²⁺	0.004	0.00	0.0	0.03	0.05	
Zn ²⁺	0.138	0.00	0.0	1.8		
Ba ²⁺	0.027	0.00	0.0			
Σ	799	37.9	100.0			

Anionen						
Ion	Messwert			GSwV*	MAP**	IP***
	mg/l	meq/l	eq%			
Cl ⁻	682	19.23	89.8	60		200
SO ₄ ²⁻	105	2.19	10.2			250
HCO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.			
NO ₃ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	45	50	
NO ₂ ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.06	0.1	
PO ₄ ³⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.3		
F ⁻	n.b.	n.b.	n.b.	0.9	1.5	
Σ	787	21.4	100.0			

Ges. Ionengehalt	n.b. mg/l	n.b. mmol/l
Ionenbilanz (%)	n.b.	

Dichte (g/cm³)	n.b.
----------------------------------	------

Besondere Parameter		
As (mg/l)	< 0,001	0.03 0.01

Härten	
Gesamthärte (° dH)	40,3
Karbonathärte (° dH)	n.b.
Nichtkarbonathärte (° dH)	n.b.

Berechnung des CO ₂		
lg(pCO ₂)	mg/l	mmol/l
n.b.	n.b.	n.b.

Berechneter Ammoniakgehalt	
NH ₃ (mg/l)	n.b.

Undissoziierte Stoffe	
H ₂ SiO ₃ (mg/l)	n.b.

n.b. ... nicht bestimmt

* ... Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. 502/1991 idgF)

** ... Mindestanforderungsparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

*** ... Indikatorparameter aus der Trinkwasserverordnung - TWV (BGBl. II 304/2001)

Gerhard Hobiger