

Erkundung eines Küstenaquifers auf Kreta im Rahmen des EU-Projektes MEDIS

S. Pipatpan, N. Blindow, G. Schaumann, F.P. Bosch, M. Miensopust & M.A. Lange
(Institut für Geophysik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Corrensstr. 24, 48149 Münster)

Die ausreichende Wasserversorgung stellt für die Inseln des Mittelmeerraumes aufgrund der Klimabedingungen oft ein großes Problem dar. Die Küstenaquifere können zudem durch Salzwasserintrusionen, insbesondere bei übermäßiger Wasserentnahme, bedroht sein.

Als Teil des interdisziplinären Projektes EU-MEDIS („Towards sustainable water use on Mediterranean islands: addressing conflicting demands and varying hydrological, social and economic conditions“, Vertragsnr. EVK1-CT-2001-00092) wurden geophysikalische Messungen im Küstenbereich nahe der Stadt Timbaki im Süden Kretas durchgeführt. Dabei kamen Transientelektromagnetik, Gleichstromgeoelektrik und Radiomagnetotellurik zum Einsatz, um in Kombination der Methoden aussagekräftige Widerstands-Tiefen-Profile zu liefern. Transientelektromagnetische Messungen nördlich von Timbaki zeigen niederohmige Schichten in Küstennähe, die als Ursache eine Salzwasserintrusion haben könnten.

Geologie und Hydrologie der Region

Im Süden der Insel Kreta befindet sich die Messara-Ebene, die die landwirtschaftlich wichtigste Region der Insel darstellt. Neben Oliven, Getreide, Früchten und Wein werden speziell im Küstenbereich oftmals Früchte in Gewächshäusern angebaut.

In den 80er Jahren wurde eine Vielzahl von Brunnen zur Wasserförderung gebohrt. Durch übermäßiges Pumpen speziell in trockenen Jahren ist seit 1980 der Grundwasserspiegel um durchschnittlich 20 m gesunken. Damit einher ging ein teilweise sehr starker Anstieg des Chlorid-Ionen Gehaltes des Grundwassers (bis zu 10fache Konzentration im Jahr 2000 gegenüber 1990). Dies könnte durch Verdunstung und – insbesondere im Küstenbereich – durch Salzwasserintrusionen verursacht worden sein.

Das Meßgebiet im Küstenbereich nahe der Stadt Timbaki wird vor allem durch Pleistozene Sedimente mit Konglomeraten, Kiesen, Sanden, Mergel, aber auch Kalksteinen und Tonen geprägt (Abb. 1). Bohrlochlithologien zeigen Wechselfolgen dieser Schichten, wobei die Abfolgen zwischen den Bohrlöchern nicht korreliert werden können.

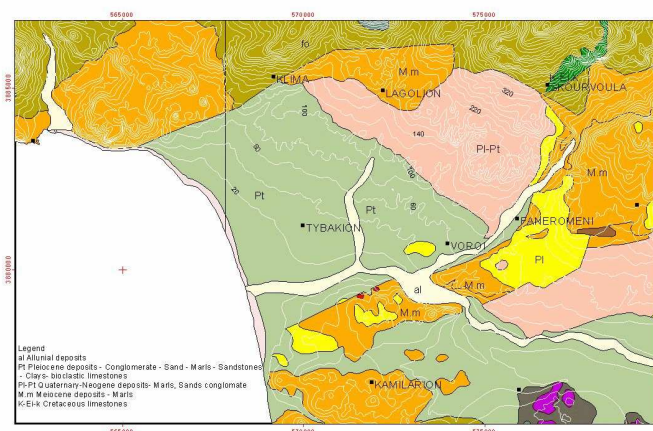


Abbildung 1: Geologische Karte der Region Timbaki mit Höhen-Isolinien (pers. Mitteilung, Regional Government of Crete)

Geophysikalische Messungen

Es wurden zwei Kampagnen in April/Mai sowie Juni/Juli 2003 durchgeführt, um Widerstands-Tiefen-Profile zu erhalten, wobei für die oberflächennahen Schichten im feuchten Frühjahr Schlumberger-Geoelektrik (VES) und später Radio-Magnetotellurik (RMT) eingesetzt wurden. Die Widerstände der tieferen Schichten ergaben sich durch Transientelektromagnetik-Messungen (TEM) in Inloop- oder Separate-Loop-Anordnung. Aufgrund der geringen Feldgrößen und der sehr dichten Bebauung mit Gewächshäusern ergaben sich meist nur Auslagen mit Stromelektrodenabständen kleiner 100 m bei der Geoelektrik bzw. Sendespulenflächen kleiner 50×50 m bei der TEM.

Die dichte Bebauung behinderte ebenfalls die Durchführung gleichmäßiger Profile mit kurzen Meßpunktabständen. So ergaben sich nur drei kontinuierliche Profile, von denen zwei auf dem Gelände eines Militärflughafens durchgeführt werden konnten. Daneben existieren eine Reihe von über das Gebiet verteilten Einzelmessungen. An allen Punkten wurde versucht, zusätzlich zur TEM entweder Geoelektrik oder Radio-Magnetotellurik durchzuführen. (Abb. 2)

Erste Ergebnisse

Als Beispiel wird nun auf das TEM Profil A eingegangen, welches in Abb. 2 farblich hervorgehoben ist. Abbildung 3 zeigt die Abklingkurven (Transienten) sowie die Verläufe

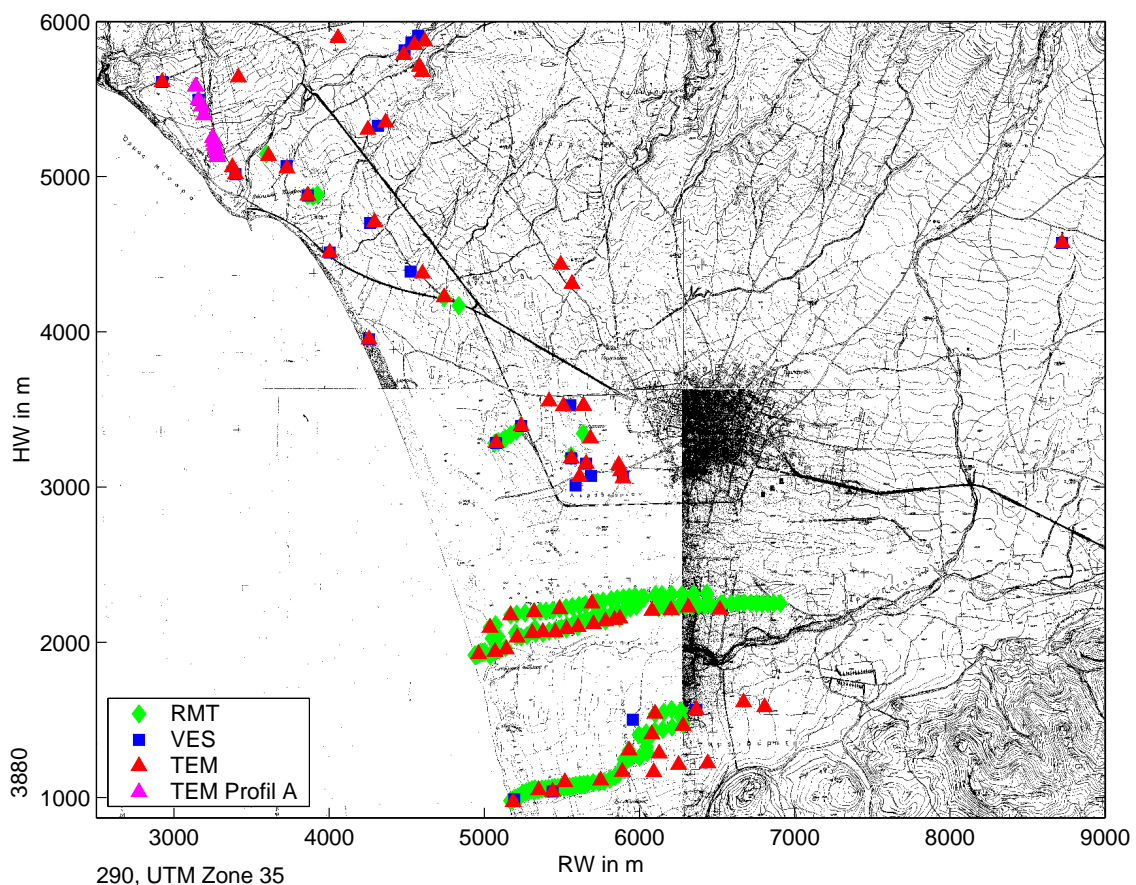


Abbildung 2: Übersichtskarte der Widerstandssondierungen mit RMT, Geoelektrik und TEM in der Region Timbaki. Farblich hervorgehoben die Stationen des Profils A. (Kartengrundlage: gr. topographische Karten Timpakion 9545-1, -2, -3 & -4)

der scheinbaren spezifischen Widerstände dreier Meßpunkte mit zunehmenden Abstand vom Meer auf dem Profil.

Die oberen Graphen stellen jeweils den Transienten da, wobei positive Werte rot, negative Werte blau dargestellt sind. Während die Punkte die gemessenen Werte repräsentieren, stellen die durchgezogenen Linien Ergebnisse von Vorwärtsmodellierungen nach Inversionsergebnissen dar. In den unteren Abbildungen sind die scheinbaren spezifischen Widerstände in Abhängigkeit von der Zeit aufgetragen, wobei die sog. late-time Approximation für späte Zeiten verwendet wurde.

Der extreme Abfall des scheinbaren Widerstandes bei $2 \cdot 10^{-6}$ s (Station 86) ist ein Rechenartefakt und auf den Nulldurchgang der Abklingkurve zurückzuführen. Zu beachten ist das verzögerte Abklingen der Station 79 ab etwa $3 \cdot 10^{-5}$ s, welches auf erniedrigte Widerstände im Untergrund hinweist. Mit zunehmendem Abstand der Stationen von der Küste tritt diese Verzögerung weniger stark sowie zu späteren Zeiten auf. Dies wirkt sich in einem Minimum der scheinbaren elektrischen Widerstände aus, welches mit zunehmenden Abstand vom Meer schwächer wird und hin zu späteren Zeiten wandert.

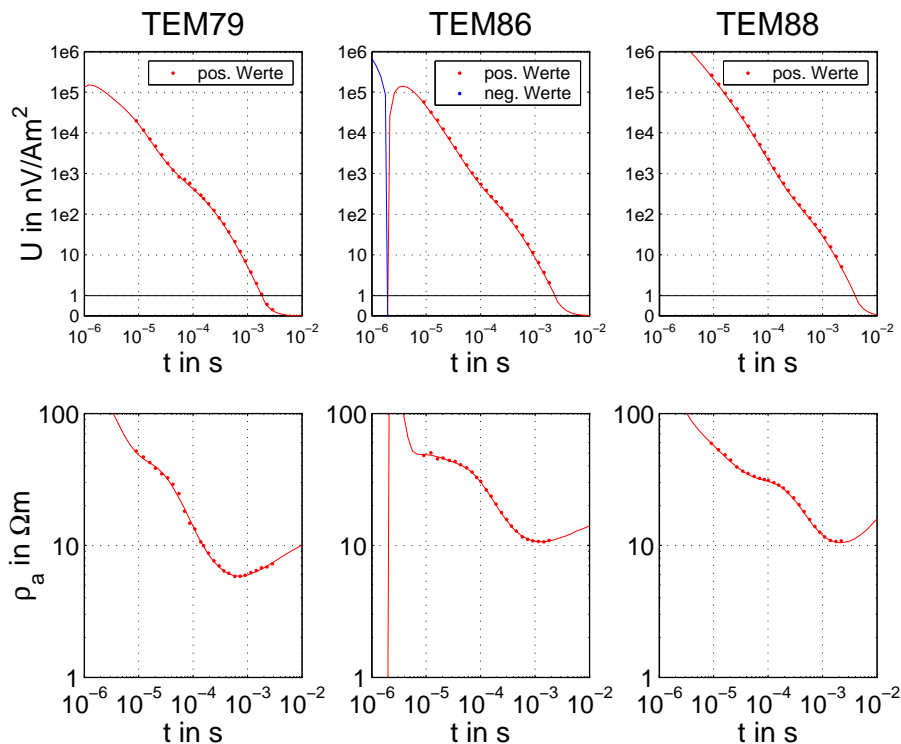


Abbildung 3: Abklingkurven sowie Verläufe des scheinbaren spezifischen Widerstandes der Stationen 79, 86 und 88.

Über eine empirische Diffusionsformel läßt sich die Zeitskala der scheinbaren spezifischen Widerstände in eine Tiefenskala überführen, so daß sich die scheinbaren spezifischen Widerstände entlang des Profils in einer Pseudosektion darstellen lassen (Abb. 4). Die Pseudosektion weist auf eine Zone niedriger Widerstände hin, deren obere Grenze etwa auf Meeressniveau liegt. Bei den küstennächsten Stationen sind die Widerstände dieser Zone besonders gering. Ein Brunnen in unmittelbarer Nähe der Station 85 ermöglichte die Lotung des Grundwasserspiegels, der hier 10 cm über Meeressniveau lag.

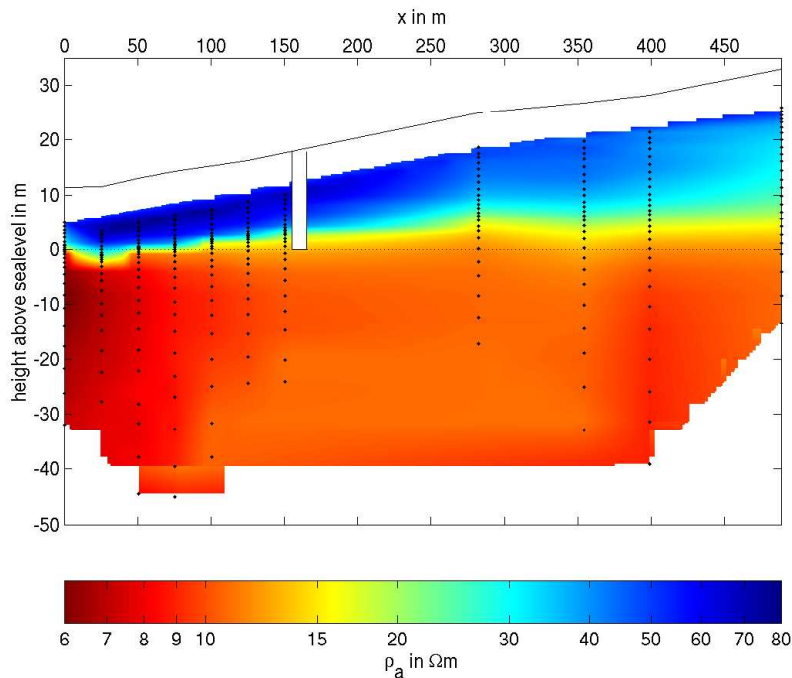


Abbildung 4: Pseudosektion des Profils A. Dargestellt sind die scheinbaren Widerstände in Abhängigkeit von Diffusionstiefe und Profilmeter. (v.l.n.r.: Stationen 79 bis 87, 35, 88)

Dies spiegelt sich schließlich auch in den Inversionsergebnissen wider, welche eine Zone erniedrigter Widerstände mit ca. $20 \Omega\text{m}$ unterhalb des Meeresspiegels zeigen. Darunter schließt sich eine niederohmige Schicht an, welche zur Küste hin Widerstände um $2 \Omega\text{m}$ zeigt und zum Land hin leicht absinkt. Nach unten folgt eine Schicht höherer Widerstände.

Interpretation

Eine Probe des Brunnens auf dem Profil zeigte einen spezifischen Widerstand des Wassers von $4.6 \Omega\text{m}$ und ist somit als Brackwasser einzuordnen, was auch den Aussagen der ansässigen Bauern entspricht. Die erste Schicht erniedrigter Widerstände kann somit dem Grundwasser zugeordnet werden.

Widerstände von ca. $2 \Omega\text{m}$ wurden auch bei Messungen am Strand beobachtet, so daß sie durchaus auf eine Salzwasserintrusion zurückgeführt werden können. Der Annahme einer Tonschicht als Ursache steht zum einen entgegen, daß derart mächtige Tonschichten in der Region nicht bekannt sind, und zum anderen, daß brackwassergesättigte Tone weit niedrigere Widerstände aufweisen sollten.

Das Ansteigen der Widerstände in größeren Tiefen läßt sich nur auf eine geologische Struktur, beispielsweise verdichtete Sedimente, zurückführen.

Ausblick

Ziel der weiteren Auswertung sind eine Übersicht der elektrischen Widerstände der Region sowie die Konversion der physikalischen in hydrologische Parameter an, um die geophysikalischen Ergebnisse als Datengrundlage in hydrologischen Modellen z.B. zu Grundwasserfließsystemen mitverwenden zu können.

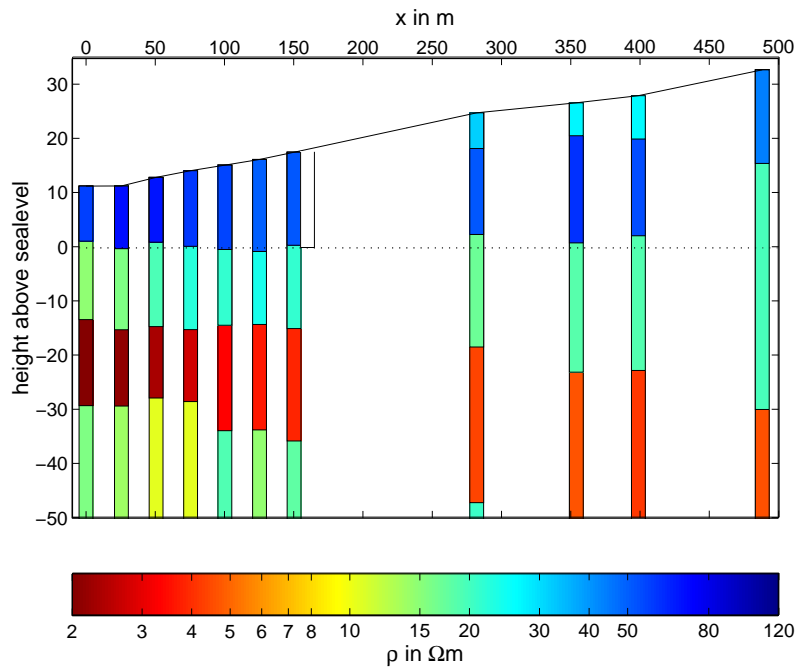


Abbildung 5: Vorläufige Inversionsergebnisse für Profil A. Dargestellt ist der spezifische Widerstand in Abhängigkeit von Tiefe und Profilmeter. (v.l.n.r.: Stationen 79 bis 87, 35, 88)

Danksagung

Für Unterstützung verschiedenster Art danken wir: der AirBerlin, der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, dem Centre of Hydrology der University of Neuchâtel, dem Department of Geophysics der Universität Chania, dem Institute for Olives and Subtropical Plants in Chania und dem Regional Government of Crete.