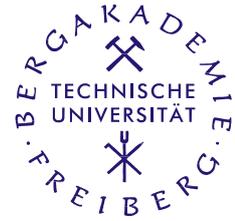


**Technische Universität Bergakademie Freiberg**

Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau

Institut für Geologie

Studiengang Geologie



# Bericht zur Diplomkartierung

## Hydrogeologische Kartierung im Historischen Nationalpark Troia

vorgelegt von

cand.-geol. Claudia Blume

und

cand.-geol. Claudia Weber

betreut von

Prof. Dr. Broder Merkel

und

Dr. Christian Wolkersdorfer

TU Bergakademie Freiberg

Institut für Geologie

Lehrstuhl für Hydrogeologie

Freiberg, Juli 2003

# INHALTSVERZEICHNIS

1	Vorwort	3
1.1	Einleitung (CB)	3
1.2	Danksagung (CB/CW)	4
2	Zusammenfassung (CB, CW)	5
3	Untersuchungsgebiet	6
3.1	Geographische Einordnung (CB)	6
3.2	Geologische Verhältnisse der Biga-Halbinsel (CB)	6
3.3	Geologische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet (CB)	8
3.4	Morphologie (CW)	9
3.5	Klima, Vegetation, Landnutzung (CW)	11
3.6	Hydrographie (CB)	12
4	Methodik und Arbeitsweisen	13
4.1	Vorgehensweise (CB)	13
4.2	Beschreibung der Meßpunkte (CB)	14
4.3	Tracerversuche	18
4.3.1	Grundlagen (CB)	18
4.3.2	Tracertest Karamenderes (CB)	18
4.3.3	Tracertest im Schacht 4 der Höhle Kaskal.Kur (CW)	19
4.4	Vor-Ort-Parameter (CW)	21
4.4.1	Allgemeine Bemerkungen	21
4.4.2	Probenahme	21
4.4.3	pH-Wert	21
4.4.4	Sauerstoffgehalt	22
4.4.5	Redoxpotential	23
4.4.6	Leitfähigkeit und Gesamtmineralisation	24
4.4.7	Säure- und Basenkapazität	25
4.4.8	Photometrie	27
4.4.9	Eisen	27
4.4.10	Phosphat	28
4.4.11	Nitrat	28
4.4.12	Nitrit	29
4.5	Divermessungen (CB)	29

5	Ergebnisse und Auswertung (CB, CW)	31
5.1	Tracertest Karamenderes	31
5.2	Divermessungen	31
5.2.1	Höhle Kaskal.Kur	31
5.2.3	Düdenquelle	32
5.3	Vor-Ort-Parameter	33
5.3.1	Leitfähigkeit/Gesamtmineralisation	33
5.3.2	pH-Wert	34
5.3.3	Redoxpotential	35
5.3.4	Temperatur	35
5.3.5	Schüttungsmengen	36
5.3.6	Eisen	36
5.3.7	Phosphat	37
5.3.8	Nitrat	38
5.3.9	Nitrit	38
5.3.10	Hydrogenkarbonat	39
5.3.11	Sauerstoff	39
5.3.12	Allgemeine Bemerkungen	39
5.4	Trinkwasserversorgung der Siedlungen	40
6	Verzeichnisse	41
6.1	Literaturverzeichnis	41
6.2	Abbildungsverzeichnis	45
6.3	Tabellenverzeichnis	45
6.4	Verzeichnis der Anhänge	46

Anhang

Anlage: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes A2

# 1 VORWORT

## 1.1 Einleitung (CB)

Der vorliegende Bericht beschreibt Durchführung und Ergebnisse einer vom 19.07.2002 bis 28.08.2002 durchgeführten hydrogeologischen Kartierung in der Troas. Diese im Nordwesten der Türkei auf der Biga-Halbinsel gelegene Landschaft wird seit mehr als 5000 Jahren von Menschen besiedelt. Troia ist durch die Überlieferung in Homers Ilias einer der bekanntesten historischen Siedlungsplätze. Im Zuge der seit 1988 wieder aufgenommenen archäologischen Grabungen wurde der Historische Nationalpark Troia zum Schutz dieser alten Kulturlandschaft eingerichtet.

Im Rahmen der Forschungsarbeiten ergab sich die Fragestellung nach der Wasserversorgung im prähistorischen und antiken Troia. Ein erster Schritt zur Klärung dieser Frage besteht in der Untersuchung der heute herrschenden hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnisse, aus deren Analyse Aussagen über Entwicklungen der vergangenen Jahrtausende abgeleitet werden sollen. Ziel der hydrogeologischen Kartierung war es deshalb, Daten über Vorkommen von Grund- und Oberflächengewässern, Quellschüttungen und Grundwasserstände zu erheben, physikochemische Parameter zu messen und an ausgewählten Stellen Wasserproben zu entnehmen.

Im Zusammenhang mit diesen Untersuchungen stehen die Diplomkartierungen und –arbeiten von Katrin Bergmann und Pia Lippman, die sich mit den geologischen Verhältnissen in der Umgebung Troias und der Quellschüttung KASKAL.KUR befassen.

Mit den hydrochemischen Verhältnissen im Untersuchungsgebiet beschäftigt sich die Diplomarbeit von Claudia Weber, die auf Grundlage der Analyse und Auswertung der Wasserproben entsteht. Basierend auf den Ergebnissen der geologischen und hydrogeologischen Untersuchungen entsteht in der Diplomarbeit von Claudia Blume ein hydrogeologisches Modell des Troia-Rückens.

## 1.2 Danksagung (CB/CW)

An dieser Stelle möchten wir uns bei unseren Betreuern Herrn Prof. Merkel und Herrn Dr. Wolkersdorfer für die Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit bedanken. Herrn Dr. Wolkersdorfer gilt besonderer Dank für die Betreuung der Geländearbeiten und die Bereitstellung von Kartenmaterial und Literatur.

Für die Möglichkeit, die Arbeiten in der Türkei unter sehr guten Bedingungen durchführen zu können, gilt unser Dank den Mitarbeitern der Troia-Ausgrabung unter Leitung von Herrn Prof. Korfmann. Die Forschungsarbeiten in Troia werden von DaimlerChrysler, dem Förderkreis „Freunde von Troia“ und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) finanziell unterstützt.

Für die Einführung in die lokale Geologie bedanken wir uns bei Herrn Prof. Kayan von der Universität Izmir. Einen entscheidenden Beitrag zum Gelingen der Geländearbeiten leisteten die Studenten Figen Ozbay, Çağdaş Yüksel und Seyhmus Yaşın von der Universität Izmir, die uns dank ihrer Übersetzungen den Kontakt zur einheimischen Bevölkerung vermittelten und uns bei der Probenahme unterstützten. Unser Dank gilt ebenso den Einwohnern der Ortschaften im Arbeitsgebiet, die uns durch ihre Gastfreundschaft und Hilfsbereitschaft die Arbeit erleichterten.

Für die Bereitstellung von Literatur und die Anregungen und Hinweise bedanken wir uns bei Herrn Prof. Pernicka und Frau Diplom-Geologin Göbel.

Besonderer Dank gilt unseren Kommilitoninnen Pia Lippmann und Katrin Bergmann für die gute Zusammenarbeit und Unterstützung.

## 2 ZUSAMMENFASSUNG (CB, CW)

Vom 19.07. bis 28.08.2002 wurde im Historischen Nationalpark Troia im Nordwesten der Türkei eine hydrogeologische Kartierung durchgeführt. Auf einer Fläche von ca. 100 km<sup>2</sup> wurden hydrogeologische und hydrologische Aufschlüsse wie Quellen, Brunnen und Fließgewässer aufgenommen. An 155 Wasseraustritten wurden die Vor-Ort-Parameter Leitfähigkeit, Temperatur, pH-Wert, Redoxpotential, Gesamtmineralisation und Sauerstoffgehalt bestimmt. Nach Möglichkeit wurden diese Messungen im Verlauf des Untersuchungszeitraumes wiederholt, so daß insgesamt 185 Meßdaten vorliegen. In 43 Schacht- und Bohrbrunnen erfolgten Messungen der Flurabstände und Teufen. Schüttungsmessungen wurden an 40 Quellaustritten durchgeführt. In der Düdenquelle und in der Höhle KASKAL.KUR wurden Multiparametersonden (Diver<sup>®</sup>) zur kontinuierlichen Messung von Wassertiefe, Temperatur (Quellhöhle) und der Leitfähigkeit (Düden) installiert. An 44 Meßpunkten wurden Proben zur Bestimmung der Haupt- und Spurenelemente entnommen. Zusätzlich zu den bereits genannten Parametern wurden an den Probenahmestellen die Konzentrationen von Nitrat, Nitrit, Phosphat, Eisen (II) und Eisen (gesamt) sowie die Säure- und Basenkapazität bestimmt. Unter den 44 Probenahmepunkten sind 13, die bereits im Jahr 2001 durch Ch. Wolkersdorfer dokumentiert und beprobt wurden. Im Rahmen der Diplomarbeit von Claudia Weber erfolgt die Analyse der Proben und die Auswertung der Ergebnisse.

Die Leitfähigkeiten der Wässer liegen zwischen 359 und 5556 µS/cm. Alle untersuchten Wässer weisen pH-Werte zwischen 6,4 und 8,5 auf, ein Zeichen für eine gute Pufferung im Bereich des CaCO<sub>3</sub>-Puffers. Es wurden Redoxpotentiale von 58 bis 429 mV und 700 bis 895 mV gemessen, wobei an den Meßstellen der zweiten Gruppe mit Chlor versetztes Trinkwasser aus einer Bohrung bei Halileli austritt. Die Temperaturen der untersuchten Wässer erreichen 16,4 bis 31,9 °C.

Eine erste Auswertung der Vor-Ort-Parameter läßt eine Einteilung in drei Gruppen von Wässern zu, die sich vor allem anhand der Leitfähigkeit klassifizieren lassen. 62 Prozent aller Daten gehören der ersten Gruppe mit Leitfähigkeiten zwischen 0,3 und 1,6 mS/cm an, 37 % der Werte bilden mit Werten von 1,6 bis 4,0 mS/cm die zweite Gruppe und 1 Prozent der Wässer weisen Leitfähigkeiten von über 4,0 mS/cm auf. Für den Karamenderes ergibt sich aus einem Tracertest mit NaCl eine mittlere Durchflußmenge von 312 L/s.

### 3 UNTERSUCHUNGSGEBIET

#### 3.1 Geographische Einordnung (CB)

Die hydrogeologische Kartierung erfaßt ein ca. 100 km<sup>2</sup> großes Gebiet in der Umgebung Troias. Es liegt im östlichen Teil der als Troas bezeichneten Landschaft auf der Biga-Halbinsel im Nordwesten der Türkei (Abb. 1)

Im Westen und Südwesten bildet der Karamenderes die Begrenzung des untersuchten Gebietes, die südliche Grenze verläuft in Höhe der Ortschaften Pınarbaşı, Taştepe und Derbentbaşı. In östlicher Richtung erstreckt sich das Gebiet etwa bis zu den Ortschaften Dümrek und Akçeşme. Im Norden begrenzt die Küste der Dardanellen das kartierte Areal, das etwa im Bereich der UTM-Koordinaten 4429500 bis 4415000 (N-S) und 431500 bis 447500 (E-W) liegt (Anlage 1).



Abb. 1: Karte der Türkei (Quelle: ANONYM (a) 2003)

#### 3.2 Geologische Verhältnisse der Biga-Halbinsel (CB)

Die nachfolgende Beschreibung der geologischen Verhältnisse der Biga-Halbinsel stützt sich im wesentlichen auf die Arbeiten von OKAY et al. (1991) und KNACKE-LOY (1994). Von den Autoren werden in der Marmararegion die vier NE-SW streichenden tektonischen Zonen Gelibolu, Ezine, Ayvacık-Karabiga und Sakarya (von NW nach SE) unterschieden. Wichtigste Einheit der Gelibolu-Zone und der Ayvacık-Karabiga-Zone ist der Çetmi-Ophiolith, bestehend aus Kalkstein, Eklogit, Spilit, pelagischem Schiefer, turbiditischem Sandstein sowie Serpentin und Radiolarit. Das Alter dieses Ophiolith-Komplexes wird mit

Oberkreide bis Paläozän angegeben. Die Gelibolu-Zone im Norden erstreckt sich von der Gelibolu-Halbinsel bis zur Insel Marmara. In der Ezine-Zone werden die permokarbonen Sedimente der Karadağ-Einheit vom Denizgören-Ophiolith überlagert. Beide Einheiten stehen in tektonischem Kontakt zu metamorph überprägten Sedimentgesteinen (Çamlıca-Glimmerschiefer). Eine zwei Kilometer mächtige Mylonitzone (Alakeçi-Mylonit) bildet den Übergang zwischen der Ayvaçık-Karabiga-Zone und der Sakarya-Zone im Süden. Zur Sakarya-Zone zählen neben den Alakeçi-Myloniten die Kazdağ-Gruppe, der triassische Karakaya-Komplex und jura- bis kreidezeitliche Sedimente. Nach YILMAZ (1997) bilden paläozoische Gesteine, die dem Karakaya-Komplex, der Uludağ-Gruppe und dem Yenişehir-Komplex angehören, die Basis der Sakarya-Zone. Die Uludağ-Gruppe wird von Gneis, Schiefer, Migmatiten, Grünschiefer und Phylliten gebildet und von einer spätpaläozoischen bis mesozoischen Sedimentfolge überlagert. Zum Yenişehir-Komplex gehören regionalmetamorphe Gesteine, v.a. Pyroklastite und Metasedimente und ein Ophiolith. Begrenzt wird diese, als westlicher Teil des Sakarya-Kontinentes interpretierte Zone (ŞENGÖR & YILMAZ 1981), von der Intra-Pontiden-Sutur im Norden und der Izmir-Ankara-Sutur im Süden. Südlich der Izmir-Ankara-Sutur schließt sich der Metamorphit-Komplex des Menderes-Massivs an. Über den beschriebenen Einheiten lagern die Schichten des tertiären Deckgebirges.

Bei den ältesten tertiären Sedimenten handelt es sich um mitteleozäne Kalke, die von miozänen Turbiditserien mit Lagen von Andesit und andesitischen Tuffen überdeckt werden. Durch die im Oligozän einsetzende tektonische Hebung der Biga-Halbinsel wurden diese Gesteine großflächig erodiert. Nach YILMAZ (1997) setzt der tertiäre Magmatismus in Westanatolien im Oligozän ein, verstärkt sich ab dem Unteren Miozän und klingt im Oberen Miozän und Pliozän ab. Die gebildeten Gesteine lassen sich drei Gruppen zuordnen. Plutonite granitischer Zusammensetzung, die auf 35 bis 20 Millionen Jahre datiert wurden, stellen die älteste der Gruppen dar. Vor 30 bis 15 Millionen Jahren entstanden die intermediären Vulkanite der zweiten Einheit. Die jüngste Gruppe bilden 10 bis 4 Millionen Jahre alte Basalte. Geochemisch lassen sich die beiden frühen Phasen einer kalk-alkalischen Gruppe zuordnen, während die dritte Phase alkalischen bzw. Übergangscharakter zeigt (YILMAZ 1997). Während der vom späten Oligozän bis zum mittleren Miozän andauernden Phase kalk-alkalischen Magmatismus bildeten sich mehrere intermediäre bis saure Intrusionen. Im frühen und mittleren Miozän wurden in weiten Teilen der Halbinsel andesitische, dazitische und rhyolitische Vulkanite und Tuffe abgelagert, die durch Einschaltungen limnischer Ablagerungen mit Braunkohlevorkommen unterbrochen werden. Im späten Miozän begann

im nördlichen Teil der Halbinsel die Bildung fluviatiler und flachmariner klastischer Sedimente. Während des Pliozäns wurden fluviatile und limnische Sedimente abgelagert. Der im Quartär einsetzende alkali-basaltische Vulkanismus führte zur Bildung von Alkali-Olivin-Basalten, die eine geringere Verbreitung als die tertiären Vulkanite zeigen.

### **3.3 Geologische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet (CB)**

Nach KAYAN (2000) können die Gesteine im Arbeitsgebiet zwei Haupteinheiten zugeordnet werden. Kristalline Schiefer, Kalksteine und Serpentine des Grundgebirges sind in den Hochplateaus südlich und östlich der Karamenderesebene aufgeschlossen. Neogene Sedimente der zweiten Einheit bilden die flachen, langgestreckten Rücken. (Abb. 2). In den fluviatilen Ebenen finden sich quartäre Ablagerungen an der Oberfläche.

Nach YALTIRAK & ALPAR (2002) gehören die neogenen Sedimente des Troia-, des Yeniköy- und des Kumkale-Rückens der Truva-Formation (Oberes Pliozän – Unteres Pleistozän) an. In früheren Veröffentlichungen (YALTIRAK et al. 2000) werden die Ablagerungen in die Conkbayırı-Formation eingeordnet, die aus Ton-, Schluff- und Sandstein sowie Konglomeraten besteht. Im östlichen Bereich des Troia-Rückens steht diese Formation in tektonischem Kontakt mit den karbonatischen Sandsteinen und Kiesen der Alçitepe-Formation (Unteres Miozän). Zwischen der Alçitepe-Formation und den Basalten und Metamorphiten sind früh- bis mittelmiozäne Schluffsteine der Gazhanedere-Formation aufgeschlossen. Für die Basalte südlich und östlich des Untersuchungsgebietes geben die Autoren ein spätoligozänes bis miozänes Alter an.

Nach BERGMANN & LIPPMANN (2003) sowie BERGMANN (2003) ist der Troia-Rücken aus einer wechselnden Abfolge von tonig-schluffigen, sandigen und karbonatischen Sedimentgesteinen aufgebaut, die einerseits einem flachmarinen, andererseits einem lakustrinen Ablagerungsraum zugeordnet werden.

Beschreibungen der Sedimentfolge in den alluvialen Ebenen finden sich bei KAYAN (u.a.1996,1997) und GÖBEL et al. (2003). In den quartären Ebenen stehen fluviatile Sedimente an, deren Basis weiträumig marine Sedimente bilden. Zwischen diesen Schichten ist teilweise eine sandige terrestrisch-marine Übergangszone ausgebildet. Bei den marinen Sedimenten handelt es sich um feinkörnige Ablagerungen, die als Schluffe mit Beimengungen von Feinsand beschrieben werden. Sie können von größeren Strandablagerungen und Deltaschüttungen unterbrochen sein. An der Basis der marinen Sedimente finden sich

teilweise grobkörnige Ablagerungen der Transgressionsphase. Die fluviatilen Sedimente setzen sich aus Schluffen, sandigen Schluffen und Fein- bis Grobsanden zusammen, wobei der Feinkornanteil überwiegt. In die fluviatilen Ablagerungen ist teilweise Hangschuttmaterial eingeschaltet.

### **3.4 Morphologie (CW)**

Der an den Dardanellen gelegene nördliche Teil des Kartiergebiets wird von einem Uferhügelland mit Steilküsten und schmalen Strandbuchten eingenommen. Im Zentralteil des Gebietes erstrecken sich die Alluvialebenen der Flüsse Karamenderes und Dümrek zwischen 30 bis 120 m hohen, langgestreckten Rücken aus geschichteten neogenen Ablagerungen. Östlich des Karamenderes befinden sich zwei E-W-streichende Rücken mit steil einfallenden Nordflanken und wesentlich flacheren Südhängen. Zwischen dem Yenikumkale-Rücken im Norden und dem Troia-Rücken im Süden liegt die Dümrekebene. Westlich des Karamenderes trennt der von Nord nach Süd verlaufende Yeniköy-Rücken die Flußebene von der Ägäis. Im Süden und Osten geht die tertiäre Hügellandschaft in Plateaus über, die bis auf Höhen von etwa 300 m NN ansteigen. Im Süden werden die Hochflächen von den Kalkberglandschaften des Fiğla Dağli mit den Basalten des Balli Dağ gebildet. Im Osten schließt sich ein vulkanisches Bergland an.

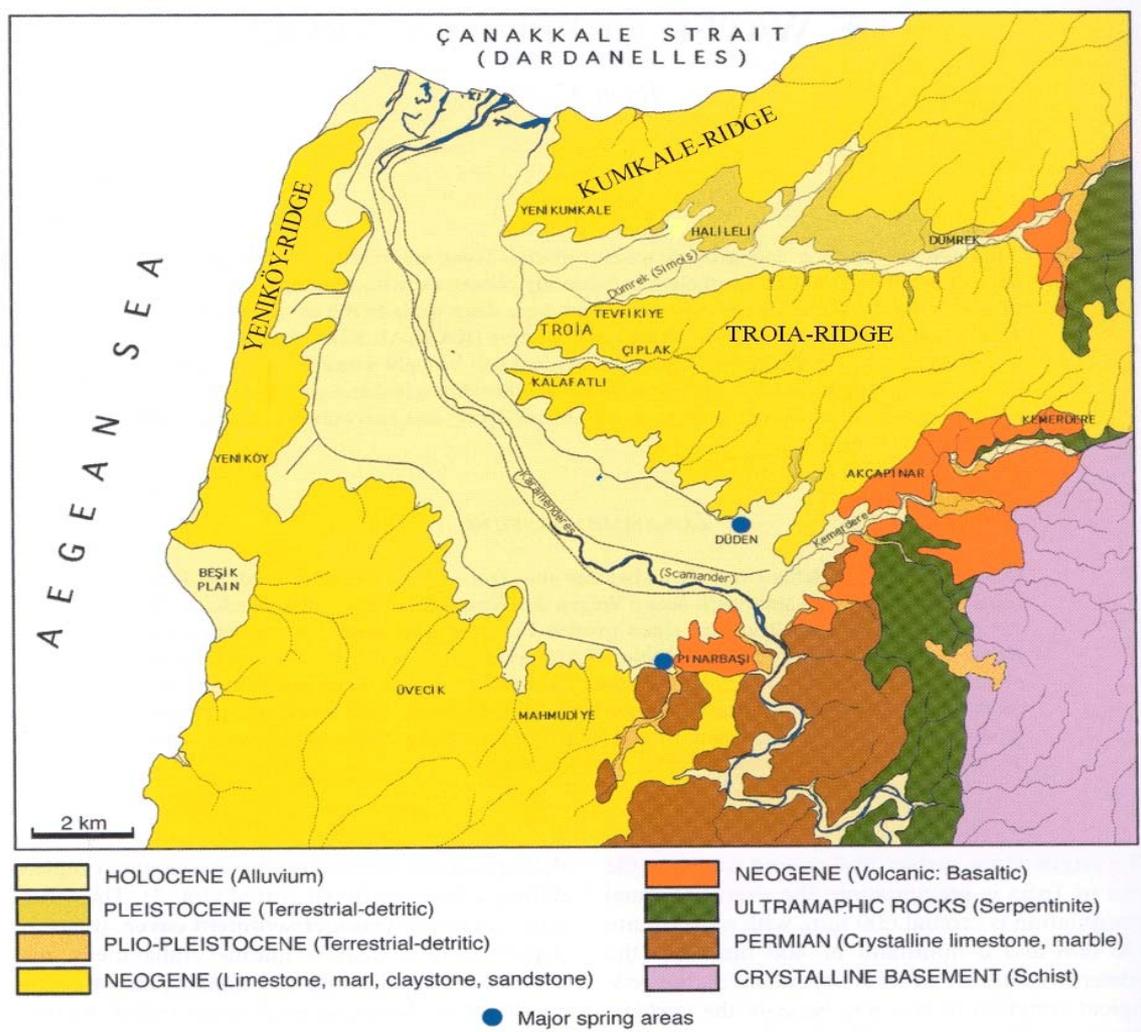


Abb. 2: Geologische Karte der Umgebung Troias mit Darstellung der morphologischen Einheiten (nach KAYAN 2000)

### 3.5 Klima, Vegetation, Landnutzung (CW)

Das Kartiergebiet liegt innerhalb des mediterranen Klimabereichs. Während die Sommertemperaturen bis auf 39 °C ansteigen können, herrschen im Winter Temperaturen zwischen 0 und 10 °C. Im Küstenbereich liegen die Jahresmitteltemperaturen zwischen 15 und 20 °C, in den höheren Lagen erreichen sie Werte von 10 °C bis 15 °C (Tab. 1).

Typisch für das herrschende mediterrane Klima sind ausgeprägt trockene Sommer und regenreiche Winter. In den Monaten Juni bis September fallen nur ca. 10 % des jährlichen Niederschlages (Tab. 1).

Abhängig von Lage und Höhe der betrachteten Region erreicht der mittlere Jahresniederschlag 600 bis 1000 mm. Zu den trockeneren Landstrichen zählen die Ebenen im mittleren und unteren Abschnitt des Karamenderes (HÖHFELD 2001).

Tab. 1: Monatsmittelwerte der Temperatur ( $T$ ) und des Niederschlages ( $P$ ), Station Çanakkale

Monat	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
$T$ (°C)	6,3	6,7	8,0	12,3	17,3	21,9	24,5	24,3	20,5	15,6	11,9	8,5
$P$ (mm)	106,7	69,4	67,4	45,7	31,6	22,5	12,9	7,5	25,1	49,1	90,9	106,1

Meßzeitraum: 1951 bis 1990 (nach HOARE 2002)

Zum natürlichen Baumbestand der Troas zählen Hartlaubgewächse (*Macchie*), Schwarzkiefern (*Pinus nigra*), Brutische Kiefern (*Pinus brutia*) sowie immergrüne und sommergrüne Eichen (*Quercus cocifera*, *Quercus ilex*) (HÖHFELD 2001).

ŞENER et al. (2003) geben die Gesamtgröße der landwirtschaftlich genutzten Fläche in der Region Çanakkale mit 333 573 ha an, wovon etwa 60 000 ha künstlich bewässert werden. Auch das Gebiet um Troia wird intensiv landwirtschaftlich genutzt. In den Ebenen entlang der Flüsse und auf den flachen Südhängen der neogenen Rücken ist der Anbau v.a. von Gemüse (Tomaten, Paprika), Baumwolle und Ölpflanzen (Sonnenblumen, Oliven) sowie Getreide verbreitet. In den weniger fruchtbaren Regionen der Bergländer wird vorwiegend Viehzucht (Ziegen und Schafe) betrieben. Bedingt durch die sommerliche Trockenheit ist eine Bewässerung der Felder notwendig, wofür Wasser vorwiegend aus künstlich angelegten Kanälen, Schürfen und Bohrungen entnommen wird.

### 3.6 Hydrographie (CB)

Bedeutendster Fluß im Untersuchungsgebiet ist der Karamenderes, der in der Antike mit dem Namen Skamander bezeichnet wurde. Von YÜZER (1997) wird die Größe seines Einzugsgebietes mit 1584 km<sup>2</sup> angegeben. Der Fluß entspringt in den nördlichen Ausläufern des Kazdağ-Massivs (Ida-Gebirge), durchquert das Ezine-Bayramiç-Becken von Osten nach Westen, fließt dann in nördlicher Richtung und schneidet sich in der Araplar-Schlucht in das 200 bis 300 m hohe Salihler-Plateau ein. An der Araplar-Schlucht wird der Fluß durch einen Staudamm reguliert. Oberhalb des Staudammes beträgt der mittlere Durchfluß 12,85 m<sup>3</sup>/s (YÜZER 1997). Nördlich der Araplar-Schlucht erstreckt sich auf 15 km Länge und durchschnittlich 4 km Breite die quartäre Schwemmebene des Karamenderes. In einem Delta mündet der Fluß in die Dardanellen.

Im Norden des Untersuchungsgebietes fließt der Dümrek, in der Antike Simoeis genannt. Er entspringt im Salihler-Plateau, fließt in westlicher Richtung und mündet in die Dardanellen. In der niederschlagsarmen Zeit der Sommermonate fällt er meist trocken und führt nur an einigen Stellen Wasser. Im Süden durchquert der Kemerdere das Kartiergebiet. Seine Quelle liegt im Salihler-Plateau und er mündet nördlich des Ortes Taştepe in den Karamenderes. Östlich des Dorfes Akçesme wird er durch ein Staubauwerk reguliert.

In den Ebenen um Troia wurden und werden Kanäle für die Bewässerung der Felder angelegt, deren Ursprung die Düdenquelle und der Stausee des Karamenderes sind. Nahezu parallel des Karamenderes verläuft der Kanal Kalafatlı azmagı, der seinen Ursprung in der Düdenquelle hat und nördlich von Troia in den Dümrek mündet. Die größten natürlichen Grundwasseraustritte im Kartiergebiet sind die Quellen bei Pınarbaşı und die Düdenquelle.

## 4 METHODIK UND ARBEITSWEISEN

### 4.1 Vorgehensweise (CB)

Zunächst wurde in einer ersten Kampagne am Anfang des Geländeaufenthaltes versucht, die Wasservorkommen, sowohl von Grund- als auch von Oberflächengewässern möglichst vollständig zu erfassen. Aus vorhandenen topographischen Karten konnten Angaben zur Lage von Fließgewässern, Quellen und Brunnen entnommen werden, die sich bei der Überprüfung im Gelände allerdings nicht in allen Fällen bestätigen ließen. Sehr hilfreich waren Befragungen der einheimischen Bevölkerung, die dank der Hilfe türkischer Studenten durchgeführt werden konnten.

An jedem Wasseraustritt wurden nach Möglichkeit mit den in Abschnitt 4.4 beschriebenen Methoden und Geräten die Vor-Ort-Parameter Temperatur, Leitfähigkeit, Gesamtmineralisation (TDS), pH-Wert, Redoxpotential und Sauerstoffgehalt bestimmt. In Brunnen, Bohrungen und Schächten erfolgte mittels eines Kabellichtlots die Messung von Wasserständen und Brunnentiefen. An Quellen und Wasseraustritten wurden die Schüttungsmengen erfaßt. Bei der dabei angewandten volumetrischen Messung wird die zur Füllung eines Gefäßes mit bekanntem Volumen benötigte Zeit gemessen. Dieses Verfahren eignet sich zur Messung geringer Schüttungsmengen (MATTHESS & UBELL 1983).

Von 44 repräsentativen Meßstellen, darunter 13 bereits im Juli 2001 durch Dr. Wolkersdorfer dokumentierte und beprobte Wasseraustritte, wurden Proben zur Analyse der Haupt-, Neben- und Spurenelemente entnommen. An jedem Probenahmepunkt wurden zusätzlich zu den bereits genannten Parametern die Konzentrationen von Eisen, Nitrat, Nitrit und Phosphat sowie die Säure- und die Basenkapazität ermittelt.

## 4.2 Beschreibung der Meßpunkte (CB)

Eine Übersicht über alle Meßpunkte mit Angabe der Koordinaten und Art der Meßstelle gibt Anhang 2. Die untersuchten Meßstellen lassen sich folgenden Kategorien zuordnen:

- Quellen
- Schachtbrunnen
- Bohrbrunnen
- Fließgewässer
- Schürfe/Grundwasserblänken
- Wasserfassungen
- Höhlen KASKAL.KUR, Sigeion
- sonstige Meßpunkte

### *Quellen*

Bei den Punkten QKP, BCL handelt es sich um freie Quellaustritte, die übrigen als Quellen gekennzeichneten Meßstellen sind gefaßt und meist zu einer Wasserstelle ausgebaut. Da in diesen Fällen der eigentliche Wasseraustritt nicht zugänglich ist, kann die Beschaffenheit der untersuchten Probe von der des ursprünglichen Grundwassers abweichen (SCHENK 1994). QKP bezeichnet die Gruppe der Kırkgöz-Quellen bei Pınarbaşı, südlich des Karamenderes. Der Name Kırkgöz wird mit 40 Augen oder 40 Quellen übersetzt und beschreibt eine Quellgruppe aus 10 bis 12 großen und zahlreichen kleinen Wasseraustritten (COOK 1973). Die Bezeichnung QCF steht für die Düdenquelle am Südrand des Troia-Rückens. Sie liegt ca. 5 km südöstlich von Troia auf dem Gelände eines Landwirtschaftsbetriebes (Tigem). Nach KAYAN (2000) liegen beide Quellen innerhalb von Störungszonen. Verkarstungserscheinungen im karbonatischen Grundgebirge begünstigen zusätzlich den Aufstieg von Grundwasser, so daß die Quellen als Karst-Störungs-Quellen angesehen werden können (KAYAN 2000).

### *Schachtbrunnen*

Unter Schachtbrunnen werden vertikal ausgeschachtete, mit Steinen ausgebaute und große Durchmesser aufweisende Grundwasseraufschlüsse verstanden, in denen der Wasserzutritt über die Sohle erfolgt (SCHENK 1994). Die Brunnen im Arbeitsgebiet dienen z.T. der

Entnahme von Brauch- und Tränkwasser, der überwiegende Teil wird jedoch nicht mehr benutzt. Im Ausgrabungsgelände Troia wurden 21 Schachtbrunnen aufgenommen, von denen bis auf BT4 keiner Wasser führte.

### *Bohrbrunnen*

Bohrbrunnen sind ausgebaute Grundwasseraufschlüsse kleinen Durchmessers, in welche das Wasser durch einen Filter einströmt (SCHENK 1994). Im Untersuchungsgebiet existieren zahlreiche Bohrbrunnen, die v.a. zur Bewässerung der Felder angelegt wurden. Sie erreichen durchschnittlich Tiefen von 10 bis 20 m. Die Förderung des Wassers erfolgt mit Motorpumpen, die bedarfsweise eingesetzt werden.

Zur Trinkwasserversorgung dienen die jeweils ca. 80 m tiefen Bohrungen BBX und BDL und der Brunnen BEB (Teufe: 100 m). Südlich des Ortes Çıplak befinden sich die Tiefbohrungen BDZ (Teufe: 113m) und BEB (Teufe: 96 m), die zur Bewässerung angelegt wurden.

### *Fließgewässer*

Natürliche Fließgewässer im Untersuchungsgebiet sind der Karamenderes, der Kemerdere und seine Zuflüsse sowie der Dümrek, der zur Zeit der Untersuchungen kein fließendes Wasser führte, sondern aus kleinen Flächen stehenden Wassers bestand. Zu dieser Gruppe werden des weiteren die künstlich angelegten Bewässerungskanäle gezählt. Die Meßstelle FAD am südlichen Ortsrand von Dümrek liegt in einem schmalen Wasserlauf, der vermutlich Abwasser aus dem Dorf in das Flußbett des Dümrek leitet. Alle Meßstellen an Fließgewässern sind mit der Kurzbezeichnung F\*\* versehen.

### *Schürfe/Grundwasserblänken*

Als Schürfe werden hier auf Feldern angelegte Ausschachtungen bezeichnet, die meist etwa 4-10 m<sup>2</sup> groß und etwa 3-5 m tief sind. In ihnen sammelt sich Grundwasser, das wahrscheinlich zur Bewässerung verwendet wird. Sie bergen sie wegen des freien Zugangs zum Grundwasser Risiken in Bezug auf die Grundwasserbeschaffenheit (HÖLTING 1996).

### *Wasserfassung/Wasseraustrittsstelle*

Unter dieser allgemeinen Bezeichnung sind alle Meßstellen zusammengefaßt, die einen Wasserauslauf und in den meisten Fällen ein oder mehrere Wasserbecken besitzen. Einige dieser Wasserfassungen sind an das Trinkwassernetz angeschlossen; bei der überwiegenden Zahl dieser Meßpunkte konnte die Herkunft des Wassers jedoch nicht eindeutig festgestellt werden. Diese Wasseraustritte werden vorwiegend als Viehtränken genutzt.

### *Höhle Kaskal.Kur*

Am Südwestrand des Troia-Rückens befindet sich eine künstlich angelegte Höhle, die als KASKAL.KUR bezeichnet wird (KORFMANN 1999). Vom Eingangsbereich gehen drei Gänge in östliche Richtung aus, von denen der am südlichsten gelegene nach ca. 6 m endet. Ein zweiter ebenfalls südöstlich verlaufender Gang teilt sich nach etwa 10 m in drei ebenfalls nach wenigen Metern endende Seitengänge. Der dritte Stollen verläuft in nordöstliche Richtung und gabelt sich nach ca. 10 m in zwei wiederum NW-SE streichende Gänge. Vor der Verzweigung befindet sich Schacht 2, der sich unterhalb des Stollens als Schachtbrunnen fortsetzt. Im nördlichen etwa 20 m langen Gang wurde eine Wasserführung beobachtet. Der zweite ebenfalls wasserführende Stollen erreicht eine Länge von ca. 100 m, bis er in einem Tagesschacht (Schacht 4) endet. In 30 m Entfernung vom Abzweig hat dieser Gang über Schacht 3 eine weitere Verbindung zur Erdoberfläche. Die Zugänge zu beiden Stollen sind durch Mauern etwa bis zur halben Höhe versperrt. Aus dem südlichen Gang tritt Wasser durch ein Metallrohr aus. An dieser Stelle (QS2) wurden während der Kartierung wiederholt Schüttungsmessungen und Bestimmungen physikochemischer Vor-Ort-Parameter vorgenommen. Meßwerte der Temperatur und der Schüttung liegen darüber hinaus für die Zeiträume Juni bis August 1998, Mai bis August 1999 und Februar 2001 bis Dezember 2002 vor. Sie werden in der Diplomarbeit von LIPPMANN (2003) genauer beschrieben. In einem Wasserbecken im Eingangsbereich der Höhle unterhalb von Schacht 1 und im Schacht 4 wurde jeweils ein Meßgerät (Diver<sup>®</sup>) zur kontinuierlichen Aufzeichnung der Temperatur installiert.

### *Höhle Sigeion*

Die Höhle Sigeion liegt am steil einfallenden Westhang des Yeniköy (Sigeion)-Rückens, der sich zwischen der Karamenderesebene und der Ägäis erstreckt. Sie ist wie KASKAL.KUR künstlichen Ursprungs. Am Ende eines in nordöstliche Richtung verlaufenden Ganges wurde die Probe HS3 entnommen.

### *Sonstige Meßstellen*

Meßstelle BCA ist ein Filter zur Reinigung von Beregnungswasser ca. 1 km südöstlich der Mündung des Dümrek. BDI ist eine Pumpstation in Dümrek, die seit 2 bis 3 Jahren nicht mehr genutzt wird.

### 4.3 Tracerversuche

#### 4.3.1 Grundlagen (CB)

Tracertests (Markierungs-, Verdünnungsversuche) sind eine häufig eingesetzte Methode zur Bestimmung von Fließgeschwindigkeit und Durchflußmenge von Oberflächengewässern. Im Bereich der Grundwasseruntersuchung ermöglichen sie zudem Aussagen über die Fließrichtung, Zuflüsse oberirdischer Wässer und Wirksamkeit von Abdichtungsmaßnahmen. Bei einem Tracertest wird die Ausbreitung eines dem Wasser zugegebenen Stoffes (Tracer) beobachtet. Dazu wird das Tracermaterial an der Eingabestelle dem Wasser als Momentimpuls oder mit konstanter Konzentration zugegeben und an der Meßstelle die Konzentration des ankommenden Tracers (in Abhängigkeit von der Zeit) registriert. Folgende Anforderungen werden an ein ideales Tracermaterial gestellt:

- hohe Wasserlöslichkeit
- geringe geogene Konzentrationen in Gewässer
- sicherer Nachweis auch in geringen Konzentrationen
- keine Reaktionen mit Wasser oder Gestein (GWL/ Flußsedimente)
- gesundheitliche Unbedenklichkeit
- geringer Kostenaufwand

Häufig verwendete Substanzen sind Salze (NaCl, KCl, Lithiumsalze) und Farbstoffe. Daneben kommen auch Detergentien, stabile und radioaktive Isotope sowie biologische Tracer (z.B. Sporen) zum Einsatz (HÖLTING 1996).

#### 4.3.2 Tracertest Karamenderes (CB)

Im Karamenderes wurde am 22.07.2002 an der mit FAF bezeichneten Probenahmestelle ein Tracertest mit handelsüblichem Kochsalz (NaCl) durchgeführt. Angaben zu Koordinaten und physikochemischen Parametern sind den Anhängen 2 und 3 zu entnehmen.

Zur Bestimmung der für die vollständige Durchmischung von Flußwasser und Tracer notwendigen Fließstrecke diente ein Vortest mit Uranin (Na-Fluorescin). Uranin entwickelt im Wasser eine leuchtend grüne Färbung, so daß sich der Grad der Ausbreitung über den Fließquerschnitt abschätzen läßt. Aus diesem Versuch ergab sich eine notwendige Meßstrecke von 58 m.

Vor der Tracerzugabe betrug die Leitfähigkeit des Wassers 495  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Es wurden  $2 \cdot (750 \pm 15)$  g Kochsalz in Wasser gelöst und als Momentimpuls ins Wasser eingegeben. Zur Messung der Leitfähigkeit am Registrierungspunkt wurde ein Meßgerät der Fa. ecotech verwendet. Bei einer Gesamtzahl von 1221 Einzelmessungen wurde eine maximale Leitfähigkeit von 623  $\mu\text{S}/\text{cm}$  registriert.

Nachdem die Leitfähigkeit über einen Zeitraum von 5 min konstant bei 499  $\mu\text{S}/\text{cm}$  lag, wurde die Messung nach 20 min 21 sec beendet. Eine zusätzliche Messung oberhalb der Eingabestelle ergab ebenfalls einen Wert von 499  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Daraufhin wurde als Ausgangsleitfähigkeit ein Wert von 497  $\mu\text{S}/\text{cm}$  angenommen. Ergebnisse des Tracerversuchs sind in Abschnitt 5.1 beschrieben.

#### 4.3.3 Tracertest im Schacht 4 der Höhle Kaskal.Kur (CW)

Im Schacht 4 der Höhle KASKAL.KUR wurde am 23.07.2002 ein Tracertest durchgeführt. Zur Abschätzung der Zeit, die der Tracer bis zum Erreichen des Höhleneingangs benötigt, wurde ein Vortest mit Uranin durchgeführt. Da 45 Minuten nach der Eingabe das Uranin am Höhleneingang nicht nachgewiesen werden konnte, wurde der Tracertest abgebrochen. Als mögliche Ursachen für den Verlust des Tracers wurden zunächst eine Schichtung des Wassers im Schacht 4 oder die Sorption des Uranins am Sediment angenommen. Es stellte sich bei späteren Untersuchungen heraus, daß die Sohle des Ganges, der Schacht 2 mit Schacht 4 verbindet, in der Mitte ein höheres Niveau aufweist als an den Endpunkten. Damit existiert eine Verbindung nur bei einem ausreichend hohen Wasserstand, der zur Zeit der Untersuchungen nicht erreicht war.

Um die zunächst in Betracht gezogene Möglichkeit einer Schichtung des Wassers in Schacht 4 zu überprüfen, wurde am 20.08.2002 ein Vertikalprofil der Verteilung von Leitfähigkeit und Temperatur aufgenommen. Mit einem Diver wurden Tiefe, Temperatur und Leitfähigkeit in Abständen von einer Minute gemessen. Nach jeweils 10 Minuten wurde der Diver beginnend von der Wasseroberfläche um ca. 10 cm tiefer eingehängt. Nach 30 Minuten wurde der Diver für kurze Zeit aus dem Wasser genommen und anschließend in der entsprechenden Tiefe sofort wieder in den Schacht eingehangen. Die Messungen wurden im Zeitraum von 10.45 Uhr bis 13.45 an 18 Punkten durchgeführt. Abb. 1 enthält die graphische Darstellung der aufgezeichneten Werte, wobei die Mittelwerte von Leitfähigkeit und Temperatur an den einzelnen Meßpunkten im Vertikalprofil abgebildet sind. Die Auswertung der Daten ergab, daß aufgrund eines Defektes des Meßgeräts die Tiefe nicht aufgezeichnet wurde. Deshalb

wurden die Tiefen der Meßpunkte anhand der Feldbuchaufzeichnungen berechnet. In den oberen zehn Zentimetern der Wassersäule zeigt sich ein rascher Rückgang der Werte beider Parameter, wobei die Temperatur von 17,8 °C auf 17,0 °C und die Leitfähigkeit von 1234  $\mu\text{S}/\text{cm}$  auf 1162  $\mu\text{S}/\text{cm}$  zurückgeht. Im weiteren Verlauf sinkt die Temperatur allmählich bis auf ca. 16,0 °C, während die Leitfähigkeit zunächst wieder leicht ansteigt und dann auf ca. 1170  $\mu\text{S}/\text{cm}$  abnimmt. An der Temperaturkurve zeigt sich eine Beeinflussung des Wassers durch die Lufttemperaturen in den oberen Zentimetern. Sie enthält jedoch keinerlei Hinweise auf eine Schichtung in den tieferen Bereichen des Schachtes.

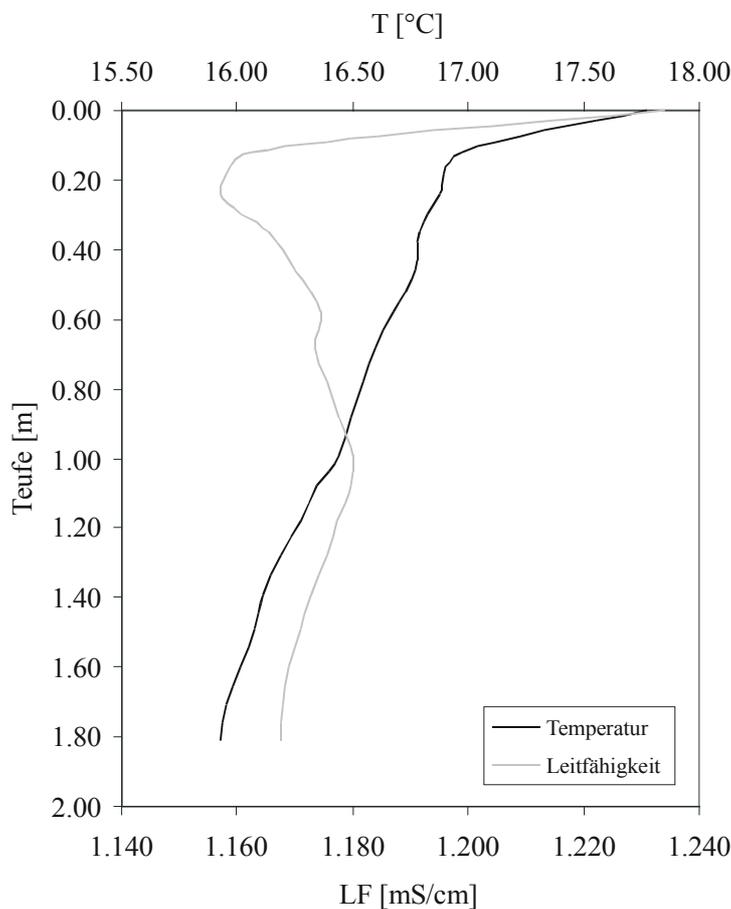


Abb. 3: Vertikaler Verlauf von Temperatur und Leitfähigkeit im Schacht 4

## 4.4 Vor-Ort-Parameter (CW)

### 4.4.1 Allgemeine Bemerkungen

Die Bestimmung von Temperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert, Redoxpotential und Gesamtmineralisation (TDS: total dissolved solids) erfolgte mit dem Ultrameter 6P der Firma Myron L Company. Unter Verwendung des Oximeter WTW OXI 320 wurde der Sauerstoffgehalt des Wassers ermittelt. Für die Bestimmung der Säurekapazität  $K_S$  (4,3) und der Basenkapazität  $K_B$  (8,2) wurde ein Digitaltitrator der Firma HACH eingesetzt. Die Bestimmung von Eisen (II), Eisen (gesamt), Nitrit, Nitrat und Phosphat erfolgte unter Einsatz des HACH - Colorimeters DR/890. Wasserproben wurden mit Cellulose-Acetat-Filtern der Porengröße 0,45  $\mu\text{m}$  der Firma Satorius GmbH (Göttingen) filtriert. In den nachfolgenden Abschnitten werden die Grundlagen der einzelnen Analyseverfahren erklärt.

### 4.4.2 Probenahme

Für die chemische Analyse der Hauptelemente wurden das filtrierte Wasser in 250 ml Kunststoffflaschen gefüllt, die zuvor drei Mal mit dem zu beprobenden Wasser gespült wurden. In 100 ml Kunststoffflaschen wurde das Wasser für die Analyse der Spurenelemente gefüllt und mit Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) konserviert, um ein Ausfallen der Elemente zu vermeiden. Um eine Veränderung der chemischen Zusammensetzung zu verhindern, wurden die Flaschen für die Hauptelement-Analyse so befüllt, daß sich möglichst keine Luft mehr in den Flaschen befand.

An den 44 Probenahmestellen erfolgte die Bestimmung von Säurekapazität und Basenkapazität, Eisen, Nitrit, Nitrat, Phosphat.

### 4.4.3 pH-Wert

Als pH-Wert wird der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionen-Aktivität bezeichnet.

$$\text{pH} = -\log a \{ \text{H}^+ \} \quad (1)$$

In reinem Wasser ist der pH-Wert bei 25 °C gleich 7 und gemäß Definition neutral. Es liegen gleiche Konzentrationen an  $[\text{H}^+]$  und  $[\text{OH}^-]$  Ionen vor. Ein Überschuß an  $[\text{H}^+]$ -Ionen führt zu einer Verschiebung in den sauren Bereich ( $\text{pH} < 7$ ). Im basischen Bereich ( $\text{pH} > 7$ ) liegen mehr  $[\text{OH}^-]$ -Ionen vor. Durch den pH-Wert wird die Löslichkeit vieler Stoffe im Wasser

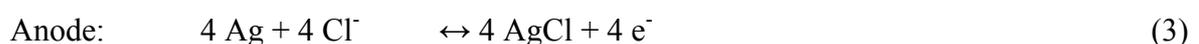
beeinflusst (HÖLTING 1996). In natürlichen Wässern liegt der pH-Wert meist im Bereich zwischen 6,7 und 7,5. Eine Abweichung davon wird durch den Gehalt an freiem Kohlenstoffdioxid bzw. an Hydrogencarbonat-Ionen verursacht (SCHWEDT & SCHNEPEL 1981). Der pH-Wert kann kolorimetrisch mit Indikatorpapier oder –stäbchen oder potentiometrisch bestimmt werden. Bei der Vor-Ort-Analyse wurde die Methode der Potentiometrie angewendet, die auf der Messung einer Spannung, d.h. eines Potentials zwischen einer Meß- und einer Vergleichselektrode beruhen. Mit dem Ultrameter kann der pH-Wert auf 0,01 Einheiten genau bestimmt werden. Eine Kalibrierung mit 3 Standard-Pufferlösungen vor Beginn der Meßreihe ist erforderlich (ALBRECHT et al. 1979).

#### 4.4.4 Sauerstoffgehalt

Sauerstoff ist für die Flora und Fauna im Wasser unerlässlich. Er trägt zum Abbau organischer Stoffe durch Mikroorganismen bei. Der Sauerstoff gelangt zum einen über die Wasseroberfläche aus der Luft ins Wasser, zum anderen wird er durch die Photosynthese im Wasser angereichert. Ein Sauerstoffabbau erfolgt durch die Atmung der im Wasser lebenden Organismen und durch chemische Oxidationsvorgänge (SCHWEDT & SCHNEPEL 1981).

Die Konzentration an gelösten Sauerstoff im Wasser ist das Ergebnis von sauerstoffliefernden und sauerstoffzehrenden Vorgängen. Sie gibt einen Hinweis auf die Sauerstoffverhältnisse in einem Gewässer. Bei Konzentrationen von D.O. (Dissolved Oxygen) = 0 mg/L herrschen anoxische Bedingungen, bei 0 mg/L < D.O. < 1 mg/L saloxische Bedingungen, bei D.O. >1 mg/L oxische Bedingungen.

Die Löslichkeit von Sauerstoff hängt vom Luftdruck und der Temperatur ab (PEIFFER & PECHER 1997). Sauerstoff kann im Wasser jodometrisch (nach WINKLER), chemisch (nach OHLE) und elektrometrisch bestimmt werden. Analog der pH-Messung funktioniert die elektrometrische Bestimmung der Sauerstoffkonzentration. Vorteile dieses Verfahrens liegen in einer einfachen Probennahme, einer schnellen und bequemen Durchführung und einer hohen Meßgenauigkeit (SCHWEDT & SCHNEPEL 1981). Dieses Verfahren beruht auf dem Prinzip der amperometrischen Meßzelle von CLARK, die aus einer Arbeitselektrode aus Edelmetall (Gold oder Platin) und aus einer Gegenelektrode aus Silber besteht. Während der Messung spielen sich folgende Redoxvorgänge ab:



Druck- und Temperaturkorrektur werden von dem Gerät selbständig durchgeführt, für die Kalibrierung ist der Sauerstoffpartialdruck der Luft ausreichend. Vor der Meßreihe erfolgte eine 1-Punkt-Kalibrierung, wobei das CF- (konstante Feuchte) Kalibriergefäß zum Einsatz kam. Das Ergebnis der Messung wird entweder in mg/l oder in % Sättigung als Dissolved Oxygen (D.O.) angegeben (SCHWEDT 1995).

Da die O<sub>2</sub>-Elektrode während der Messung Sauerstoff verbraucht, muß durch eine ständige Bewegung des Wassers für eine Nachlieferung von Sauerstoff gesorgt werden. Bei stehenden Gewässern oder im Labor kann es zu einer Verfälschung der Meßwerte durch das ständige Rühren kommen.

#### 4.4.5 Redoxpotential

Vielen analytischen Vorgängen liegen Reduktions- und Oxidationsreaktionen zugrunde. Die Quantifizierung der Redoxvorgänge erfolgt durch die Messung der Redoxpotentiale. Der Betrag der Potentiale ist abhängig von den jeweiligen Redoxpartnern. Das Redoxpotential wird in Fließgewässern von ständig anwesenden oxidierbaren organischen Stoffen und vom Sauerstoff bestimmt. Durch sauerstoffzehrende Prozesse kommt es zu einer Abnahme des Redoxpotentials. Das Potential ist ein Maß für die oxidierende und reduzierende Kraft eines Systems. Dabei ist die oxidierende Wirkung umso stärker, je positiver das Potential ist. Die reduzierende Wirkung ist umso stärker, je negativer das Potential ist.

Redoxpotentiale lassen sich durch die NERNSTsche Gleichung (4) beschreiben.

$$E = E_0 + 2,3 \frac{RT}{ZF} \ln \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]} \quad (4)$$

mit:	<i>R</i>	Gaskonstante (8,314 J * K <sup>-1</sup> * mol <sup>-1</sup> )
	<i>F</i>	Faradaykonstante (96,485 * 10 <sup>3</sup> V <sup>-1</sup> * mol <sup>-1</sup> )
	<i>Z</i>	Anzahl der ausgetauschten Elektronen
	<i>T</i>	Temperatur in Kelvin
	<i>E<sub>0</sub></i>	Standard-Elektrodenpotential in Volt (Normalpotential)
	<i>E</i>	Elektrodenpotential
	Ox	Aktivität der oxidierten Form des Stoffes
	Red	Aktivität der reduzierten Form des Stoffes

Da bei vielen Redoxvorgängen die Wasserstoffionenkonzentration eine Rolle spielt, ist das Elektrodenpotential vom pH-Wert abhängig. So sinkt das Elektrodenpotential mit steigendem pH-Wert (OTTO 2000).

Um das gemessene Redoxpotential auf die Normalwasserstoffelektrode zu beziehen, ist eine Korrektur nach folgender Formel notwendig:

$$E_H(\text{korr.}) = E_H - 0,198 \cdot (T - 25) + \sqrt{(50230,214 - 294,67714 \cdot T)} \quad (5)$$

mit:  $E_H(\text{korr.})$  korrigiertes Redoxpotential in mV  
 $E_H$  gemessenes Redoxpotential in mV  
 $T$  gemessene Temperatur in °C

#### 4.4.6 Leitfähigkeit und Gesamtmineralisation

Die Leitfähigkeit stellt einen Summenparameter für gelöste, dissoziierte chemische Substanzen (Elektrolyte) dar. Sie beruht auf der Fähigkeit der im Wasser gelösten Ionen, elektrischen Strom zu transportieren (KÖLLE 2001).

Die Größe der Leitfähigkeit ist unter anderem abhängig vom Dissoziationsgrad der anorganischen und organischen Elektrolyte und der Temperatur der Probe (SCHWEDT & SCHNEPEL 1981). Sie ist direkt proportional zu Konzentration und Ladung der Ionen sowie deren Wanderungsgeschwindigkeit in einem elektrischen Feld. Die spezifische Leitfähigkeit ist definiert als Kehrwert des spezifischen Widerstandes (OTTO 2000):

$$K = \frac{1}{P} [\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}] \quad (6)$$

mit:  $K$  spezifische Leitfähigkeit  
 $P$  spezifischer Widerstand

Grundlage der Leitfähigkeitsmessung sind die Wanderung der Ionen im elektrischen Feld und ihre Elektrolyse an der Anode bzw. Kathode. Mit Hilfe der Konduktometrie wird der elektrische Widerstand in einer Leitfähigkeitsmeßzelle gemessen.

Das unspezifische Maß für die Gesamtionenkonzentration gibt keine Aussage über die Art der Ionen. Wenn die Ionenzusammensetzung und die Äquivalentleitfähigkeiten bekannt sind, lassen sich Rückschlüsse von der Leitfähigkeit auf die Konzentration ziehen. Da die

Leitfähigkeit stark temperaturabhängig ist, wird sie zur besseren Vergleichbarkeit stets auf dieselbe Temperatur bezogen (nach deutscher und internationaler Norm 25 °C). So wird die Messung entweder immer bei 25 °C durchgeführt oder die Meßwerte werden mittels Korrekturfaktor umgerechnet (PEIFFER & PECHER 1997). Einige Feldmeßgeräte, wie auch das verwendete, verfügen über die Funktion der Temperaturkorrektur.

Die Gesamtmineralisation (TDS) steht im engen Zusammenhang mit der elektrischen Leitfähigkeit. Sie schließt alle gelösten Feststoffe ein und wird in ppm oder mg/L angegeben.

#### 4.4.7 Säure- und Basenkapazität

In natürlichen Gewässern spielt das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht eine wichtige Rolle. Im Wasser gelöstes Kohlendioxid liegt sowohl als gebundene Kohlensäure (in Karbonaten und Hydrogenkarbonaten) als auch als freie Kohlensäure vor:



Der Hauptanteil des  $\text{CO}_2$  bleibt aber als Gas gelöst. Die Kohlensäure dissoziiert in 2 Stufen:



Der anorganische Kohlenstoff  $Q_c$  kann als  $\text{CO}_2$ -Gasmolekül als  $\text{HCO}_3^-$  und als  $\text{CO}_3$ -Ion auftreten.

$$Q_c = C_{\text{CO}_2} + C_{\text{HCO}_3^-} + C_{\text{CO}_3^{2-}} \quad (10)$$

Bei Titration mit starken Säuren treten in wäßrigen Lösungen von  $\text{CO}_2$  zwei Pufferzonen im pH-Bereich von pH 5,0 – 7,8 und pH 9,0 – 11,6 auf. Die pH-Sprünge (bei pH 3 – 5 und pH 7,8 – 9,0) sind je nach Art und Konzentration der im Wasser enthaltenen puffernden Substanzen mehr oder weniger deutlich ausgeprägt. Substanzen mit Pufferwirkung (wie Humussäure und Phosphorsäure), bewirken einen schleppenden pH-Sprung (SCHWEDT & SCHNEPEL 1981). Die Säurekapazität wurde durch Titration mit Salzsäure gegen den Farbindikator Methylrot bestimmt. Die Titration zeigt einen Farbumschlag im pH-Bereich

von 4,3 von farblos nach himbeerfarben. Die Säurekapazität  $K_S$  ist ein Maß dafür, wie viel Hydrogenkarbonat in der Probe enthalten ist. Während der Titration mit Salzsäure (HCl) wird bis zu dem pH-Wert von 4,3 gemäß Reaktionsgleichung (11) das gesamte Hydrogenkarbonat aufgebraucht.



Analog der Titration der Säurekapazität geschieht die Ermittlung der Basenkapazität  $K_B$ . Die Titration erfolgte mit Natronlauge (NaOH) gegen Phenolphthalein bis zu einem Farbumschlag von farblos nach rosa bei pH 8,2.

Die Basenkapazität ist ein Maß dafür, wie viel  $\text{CO}_2$  die Probe enthält. Während der Titration bis pH 8,2 wird fast das gesamte  $\text{CO}_2$  aufgebraucht (KÖLLE 2001).

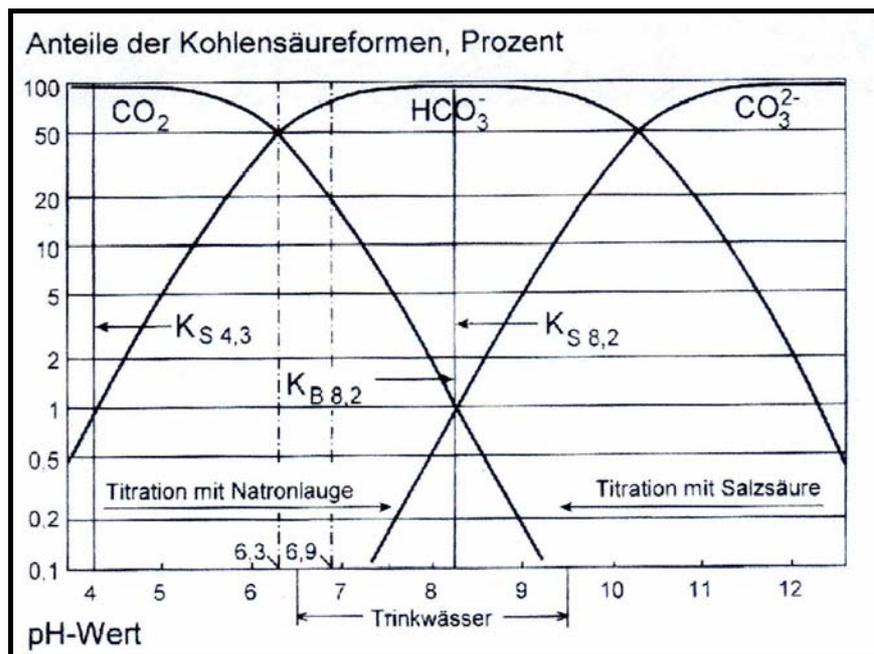


Abb. 4: Komponenten des anorganischen Kohlenstoffs (aus KÖLLE 2001)

Abbildung 4 stellt die Verteilung der Komponenten des anorganischen Kohlenstoffs in Abhängigkeit vom pH-Wert dar.

Aus der ermittelten Säurekapazität läßt sich nach Formel (13) die im Wasser enthaltene Konzentration an Hydrogenkarbonat bestimmen:

$$\text{HCO}_3 \text{ [mg/L]} = 61,015 * K_S \quad (13)$$

Die Titration erfolgte unter Verwendung des Digitaltitrators der Firma HACH nach DIN 38409. Diese Methode kann mit einigen Fehlern behaftet sein. So können Störungen der Reaktionen durch eventuell enthaltenes freies Chlor, durch oxidierbare oder hydrolysierbare Ionen von Eisen, Aluminium oder Mangan auftreten (ANONYM (b)). Indikatoradsorbierende Kolloide oder organische, den Indikator auslösende oder chemisch beeinflussende Teilkomponenten des Wassers sowie die Ungenauigkeiten durch subjektive Bestimmungen des Farbumschlages sind Fehlerquellen, die durch Einsatz einer pH-Elektrode hätten vermieden werden können (KÖLLE 2001).

#### 4.4.8 Photometrie

Photometrische Meßmethoden werden zur Bestimmung der Konzentrationen von organischen und anorganischen Wasserinhaltsstoffen angewandt. Der zu untersuchende Inhaltsstoff wird mit einer farbgebenden, möglichst selektiven Reagenz versetzt. Die Farbintensität der Reaktionslösung verhält sich innerhalb des Gültigkeitsbereichs des LAMBERT-BEERSchen Gesetzes proportional zur Konzentration und zur Schichtdicke (Küvettdurchmesser). Nachdem der Wasserinhaltsstoff vollständig mit den Farbreagenzien reagiert hat, wird durch die gefärbte Lösung ein monochromatischer Lichtstrahl geschickt. Gemessen wird die Abschwächung des Lichtes als Lichtabsorption.

Die Fehlerquellen dieses Verfahrens liegen in Ablese- und Dosierungsungenauigkeiten (PEIFFER & PECHER 1997). Im Gelände erfolgte die photometrische Bestimmung von Eisen, Nitrit, Nitrat und Phosphat mit dem Colorimeter DR/890 der Firma HACH. Vor den einzelnen Bestimmungen erfolgte die Kalibrierung mittels einer Blindprobe.

#### 4.4.9 Eisen

Eisen ist im Spurenbereich in fast allen Wässern zu finden. Es tritt oft gemeinsam mit Mangan vorwiegend in Form von Hydrogenkarbonaten auf. Eisen hat zwar keine gesundheitsschädigende Wirkung, ist im Trinkwasser aufgrund seines metallischen Geschmacks und im Brauchwasser dennoch nicht erwünscht (SCHWEDT & SCHNEPEL 1981). Im Grundwasser liegt Eisen normalerweise in zweiwertiger Form ( $\text{Fe}^{2+}$ ) vor. Unter Lufteinwirkung oxidiert es leicht zu dreiwertigem Eisen ( $\text{Fe}^{3+}$ ).

Die Bestimmung des Gesamteisengehaltes erfolgt unter Verwendung des FerroVer<sup>®</sup> Eisenreagenz für 10 ml der Probelösung. Im Reagenz ist ein Reduktionsmittel enthalten, das

alles in der Probe vorhandene Eisen in die zweiwertige Form umwandelt. Dieses lösliche Eisen (II) reagiert mit dem 1,10-Phenantrolin-Indikator unter Ausbildung einer orangen Färbung. Die Intensität der Farbentwicklung ist direkt proportional zur Eisenkonzentration (ANONYM (b)).

Für die Bestimmung des zweiwertigen Eisens werden 25 ml der Probe mit 1,10-Phenantrolin Indikator in Form von Powder-Pillows versetzt. Dieser reagiert nur mit dem Fe (II) und bildet eine orange Färbung. Das dreiwertige Eisen reagiert bei dieser Methode nicht. Durch Subtraktion des Eisen (II) vom Ergebnis des Gesamteisen ergibt sich die Konzentration des Fe (III) (ANONYM (c) 1990).

#### 4.4.10 Phosphat

Für die Bestimmung des Phosphatgehaltes werden 10 ml filtrierte Probe mit einem PhosVer3<sup>®</sup>-Pulverkissen (Ascorbinsäure) versetzt. Das Orthophosphat reagiert im saurem Medium unter Bildung eines Molybdato-phosphatkomplexes mit dem Molybdat. Durch die im Pulverkissen enthaltene Ascorbinsäure wird der Komplex reduziert. Die Reaktion ruft eine intensive blaue Farbe hervor (ANONYM (b)).

#### 4.4.11 Nitrat

Von allen Stickstoffformen ist Nitrat das vollständigste im Wasser vorkommende Oxidationsstadium. Es stammt aus dem natürlichen Stickstoffkreislauf der Pflanzen und Tiere und tritt in nahezu jedem natürlichen Grundwasser auf. Hohe Nitratgehalte im Wasser können ein Zeichen für den biologischen Abfall in den letzten Stadien der Stabilisierung oder für Abschwemmungen aus stark gedüngten Feldern sein. Hohe Nitratgehalte können ein übermäßiges Algenwachstum begünstigen (ANONYM (c) 1990).

Bei der photometrischen Nitratbestimmung werden die in 10 ml Probe enthaltenen Nitrate durch ein Cadmiummetall, aus dem NitraVer5<sup>®</sup>-Pulverkissen, zu Nitrit reduziert. Im sauren Medium reagiert dieses Nitrit mit Sulfanilsäure und bildet ein intermediäres Diazoniumsalz. Das Salz verbindet sich mit Gentsinsäure und färbt dabei die Probe bernsteinfarben. Diese Analysenmethode registriert sowohl Nitrat als auch Nitritstickstoff. Alle für diese Methode erforderlichen Reagenzien sind in dem Pulverkissen NitraVer5<sup>®</sup> enthalten. Das Photometer gibt den Gehalt an Stickstoff aus dem Nitrat an. Um den Nitratgehalt zu ermitteln, wird das Meßergebnis mit dem Faktor 4,4268 multipliziert.

Fehlerquellen können bei dieser Methode in störenden Substanzen wie Eisen (III), Nitrit und allen stark oxidierenden und reduzierenden Wasserinhaltsstoffen liegen (ANONYM (b)).

#### 4.4.12 Nitrit

Nitrite bilden ein Zwischenstadium der biologischen Zersetzung von Verbindungen, die organischen Stickstoff enthalten. Unter aeroben Bedingungen wird Ammoniak durch Bakterien in Nitrite umgewandelt, aber auch bakterielle Reduktion von Nitraten erzeugt Nitrite. Durch Oxidation gehen Nitrite leicht in Nitrate über, so daß sie selten in Oberflächengewässern auftreten. Hohe Nitritgehalte sind ein Hinweis auf teilweise zersetzte organische Abfälle (ANONYM (c) 1990).

Für die photometrische Bestimmung sind alle benötigten Reagenzien in dem NitriVer3<sup>®</sup>-Pulverkissen für 10 ml Probelösung enthalten. Die Bestimmung des Nitrit läuft in zwei Schritten ab. Zunächst reagieren die Nitriten mit Sulfanilsäure unter Bildung eines intermediären Diazoniumsalzes. Dieses Salz reagiert mit Chromotropsäure und es bildet sich eine rot - orangene Färbung. Aus der Messung der Farbintensität ergibt sich die genaue Nitritkonzentration in der Wasserprobe (ANONYM (b)).

#### **4.5 Divermessungen (CB)**

Zur Aufnahme kontinuierlicher Meßreihen von Vor-Ort-Parametern standen 4 Multiparametersonden (Diver<sup>®</sup>) der Firma Van Essen zur Verfügung. Zwei dieser Instrumente (Seriennummern: 36041, 36071) zeichnen Druck Wassersäule/Tiefe und Wassertemperatur auf, die beiden anderen (Seriennummern: 19867, 29634) zusätzlich die Leitfähigkeit. Die Meßgenauigkeit beträgt im Temperaturbereich  $\pm 0,1$  K und liegt für Leitfähigkeit und Druck bei 0,1 % des Meßbereichs.

In der Düden-Quelle (QCF) war seit dem 01.03.2002 der Diver Nr. 19867 installiert, der ab dem 02.03.2002 12:00 (MEZ) Uhr halbstündliche Meßwerte des Drucks, der Temperatur und der Leitfähigkeit aufzeichnete. Als die Sonde am 22.07.2002 entnommen werden sollte, lag sie nach Angaben von Mitarbeitern bereits seit etwa 2 Tagen außerhalb des Wassers und wurde stark verschmutzt und mit einer ca. 0,1 mm starken Kalkschicht bedeckt vorgefunden. Um 11:20 Uhr wurde im Quelltopf der Diver Nr. 29634 installiert, der ab 13:00 Uhr stündliche Messungen durchführte. Am 27.08. 11:07 Uhr wurde er zum Auslesen der Daten entnommen und um 11:46 Uhr erneut in die Quelle eingebracht.

Im Schacht 4 der Höhle KASKAL.KUR erfolgten vom 31.07.2002 bis zum 27.08.2002 Messungen des Drucks und der Temperatur mit Diver Nr. 36071. Das Meßintervall von ursprünglich 15 Minuten wurde am 03.08.2002 auf eine Stunde erhöht. Nach dem Auslesen der Daten am 27.08.2002 wurde die Sonde wieder installiert.

In KASKAL.KUR wurde ein weiterer Diver (Nr. 36041) im Becken hinter dem Höhleneingang unterhalb von Schacht 1 angebracht. Vom 31.07.2002 9:00 Uhr bis zum 27.08.2002 6:00 Uhr wurden stündlich Druck und Temperatur gemessen. Auch diese Meßreihe wird seit dem 27.08. fortgesetzt.

## 5 ERGEBNISSE UND AUSWERTUNG (CB, CW)

### 5.1 Tracertest Karamenderes

Zur Auswertung des Tracerversuches wurde die Software zur Abflußberechnung der Fa. ecotech (Bonn) verwendet. Voraussetzung ist die Durchführung einer Kalibrierung, bei der die Veränderung der Leitfähigkeit des untersuchten Wassers nach Zugabe konstanter Salzmengen ermittelt wird. Das Protokoll der Kalibrierung wurde als Anhang 5 aufgenommen.

Für eine Salzmenge von 1500 g ergibt sich eine Durchflußmenge von 312 L/s. Unter Einbeziehung des Fehlers der Salzmenge von maximal +/- 30 g liegt der berechnete Abflußwert zwischen 305 L/s und 318 L/s.

### 5.2 Divermessungen

#### 5.2.1 Höhle Kaskal.Kur

Abbildung 5 zeigt die im Schacht 4 (QS4), im Becken unter Schacht 1 (QHE) sowie am Wasserauslauf unter Schacht 2 (QS2) gemessenen Temperaturen. Beide in der Höhle KASKAL.KUR aufgenommenen Temperaturkurven zeigen einen sehr ausgeglichenen Verlauf mit einer maximalen Spannweite von ca. 1 K. Im Wasserbecken im Eingangsbereich der Höhle (QHE) wurden Temperaturen zwischen 17,0 °C und 18,1 °C registriert. Die stündlich gemessenen Werte lassen im gesamten Zeitraum eine Temperaturzunahme im Verlauf des Tages und einen Temperaturrückgang während der Nachtstunden erkennen. Im Schacht 4 (QS4) liegen die ermittelten Temperaturen zwischen 16,2 °C und 17,1 °C. Der gleichmäßige Kurvenverlauf wird durch plötzliche Temperaturänderungen am 10.08., 13.08. und 24.08.02 unterbrochen. Dabei gehen die gemessenen Werte innerhalb von 2 bis 3 Stunden um ca. 0,5 K zurück und erreichen erst im Verlauf von 2 bis 3 Tagen annähernd wieder die ursprüngliche Höhe. An den oben genannten Terminen wurden zu Untersuchungszwecken Begehungen der gesamten Höhle durchgeführt, die eine Durchmischung des Wassers im Schacht 4 verursachten und damit die beobachteten Temperaturschwankungen auslösten.

An der Meßstelle QS2 ermittelte einzelne Temperaturwerte liegen nahe der Kurve für QHE. Die an QHE beobachteten Temperaturveränderungen im Tagesverlauf lassen auf eine Beeinflussung durch die Außentemperaturen schließen. Bei den von QS4 stammenden Werten ist eine solche Abhängigkeit kaum ausgeprägt.

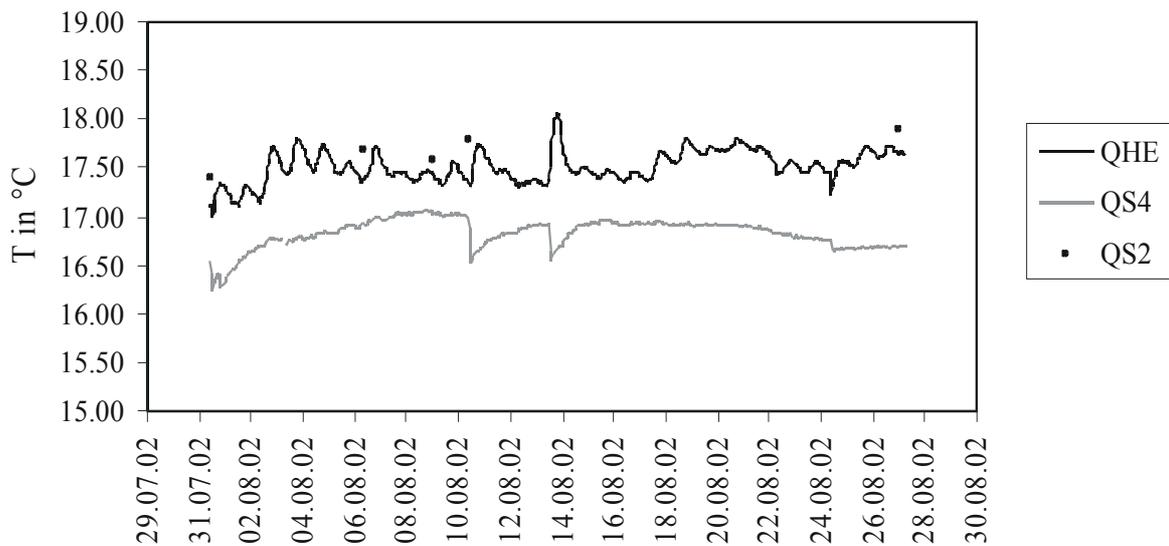


Abb. 5: Temperaturen an den Meßstellen QHE, QS2, QS4

### 5.2.3 Düdenquelle

In der Düdenquelle wurden im Zeitraum vom 01.03.02 bis 27.08.02 Temperatur und Leitfähigkeit aufgezeichnet (Abb. 6). Innerhalb dieses Zeitraumes liegen die Temperaturen zwischen 18,8 °C und 23,1 °C. Im März und April weist der Temperaturverlauf relativ starke Schwankungen auf, von Mai bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes ist die Kurve gleichmäßiger. Zu Beginn der Messungen zeigt sich ein leichter Trend zur Temperaturabnahme. Von Mai bis April nehmen die Temperaturen allmählich zu, im Juni und Juli liegt der Tagesschnitt bei etwa 22,5 °C. Nach dem Wechsel des Divers sind die Temperaturen um ca. 0,5 K niedriger als zuvor und zeigen weiterhin einen gleichmäßigen Verlauf mit einer leichten Temperaturabnahme. Diese Differenz ist darauf zurückzuführen, daß die Position des Divers durch den Austausch verändert wurde. Beim Vergleich der Wasser- und Lufttemperaturen zeigt sich eine generelle Übereinstimmung im Verlauf.

Für die Leitfähigkeit ergaben sich Werte zwischen 0,199 mS/cm und 0,626 mS/cm. Von Anfang März bis Mitte April bewegen sich die Meßwerte in einem verhältnismäßig engen Bereich um 0,55 mS/cm. In den Monaten April bis Juli schwankt die Leitfähigkeit stark, wobei die täglichen Differenzen 0,2 bis 0,3  $\mu$ S/cm erreichen mit Minimalwerten in den frühen Nachmittagsstunden und Maxima während der Nacht. Unabhängig von den täglichen Schwankungen zeigen die Tagesmittel für den Zeitraum 12.04. bis 04.05.2002 einen stetigen Rückgang der Leitfähigkeit von etwa 0,5 mS/cm auf 0,3 mS/cm. Von Anfang Mai bis Anfang

Juni erreicht die Leitfähigkeit allmählich wieder eine Höhe von 0,5 bis 0,6 mS/cm. Im Juli und August liegen die Werte verhältnismäßig konstant bei 0,6 mS/cm.

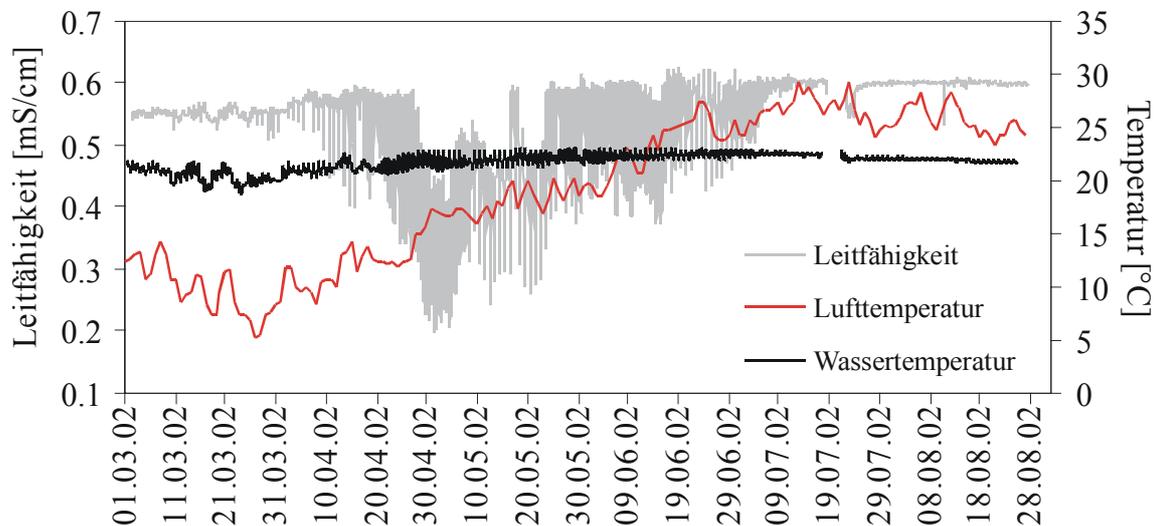


Abb. 6: Temperatur und Leitfähigkeit der Düdenquelle

### 5.3 Vor-Ort-Parameter

#### 5.3.1 Leitfähigkeit/Gesamtmineralisation

Für die Leitfähigkeit wurden Werte zwischen  $359 \mu\text{S/cm}$  und  $5556 \mu\text{S/cm}$  gemessen. Die Gesamtmineralisation weist eine entsprechend große Spannweite von 234 ppm bis 4366 ppm auf. Anhand der Leitfähigkeit lassen sich die untersuchten Wässer in drei Gruppen einteilen. Niedrig mineralisierte Wässer mit Leitfähigkeiten zwischen  $359 \mu\text{S/cm}$  und  $1600 \mu\text{S/cm}$  bilden die erste Gruppe, die 62 % aller Werte umfaßt. Zur zweiten Gruppe mit Leitfähigkeiten von  $1600 \mu\text{S/cm}$  bis  $4000 \mu\text{S/cm}$  gehören 37 % aller Daten. Aufgrund ihrer hohen Leitfähigkeiten bilden die Meßpunkte BAH ( $4101/4220 \mu\text{S/cm}$ ) und BBP ( $5556 \mu\text{S/cm}$ ) eine gesonderte Gruppe. In Anhang 1 sind die gemessenen Leitfähigkeiten dargestellt. Die Gruppeneinteilung bezieht sich auf die Leitfähigkeit der Wässer und ist unabhängig von der in WEBER (2003) aufgestellten Klassifizierung.

Bei der Meßstelle BBP handelt es sich um einen unbenutzten Brunnen. Da die Wasserprobe zur Bestimmung der Leitfähigkeit ohne vorheriges Abpumpen des Stagnationswassers gewonnen wurde, kann der Wert nicht als repräsentativ betrachtet werden. Wie die Ergebnisse der Wasseranalyse aus der Diplomarbeit von WEBER (2003) zeigen, wird die hohe

Leitfähigkeit der Meßstelle BAH durch hohe Gehalte an Chlorid, Calcium, Magnesium und Natrium hervorgerufen.

Niedrige Werte der Leitfähigkeit zwischen 350 und 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  wurden in und nahe Fließgewässern sowie am Meßpunkt BCA, einem Filter, ermittelt. Weitere Meßpunkte der Gruppe 1 liegen südlich des Kemerdere, südwestlich des Kemerdere sowie in den Ortschaften Gökçalı und Kumkale. Zur Gruppe 1 zählen auch die Quellen Düden und Pınarbaşı. In den Magmatiten und Metamorphiten, die im Osten und Südosten des Kartiergebietes anstehen, wurden ebenfalls vorwiegend Wässer niedriger Leitfähigkeiten nachgewiesen.

Im Gebiet des Troia-Rückens und des Kumkale-Rückens finden sich vorwiegend Wässer der Gruppen 2 und 3. Höhere Leitfähigkeiten können in diesen landwirtschaftlich genutzten Bereichen u.a. auf einen stärkeren Eintrag von Substanzen aus Düngern und Pflanzenschutzmittel zurückgeführt werden.

### 5.3.2 pH-Wert

Die ermittelten pH-Werte liegen zwischen 6,44 und 8,52, wobei sich der überwiegende Teil der untersuchten Wässer im pH-Bereich von 6,8 bis 8,0 befindet (Abb. 7). Einige wenige Meßstellen mit höheren Werten sind unregelmäßig über das Untersuchungsgebiet verteilt.

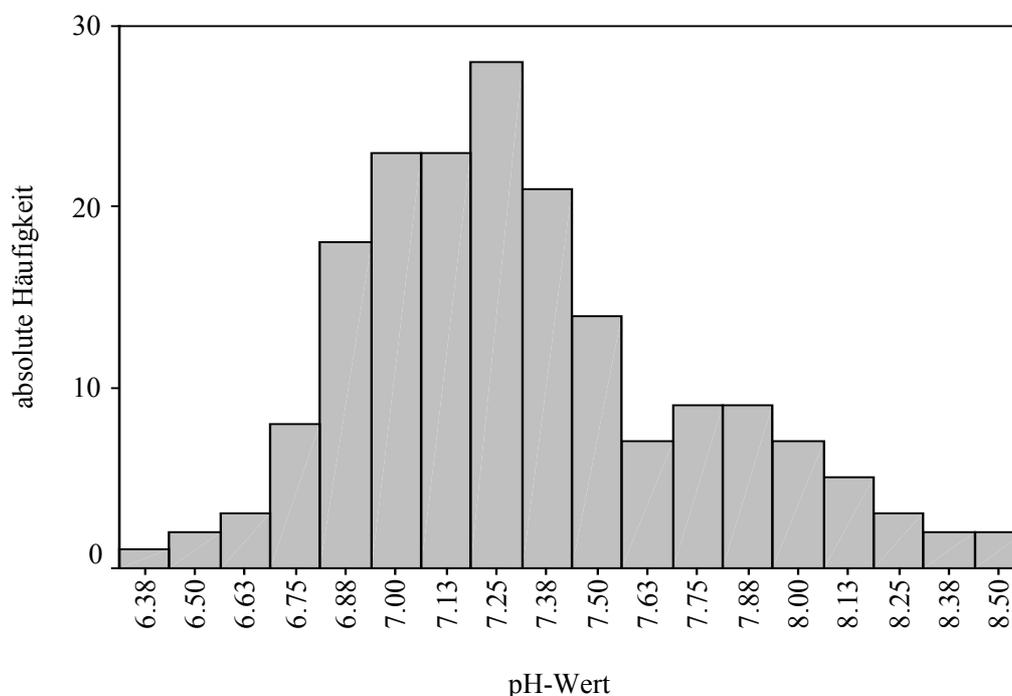


Abb. 7: Darstellung der gemessenen pH-Werte im Histogramm

Hydrogenkarbonat, das im Grundwasser gelöst ist, stellt einen guten Puffer dar, der zur Einstellung eines Säure-Basen-Gleichgewichts führt. Dadurch schwankt der pH-Wert in einem relativ engen Bereich. In den Flüssen Karamenderes und Kemerdere sowie an fünf weiteren Meßstellen wurden pH-Werte über 8 gemessen. Diese Verschiebung der pH-Werte in den basischen Bereich kann durch hohe Hydrogenkarbonatgehalte verursacht werden. An der Meßstelle BAZ (pH: 8,21,  $\text{HCO}_3^-$ : 1034 mg/L) wird dieser Zusammenhang deutlich. An den Meßstellen QWT, BBR, BCP, BAY, BK8 und BK5, die ebenfalls hohe pH-Werte aufweisen, erfolgten keine Untersuchungen auf Hydrogenkarbonat. Die erhöhten pH-Werte der Flüssen müssen andere Ursachen haben, da die Hydrogenkarbonatgehalte nicht im höheren Bereich liegen. Niedrige  $K_B$ -Werte an den Meßstellen FAM und FKK lassen darauf schließen, daß keine Kohlensäure vorlag und somit schon geringe Mengen Hydrogenkarbonat eine Verschiebung bewirken konnten. Aufgrund der geringen Wassertiefe der Flüsse erwärmt sich das Wasser stark. Da mit höheren Temperaturen die Gaslöslichkeit sinkt, wird dem Wasser  $\text{CO}_2$  entzogen (WORCH 1997). Mit dem Entweichen von  $\text{CO}_2$  sind Verschiebungen des pH-Wertes verbunden (ALBRECHT et al. 1979).

### 5.5.3 Redoxpotential

Für das Redoxpotential wurden Werte zwischen 58 mV und 895 mV ermittelt. Mit Werten von über 700 mV heben sich die Meßstellen BK2, BK4, BBL, GHW und BBX deutlich ab. BBX ist ein Tiefbrunnen südöstlich von Halileli, der zur Trinkwassergewinnung dient. Bei den übrigen genannten Meßstellen handelt es sich um Trinkwasserleitungen, die ihren Ursprung in BBX haben. Die hohen Werte der Redoxpotentiale sind auf die Chlorung des Wassers zurückzuführen. Sehr wenige, meist in Flußnähe liegende Meßpunkte, weisen Redoxpotentiale von weniger als 250 mV auf.

### 5.3.4 Temperatur

Die gemessenen Temperaturen liegen zwischen 16,4 °C und 31,9 °C. Eine räumliche Abhängigkeit ist nicht erkennbar. Hohe Temperaturwerte wurden überwiegend in Oberflächengewässern und Wasserfassungen (mit Zuleitungen) gemessen und sind auf eine Erwärmung durch intensive Sonneneinstrahlung und hohe Umgebungstemperaturen zurückzuführen. Quellen weisen oft niedrigere Temperaturen auf, die ein Anzeichen für längere Fließzeiten in tieferen Schichten sind. Es existieren keine Hinweise auf eine warme

und eine kalte Quelle in der Umgebung Troias, wie sie bei HOMER (Ilias, XXII v. 147) beschrieben werden.

### 5.3.5 Schüttungsmengen

Mit 0,05 L/min weist die Quelle BAN die geringste gemessene Schüttungsmenge auf. Der Maximalwert von 31,90 L/min wurde am Punkt BDW ermittelt. Für die Düdenquelle (QCF) wurde der Abfluß mit 1200 L/min angegeben (Angabe von Mitarbeitern in Tigem). Nach YÜZER (1997) liegt die Schüttungsmenge der Quellen bei Pınarbaşı zwischen 600 und 1500 L/s.

An 19 Quellen konnte eine zweite Messung durchgeführt werden. Dabei ergaben sich für die Mehrzahl der Punkte lediglich geringe Abweichungen, nur an den Punkten QPT und BAT lieferte die zweite Messung deutlich höhere Werte. BAN war beim zweiten Besuch trockengefallen. Aufgrund zu geringer bzw. zu großer Austrittsmengen konnten an den Quellen BCL und BDG keine Messungen vorgenommen werden. Für die kontinuierlich fördernden Bohrbrunnen sind Teufe und Fördermengen in Tabelle 2 zusammengestellt. Angaben über Fördermengen stammen von den Eigentümern bzw. Betreibern der Brunnen.

Tab. 2: Teufen und Fördermengen der Bohrbrunnen

Brunnen	Teufe in m	Fördermenge in m <sup>3</sup> /h
BBX	80	72
BDL	80	unbekannt
BDZ	113	32
BEB	96	43
BED	100	100

### 5.3.6 Eisen

Eisen liegt in natürlichen Gewässern als Eisen(II) und Eisen(III) vor. Die Gesamteisengehalte liegen im Bereich von 0 bis 0,31 mg/L. Da in den Wässern oxidierende Bedingungen herrschen, sind in allen Meßstellen die Eisen(II)-Gehalte mit einer Spannweite von 0 bis 0,11 mg/L geringer als die Eisen(III)-Konzentrationen. Die Meßwerte am Probenahmepunkt BAB heben sich mit Gehalten von 1,63 mg/L Gesamteisen und 0,45 mg/L Eisen(II) deutlich von

den übrigen Wässern ab. Bei der Probenahmestelle BAB handelt es sich um eine Bohrung im Flußbett des Dümrek, aus der mit einer Motorpumpe Wasser gefördert wird. Da an keiner anderen Stelle im Kartiergebiet vergleichbar hohe Eisengehalte gemessen wurden, sind geogene Ursachen unwahrscheinlich. Folglich kann der Eintrag von Eisen aus der Verrohrung oder der Pumpe angenommen werden. Die EU-Trinkwasserrichtlinie 98/83/EU empfiehlt für Trinkwasser einen Grenzwert von 0,2 mg/L Gesamteisen (KÖLLE 2001). Dieser Anforderung genügen bis auf die Probe BAB (1,63 mg/L) und FKK (0,31 mg/L) alle untersuchten Proben. Bei der Meßstelle FKK handelt es sich um den Fluß Kemerdere, dessen Wasser nicht ohne Aufbereitung als Trinkwasser verwendet wird. Ebenso wird auch das Wasser der Meßstelle BAB nur zur Bewässerung der Felder verwendet.

### 5.3.7 Phosphat

Bei niedrigen pH-Werten treten vor allem primäre und sekundäre Phosphate auf. Schwach alkalische Wässer beinhalten dagegen häufig Hydrogenphosphat. Der im Wasser gelöste anorganisch gebundene Phosphor dient als Nährstoff für die Produktion von Phytoplankton, wodurch er organisch gebunden in die Nahrungskette gelangt. Durch Abbauprozesse wird dieser dann wieder in die anorganisch gebundene Form überführt. Nur unter reduzierenden Bedingungen kann im Sediment gebundener Phosphor in größeren Mengen frei gesetzt werden. Durch Düngemiteleintrag und Abwassereinleitungen wird der natürliche Phosphorkreislauf nachhaltig beeinflusst. In stehenden Gewässern sind erhöhte Phosphoreinträge oft der Auslöser für verstärktes Algenwachstum, da der ebenfalls für die Photosynthese benötigte Stickstoff in Form von Nitrat meist ausreichend vorhanden ist (WORCH 1997). Phosphor hat somit großen Einfluß auf die Eutrophierung von Gewässern.

In den beprobten Wässern liegen die Phosphatgehalte im Bereich von 0,17 bis 2,61 mg/L. Leicht erhöhte Werte treten in den Proben BAB (2,61 mg/L), BCR (1,95 mg/L) und BBW (1,90 mg/L) auf. Diese Gehalte unterschreiten dabei den von der EG angegebenen Trinkwasserrichtwert von 6,7 mg/L. Diese Probenwässer stammen aus Meßstellen, die nicht als Trinkwasser genutzt werden. Probleme bei der Phosphatbestimmung können auftreten, wenn die zu untersuchenden Wässer mehr als 10 mg/L Silikat enthalten (ANONYM (b)). Wie die Analyse der Wässer (WEBER 2003) zeigt, liegen die Silikatkonzentrationen in allen Proben über 10 mg/L.

### 5.3.8 Nitrat

Das Auftreten von Nitrat hat meist anthropogene Ursachen. Es kann durch Düngemittelauswaschung oder durch Abläufe von Kläranlagen in das Wasser gelangen. Aufgrund seiner guten Löslichkeit ist es leicht auswaschbar. Durch Mineralisation organischer Stickstoffverbindungen wie Aminosäuren aber auch durch mikrobielle Oxidation von Ammonium kann Nitrat gebildet werden. Aus diesem Grund ist es erforderlich, den Nitratgehalt direkt vor Ort zu bestimmen. Gemeinsam mit Phosphat kann Nitrat die Eutrophierung von Gewässern auslösen (WORCH 1997).

Die im Kartiergebiet bestimmten Konzentrationen reichen von 0,6 mg/L bis 449,3 mg/L. Von der EU wird für Trinkwasser ein Grenzwert von 50 mg/L Nitrat vorgegeben, der Richtwert liegt bei 25 mg/L. Auffällig ist, daß diese Werte in Proben überschritten werden, die in der Nähe von Ortschaften entnommen wurden. Besonders hohe Nitratkonzentrationen (189 bis 450 mg/L) weisen Proben auf, die vom Nordhang des Troia-Rückens unterhalb des Ortes Tevfikiye stammen. Mögliche Quellen des Nitratreintrages sind Viehhaltung, Düngung und Versickerung von Abwässern. Es ist nicht bekannt, ob alle Siedlungen über eine öffentliche Abwasserentsorgung verfügen.

Bei der photometrischen Bestimmung von Nitrat können sich sowohl Nitrit als auch Eisen störend auswirken. Chloridkonzentrationen über 100 mg/L können die Meßwerte zu niedrigen Ergebnissen hin verfälschen (ANONYM (b)). Wie die Wasseranalyse zeigt, liegen die Chloridgehalte in den meisten Proben über 100 mg/L (WEBER 2003).

### 5.3.9 Nitrit

Nitrit wird als Zwischenprodukt sowohl bei der Denitrifikation von Nitrat als auch bei der Nitrifikation von Ammonium gebildet (WORCH 1997). Aus diesem Grund sind die Nitritgehalte in den Gewässern meist gering. In Oberflächengewässern dominiert die Bildung von Nitrit aus der Nitrifikation. Durch eine Änderung der Abwasserbelastung können die Nitritkonzentrationen in Fließgewässern beeinflußt werden (KÖLLE 2001).

Die Nitritgehalte reichen im Kartiergebiet von 0,010 mg/L bis 0,313 mg/L. In den Proben BAO (0,313 mg/L), BEA (0,298 mg/L), BAZ (0,281 mg/L), BAB (0,269 mg/L) und BEB (0,218 mg/L) treten erhöhte Nitritkonzentrationen auf. Diese Werte liegen aber noch unterhalb des von der EU empfohlenen Richtwertes für Trinkwasser von 0,5 mg/L. Da sich jedoch hohe Nitritgehalte toxisch auswirken, wird in der deutschen Trinkwasserverordnung ein Grenzwert von 0,1 mg/L vorgeschrieben. Dieser Wert wird von den Proben BCR, BAA,

BAT, BBZ, BBF und BCX überschritten. Alle diese Wässer werden aber nicht zur Trinkwasserversorgung verwendet.

#### 5.3.10 Hydrogenkarbonat

Die im Kartiergebiet bestimmte Säurekapazität  $K_S$  (4,3) liegt im Bereich von 2,97 mmol/L bis 16,95 mmol/L. Die ermittelte Basenkapazität  $K_B$  (8,2) beträgt 0,11 mmol/L bis 0,89 mmol/L. Aus der Säurekapazität wird die Konzentration an Hydrogenkarbonat errechnet. In den untersuchten Wasserproben sind zwischen 181mg/L und 1034mg/L  $\text{HCO}_3^-$  enthalten.

#### 5.3.11 Sauerstoff

Messungen des Sauerstoffgehaltes erfolgten an 78 Wasseraustritten, an denen das Wasser in ständiger Bewegung war. Die Sauerstoffkonzentrationen betragen zwischen 1 mg/L und 14 mg/L, die Sauerstoffsättigung liegt zwischen 6 % und 152 %. Diese Konzentrationen lassen in allen Meßstellen auf oxische Bedingungen schließen. In den Flüssen sind geringe Sauerstoffgehalte (4 – 10 mg/L) zu verzeichnen.

Eine Zusammenstellung aller vor Ort gemessenen Parameter enthalten die Anhänge 3 und 4.

#### 5.3.12 Allgemeine Bemerkungen

Als problematisch für die Auswertung der vor Ort gemessenen Parameter erwies sich die geringe Anzahl von Werten je Meßstelle. Der Versuch, an jedem Punkt zumindest zwei Messungen durchzuführen, erwies sich aufgrund der Größe des Untersuchungsgebietes als nicht realisierbar. Selbst wenn für eine Meßstelle zwei oder mehr Meßwerte vorliegen, sind Abweichungen wenig aussagekräftig, da sich Veränderungen in den Umgebungsverhältnissen (z.B. Lufttemperatur) bei der kleinen Anzahl Meßwerte stark auswirken. Längere Meßreihen existieren nur für die Quelhöhle KASKAL.KUR und die Düdenquelle, wo Multiparametersonden installiert wurden. Diese Daten wurden in Kapitel 5.2 gesondert betrachtet.

Ein weiteres Problem besteht darin, daß den unter Wasserfassungen/Wasseraustrittsstellen zusammengefaßten Meßpunkten das Wasser in Leitungen zugeführt wird. Auch wenn die eigentliche Quelle nur wenige Meter oberhalb der Meßstelle liegt, können durch die hohen

Lufttemperaturen die Wassertemperatur und damit auch andere Parameter beeinflusst werden. Gleiches gilt für die mit Rohren gefaßten Quellen. Als sehr fehlerhaft müssen die für Schachtbrunnen ermittelten Werte betrachtet werden, da keine Möglichkeit zum Klarpumpen bestand.

#### **5.4 Trinkwasserversorgung der Siedlungen**

Im Laufe der Untersuchungen wurden einige Informationen zur Trinkwasserversorgung der Ortschaften gewonnen, die im folgenden Abschnitt zusammengefaßt werden sollen.

Das Trinkwasser für die Dörfer Halileli, Kalafat, Tevfikiye, Çıplak und Kumkale stammt aus zwei südöstlich von Halileli gelegenen Bohrungen. Einer dieser Brunnen, der Probenahmepunkt BBX, ist 80 m tief und fördert durchschnittlich 16 bis 20 L/s, die zweite, ca. 100 m tiefe Bohrung, hat eine Förderleistung von 8 L/s. Das geförderte und gechlorte (behandelte) Wasser wird in fünf Depots mit einer Gesamtkapazität von 800 m<sup>3</sup> verteilt. In den oben genannten Dörfern besitzt jedes Grundstück einen eigenen Anschluß an die öffentliche Wasserversorgung.

Dümrek bezieht Trinkwasser aus einer 80 m tiefen Bohrung (BDL) westlich des Ortes. Zusätzlich werden drei östlich des Ortes gelegene Quellen (BDW, BDX, BDY) ausgebaut. Der Probenahmepunkt QRW ist Bestandteil des Versorgungssystems des Ortes Akçapınar. Eine 27 m tiefe Bohrung nahe Tigem liefert das Trinkwasser für das Dorf Akçesme.

---

## 6 VERZEICHNISSE

### 6.1 Literaturverzeichnis

ALBRECHT, I./LÖFFLER, H./ZIERATH, R. (1979): Hydrogeologie – Hydrochemie. VEB Hydrogeologie, Nordhausen (Hrsg.); VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1. Auflage

ANONYM (a): [www.maschreq.de/content/laenderlexikon/tuerkei/karte.shtml](http://www.maschreq.de/content/laenderlexikon/tuerkei/karte.shtml) letzter Zugriff: 16.07.2003

ANONYM (b): Handbuch DR 2000 Spektralphotometer. Hach Company

ANONYM (c) (1990): Erklärung Chemischer Verfahren. Hach Technical Center für angewandte Analytische Chemie, Hach Company; Übersetzung 9/91

BERGMANN, K. (2003): Geologische Verhältnisse der Neogenen Sedimente zwischen Troia und Gökçalı/Türkei

BERGMANN, K./LIPPMANN, P. (2003): Geologische Kartierung des Troia-Rückens im Maßstab 1:10000. unveröffentlichte Diplomkartierung, TU Bergakademie Freiberg

COOK, J. M. (1999): The Troad: An Archaeological and Topographical study. Oxford University Press 1973 (Special edition for Sandpiper Becks Ltd.)

GÖBEL, J./SATIR, M./KADEREIT, A./WAGNER, G. A./KAYAN, I. (2003): Stratigraphy, Geochemistry and Geochronometry of Sedimentary Archives Around Hisarlık Hill – a Pilot Study. In: Wagner, G.A./ Pernicka, E./Uerpmann, H.-P. (Hrsg.): Troia and the Troad. Springer

HOARE, R. (2002): <http://www.worldclimate.com/cgi-bin/grid.pl?gr=N40E026>;  
Copyright 1996 – 2002 Buttle and Tuttle Ltd

---

HÖHFELD, V. (2001): Die Landschaft Homers heute, Naturraum und Landschaftsressourcen in einer Abwanderungsregion. in: Troia – Traum und Wirklichkeit. (Hrsg: Archäologisches Landesamt Baden-Württemberg et al.) Begleitband zur Ausstellung „Troia – Traum und Wirklichkeit“; Konrad Theiss Verlag GmbH Stuttgart, S. 300ff

HÖLTING, B. (1996): Hydrogeologie. Enke Verlag

HOMER: Ilias. – in der Übersetzung von Schadewaldt, W. (1975); Insel Verlag

KAYAN, İ. (1996): Holocene Stratigraphy of the Lower Karamenderes-Dümrek Plain and archaeological Material in the alluvial Sediments to the North of the Troia-Ridge. In: Studia Troica 6, p. 239-249; Verlag von Zabern, Mainz

KAYAN, İ. (1997): Geomorphological Evolution of the Çıplak Valley and archaeological Material in the Alluvial Sediments to the South of the Lower City of Troia. In: Studia Troica 7, p. 489-507; Verlag von Zabern, Mainz

KAYAN, İ. (2000): The Water Supply of Troia. In: Studia Troica 10, p. 135-144; Verlag von Zabern, Mainz

KNACKE-LOY, O. (1994): Isotopengeochemische, chemische und petrographische Untersuchungen zur Herkunftsbestimmung der bronzezeitlichen Keramik von Troia. Heidelberger Geowissenschaftliche Abhandlungen Band 77, Universität Heidelberg

KÖLLE, W. (2001): Wasseranalysen – richtig beurteilt. Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim

KORFMANN, M. (1999): Troia-Ausgrabungen 1998, Unterstadt, Quelhöhle und Umgebung. In: Studia Troica 9, Verlag von Zabern, Mainz

LIPPMANN, P. (2003): Geowissenschaftlich-Montanistische Untersuchungen an der Quelhöhle („KASKAL.KUR“) Troias. unveröffentlichte Diplomarbeit, TU Bergakademie Freiberg

MATTHEß, G./UBELL, K. (1983): Lehrbuch der Hydrogeologie Band 1: Allgemeine Hydrogeologie – Grundwasserhaushalt. Borntraeger

---

OKAY, A. I./SIYAKO, M./BÜRKAN/K. A. (1991): Geology and Tectonic Evolution of the Biga Peninsula, Northwest Turkey. Bull. Tech. Univ. Istanbul, Vol.44, pp. 191 – 256

OTTO, M. (2000): Analytische Chemie. Wiley-VCH Verlag GmbH

PEIFFER, S./PECHER, K. (1997): Experimentelle aquatische Chemie. Spektrum Akademischer Verlag

SCHENK, V. (1994): Bewertung und Auswertung hydrochemischer Grundwasser-Untersuchungen – Bedeutung von natürlichen Unterschieden und Fehlern für die Beurteilung von Beschaffenheitsdaten. In: Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK): DVWK-Materialien 1/1994

SCHWEDT, G. (1995): Mobile Umweltanalytik. Vogel Buchverlag, Würzburg, 1. Auflage

SCHWEDT, G./SCHNEPEL, F.-M. (1981): Analytisch-chemisches Umweltpraktikum. Thieme Verlag

ŞENER, S./DEMIRER, T./KALELI, S. (2003): A Research on Irrigation Water Quality of Çanakkale, Ezine and Lapseki Provinces. - 1 S., 2 Tab. ([http://www.toprak.org.tr/isd/can\\_01.htm](http://www.toprak.org.tr/isd/can_01.htm) (23.5.2003)).

SENGÖR, C./YILMAZ, Y. (1981): Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics 75, p. 181 – 241, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam

WEBER, C. (2003): Hydrogeologische Verhältnisse der östlichen Troas/Türkei. unveröffentlichte Diplomarbeit, TU Bergakademie Freiberg

WORCH, E. (1997): Wasser und Wasserinhaltsstoffe. In: Bahadır, M./Collins, H.-J./Hock, B. (Hrsg.): Teubner-Reihe Umwelt. Teubner Verlagsgesellschaft

YALTIRAK, C./ALPAR, B./SAKINÇ, M./YÜCE,H.: (2000): Origin of the Strait of Çanakkale (Dardanellen): Regional Tectonics an the Mediterranean-Marmara Incursion. Marien Geology 164, p. 139-156; Elsevier

YALTIRAK, C./ALPAR, B. (2002): Kinematics and evolution of the northern branch of the North Anatolian Fault (Ganos Fault) between the Sea of Marmara and the Gulf of Saros. *Marine Geology* 190, p. 351-166; Elsevier

YILMAZ, Y. (1997): Geology of Western Anatolia. In: Schindler, C./Pfister, M. (Hrsg.): *Active Tectonics of Northwestern Anatolia – The Marmara Poly-Project*. vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich

YÜZER, E. (1997): Hydrogeology of Northwestern Anatolia. In: Schindler, C./Pfister, M. (Hrsg.): *Active Tectonics of Northwestern Anatolia – The Marmara Poly-Project*. vdf Hochschulverlag AG der ETH Zürich

## 6.2 Abbildungsverzeichnis

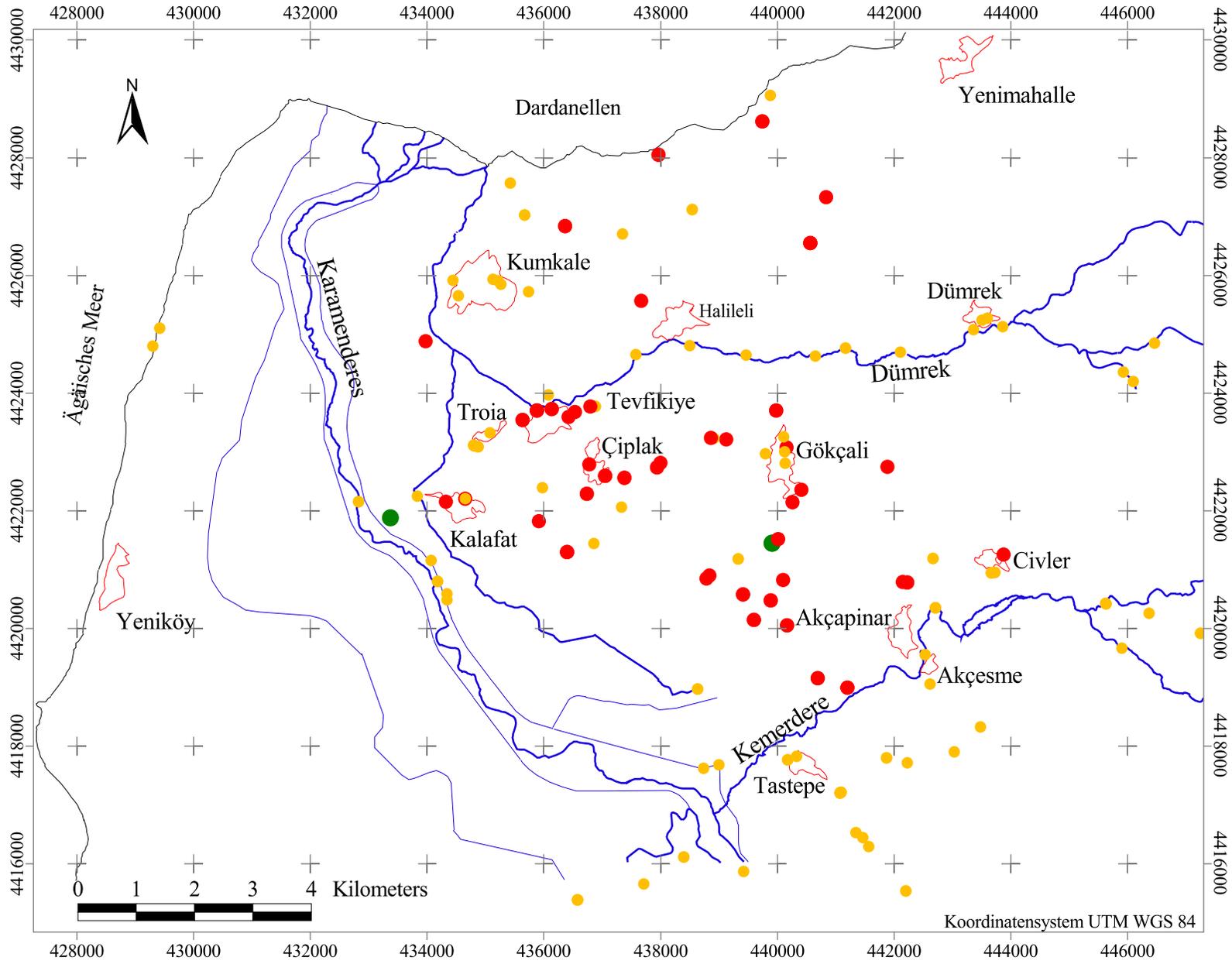
Abb. 1: Karte der Türkei (Quelle: ANONYM (a) 2003)	6
Abb. 2: Geologische Karte der Umgebung Troias mit Darstellung der morphologischen Einheiten	10
Abb. 3: Vertikaler Verlauf von Temperatur und Leitfähigkeit im Schacht 4	20
Abb. 5: Temperaturen an den Meßstellen QHE, QS2, QS4	32
Abb. 6: Temperatur und Leitfähigkeit der Düdenquelle	33
Abb. 7: Darstellung der gemessenen pH-Werte im Histogramm	34

## 6.3 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Monatsmittelwerte der Temperatur ( $T$ ) und des Niederschlages ( $P$ ), Station Çanakkale	11
Tab. 2: Teufen und Fördermengen der Bohrbrunnen	36

**6.4 Verzeichnis der Anhänge**

Anhang 1:	Karte der Leitfähigkeiten an den Meßpunkten	1
Anhang 2:	Übersichtstabelle mit Angabe der Art und Lage der Meßstelle	2
Anhang 3:	Tabelle der Vor-Ort-Parameter Leitfähigkeit, pH-Wert, Redoxpotential, Temperatur, TDS, Sauerstoffgehalt und Schüttung für alle Meßpunkte	5
Anhang 4:	Tabelle der an den Probenahmepunkte ermittelten Konzentrationen von Eisen, Nitrat, Nitrit, Phosphat und Hydrogenkarbonat sowie der Säure- und Basenkapazität	11
Anhang 5:	Protokoll des Tracerversuchs am Karamenderes	13
Anhang 6:	Abbildungen der unterschiedlichen Meßstellenarten	14



**Legende**

Leitfähigkeit in  $\mu\text{S/cm}$

- 350 - 1600
- 1600 - 4000
- 4000 - 5600
- Siedlungen
- Gewässer

TU Bergakademie Freiberg	
Datum: 01.07.03	Anhang 1
Projekt: Hydrogeologische Kartierung der Troas	
Bearbeiter: Claudia Blume Claudia Weber	
Maßstab: 1:100 000	

Anhang 1: Darstellung der Leitfähigkeiten an den Meßpunkten

Kurzbezeichnung	Bezeichnung	Rechtswert	Hochwert
BA1	Wasserfassung, Tastepe	440325	4417825
BAA	Bohrbrunnen, Feld NE Tevfikiye	436881	4423770
BAB	Bohrbrunnen im Dümrek	436076	4423963
BAC	Wasserfassung, oberhalb Pasa Tepe	441069	4417200
BAD	Schachtbrunnen, trocken, oberhalb Pasa Tepe, gegenüberliegende Straßenseite	441164	4417247
BAE	Wasserfassung, N Straße nach Tevfikiye, Abzweig Çiplak	438000	4422815
BAF	Schachtbrunnen, S Straße nach Tevfikiye, Abzweig Çiplak	437940	4422741
BAG	Wasserfassung, Friedhof Gökçali	439797	4422966
BAH	Quelle, südlich Gökçali, E Straße nach Çanakkale	439908	4421441
BAI	Quelle, südlich Gökçali, E Straße nach Çanakkale, NE BAH	440016	4421515
BAK	Schachtbrunnen, südlich Gökçali, E Straße nach Çanakkale, NE BAH	440062	4421713
BAL	Schachtbrunnen, südlich Ortsausgang Gökçali, nahe Brücke	440263	4422142
BAM	Bohrbrunnen, östlich Halileli	437668	4425562
BAN	Quelle, östlich Ortsausgang Civler	443877	4421257
BAO	Quelle, SE von Civler	443722	4420949
BAP	Quelle, SW von BAO, bei Civler	443662	4420944
BAQ	Wasserhahn, Teehaus in Civler	443662	4420945
BAR	Schachtbrunnen, nördlich von Civler	443447	4421466
BAS	Schurf, nördlich Straße nach Civler	442782	4421278
BAT	Quelle, nördlich der Straße nach Civler	442666	4421187
BAU	Quelle, westlich der Straße nach Akçapinar	442224	4420779
BAV	Schachtbrunnen, westlich der Straße nach Akçapinar, ca. 50 m oberhalb BAU	442147	4420788
BAW	Schachtbrunnen, trocken, Akçapinar	n.b.	n.b.
BAX	Bohrbrunnen bei Cam Tepe	440860	4420084
BAY	Quelle, südlich Büyüktas Tepe	442227	4417713
BAZ	Quelle, südlich Büyüktas Tepe, unterhalb BAY	441871	4417800
BBA	Schachtbrunnen, Feld SE/E Gökçali	441882	4422744
BBB	Bohrbrunnen, an Straße nach Dümrek	440878	4424671
BBC	Quelle, an Straße nach Dümrek, nahe Kiesgrube	441163	4424763
BBD	Bohrbrunnen im Dümrek, westlich Dümrek	441140	4424702
BBE	Quelle, südlich Straße nach Dümrek	442104	4424694
BBF	Quelle, westlich Straße nach Yenimahalle	440560	4426552
BBG	Quelle, westlich von Yenimahalle, an einzelнем Haus	440832	4427328
BBH	Bohrbrunnen im Dümrek, SW Halileli	437575	4424650
BBI	Bohrbrunnen im Dümrek, östlich Halileli	438494	4424805
BBK	Schachtbrunnen 1 in Kalafat	434652	4422208
BBL	Trinkwasser aus Wasserhahn Kalafat	434652	4422208
BBM	Schachtbrunnen, östlich Ortsausgang Kalafat	434412	4422151
BBN	Schachtbrunnen 2 in Kalafat, westlich Ortsausgang	434322	4422151
BBO	Schachtbrunnen, westlich Ortsrand, gegenüber BBN	434302	4422215
BBP	Schachtbrunnen, westlich Kalafat	433370	4421876
BBQ	Bohrbrunnen, westlich Kalafat	433482	4421942
BBR	Schurf zwischen Karamenderes und Deich	434177	4420795
BBS	Quelle, Steilküste, südlich Höhle Sigeon	429302	4424800
BBT	Quelle am Friedhof, nördlich Halileli	438538	4427117
BBU	Schachtbrunnen, NW Halileli	437343	4426703
BBV	Quelle an Steilküste, nördlich Halileli	437962	4428048
BBW	Quelle an Küstenstraße, NE Halileli	439746	4428613
BBX	TW-Bohrbrunnen, SE Halileli	439464	4424642
BBY	Schachtbrunnen, Feld NE Kumkale	436359	4426835
BBZ	Schachtbrunnen, Feld nördlich Kumkale	435665	4427025
BC1	Schachtbrunnen, südlich Çiplak	437419	4421289
BCA	Filter, östlich Mündung Dümrek	435419	4427568
BCB	Bohrbrunnen, SW Kumkale, östlich Dümrek	434336	4425944
BCC	Schachtbrunnen, östlicher Ortsrand Gökçali	440155	4423075
BCD	Schachtbrunnen, Tankstelle in Gökçali	440106	4423256

Kurzbezeichnung	Bezeichnung	Rechtswert	Hochwert
BCE	Trinkwasserdepot, östlich Gökçali	440579	4423413
BCF	Wasserfassung an alter Hauptstraße in Gökçali	440123	4422999
BCG	Wasserfassung, neben Teehaus in Gökçali	440135	4422808
BCH	Schachtbrunnen, SE Ortsrand Gökçali	440411	4422357
BCI	Schachtbrunnen, östlich Hauptstraße nach Çanakkale, S Gökçali	440098	4420826
BCK	Schachtbrunnen, östlich Hauptstraße nach Çanakkale, nahe kleinem Haus	440166	4420051
BCL	Quelle, am Hang, nördlich Tigem, westlich Hauptstraße	439598	4420145
BCM	Schurf, NE BCL, westlich Hauptstraße	439888	4420478
BCN	Schachtbrunnen, Wegrand W Hauptstraße, SE Çiplak	439416	4420575
BCO	Schachtbrunnen, SE Çiplak, westlich BCN	438789	4420847
BCP	Schurf, SE Çiplak, ca. 150 m nördlich BCO	438839	4420898
BCQ	Schurf, SE Çiplak, ca. 50 m nördlich BCP	438839	4420898
BCR	Schachtbrunnen, westlich Straße nach Çanakkale	439325	4421177
BCS	Quelle Nordrand Akçesme	442531	4419557
BCT	Quelle im Bachtal des Kemerdere, NE Akçesme	442710	4420346
BCU	Quelle, südlich Akçesme	442616	4419050
BCV	Schachtbrunnen, südlich Akçesme, auf Berg Harmantarla	443474	4418328
BCW	Schachtbrunnen, südlich Akçesme, auf Berg Harmantarla, westlich BCV	443029	4417899
BCX	Quelle, östlich Straße nach Çanakkale; Höhe Tigem	441197	4418995
BCY	Quelle, östlich Hauptstraße; gegenüber Tigem	440693	4419154
BCZ	Quelle, südlich Tastepe, am Abzweig nach Derbentbasi	442198	4415543
BDA	Wasserfassung, südlich Tastepe, nördlich BDA	441563	4416290
BDB	Wasserfassung, südlich Tastepe, nördlich BDA	441458	4416445
BDC	Wasserfassung, 60 m westlich Straße; nördlich BDB	441347	4416529
BDD	Wasserfassung, südlich Abzweig Tastepe	441069	4417207
BDE	Wasserfassung, südlich Abzweig Tastepe, neben BDD	441088	4417214
BDF	Schachtbrunnen mit Handpumpe, Westrand Tastepe, auf Feld	440177	4417764
BDG	Wasserfassung, Dümrek Teehaus	443505	4425235
BDH	Wasserfassung vor Haus 81, Dümrek	443593	4425274
BDI	Pumpenhaus in Dümrek	443735	4425317
BDK	Wasserleitung, Haus in Dümrek	443863	4425125
BDL	TiefBohrbrunnen, östlich Straße nach Çanakkale, Abzweig Dümrek	440650	4424631
BDM	Schachtbrunnen, nördlich Straße nach Tefikiye	439147	4423239
BDN	Schurf, nördlich Straße nach Tefikiye	439122	4423210
BDO	Quelle, nördlich Straße nach Tefikiye	438916	4423230
BDP	Schurf, 100 m westlich BDO	438859	4423236
BDQ	Wasserfassung, Ortseingang Çiplak	437381	4422560
BDR	Schachtbrunnen, Çiplak Haus 154	437048	4422598
BDS	Wasserfassung in Çiplak, auf Dorfplatz	437048	4422598
BDT	Schachtbrunnen, Çiplak SW Ortsrand	436776	4422788
BDU	Schachtbrunnen, Çiplak SW Ortsrand	436746	4422718
BDV	Schachtbrunnen in Çiplak	436800	4423175
BDW	Quelle, östlich Dümrek	446461	4424848
BDX	Quelle, östlich Dümrek	446099	4424196
BDY	Quelle, östlich Dümrek	445925	4424355
BDZ	Bohrbrunnen, südlich Çiplak	437330	4422059
BEA	Schachtbrunnen, SW Çiplak	435913	4421821
BEB	BohrSchachtbrunnen, SW Çiplak	435971	4422388
BEC	Schachtbrunnen, südlich Çiplak	436856	4421441
BED	Bohrbrunnen für Trinkwasserversorgung in Bozcaada	438731	4417624
BEE	Quelle, Küstenstraße; NE Halileli	439878	4429059
BEF	Schachtbrunnen, SW-Rand Kalafat	434374	4421941
BK1	Wasserfassung 1, Kumkale	435127	4425930
BK2	Wasserfassung 2, Kumkale	435262	4425843
BK3	Wasserfassung 3, Kumkale		

Kurzbezeichnung	Bezeichnung	Rechtswert	Hochwert
BK4	Wasserfassung 4, Kumkale	435215	4425904
BK5	Wasserfassung 5, Kumkale	434443	4425917
BK6	Wasserfassung 6, Kumkale	434534	4425649
BK7	Wasserfassung 7, Kumkale	435005	4425620
BK8	Wasserfassung 8, Kumkale	435733	4425721
BOC	Bohrbrunnen, südlich Çiplak		
BP1	Schachtbrunnen, Pinarbasi	437707	4415654
BSC	Schachtbrunnen, südlich Çiplak	436732	4422289
BT2	Quelle Tefikiye	436419	4423597
BT3	Quelle Tefikiye	436529	4423676
BT4	Schachtbrunnen, Troia Unterstadt	435045	4423181
DAA	Schachtbrunnen, östlich Ortsausgang Kalafat, direkt neben BBM, trocken	434412	4422151
DAB	Schachtbrunnen, trocken Kalafat	434120	4422241
DAC	Schachtbrunnen, trocken, östlich Ortsrand Halileli	438584	4425127
DAF	Bohrbrunnen, trocken, Feld östlich Gökçali	440282	4423515
FAA	Bach, südlich Aquädukt	445622	4420430
FAB	Quelle, südlich Aquädukt	445900	4419665
FAC	Bach, östlich Aquädukt	446369	4420259
FAD	Wasserlauf Dümrek	443355	4425075
FAE	Kanal, westlich Kalafat	433834	4422246
FAF	Karamenderes, Tracerstelle	432822	4422151
FAG	Kanal, SW Kalafat	434066	4421152
FAH	Wasserhochleitung	434178	4420800
FAI	Kanal, vor Zusammenfluss mit FAH	434336	4420588
FAK	Karamenderes, Brücke	434339	4420487
FAL	Dümrek, nördlich Tefikiye	433977	4424881
FAM	Kemerdere, neben BCT	442710	4420346
FAN	Kanal, südlich Tigem	438999	4417682
FAO	Überlauf Staudamm Karamenderes	439420	4415873
FKK	Fluß, Aquädukt Kemir Köy	445633	4420422
GHW	Wasserhahn Küche GH	435079	4423319
HS1	Höhle 2, bei Sigeon "Subasi Tepe" Entrance		
HS2	Höhle 2, bei Sigeon "Subasi Tepe" Middle		
HS3	Höhle 2, bei Sigeon "Subasi Tepe" Shaft 1	429415	4425100
HS4	Höhle 1, bei Sigeon "Subasi Tepe"		
PAA	Bohrbrunnen, Ortsausgang Pinarbasi 2. Messung	438393	4416118
PAB	Bohrbrunnen, südwestlich Halileli	437668	4425568
QCF	Quelltopf Düden (Tigem)	438632	4418967
QEE	Quelle, östlich Tefikiye	436138	4423728
QEG	Quelle, nördlich Gökçali	439976	4423706
QET	Quelle, östlich Tefikiye	435878	4423703
QHE	Höhle KASKAL.KUR, hinter Eingang		
QKP	Quellen Kirkgöz; Pinarbasi	436576	4415386
QNT	Quelle, nördlich Tefikiye	435632	4423541
QPT	Quelle, östlich Pasa Tepe	436396	4421298
QRW	Quelle B, Becken, römische Wasserleitung	447244	4419922
QS2	Höhle KASKAL.KUR Schacht 2	434800	4423111
QS3	Höhle KASKAL.KUR Schacht 3	434801	4423103
QS4	Höhle KASKAL.KUR Schacht 4	434871	4423090
QWT	Quelle, Riss Tefikiye	436797	4423769

Datum	Kurzbezeichnung	Wasserprobe	Lf [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	pH	E <sub>H</sub> [mV]	T [°C]	TDS [ppm]	O <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [mg/l]	Schüttung [L/min]
26.07.02	BAI		838	7,19	365	25,1	564	n.b.	n.b.	n.b.
25.07.02	BAA		1218	7,21	155	24,1	835	n.b.	n.b.	n.b.
26.08.02	BAA	TRO-2608-BAA	1265	7,28	254	17,3	880	n.b.	n.b.	n.b.
25.07.02	BAB	TRO-2507-BAB	1227	7,17	58	18,4	852	6	1	n.b.
26.07.02	BAC		1229	7,35	316	30,8	832	n.b.	n.b.	n.b.
09.08.02	BAE		2019	7,07	295	20,0	1436	n.b.	n.b.	n.b.
15.08.02	BAF	TRO-1508-BAF	2080	6,65	292	19,0	1485	38	4	4,2
09.08.02	BAF		2091	6,94	293	19,9	1498	36	3	6,0
26.07.02	BAG		1030	7,24	349	28,2	697	n.b.	n.b.	n.b.
27.07.02	BAH		4101	6,53	402	21,7	3113	38	3	1,8
13.08.02	BAH	TRO-1308-BAH	4220	6,85	274	23,6	3209	48	4	1,6
27.07.02	BAI		2580	7,10	354	21,9	1871	59	5	0,9
23.08.02	BAL	TRO-2308-BAL	2796	6,98	293	19,1	2049	n.b.	n.b.	n.b.
29.07.02	BAN		2527	7,20	357	25,2	1819	n.b.	n.b.	0,1
14.08.02	BAO	TRO-1408-BAO	1399	6,75	290	18,8	970	44	4	13,5
29.07.02	BAO		1400	6,77	341	19,0	973	45	4	14,2
29.07.02	BAP		1561	6,67	343	20,3	1089	51	5	18,8
29.07.02	BAQ		787	6,84	354	25,2	528	n.b.	n.b.	n.b.
14.08.02	BAT	TRO-1408-BAT	1464	6,46	288	21,3	1014	57	5	5,4
29.07.02	BAT		1471	6,68	340	20,8	1022	n.b.	n.b.	9,4
14.08.02	BAU	TRO-1408-BAU	1760	7,29	283	25,8	1222	90	7	1,3
29.07.02	BAU		1762	7,20	322	25,5	1226	n.b.	n.b.	1,4
14.08.02	BAV		1948	7,26	251	21,3	1377	n.b.	n.b.	n.b.
30.07.02	BAY		1462	8,10	327	27,2	1003	93	7	0,1
21.08.02	BAZ	TRO-2108-BAZ	1370	8,21	253	23,5	940	n.b.	n.b.	0,2
30.07.02	BAZ		1388	8,00	316	24,9	955	66	5	0,2
30.07.02	BBA		3007	7,24	334	18,6	2236	n.b.	n.b.	n.b.
30.07.02	BBC		916	7,01	326	27,9	617	70	6	0,7
23.08.02	BBC	TRO-2308-BBC	932	7,17	278	26,9	635	73	6	0,7
30.07.02	BBE		916	7,00	316	25,7	619	71	6	8,3
30.07.02	BBF		1607	6,97	326	17,9	1134	66	6	6,7
30.07.02	BBF		1760	6,92	329	17,9	1253	83	8	22,0
16.08.02	BBF	TRO-1608-BBF	1785	7,03	306	18,2	1262	81	8	21,3

Datum	Kurzbezeichnung	Wasserprobe	Lf [ $\mu\text{S/cm}$ ]	pH	E <sub>H</sub> [mV]	T [°C]	TDS [ppm]	O <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [mg/l]	Schüttung [L/min]
30.07.02	BBG		1781	6,95	335	26,0	1241	86	7	0,4
30.07.02	BBH		1192	7,30	242	18,0	826	n.b.	n.b.	n.b.
30.07.02	BBI		1302	7,03	323	17,5	753	n.b.	n.b.	n.b.
01.08.02	BBK		2267	6,76	346	18,4	1630	n.b.	n.b.	n.b.
01.08.02	BBL		1003	7,25	711	26,2	678	n.b.	n.b.	n.b.
01.08.02	BBN		2217	7,16	346	17,6	1592	n.b.	n.b.	n.b.
26.08.02	BBP		5556	6,96	155	19,3	4366	n.b.	n.b.	n.b.
01.08.02	BBR		439	8,04	323	28,1	289	n.b.	n.b.	n.b.
02.08.02	BBS		1189	7,06	339	18,4	822	34	3	5,6
05.08.02	BBT		1465	7,04	298	19,9	1019	87	8	7,1
16.08.02	BBT	TRO-1608-BBT	1466	7,30	291	20,6	1017	89	8	6,7
05.08.02	BBU		1337	7,54	287	21,5	922	n.b.	n.b.	n.b.
16.08.02	BBV	TRO-1608-BBV	2611	7,28	293	19,2	1902	86	8	3,0
05.08.02	BBV		2622	7,20	314	19,0	1917	82	8	2,8
16.08.02	BBW	TRO-1608-BBW	2327	6,81	298	18,3	1680	20	2	1,3
05.08.02	BBW		2356	6,91	302	18,5	1708	18	2	1,3
05.08.02	BBX	TRO-0508-BBX	992	7,10	895	16,8	687	n.b.	n.b.	1200,0
16.08.02	BBY		1814	7,69	297	22,3	1270	n.b.	n.b.	n.b.
06.08.02	BBY		1859	7,56	332	22,3	1309	n.b.	n.b.	n.b.
16.08.02	BBZ	TRO-1608-BBZ	1343	7,60	292	17,7	928	n.b.	n.b.	n.b.
06.08.02	BBZ		1353	7,65	332	17,8	937	n.b.	n.b.	n.b.
06.08.02	BCA		454	7,65	323	27,9	299	n.b.	n.b.	n.b.
07.08.02	BCC		2076	6,84	308	18,6	1481	n.b.	n.b.	n.b.
07.08.02	BCD		1211	7,11	275	23,9	846	n.b.	n.b.	n.b.
07.08.02	BCF		1007	7,26	321	23,0	687	n.b.	n.b.	n.b.
07.08.02	BCG		1010	7,33	311	22,4	691	n.b.	n.b.	n.b.
07.08.02	BCH		2585	7,10	321	22,0	1879	n.b.	n.b.	n.b.
07.08.02	BCI		2624	6,91	284	20,4	1912	n.b.	n.b.	n.b.
13.08.02	BCK		2246	7,06	274	25,0	1599	n.b.	n.b.	n.b.
07.08.02	BCK		2253	7,10	300	23,5	1611	n.b.	n.b.	n.b.
07.08.02	BCL		1620	7,40	286	22,8	1131	80	7	< 1
13.08.02	BCL	TRO-1308-BCL	1653	7,41	269	31,9	1133	104	8	n.b.
13.08.02	BCM		2488	6,92	266	23,3	1794	n.b.	n.b.	n.b.

Datum	Kurzbezeichnung	Wasserprobe	Lf [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	pH	E <sub>H</sub> [mV]	T [°C]	TDS [ppm]	O <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [mg/l]	Schüttung [L/min]
07.08.02	BCM		2500	7,36	277	26,8	1794	n.b.	n.b.	n.b.
13.08.02	BCN		2313	7,37	249	22,3	1660	n.b.	n.b.	n.b.
07.08.02	BCN		2313	7,53	270	21,4	1663	n.b.	n.b.	n.b.
07.08.02	BCO		1674	7,28	299	22,7	1167	n.b.	n.b.	n.b.
07.08.02	BCP		2461	8,09	269	28,5	1761	n.b.	n.b.	n.b.
13.08.02	BCR	TRO-1308-BCR	1367	7,11	261	22,2	941	n.b.	n.b.	n.b.
07.08.02	BCR		1411	7,23	279	21,4	973	n.b.	n.b.	n.b.
08.08.02	BCS		1267	6,71	343	23,1	870	70	6	n.b.
21.08.02	BCT	TRO-2108-BCT	968	7,14	273	19,8	661	91	8	11,1
08.08.02	BCT		973	6,83	335	19,9	665	80	7	11,5
08.08.02	BCU		1017	6,85	349	18,5	700	72	7	4,8
08.08.02	BCV		1011	6,99	356	18,1	694	n.b.	n.b.	n.b.
08.08.02	BCW		915	6,96	336	18,1	625	n.b.	n.b.	n.b.
08.08.02	BCX		2094	6,93	298	27,3	1478	69	6	1,7
13.08.02	BCX	TRO-1308-BCX	2116	6,88	277	26,9	1496	82	7	1,7
13.08.02	BCY		1795	6,90	251	26,7	1248	79	6	2,7
08.08.02	BCY		1808	7,08	296	27,3	1261	72	6	2,7
08.08.02	BCZ		1257	7,29	298	18,3	868	29	3	8,3
14.08.02	BCZ	TRO-1408-BCZ	1273	7,34	275	17,2	885	30	3	7,8
08.08.02	BDA		1276	7,84	303	22,8	877	n.b.	n.b.	0,2
08.08.02	BDB		1304	7,77	290	24,5	896	n.b.	n.b.	n.b.
08.08.02	BDC		1378	7,65	302	22,9	951	n.b.	n.b.	n.b.
23.08.02	BDD	TRO-2308-BDD	1245	7,36	268	27,0	846	93	7	1,5
08.08.02	BDD		1245	7,46	304	30,9	844	94	7	1,2
26.07.02	BDE		1229	7,35	316	30,8	832	n.b.	n.b.	n.b.
08.08.02	BDE		1241	7,42	312	30,4	842	n.b.	n.b.	n.b.
08.08.02	BDF		894	7,50	349	19,1	610	n.b.	n.b.	n.b.
23.08.02	BDF	TRO-2308-BDF	917	7,71	270	18,0	626	n.b.	n.b.	n.b.
09.08.02	BDG		905	7,17	287	21,9	613	71	6	n.b.
09.08.02	BDH		904	7,13	296	21,5	613	70	6	17,5
09.08.02	BDK		1108	7,38	317	24,5	757	n.b.	n.b.	n.b.
09.08.02	BDL		1033	7,26	305	25,0	702	n.b.	n.b.	n.b.
09.08.02	BDN		1858	7,92	257	26,6	1294	n.b.	n.b.	n.b.

Datum	Kurzbezeichnung	Wasserprobe	Lf [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	pH	E <sub>H</sub> [mV]	T [°C]	TDS [ppm]	O <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [mg/l]	Schüttung [L/min]
09.08.02	BDO		1466	7,22	267	23,2	1014	61	5	1,5
09.08.02	BDP		1738	7,85	268	28,5	1205	n.b.	n.b.	n.b.
15.08.02	BDQ		2104	6,95	303	22,6	1494	45	4	3,5
09.08.02	BDQ		2116	6,76	324	24,6	1502	40	3	4,2
09.08.02	BDR		3192	6,82	322	20,3	2371	n.b.	n.b.	n.b.
15.08.02	BDS		2120	7,03	292	25,3	1501	49	4	16,7
09.08.02	BDS		2140	6,93	309	26,4	1516	50	4	16,5
09.08.02	BDT		1744	7,15	330	19,5	1230	n.b.	n.b.	n.b.
12.08.02	BDW	TRO-1208-BDW	1099	7,30	288	19,7	755	76	7	31,9
12.08.02	BDX		1136	7,64	283	17,6	630	88	8	3,0
12.08.02	BDY	TRO-1208-BDY	1200	7,31	306	17,2	834	43	4	21,3
15.08.02	BDZ	TRO-1508-BDZ	1047	7,30	294	19,8	716	n.b.	n.b.	540,0
15.08.02	BEA	TRO-1508-BEA	2214	7,46	270	20,7	1585	n.b.	n.b.	n.b.
15.08.02	BEB	TRO-1508-BEB	1131	7,19	275	20,0	777	n.b.	n.b.	n.b.
15.08.02	BEC		1246	7,50	296	18,8	858	n.b.	n.b.	n.b.
19.08.02	BED	TRO-1908-BED	726	6,94	250	19,0	491	n.b.	n.b.	100*
21.08.02	BEE		1469	7,39	272	18,6	1019	n.b.	n.b.	3,5
25.07.02	BK1		1582	6,90	325	18,3	1582	78	7	n.b.
25.07.02	BK2		993	7,35	825	27,8	671	97	7	n.b.
25.07.02	BK4		988	7,35	840	23,7	672	106	9	n.b.
25.07.02	BK5		1081	8,27	375	30,2	729	n.b.	n.b.	n.b.
25.07.02	BK6		1151	7,26	410	31,3	778	n.b.	n.b.	n.b.
25.07.02	BK8		965	8,52	394	27,0	652	n.b.	n.b.	n.b.
26.07.02	BP1		583	7,33	369	23,3	390	n.b.	n.b.	n.b.
24.07.02	BSC	TRO-2407-BSC	2704	7,09	305	17,1	1988	n.b.	n.b.	n.b.
25.07.02	BT2		2422	6,44	383	23,0	1742	68	6	0,3
25.07.02	BT3		1643	7,36	346	22,0	1148	89	8	0,5
28.07.02	FAA		673	7,34	196	22,3	451	56	5	n.b.
28.07.02	FAB		840	6,71	348	17,9	572	42	4	n.b.
28.07.02	FAC		808	6,80	313	19,3	549	40	4	n.b.
31.07.02	FAD		907	7,86	213	23,3	613	n.b.	n.b.	n.b.
31.07.02	FAE		561	7,43	287	26,0	373	55	5	n.b.
31.07.02	FAF		428	8,19	304	28,9	281	108	8	n.b.

Datum	Kurzbezeichnung	Wasserprobe	Lf [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	pH	$E_H$ [mV]	T [ $^{\circ}\text{C}$ ]	TDS [ppm]	$\text{O}_2$ [%]	$\text{O}_2$ [mg/l]	Schüttung [L/min]
19.08.02	FAF	TRO-1908-FAF	438	8,37	221	26,4	289	119	10	n.b.
01.08.02	FAG		390	7,97	327	27,0	256	88	7	n.b.
01.08.02	FAH		359	8,40	302	27,4	234	n.b.	n.b.	n.b.
01.08.02	FAI		391	7,76	325	27,5	257	102	8	n.b.
01.08.02	FAK		440	7,51	292	25,9	290	n.b.	n.b.	n.b.
06.08.02	FAL		2382	7,32	265	26,1	1706	n.b.	n.b.	n.b.
08.08.02	FAM		588	7,99	301	25,9	390	n.b.	n.b.	n.b.
21.08.02	FAM	TRO-2108-FAM	607	7,98	226	23,4	403	92	8	n.b.
19.08.02	FAN		418	7,76	222	25,7	276	n.b.	n.b.	n.b.
26.07.02	FAO		472	8,11	354	28,1	312	n.b.	n.b.	n.b.
27.07.02	FKK	TRO-2707-FKK	625	8,18	321	25,4	417	110	9	n.b.
22.07.02	GHW	TRO-2207-GHW	1006	7,06	827	28,5	678	109	8	n.b.
02.08.02	HS1		699	7,87	319	20,1	470	n.b.	n.b.	n.b.
02.08.02	HS2		763	7,58	341	18,7	518	n.b.	n.b.	n.b.
02.08.02	HS3	TRO-0208-HS3	758	7,16	362	17,4	514	n.b.	n.b.	n.b.
02.08.02	HS4		693	7,69	302	18,8	468	n.b.	n.b.	n.b.
26.07.02	PAA		756	7,03	287	19,0	517	n.b.	n.b.	n.b.
26.07.02	PAA		763	7,06	297	18,6	517	n.b.	n.b.	n.b.
27.07.02	PAB		2959	7,07	284	18,5	2190	n.b.	n.b.	n.b.
22.07.02	QCF	TRO-2207-QCF	524	7,31	344	26,7	348	109	9	1200,0
24.07.02	QEE	TRO-2407-QEE	2556	7,12	343	17,6	1861	84	8	n.b.
26.07.02	QEG	TRO-2607-QEG	1783	6,86	358	22,3	1249	66	6	1,8
26.08.02	QET		1695	7,83	255	17,7	1194	n.b.	n.b.	n.b.
24.07.02	QET	TRO-2407-QET	1750	7,73	332	17,9	1237	n.b.	n.b.	n.b.
23.07.02	QET		1756	7,50	371	18,1	1240	95	9	10,8
26.07.02	QKP		568	7,47	357	18,2	383	n.b.	n.b.	n.b.
26.07.02	QKP		572	7,51	363	18,0	385	n.b.	n.b.	n.b.
26.07.02	QKP	TRO-2607-QKP	575	7,36	387	17,9	387	n.b.	n.b.	n.b.
23.07.02	QNT	TRO-2307-QNT	2236	7,27	304	20,8	1610	152	14	7,8
24.07.02	QPT	TRO-2407-QPT	1747	6,92	355	21,7	1226	57	5	8,0
15.08.02	QPT		1784	7,13	307	22,3	1250	53	5	4,9
28.07.02	QRW	TRO-2807-QRW	727	6,97	313	19,3	491	58	5	11,2
28.07.02	QRW		731	7,07	355	18,8	494	n.b.	n.b.	n.b.

Datum	Kurzbezeichnung	Wasserprobe	Lf [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	pH	E <sub>H</sub> [mV]	T [°C]	TDS [ppm]	O <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [mg/l]	Schüttung [L/min]
31.07.02	QS2		1137	7,96	319	17,4	788	n.b.	n.b.	1,1
23.07.02	QS2	TRO-2307-QS2	1182	7,35	342	17,6	816	84	80	1,0
23.07.02	QS4		1097	6,91	393	17,1	757	n.b.	n.b.	n.b.
25.07.02	QWT		2688	8,47	305	22,0	1956	58	5	n.b.

n.b. nicht bestimmt

\* in m<sup>3</sup>/h

Wasserprobe	Fe(tot) [mg/L]	Fe(II) [mg/L]	Fe(III) [mg/L]	NO <sub>3</sub> [mg/L]	NO <sub>2</sub> [mg/L]	PO <sub>4</sub> [mg/L]	K <sub>B</sub> [mmol/l]	K <sub>S</sub> [mmol/l]	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]
TRO-2608-BAA	0,01	n.b.	n.b.	12,7	0,110	0,61	0,32	8,65	527,8
TRO-2507-BAB	1,63	0,45	1,19	1,3	0,269	2,61	0,35	10,60	646,9
TRO-1508-BAF	0,01	n.b.	n.b.	12,7	0,013	1,11	0,40	13,10	799,3
TRO-1308-BAH	0,02	0,00	0,02	4,3	0,057	0,30	0,74	11,23	685,5
TRO-2308-BAL	0,00	n.b.	n.b.	99,2	0,048	0,36	0,61	8,95	546,1
TRO-1408-BAO	0,01	n.b.	n.b.	19,6	0,313	0,53	n.b.	8,30	506,4
TRO-1408-BAT	0,00	n.b.	n.b.	79,0	0,109	1,73	0,79	6,99	426,5
TRO-1408-BAU	0,01	n.b.	n.b.	38,8	0,020	0,46	0,65	9,45	576,6
TRO-2108-BAZ	0,03	0,00	0,03	1,8	0,281	0,45	0,42	16,95	1034,2
TRO-2308-BBC	0,03	n.b.	n.b.	2,2	0,035	0,44	0,42	9,85	601,0
TRO-1608-BBF	0,03	n.b.	n.b.	12,5	0,104	0,39	0,32	8,85	540,0
TRO-1608-BBT	0,01	n.b.	n.b.	43,8	0,049	0,32	0,49	8,25	503,4
TRO-1608-BBV	0,01	n.b.	n.b.	20,2	0,060	1,53	0,34	7,85	479,0
TRO-1608-BBW	0,01	n.b.	n.b.	20,7	0,051	1,90	0,65	10,45	637,6
TRO-0508-BBX	0,03	n.b.	n.b.	14,6	0,011	0,68	0,49	9,01	549,6
TRO-1608-BBZ	0,01	n.b.	n.b.	68,9	0,106	0,55	0,42	6,25	381,3
TRO-1308-BCL	0,02	n.b.	n.b.	47,1	0,059	0,21	0,34	7,83	477,4
TRO-1308-BCR	0,03	n.b.	n.b.	8,4	0,117	1,95	0,89	11,34	692,0
TRO-2108-BCT	0,00	n.b.	n.b.	57,3	0,010	0,58	0,54	6,85	418,0
TRO-1308-BCX	0,01	n.b.	n.b.	53,7	0,103	0,17	0,80	8,88	541,5
TRO-1408-BCZ	0,01	n.b.	n.b.	3,5	0,031	0,67	0,59	13,10	799,3
TRO-2308-BDD	0,02	n.b.	n.b.	1,5	0,045	1,07	0,68	14,75	900,0
TRO-2308-BDF	0,03	n.b.	n.b.	49,3	0,015	0,62	0,26	6,75	411,9
TRO-1208-BDW	0,01	n.b.	n.b.	1,0	0,021	0,80	0,21	12,23	745,9
TRO-1208-BDY	0,02	n.b.	n.b.	1,3	0,012	0,66	0,42	13,93	850,1
TRO-1508-BDZ	0,03	n.b.	n.b.	8,3	0,013	0,24	0,63	7,90	482,0
TRO-1508-BEA	0,01	n.b.	n.b.	133,7	0,298	0,54	0,38	5,70	347,8
TRO-1508-BEB	0,02	n.b.	n.b.	17,6	0,218	0,22	0,43	7,90	482,0
TRO-1908-BED	0,02	n.b.	n.b.	15,1	0,020	0,23	0,23	5,45	332,5
TRO-2407-BSC	0,02	n.b.	n.b.	44,7	0,050	0,41	0,51	9,97	608,1
TRO-1908-FAF	0,00	n.b.	n.b.	0,6	0,067	0,60	n.b.	3,05	186,1
TRO-2108-FAM	0,01	n.b.	n.b.	0,9	0,024	0,70	0,19	3,70	225,8
TRO-2707-FKK	0,31	0,00	0,31	1,0	0,014	0,47	0,11	4,82	294,2

Wasserprobe	Fe(tot) [mg/L]	Fe(II) [mg/L]	Fe(III) [mg/L]	NO <sub>3</sub> [mg/L]	NO <sub>2</sub> [mg/L]	PO <sub>4</sub> [mg/L]	K <sub>B</sub> [mmol/l]	K <sub>S</sub> [mmol/l]	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]
TRO-2207-GHW	0,02	n.b.	n.b.	12,2	0,033	0,45	0,53	8,82	537,9
TRO-0208-HS3	0,00	n.b.	n.b.	10,6	0,048	0,20	0,29	5,50	335,6
TRO-2207-QCF	0,02	n.b.	n.b.	2,7	0,083	0,29	0,19	3,88	236,4
TRO-2407-QEE	0,06	0,01	0,04	255,6	0,022	0,65	n.b.	8,88	542,0
TRO-2607-QEG	0,03	n.b.	n.b.	13,1	0,043	1,77	0,24	11,13	679,1
TRO-2407-QET	0,06	0,01	0,04	189,2	0,041	0,44	0,41	7,30	445,6
TRO-2607-QKP	0,02	n.b.	n.b.	16,4	0,069	0,25	0,42	2,97	181,0
TRO-2307-QNT	0,02	n.b.	n.b.	449,3	0,049	0,27	0,35	7,21	439,8
TRO-2407-QPT	0,01	n.b.	n.b.	47,5	0,097	0,27	0,34	8,05	491,4
TRO-2807-QRW	0,04	n.b.	n.b.	1,0	0,049	0,42	0,56	6,73	410,9
TRO-2307-QS2	0,03	n.b.	n.b.	50,4	0,064	0,90	0,35	6,96	424,4

n.b. nicht bestimmt

## Tracertest Karamenderes

Gewässer: Karamenderes  
 Salzmarke: Çanakkale Salz

Datum: 23.7.2002

Probenvolumen: 1004 ml  
 Zugabevolumen: 2 ml

Ausgangslleitfähigkeit: 496  $\mu\text{S}/\text{cm}$   
 Konzentration der Zugabe: 10 g/l

### Kalibrierung

Nr.	Volumen [mL]	Konz.[mg/l]	Leitf. [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	Eichkoeffizient	Korrelationsk.
1	1004	0,00	496	0,00	0,000000
2	1006	19,80	541	0,44	1,000000
3	1008	39,52	585	0,44	0,999989
4	1010	59,17	629	0,44	0,999974
5	1012	78,74	672	0,45	0,999969
6	1014	98,22	715	0,45	0,999963
7	1016	117,64	758	0,45	0,999970
8	1018	136,97	802	0,45	0,999980
9	1020	156,24	848	0,45	0,999959
10	1022	175,42	887	0,45	0,999963
11	1024	194,53	928	0,45	0,999964

Eichkoeffizient: 0,45

Korrelation: 1,0

### Meßprotokoll

Meßstelle: Skamander unter Wehr  
 Pegelhöhe: 41 cm  
 Mischstrecke: 58,32 m  
 Bearbeiter: Claudia Blume, Claudia Weber

Eingegebene Salzmenge: 1500 g      Eichkoeffizient: 0,449173  
 Anfangslleitfähigkeit: 495,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$       Endleitfähigkeit: 499,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$   
 Grundleitfähigkeit: 497,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$       Maximalleitfähigkeit: 623,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$   
 Anzahl der Messungen: 1221      Dauer der Messung: 20 min 21 s

**Abflußmenge: 312 L/s**

bei 1470 g Salz: 305 L/S  
 bei 1530 g Salz: 318 L/s



Schachtbrunnen (BAL)



Bohrbrunnen mit Motorpumpe (BEB)



Grundwasserblänke (BBR)



freier Quellaustritt (BCL)



gefaßte Quelle (BCZ)



Fluß (FAF)