

Karsthydrologische Aufnahmen auf
Kephallenia
(Ionische Inseln)

Von
Viktor Maurin und Josef Zötl

Mit 13 Abb. im Text und 3 Tafeln im Anhang

Verzeichnis der Abbildungen im Text und der Tafeln im Anhang

A b b i l d u n g e n		Seite
1	Geologische Karte von Kephallenia	11
2	Steinpyramide im Hafen von Argostoli	14
3	Große Einsturzdoline westlich von Sami	16
4	Einsturzkessel von Melisani	17
5	Große Brackwasserquelle in der Bucht von Sami	18
6	Der Quelltümpel des Großen Akoli	23
7	Geologisches Profil durch das Kleine Akoli	25
8	Abrasionsterrasse an der Südküste Kephallenias	27
9	Meerwasserschwinde an der Nordspitze der Halbinsel von Argostoli	31
10	Geologische Skizze der Halbinsel von Argostoli	32
11	Die Stadt Argostoli	35
12	Chemisch-physikalische Diagramme der Quellwässer in der Bucht von Sami	37
13	Chemisch-physikalische Diagramme der Quellwässer am Kutavos	39

T a f e l n

- I Übersichtskarte von Kephallenia
- II Chemisch-physikalische Kartogramme
- III Übersichtsskizze zum Quellenkataster

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung :	7
Die Arbeitsgrundlagen	9
Das Untersuchungsgebiet	10
1. Lage, Gliederung und geologischer Aufbau	10
2. Das Erdbeben von 1953 und seine Folgen	13
3. Die Verkarstung	16
Das Arbeitsprogramm	20
Die Ergebnisse der Aufnahme	22
1. Der hydrogeologische Befund	22
2. Die Ergebnisse der physikalisch-chemischen Messungen .	38
Auszug aus dem Quellenkataster	42
Programm für die weiteren Forschungen	50
Literatur	51

Druck: Leykam A. G., Graz

Einleitung

Jahrelange systematische karsthydrographische Forschungen im mittelsteirischen und nordalpinen Karst brachten uns Arbeitsergebnisse, die zur Revision bisher geläufiger Theorien über wesentliche Grundzüge der Entwässerung verkarsteter Gebirgsstöcke führten (J. ZÖTL 1957a, b, 1958). Von uns weiterentwickelte und neu angewandte Forschungsmethoden waren für die Arbeitserfolge von grundlegender Bedeutung (M. DECHANT, V. MAURIN und J. ZÖTL 1958, V. MAURIN und J. ZÖTL 1959, J. ZÖTL 1960). Diese Methoden haben sich im Zuge praktischer Arbeiten für Wasserversorgungen, Wasserkraft- und Stollenbauten bewährt, und unsere theoretischen Erwägungen über den Mechanismus der Karsthydrographie alpiner Bereiche wurden hierbei durch praktische Aufschließungsarbeiten bestätigt.

In Kenntnis der Bedeutung klimabedingter Faktoren kamen wir zur Überzeugung, daß es für die endgültige Klärung des Wesens der Karsthydrographie notwendig ist, die systematischen Forschungsarbeiten auch in anderen Klimabereichen aufzunehmen. Nach den Arbeitsergebnissen im alpinen Raum steht außer Frage, daß mit diesem der Grundlagenforschung dienenden Unternehmen auch dem praktischen Wasserbau in Karstgebieten die allein verlässliche Grundlage erwächst.

Der Ansatzpunkt für die Weiterführung unserer karsthydrographischen Arbeiten wurde zweckmäßigerweise nicht in den tropischen Karst, sondern in die mediterranen Bereiche verlegt. Als besonders geeignetes Forschungsobjekt präsentierte sich die Insel Kephallenia, die in großen Zügen in ihrem Hauptteil einen Karststock darstellt, der in der Größenordnung den nordalpinen Karstmassiven entspricht, in der klimatischen Lage und den morpho-tektonischen Verhältnissen aber jene Abwandlung aufweist, die bereits neue Gegebenheiten verspricht, ohne daß großzügige Parallelen mit den alpinen Bereichen bereits gänzlich verwischt sind.

Die finanziellen Mittel für den Beginn der Arbeiten sicherte uns ein Förderungspreis aus dem Theodor-Körner-Stiftungsfonds.

Besonderen Dank für die Förderung unserer Arbeiten schulden

wir den Herren Univ.-Prof. Dr. S. MORAWETZ, Univ.-Prof. Doktor H. SPREITZER und Hochschulprof. Dr. A. WINKLER v. HERMADEN.

Die Drucklegung dieses Heftes wurde ermöglicht durch Subventionen von seiten der Steiermärkischen Landesregierung (Herrn Landeshauptmann-Stellvertreter F. MATZNER) und des Bundesministeriums für Unterricht (Herrn Ministerialrat Dr. W. STURMINGER), denen an dieser Stelle gedankt sei.

Schon die Vorarbeiten, wie auch die Arbeiten auf der Insel selbst, unterstützten in überaus dankenswerter Weise Herr Generaldirektor Dipl.-Ing. Dr. K. ZACHOS (Institute for Geology and Subsurface Research, Athen) und der Präsident der Griechischen Speläologischen Gesellschaft, Prof. J. PETROCHILOS (†), dessen mehrtägige Einführung auf der Insel für uns besonders wertvoll war¹.

Der erste Aufenthalt auf Kephallenia, der der Durchführung einer großzügigen karsthydrologischen Aufnahme im Hauptteil der Insel diente, währte vom 14. August bis 4. September 1959 und stand unter dem Schutz des Instituts für Geologie und Untergrundforschung in Athen.

Es ist uns ein Bedürfnis, der herzlichen Gastfreundschaft zu gedenken, die uns auf der Insel entgegengebracht wurde. Abgesehen von den zahllosen freundlichen Aufmerksamkeiten, mit denen uns die selbst noch vielfach unter den Folgen des Erdbebens von 1953 leidende und zum Teil bedürftig lebende Bevölkerung der Insel bedachte, sind wir dem Präsidenten des Fremdenverkehrsvereines von Kephallenia, Herrn M. KOSMETATOS, Herrn Direktor P. CSIMARAS, Herrn Dr. G. KUVIELOS, dem Herrn Bürgermeister M. D. APOSTOLATOS von Valsamata und besonders der Familie des Bürgermeisters von Markapulon, Herrn D. MENEGATOS, zu Dank verpflichtet. An dem Zuvorkommen dem Fremden gegenüber scheint sich seit den Zeiten von J. PARTSCH nichts geändert zu haben, denn schon er betont, daß der lockenden Gastfreundschaft trotz der kurz bemessenen Arbeitszeit kaum zu widerstehen war.

Als wir nach dem relativ kurzen Aufenthalt die Insel wieder verließen, wurden entlang der ganzen Küste aus zahlreichen Häusern mit Spiegeln Blinkzeichen gegeben. Es ist dies nach altem Brauch der letzte Gruß für den scheidenden und der erste Willkomm für den heimkehrenden Kephallenen. Auch wir empfanden es als ein verheißendes Zeichen für ein Wiedersehen.

¹ Während der Drucklegung erhielten wir die traurige Nachricht, daß Herr Professor J. PETROCHILOS plötzlich gestorben ist. Er erlag einem tückischen Leberleiden, das er sich bei seinen hydrogeologischen Forschungen zugezogen hatte.

Arbeitsgrundlagen

J. PARTSCH (1890) hat in Petermanns Mitteilungen eine geographische Monographie über die Inseln Kephallenia und Ithaka veröffentlicht. Obwohl diese Arbeit nun schon siebenzig Jahre zurückliegt, stellt sie auch heute noch die einzige, wirklich umfassende und grundlegende Abhandlung über die geographischen und geologischen Verhältnisse auf der Insel Kephallenia dar. Diesem Werk ist eine Originalkarte der Inseln im Maßstab 1 : 100.000 beigegeben, die PARTSCH auf Grund der englischen Seekarte und mit Hilfe eigener Vermessungen entworfen und gezeichnet hat. Obwohl diese Karte in der Darstellung des Straßennetzes überholt ist, wird sie in der Wiedergabe vieler Details selbst von der neuen griechischen Karte 1 : 100.000 nicht erreicht. Für die eigenen Aufnahmen gab eine photographische Vergrößerung der Karte von PARTSCH auf 1 : 25.000 eine wertvolle Grundlage.

Einem speziellen karsthydrographischen Problem, den Meeresschwinden bei Argostoli, widmete K. W. M. WIEBEL (1874) eine Beschreibung.

C. RENZ hat in einer großen Anzahl von Arbeiten die geologischen Verhältnisse der Ionischen Inseln und des benachbarten Festlandes beschrieben, aber die Insel Kephallenia nur in einzelnen dieser Veröffentlichungen am Rande berührt.

In jüngster Zeit hat H. MÜLLER-MINY (1956, 1957, 1958, 1959) geologische und morphologische Beobachtungen auf Kephallenia veröffentlicht. H. HAGN (1958) hat dazu mikropaläontologische Untersuchungen durchgeführt. Die inzwischen erschienene Zusammenfassung über die speläologischen Verhältnisse auf der Insel von J. PETROCHILOS (1959) lag zur Zeit der Aufnahme noch nicht vor.

Eine Erdbebengeographie von Griechenland, die auch die Beben Kephallenias behandelt, stammt von A. G. GALANOPOULOS (1955).

Vom „Institute for Geology and Subsurface Research“ in Athen wurde uns in entgegenkommender Weise eine geologische Manuskriptkarte im Maßstab 1 : 100.000 zur Verfügung gestellt.

Das Untersuchungsgebiet

1. Lage, Gliederung und geologischer Aufbau

Die Insel Kephallenia ist mit rund 750 km² die größte der Ionischen Inseln². Etwa 30 km von der Nordwestküste des Peloponnes entfernt, liegt sie zwischen 38° 4' und 38° 29' n. Br. und zwischen 20° 20' und 20° 49' ö. L. Vom Hafen Piräus wird die Insel nach etwa 20stündiger Dampferfahrt erreicht.

Kephallenia hat der Lage entsprechend typisch mediterranes Klima, trockene, warme Sommer (Argostoli: Juli-Mittel 26,3° C) und feuchte, milde Winter (Argostoli: Jänner-Mittel 11,0° C). Der hauptsächlich im Winterhalbjahr fallende Niederschlag erreicht in der Küstenlandschaft von Argostoli eine durchschnittliche jährliche Höhe von 860 mm.

Der heiße mediterrane Sommer ist infolge der fast stets wehenden trockenen Winde auf Kephallenia erträglicher als etwa auf Korfu, wo die relative Luftfeuchtigkeit ständig sehr hoch ist.

Früher gab es auf der Insel neben Eichenwäldern große Tannenbestände (*Abies Cephalonica*), die das Hauptgebirge bis ca. 600 m Sh. herab in einen dunklen Mantel hüllten. Nach E. FELS (1927) bestanden 1925 davon noch etwa 1700 ha. Sonst herrschen auf den Kalkgebirgen hauptsächlich dünne Halbstrauchbestände der Frigana, deren charakteristische Vertreter vor allem Wolfsmilchstauden (*Euphorbia dendroides* L.) und Kugelbüsche (*Poterium spinosum* L.) sind. Dazwischen stehen nur spärlich Gräser, die dem Kleinvieh als Weide dienen.

Nur in den bewässerten Tertiärbereichen und Alluvionen gibt es zum Teil üppige Gärten, sonst liegt neben dem kärglichen Getreidebau und dem noch immer verbreiteten Weinbau das wirtschaftliche Hauptgewicht auf der Olivenernte. Der noch im 19. Jahrhundert vorherrschende Korinthenbau ist stark zurückgegangen. Allgemein verbreitet ist die Ziegenhaltung.

Der Hauptteil der Insel ist, abgesehen von den kleinen Halbinseln bei Argostoli und beim Kap Mitykas, nur wenig gegliedert. Erst die beiden großen Halbinseln Erisos und Palikki geben Kephallenia die auffallende horizontale Gliederung (vgl. Tafel I und Abb. 1!).

² Die Angaben über die Größe der Insel variieren: J. PARTSCH 760 km², E. FELS 760 km², H. MÜLLER-MINY 750 km², GROSSER BROCKHAUS (1955) 690 km².

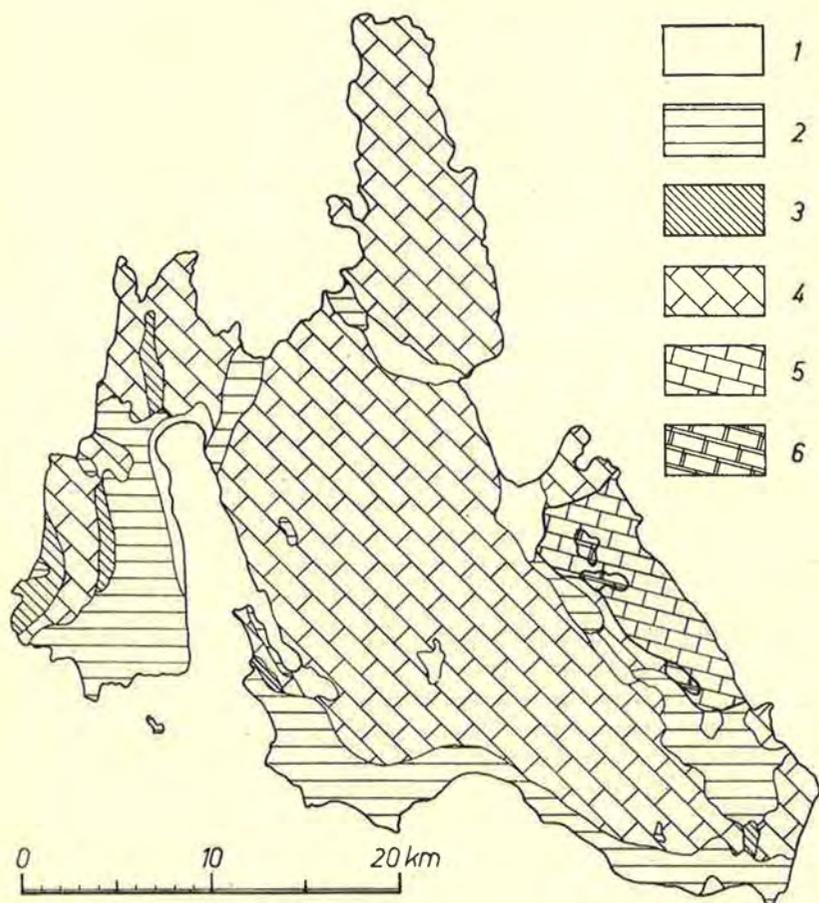


Abb. 1: Geologische Karte der Insel Kephallenia. Gezeichnet nach „Geologic Map of Greece, 1 : 500.000“ von C. RENZ, N. LIATSIKAS und I. PARASKEVAIDIS, 1954; eigene Ergänzungen 1959.

Legende: 1 Quartär (Holozän, z. T. Pleistozän), 2 Neogen (Pliozän, z. T. Miozän), 3 Eozän, 4 Kreide, 5 Jura, 6 Trias.

Den Kern der Hauptmasse der Insel bildet ein mehrgliederiger, aus Kreidekalken aufgebauter Gebirgszug vom Merovigli (993 m) im Nordwesten bis zum Aenos (1628 m) im Südosten, von dem die Tertiärlandschaft von Livatho und der hauptsächlich aus Trias- und Jurakalken aufgebaute Gebirgszug von Kokkini Rachi durch breite Tallandschaften getrennt sind. Die Isthmuslandschaften von Thinea und Pylaros verbinden die vorgelagerten Halbinseln Palikki und Erisos mit dem Rumpfe Kephallenias.

Die Höhenangaben zeigen bereits, daß Kephallenia auch eine beachtliche vertikale Gliederung aufweist. Keine andere der Ionischen Inseln erreicht auch nur annähernd die Höhen Kephallenias, und im Osten und Nordwesten des Hauptteiles der Insel, wie auch auf der Halbinsel Erisos, bieten sich jäh aufragende Steilküsten. Da auch das flache bis hügelige Tertiärland von Livatho und Elios mit einer Steilküste zum Meer abbricht, stehen die flachen Küsten der wenigen Buchten nur vereinzelt im Hintergrund des Gesamtbildes.

Tektonisch gesehen, gehört nach C. RENZ (1940, 1945) der östliche Teil der Insel, das Küstengebirge von Kokkini Rachi zwischen Sami und Skala, noch der adriatisch-ionischen Zone an, während die Hauptmasse der Insel der Paxoszone zugerechnet wird, die als die östliche Fortsetzung der apulischen Tafel anzusehen ist. Während im Bereich der adriatisch-ionischen Zone Kalke und Dolomite der Trias und des Juras auftreten (C. RENZ, 1913), wird die Hauptmasse der durchwegs sedimentären Bildungen der Insel aus Kalken, Dolomiten und Mergeln der Kreide gebildet. Die Oberkreide geht an manchen Stellen, so vor allem auf der Halbinsel Palikki, in eozäne Nummulitenkalke über. Dieser Schichtfolge lagern Neogensedimente (Konglomerate, Sandsteine, Mergel, Kalke und Tegel) diskordant auf. Diese jüngeren Ablagerungen nehmen vor allem weite Teile der Halbinsel Palikki und einen breiten Streifen an der Südwest- und Südküste zwischen Argostoli und Skala ein (Abb. 1). In Mulden eingelagert und zum Teil eingefaltet finden sich kleinere Bereiche neogener Sedimente auch im Innern der Insel. Die größte derartige Mulde ist jene von Arakli. H. MÜLLER-MINY (1958) rechnet einen Teil der hier eingelagerten Sedimente dem adriatisch-ionischen Flysch zu und gibt nach H. HAGN (1958) burdigales bzw. aquitanes Alter an. An der Straße von Kolaiti nach Arginia konnten wir steil aufgerichtetes Jungtertiär noch in 440 m Sh. in tegeliger Entwicklung mit Bruchstücken von Ostrea in einem Störungskontakt mit der Kreide feststellen. Eine weitere hochgelegene Neogenmulde fanden wir in etwa 350 m Sh. zwischen dem Kloster Lamia und dem Dorf Dilinata.

Ausgedehntere alluviale Aufschüttungen, Schotter und Lehme, befinden sich in den Buchten von Argostoli, im Norden und Westen des Livadibusens, in der Bucht von Sami, sowie in der breiten Talung zwischen der Halbinsel Erisos und dem zentralen Teil Kephallenias (Pylaros). Mächtige quartäre Schutthalden liegen am Nordwestfuß des Merovigli, am Fuß der Erisosberge in der Landschaft Pylaros, an den Westhängen des Kokkini Rachi und am Südwestabfall des Aenos.

In den zum Teil tonig-mergelig entwickelten Ablagerungen des Jungtertiärs treten gelegentlich Großrutschungen auf, von denen jene bei Lurdata einen, wie ein Amphitheater zum Meer geöffneten Kessel von rund 1 km Durchmesser bildet.

2. Das Erdbeben von 1953 und seine Folgen

Die Insel Kephallenia liegt in einer Erdbebenzone und wird sehr häufig von kleineren, von Zeit zu Zeit aber auch von katastrophalen Beben heimgesucht. Eine vollständige Aufzählung aller Beben liegt nicht vor, da die Erscheinung so häufig ist, daß die kleineren Stöße von der Bevölkerung gar nicht registriert werden. Nur die großen Beben leben in der Erinnerung fort. •

So wird über verheerende Beben in den Jahren 1636, 1714, 1767, 1867 und schließlich 1953 berichtet (J. PARTSCH 1890, G. A. GALANOPOULOS 1955, H. MÜLLER-MINY 1956, 1957, 1959). Bei der letzten Katastrophe im Jahre 1953 kam es zu einer Heraushebung und Kippung der gesamten Insel, wobei der Hebungsbetrag an der Südküste zwischen 0,8 und 1 m lag, im Bereich von Argostoli nur ca. 0,3 m betrug (Abb. 2, 8). Daß derartige Verstellungen in geologisch jüngster Zeit schon mehrmals eintraten, das beweisen schräggestellte quartäre Verebnungsflächen, die besonders eindrucksvoll auf der Halbinsel Palikki zu beobachten sind.

Das Epizentrum des Erdbebens im Jahre 1953 lag zwischen Kephallenia und Zante. Insgesamt erfolgten in dieser Zeit sechs bis sieben stärkere Beben. Einzelne Erdstöße setzten bereits am 9. August 1953 ein. Die katastrophalen Schäden entstanden bei einem heftigen Stoß am 11. August um 5 Uhr. Dabei wurden vor allem Südost-Kephallenia, Zante und Süd-Ithaka in Mitleidenschaft gezogen. Die Umgebung von Argostoli (West-Kephallenia) wurde vor allem durch ein Beben am 12. August um 11 Uhr zerstört. Bodenunruhen in geringerem Ausmaß dauerten noch einige Monate fort. Die starken Beben wirkten sich auch auf Leukos und an der benachbarten Festlandsküste aus, spürbar waren die Stöße sogar noch in Süditalien.

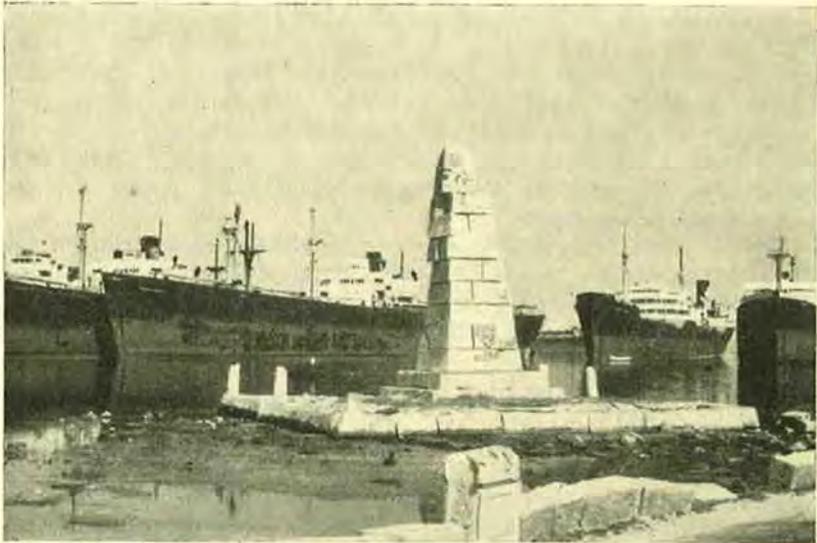


Abb. 2: Stefnpyramide im Hafen von Argostoli. Die einzelnen Quadern wurden durch das Erdbeben von 1953 gegeneinander verschoben. Durch die damals erfolgte Heraushebung der Insel ist die Plattform der Pyramide heute vom Damm über den Kutavos trockenen Fußes erreichbar (vergl. Abb. 11!).

Nach G. A. GALANOPOULOS (1955) wurden von 33.300 Gebäuden auf Kephallenia, Ithaka und Zante 27.659 vollständig zerstört, 2780 schwer und 2394 leicht beschädigt, nur 467 blieben erhalten. Die Zerstörungen betrug auf Kephallenia 91%, auf Ithaka 70% und auf Zante sogar 94%. Auf diesen drei Inseln waren 455 Todesopfer zu beklagen, 21 Menschen blieben vermißt und 2412 wurden verletzt.

Durch dieses Erdbeben des Jahres 1953 wurden auch einige größere Bergstürze ausgelöst, so an den Nordosthängen des Rudi in der Landschaft Pyrgi, östlich von Pastra und nordwestlich von Katelios. Es fanden auch Nach- und Tagbrüche an den zahlreichen Karsthöhlräumen der Insel statt, auf die auf Seite 18 noch näher eingegangen wird.

Nach Berichten der Bevölkerung sollen auch an den Quellen Veränderungen eingetreten sein. So berichtete der Bürgermeister von Evphemia, daß dort durch die Hebung des Strandes um 0,3 m einige früher im Meeresniveau austretende Brackwasserquellen

nunmehr vor der Küste als submarine Quellen aufstoßen. Die Austrittsquellen sind bei ruhiger See an der Bewegung und an der Färbung des Wassers erkennbar.

In der Talfurche östlich von Pastra, in der die starken Quellen Nr. 45 und 46 liegen, soll es laut Aussage des dortigen Bürgermeisters bei dem Beben vom 11. August 1953 zu starken Wasser- ausbrüchen gekommen sein, die zu einer bis 2 m hohen Überflutung des Talbodens führten. Die hier liegenden Quellen sollen seit dem Beben eine vermehrte Schüttung aufweisen. Die Trümmer des bereits erwähnten, in unmittelbarer Nachbarschaft niedergegan- genen Bergsturzes können aber nicht zur Erklärung der Über- flutung herangezogen werden.

Auch in vielen anderen Orten wurde uns über Schüttungsände- rungen von Quellen berichtet, die Überprüfung dieser Angaben ist aber kaum möglich.

Die auf der Insel liegenden Siedlungen haben seit diesem ver- heerenden Erdbeben wesentliche Veränderungen erfahren. Mit dem Wiederaufbau verbundene Ortsverlegungen und Ortszusammen- legungen sind häufig. Dabei wurde die Möglichkeit genutzt, in eine günstigere Verkehrslage zu kommen oder eine bessere Wasserver- sorgung zu erreichen. Die Verlegungen betragen zum Teil mehrere Kilometer, so z. B. bei Skala, das von 180 m Sh., oder Vlachata, das aus 195 m Sh. an die Küste verlegt wurde. Ortszusammen- legungen fanden z. B. in den Becken von Valsamata und Tzanata statt. Die erwähnten Gründe zu den Verlegungen und Zusammen- legungen waren eher für deren Durchführung maßgebend als der Zerstörungsgrad.

Der Wiederaufbau ging mit Hilfe des Staates und vieler in- und ausländischer Hilfsorganisationen und Gönner vor sich. Die neuen Ortsplanungen wurden von den staatlichen Stellen durchgeführt, und mit Hilfe der öffentlichen Hand die ersten Erschließungs- arbeiten, wie Straßenbau, Wasserversorgung usw., in die Wege ge- leitet. Für viele Orte wurden Patenschaften übernommen, was leider meist schematische, für den ganzen Ort gleiche Neubauten zur Folge hatte, die unter Berücksichtigung einer erdbebensicheren Bauweise ein Siedlungsbild schufen, das mit jenem der alten Orts- bilder nichts mehr gemein hat.

Eine weitere Folge dieser Entwicklung ist, daß die vorhandenen Karten vielfach weder in der Angabe des Straßennetzes noch der Siedlungslage und Ortsnamen mit den heutigen Gegebenheiten übereinstimmen.

3. Die Verkarstung

Aus dem Gesagten geht hervor, daß der Großteil der auf der Insel vorkommenden Gesteine verkarstungsfähig ist. Die Karbonatgesteine treten, abgesehen vom Quartär, in allen Formationen auf und dominieren bei den mesozoischen Ablagerungen weitgehend. Besonders für die Verkarstung geeignet sind die gebankten Oberkreidekalke, wobei auf die Entwicklung der unterirdischen Karsthohlräume die Bankungsfugen besonderen Einfluß haben.



Abb. 3: Große Einsturzdoline in den Hängen westlich Sami. Durch den schütterten Bestand der Macchie zeichnet sich die Bankung der Kreidekalke deutlich ab.

Was die Oberflächenverkarstung betrifft, so ist festzustellen, daß Rillen- und besonders Kluftkarren auf der ganzen Insel weit verbreitet sind. Lösungsdolinen wurden bei den bisherigen Begehungen nur selten angetroffen. Einsturzdolinen und -schächte zählen zu den eindrucksvollsten Karstphänomenen auf der Insel, so vor allem im Hinterland der Bucht von Sami (Abb. 3). Einige davon führen Brackwasser, das in seiner Höhenlage annähernd mit dem Meeresspiegel korrespondiert (Melisani, Grava, Zervati, Chiridoni). Der eindrucksvollste Einsturzkessel ist jener von Melisani

(50 m lang und 35 m breit), der in 26 m Tiefe einen Brackwassersee von 160×40 m birgt, dessen Wasser nach Untersuchungen von J. PETROCHILOS (1950) eine ganz leichte Strömung aufweist (Abb. 4). An der unmittelbar benachbarten Küste zwischen Sami und Evphemia tritt eine Reihe von Brackwasserquellen aus (siehe Abb. 5 und Tafel III!). Ein Versuch, den Zusammenhang des Brackwasserstromes von Melisani mit diesen Quellen durch eine Färbung mit Uranin festzustellen, blieb ohne Erfolg (J. PETROCHILOS 1959). An einigen der genannten Einsturztrichter waren

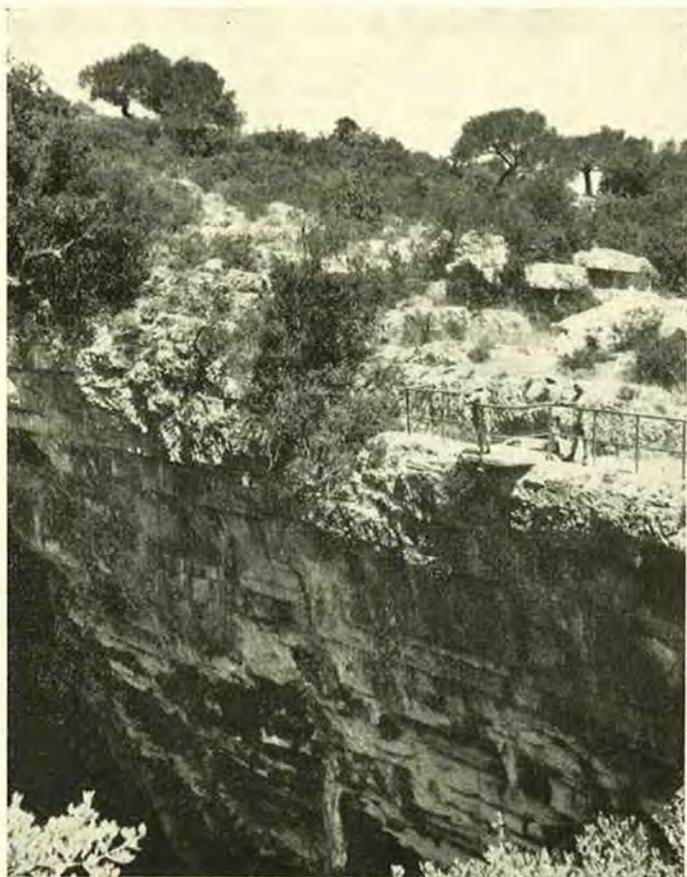


Abb. 4: Einsturzkessel von Melisani. 26 m unter der abgesicherten Weganlage liegt ein etwa 5000 m^2 großer Brackwassersee.

durch das Erdbeben von 1953 Nachbrüche zu verzeichnen (z. B. bei Chiridoni und den Schächten von Grizata), an anderen Stellen sind neue Erdfälle entstanden, so südlich des Großen Akolis in der Landschaft Pyrgi.

Ein größeres Polje befindet sich im Raum von Valsamata. Es hat sich aus einem alten Talsystem entwickelt, das gegen Südosten entwässerte. Der tiefste Teil des Poljes liegt heute zwischen Nea-Valsamata und dem Kloster H. Gerasimus, Roterde-Ablagerungen sind hier in größerer Mächtigkeit anzutreffen. In seinen oberen Bereichen ist das Polje durch einen niedrigen Höhenzug in zwei Talungen gegliedert. Von den Hängen des Rudi und des nördlichen Aenos greifen mächtige Schuttkegel in den Poljeboden vor; gegen Südosten wird das Kesseltal durch einen niedrigen Sattel abgeschlossen. Nach den Winterniederschlägen bildet sich im Polje alljährlich ein 2 m bis 3 m tiefer See, dessen Wasser nach zehn bis vierzehn Tagen durch Schwinden abzieht. Eine dieser Katavothren liegt im Poljeboden östlich von Nea-Valsamata.



Abb. 5: Große Brackwasserquelle an der Küste der Bucht von Sami (Nr. 1 im Quellenkataster). Im Hintergrund die Insel Ithaka.

Das eigenartigste Karstphänomen der Insel sind zweifelsohne die Meerwasserschwinden von Argostoli; sie werden auf Seite 29 ff. näher beschrieben.

Eine eingehende Darstellung der speläologischen Verhältnisse auf der Insel hat J. PETROCHILOS im Herbst 1959 veröffentlicht.

Für den Wasserhaushalt im Kalkgebirge und die fortschreitende Oberflächenverkarstung ist der Bewuchs von größter Bedeutung. Es besteht kein Zweifel, daß die Vernichtung der Wälder nicht nur die Unregelmäßigkeit der Wasserführung der Quellen förderte, die aus dem ehemaligen Waldboden gewonnenen bescheidenen Anbauflächen mußten bei den intensiven Winterniederschlägen des mediterranen Klimas, der sommerlichen Auswehung und der Steilheit der Hänge einer raschen Abtragung erliegen. Die Bestätigung für diesen Wandel in der Kulturlandschaft gibt schon ein Vergleich der kulturgeographischen Beschreibungen von E. FELS (1927) und H. MÜLLER-MINY (1957). 1925 konnte E. FELS gerade für die höheren Teile Kephallenias noch ein Vorrücken der Rebplantagen melden (S. 163). H. MÜLLER-MINY hingegen konstatierte ein eindeutiges Absinken des „Weinbauspiegels“ (S. 403), womit sich unsere eigenen Beobachtungen vollkommen decken. Dieses Aufgeben der höherliegenden Felder mag in der Nähe der städtischen Siedlung Argostoli am deutlichsten und zum Teil auch auf eine Abwanderung zur weniger mühevollen gewerblichen Tätigkeit und zum Handel zurückzuführen sein. Das Absinken der Höhenlage für Bodenbearbeitung und Siedlung ist jedoch eine generelle Erscheinung und zum Teil unverkennbar durch die Oberflächenverkarstung und Bodenabtragung begründet. So bieten sich dem Auge immer wieder die bis zum Gebirgsrücken reichenden Marken kurzlebiger, aus den vernichteten Waldbeständen entstandener Kulturflächen, die bereits Ödland geworden sind. Ebenso charakteristisch für die allgemeine Tendenz des Rückzuges von der Höhe ist, daß nach dem Erdbeben des Jahres 1953 höher gelegene Dörfer aufgegeben bzw. in tieferer Lage neu gegründet wurden. Es kann kein Zweifel darüber bestehen, daß sowohl für den Wasserhaushalt der Insel als auch für eine auf lange Sicht allein rentable Bewirtschaftung der Versuch einer Wiederaufforstung der höher liegenden Gebirgsareale die einzige wirkliche Lösung darstellt.

Noch immer beziehen viele Ortschaften ihr Trink- und Nutzwasser ausschließlich aus Zisternen, und selbst größere Orte, wie etwa Sami, haben eine nur spärliche Wasserversorgung, die keinerlei Komfort erlaubt. Eine einigermaßen ausreichende Wasserversorgung wurde in den von uns untersuchten Gebieten nur in Argostoli

und in wenigen kleineren Orten vorgefunden. Im Rahmen des Wiederaufbaues ist man aber bestrebt, zentrale Ortswasserversorgungen zu errichten.

Das Arbeitsprogramm

Nach der im alpinen Bereich bewährten Methode mußten die Arbeiten auch auf Kephallenia mit der karsthydrographischen Aufnahme beginnen. Quellen, Brunnen und Schwinden (Katavothren), zum Teil auch Schächte und Höhlen, waren kartographisch zu fixieren, die Anlage eines Quellenkatasters einzuleiten. In diesem werden für jede Quelle Seehöhe, Quelltypus, geologische und morphologische Situation, Nutzung, sowie die Ergebnisse aller physikalischen und chemischen Messungen festgehalten.

Schon im Zuge der ersten Aufnahme sollten Temperatur, Leitfähigkeit, Karbonat- und Gesamthärte der Quellwässer bestimmt werden. Die Bestimmung der Leitfähigkeit und die chemischen Untersuchungen waren mittels eines Feldlabors im Quartier zu tätigen, für den Transport der Wasserproben standen Plastikflaschen mit 1 l Fassungsvermögen zur Verfügung. Die Messung der Wassertemperatur erfolgte mittels geeichten Wasserthermometern mit einer Meßgenauigkeit auf 5/100 Grad C. Die Wasserführung der Quellen und Gerinne sollte im Zuge dieser ersten Aufnahme nur geschätzt werden.

Für die Leitfähigkeitsmessungen stand ein sehr handliches Gerät, der Normameter RW (Modell 185 RW, erzeugt von den Normwerken in Wien), zur Verfügung. Es handelt sich um eine Wheatstone-Brücke, bei der sämtliche Widerstände, das Zeigergalvanometer und die 4,5-V-Batterie in einem handlichen schwarzen Preßstoffgehäuse untergebracht sind. Um bei der Messung flüssiger Leiter Polarisationserscheinungen zu vermeiden, wird als Wechselstromquelle ein Summer verwendet. Als Nullanzeigergerät dient ein Kopfhörer. Die Messung erfolgt so, daß die in eine Glassonde eingebaute, mit Platinasche belegte Elektrode zusammen mit einem Thermometer in die Wasserprobe eingesetzt wird. Aus dem abzulesenden Skalenwert und der Wassertemperatur wird die Leitfähigkeit auf eine Einheitstemperatur umgerechnet.

Für die Bestimmung der Karbonathärte sollte die übliche Titrationsmethode angewendet werden. Bei dieser wird das Säurebindungsvermögen des Wassers durch den Verbrauch von n/10 Salzsäure durch 100 ml der Probe festgestellt. Als Indikator kann dabei

Methylorange oder Dimethylgelb verwendet werden. In Anbetracht der langen und beschwerlichen Anreise und der Verwendung in einem improvisierten Feldlabor, wurden für die Titration Kunststoffbüretten gewählt. Diese sind auf einen Kunststoffbehälter mit 0,5 l Fassungsvermögen montiert, der gleichzeitig als Standfläche ausgebildet ist. Vor jeder Titration wird durch einen einfachen Druck auf den Plastikbehälter die Bürette automatisch bis zur Nullmarke gefüllt, die Salzsäure ist sehr einfach mit Hilfe einer Schlauchklemme zu dosieren.

Die von FLASCHKA entwickelte Durognost-Methode (Herstellungsfirma Heyl, Hildesheim) hatte der Bestimmung der Gesamthärte zu dienen. Bei dieser Schnellmethode wird eine Genauigkeit von 1 bzw. $\frac{1}{2}$ Grad deutscher Härte erreicht, was für die angestrebte Übersicht vollständig genügte. Bei diesem Verfahren werden 5 bzw. 10 ccm Wasser mit einem Indikator versetzt und dann so lange Pillen zugesetzt, bis ein Farbumschlag erfolgt. Die Pillen sind für 5 bzw. 1 Grad deutscher Härte dosiert, aus der Anzahl der Pillen ergibt sich die Gesamthärte des Wassers in deutschen Härtegraden. Das gesamte Besteck hat leicht in einer Rocktasche Platz und wiegt etwa 10 bis 15 dkg.

Diese erste systematische Aufnahme, die in der Anlage eines Quellenkatasters gipfelt, ist zeitraubend und läßt keine sensationellen Ergebnisse erwarten. Nichtsdestotrotz ist sie die einzige verläßliche Basis, auf die spätere spezielle Untersuchungen, wie die Verfolgung unterirdischer Wasserwege, Untersuchungen am Wasserhaushalt des Karstwasserkörpers oder Wassererschließungsarbeiten erfolgversprechend aufgebaut werden können. Erst eine gründliche und systematische karsthydrographische Aufnahme sichert die richtige Beurteilung der Ergebnisse späterer Versuche und die Wirtschaftlichkeit derartiger Unternehmungen.

Der von uns begonnene Quellenkataster führt neben den wirklichen Quellen auch alle Brunnen und positiven Wasserbohrungen in einer numerischen Ordnung in der Reihenfolge der Aufnahme. Die Lage der einzelnen Wasservorkommen wurde in eine Karte 1 : 25.000 eingetragen (vgl. dazu Tafel III und den Auszug aus dem Quellenkataster Seite 42 ff.!).

Die Ergebnisse der Aufnahme

1. Der hydrogeologische Befund

Im Zuge der Begehungen wurden 127 Quellen, Brunnen und Brunnenfelder aufgenommen und deren Wässer zum größten Teil den geplanten physikalischen und chemischen Untersuchungen unterzogen. Die Aufnahme beschränkte sich aus zeitlichen Gründen auf den Hauptteil der Insel, die Halbinseln Erisos und Palikki wurden nicht begangen, auch an der Ostküste der Insel konnte zwischen Poros und Sami die Aufnahme nicht abgeschlossen werden. Die Ergebnisse der physikalischen und chemischen Untersuchungen wurden in Übersichtskartogrammen und Diagrammen veranschaulicht (Tafel II und Abb. 12, 13).

Das Innere der Insel, das Gebirgsland vom Merovigli über den Rudi bis zum Aenos, ist weitgehend wasserlos. Im Hochtal zwischen dem Kloster Lamia und dem Dorfe Dilinata und im Polje von Valsamata bildeten sich in den neogenen bzw. pleistozänen Sedimenten des Tal- und Poljebodens bescheidene lokale Grundwasserkörper, die die Anlage von Schachtbrunnen ermöglichten (109, 52, 110; Nr. laut Tafel III und Tabelle). So bestehen im Brunnenfeld des Hochtales östlich Lamia eine große Zahl von Schachtbrunnen, die in Abständen von 20 bis 50 m abgeteuft wurden. Zur Zeit der Aufnahme lag der Wasserspiegel in den Brunnen in ca. 4,5 m Tiefe. Im Polje von Valsamata liegen ebenfalls über 40 Schachtbrunnen beim Dorfe Nea-Valsamata (52). Auch hier fanden wir den Wasserspiegel zur Zeit der Aufnahme in 4,5 m Tiefe, die Gesamttiefe der Brunnen beträgt hier durchschnittlich 5 m. Ein Brunnen von 8 m Tiefe bei der großen Platane an der Straße zum Kloster H. Gerasimus führte kein Wasser. Nach der ganzen Situation ist zu vermuten, daß dieser Schachtbrunnen bereits sein Wasser in den Kalkuntergrund durchsickern läßt. Zur Regenzeit bildet sich, wie schon erwähnt, im Polje ein See, dessen Wasser sich im Frühjahr langsam durch Sinklöcher in den Kalkuntergrund verliert. Bemerkenswert ist, daß eine Katavothre im nördlichen Teil des Poljes ungefähr in der Mitte des Poljebodens gelegen ist.

Auch die ganze Nordostabdachung des Gebirges vom Merovigli bis zum Aenos führt nur unwesentliche kleine Sickerquellen (Pulata 49, Markata 29, 30), erst an der Küste, in den Buchten von Ephemiam und Sami, treten mächtige Brackwasserquellen auf (siehe Seite 36 und Abb. 5!). So finden auch die beiden einzigen bescheidenen Obertaggerinne, in der Talung zwischen dem Hauptgebirge

Rudi-Aenos und dem steil zur Ostküste abbrechenden Kokkini Rachi gelegen, ihren Ursprung am Westhang des letzteren: Nördlich der Talwasserscheide von Pyrgi entspringt im Kleinen Akoli (10) der im Sommer schon nach kurzem Lauf versiegende Bach von Sami, südlich davon, im Großen Akoli (13), das gegen Poros fließende Gerinne, das auch zur Trockenzeit noch die Felder von Tzanata bewässert, aber vor dem Durchbruch zum Meer versiegt.



Abb. 6: Der Quelltümpel des Großen Akoli (Nr. 13 im Quellenkataster).

Zur Zeit der Aufnahme betrug der Abfluß aus dem Großen Akoli etwa 45 l/sec. Der Quellaustritt liegt am Rand eines alten Talschlusses, der durch lehmige Ablagerungen ausgekleidet ist. An diesem, für die Bewirtschaftung des Beckens von Tzanata wichtigen Quellaustritt hat das Agrarministerium einen Beobachtungsdienst eingerichtet, neben Niederschlagsmessungen wird durch zwei Pegel der Abfluß kontrolliert. Die eigentlichen Wasseraustritte sind nicht zugänglich, da die einige hundert Quadratmeter große Wasseroberfläche von der einen Seite dicht mit Schilf bewachsen ist, von der Bergseite aber das steil abfallende Ufer und die große Wassertiefe eine Annäherung nicht zulassen (Abb. 6). Aus diesem Grunde war auch eine Messung der Quelltemperatur nicht möglich.

Der oberhalb des Großen Akoli gelegene Ort H. Nikolaos wird mittels einer Pumpe direkt aus dem Quelltümpel mit Wasser versorgt.

Einige hundert Meter talabwärts liegt, ebenfalls in die alten Talsedimente eingesenkt, Linarolimni, eine flache Karstwanne mit 80 m Durchmesser, in die während des Winters das Karstwasser hochsteigt. Diesen Verhältnissen entspricht auch ein etwa 250 m südöstlich davon gelegener Erdfall mit 10 m Durchmesser und 3 m Tiefe, der erst infolge des Erdbebens von 1953 entstanden ist und dessen Boden auch noch im August 1959 mit Wasser bedeckt war.

Im Volke herrschte der Glaube, daß die beiden Quelltümpel des Großen und Kleinen Akolis „grundlos“ wären. Messungen durch J. PETROCHILOS haben aber für das Große Akoli eine größte Tiefe von 11,5 m, für das Kleine Akoli eine solche von 7 m ergeben.

Bei unseren Aufnahmebegehungen im August 1959 fanden wir das Kleine Akoli fast trocken vor. In der Hoffnung, durch eine Absenkung des Spiegels die Schüttung der Quelle beträchtlich steigern zu können, hatte man im Zuge eines Bewässerungsprojektes mit Hilfe eines mehrere Meter tiefen Grabens den Quelltümpel entleert. Durch diese Maßnahme wurde aber die geringmächtige Schwarte der abdichtenden neogenen Mergel verletzt, so daß nunmehr ein Teil des Quellwassers in den Untergrund absinkt. Nur mehr 3,5 l/sec flossen zur Aufnahmezeit dem Bewässerungssystem zu (vgl. Abb. 7!). Bezeichnend für die Herkunft des Wassers aus dem dahinterliegenden Karstbereich sind zwei in einer Linie angeordnete Dolinen am Hang oberhalb des Quelltümpels.

Am Westhang des Kokkini Rachi befinden sich zwischen den beiden Akolis noch zwei größere Quellen (11, 12), von denen die nördlich bei Sophata gelegene kühles Trinkwasser liefert. Dies kommt auch in ihrem Namen „Kühle Quelle“ zum Ausdruck.

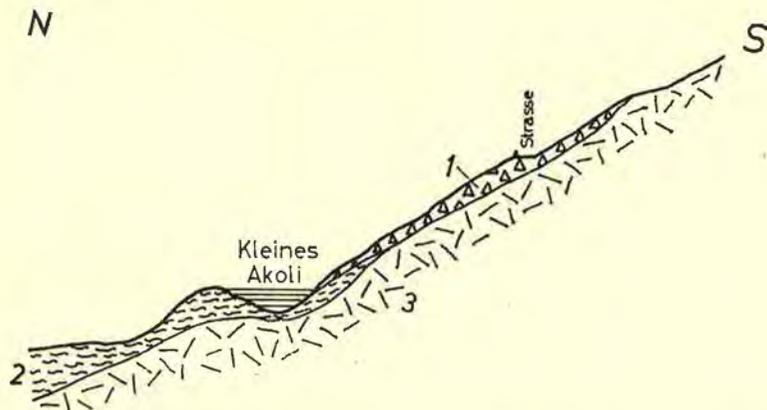


Abb. 7: Geologisches Profil durch den Hang beim Akoli (stark überhöht).
 Legende: 1 Hangschutt, 2 neogene Mergel, 3 Dolomit (Trias).

Am Südosthang des Aenos setzt eine Reihe kräftiger Quellaustritte bei Mavrikata (80) ein, die sich von hier über Xenopulu (81), Kapandriti (82), Pastra (45, 46), Kremmydi (44), Markapulon (43), Chionata (63) und Valerianu (64) um die südöstlichen Ausläufer des Aenos schart. Im Gebiet von Mavrikata — Kapandriti handelt es sich um für die Ortsversorgungen gefaßte Überfallquellen, die durch das an die Kreidekalke des Aenos anlagernde, hauptsächlich aus sehr lehmigen Mergeln bestehende Jungtertiär verursacht werden. Die Quellen liegen in 260 bis 270 m Sh., die Grenze Tertiär — Kreide ca. 50 m höher. Ähnlich ist die Lage der starken Quelle von Kremmydi und bei den 15 Brunnen von Markapulon (65), die einen durch Lockersedimente verhüllten Quellhorizont aus den Kreidekalken erfassen.

Die Quellabflüsse haben zum Teil tiefeingeschnittene Gräben in den tertiären Sedimenten entwickelt, wodurch die Quellen und die Quellfassungen schwer zugänglich sind.

Die starke Quelle von Pastra (45), die noch Ende August über 10 l/sec schüttete, tritt etwas tiefer in einer Mulde aus jungtertiären Konglomeraten aus. Auch hier handelt es sich, wie bei der südöstlich davon liegenden Quelle (46, Schüttung im August 1959 ca. 2 l/sec), um starke Karstquellen aus den Kreidekalken, die das anlagernde Tertiär durchstoßen.

Die Quellen von Chionata (63) und Valerianu (64) liegen ebenfalls an der Grenze Kreide — Tertiär. Die gesamte genannte

Quellenreihe stellt ein anlagernde stauende Schichten gebundenes höheres Stockwerk von Karstquellen im Südostraume des Aenos dar.

Dort, wo in dem Graben, in dem die Straße von Kolaiti nach Arginia zieht, tegeliges Jungtertiär in noch größere Höhen reicht (siehe Seite 12!), bedingt es die wenigen, noch höher gelegenen Quellaustritte. So verfügt der Ort Kolaiti durch die Fassung mehrerer starker Quellen (71) in 360 m Sh. noch über eine gute Wasserversorgung, und selbst Arginia (495 m Sh.) über eine gefaßte Quelle (72), die noch im August 0,5 l/sec spendete, was für diese Höhenlage auf der Insel ungewöhnlich ist.

Unter dem Quellhorizont von Mavrikata bis Valerianu liegen tiefergelegene Quellbereiche. So sind die Quellen von Tzanata (78) und H. Rini (79) wohl Folgequellen des Quellbereiches von Mavrikata — Kapandriti, und der Grundwasserkörper des Brunnenfeldes von Katelios (68) wird u. a. auch vom Abfluß der Quellen von Pastra gespeist. Die in Katelios bei jedem Haus befindlichen Schachtbrunnen haben Tiefen von 2,5 bis 5 m. Obwohl nahe dem Strand gelegen, ist das Brunnenwasser nicht brackig.

Westlich von Katelios liegt auf einer tertiären Strandterrasse das Brunnenfeld von Mavrata (65), mehrere Dutzend Brunnen, die meist über 10 m tief sind und jederzeit Wasser führen. Am Abhang zum Strand treten hier Sickerwässer aus dem Grundwasserkörper in Form kleiner Quellen aus (66, 67).

Östlich von Katelios tritt aus den, eine Steilküste bildenden, pliozänen Kalksandsteinen unmittelbar an der Strandlinie Süßwasser in Form von Kluftquellen aus (69, 70). Klufthöhlen, Strandterrasse und Quellen sind hier besonders gut zu verfolgen, da beim Erdbeben des Jahres 1953 die Insel an dieser Stelle etwa 80 cm gehoben wurde (Abb. 8).

Noch weiter im Osten liegt die Bucht von Skala, in der durch eine Bohrung im Jungtertiär ein zur Versorgung von Nea-Skala genutzter Grundwasserhorizont erbohrt wurde.

Im Südwesten und Westen des Aenos werden die unterirdischen Wässer aus dem zentralen Grundgebirge von dem immer breiter werdenden vorgelagerten Tertiärsockel mehr und mehr aufgesogen. Bei Lurdata (40) und H. Dimitrios (39) stoßen nochmals kräftige Quellen durch die pliozänen Konglomerate, Mergel und Tegel (noch im August je ca. 1,5 l/sec), deren Wasser zweifellos aus den Kreidekalken des Hinterlandes stammt. Der Quellhorizont bei H. Dimitrios setzt in einer Schlucht mächtige Kalktuffe ab. Unmittelbar an der Küste liegt bei Lurdata rund ein Dutzend Schachtbrunnen, die der Bewässerung von Gartenanlagen dienen (42). Ihr Wasserspiegel lag



Abb. 8: Durch das Erdbeben 1953 herausgehobene Abrasionsterrasse an der Südküste Kephallenias. Hebungsbetrag etwa 80 cm.

zur Zeit der Aufnahme in 3 m Tiefe, das ist knapp über dem Meeresspiegel. Trotzdem der Strand nur 30 bis 40 m von den Schachtbrunnen entfernt ist, ist das Wasser kaum brackig.

Die Ortschaft Lurdata liegt am oberen Rand einer sich amphitheaterartig zum Meer hin öffnenden Großrutschung. Das Rutschterrain hat einen Durchmesser von mehr als 1 km. Durch das Zusammentreffen einer Wechsellagerung von lehmigen und sandig-schotterigen Sedimenten und durch das aus den dahinter liegenden Kreidekalken des Aenos durchdrückende Karstwasser ist die Rutschung bedingt. Kleinere Quellen treten auch in der Rutschung selbst auf (41). Dieser relative Wasserreichtum gestattet eine intensive Garten- und Obstwirtschaft, die zur ertragreichsten der ganzen Insel gehört.

Der Tertiärsockel wächst in der Landschaft Livatho zu einer Breite von 4 bis 5 km an. Die Kreidekalke stoßen hier mit dem Burgfelsen von H. Georgios am weitesten nach Südwesten vor. Die Ortschaften im Bereich der Kreidekalke haben derzeit nur Zisternenwasser. Im Tertiärsockel der Landschaft Livatho aber fehlt es nicht an Brunnenfeldern und ergiebigen Bohrungen. So liegen 5 Brunnen in der flachen Talung zwischen dem Kloster

H. Andreas und H. Georgios (37) und 7 Brunnen südlich des Dorfes Peratata (38). Der Wasserspiegel lag zur Aufnahmezeit in 4 bis 5 m Tiefe. Ergiebige Bohrungen wurden bei Svoronata (18, 19) und Kurkumelata abgestoßen (22).

In Svoronata erschließen drei bis zu 80 m tiefe Bohrungen Grundwasserhorizonte in einer jungtertiären Schichtfolge von Lehmen, Kalksandsteinen und Mergeln. Bemerkenswert ist die Stärke der Verwitterungsdecke. So wurden bei einer Bohrung etwa 20 m mächtige, mit Schutt untermengte Roterden angetroffen. Aus der südlich gelegenen Bohrung (18) werden derzeit 5 l/sec durch 5 bis 6 Stunden am Tage gepumpt. Die zweite Bohrung in Svoronata (19) liefert durch 7 bis 8 Stunden am Tag 3,5 l/sec. Die dritte Bohrung wird derzeit nicht genutzt und ist daher auf den Kartenbeilagen nicht verzeichnet.

Das benachbarte Kurkumelata wird aus zwei Bohrungen versorgt. Der Ort liegt an die 50 m höher als Svoronata, aber ebenfalls noch im Tertiärsockel von Livatho. Aus einer 129 m tiefen Bohrung werden täglich durch 6,5 Stunden 6 l/sec gepumpt (22), aus der zweiten, 155 m tiefen, die gleiche Zeit hindurch 4,5 l/sec. Ob die bis in das Meeresniveau reichenden Bohrungen bereits die Kreidekalke erreichten, ist uns unbekannt, aber durchaus möglich.

Diese im Zuge des Wiederaufbaues nach dem Erdbeben von 1953 abgestoßenen Bohrungen gestatten durch ihre reichliche Wasserspende über die Trinkwasserversorgung hinaus einen für die Verhältnisse auf der Insel überdurchschnittlichen Wasserverbrauch für kulturelle Belange.

Eine ebenfalls erfolgreiche Wasserbohrung wurde bei Mazarakata in etwa 160 m Sh. abgeteuft. In der bis zum Meeresspiegel reichenden Bohrung steht der Wasserspiegel in einer Tiefe von 145 m. Während einer Probepumpung wurden bei einer Absenkung um 5 m 20 l/sec gepumpt. Als Dauerentnahme ist bei täglich vierstündigem Pumpen eine Entnahme von 14,5 l/sec geplant. Eine Untersuchung des Chemismus war zur Zeit unserer Begehungen leider nicht möglich, da die Arbeiten am Ausbau der Bewässerungsanlagen noch im Gang waren. Die Bohrung durchstieß die hier nur mehr geringmächtigen pliozänen Kalksandsteine, in denen unweit von der Brunnenanlage die bekannten Felsgräber von Mazarakata liegen. Das Wasser wurde in den unterlagernden Kreidekalken angetroffen.

Wie die erfolgreichen Bohrungen von Svoronata, Kurkumelata, Mazarakata und die später noch zu erwähnenden Bohrungen im Raume von Argostoli beweisen, besteht durchaus die Möglichkeit der Erschötung nutzbarer Wassermengen aus einem tiefliegenden

Karstwasserkörper. Der Erfolg eines solchen Versuches hängt davon ab, ob die abgestoßene Bohrung wasserführende Klüfte oder Schläuche anfährt oder nicht. Die Aussichten werden im meist engklüftigen Dolomit oder im Kalksandstein, wie sie in der Landschaft Livatho vorkommen, größer sein als bei den weitständigen Klufsystemen der oft massigen Kalke. Da eine Bohrung ja nur einen Nadelstich in das Gebirge darstellt, ist sie immer mit einem gewissen Risiko verbunden. So wurden in den letzten Jahren im Süden Kephallenias auch erfolglose Bohrungen abgeteuft, wie bei Pesades, Simotata und Valerianu. Die Bohrung bei Pesades, die in etwa 60 m Sh. angesetzt wurde, blieb trotz einer Tiefe von 155,5 m trocken. Im höhergelegenen Simotata stellte man die Bohrung in 82 m Tiefe ein. Eine 27 m tiefe Bohrung bei Valerianu (140 m Sh.) fuhr einen trockenen Karstschlauch an. Bei der geringen Tiefe dieser Bohrung ist das negative Ergebnis nicht verwunderlich. Hier handelt es sich um Vertikalbohrungen, die das wasserführende Klufsystem nicht getroffen haben. Grundsätzlich ist aber zu bemerken, daß diese Ergebnisse nicht zum Schluß berechtigen, daß kein Karstwasser vorhanden sei. In jedem verkarsteten Gebirgstock müssen unterhalb des Vorflutniveaus alle vorhandenen offenen Hohlräume mit Wasser erfüllt sein.

Bei der Möglichkeit, den Karstwasserkörper durch Abschachtung zu erreichen, bestehen schon erhöhte Erfolgsaussichten. Hier ist es vor allem möglich, vom Schacht aus Horizontalstollen vorzutreiben, durch die ein bedeutend größerer Bereich erfaßt werden kann. Der Ansatz von Horizontal- oder Schrägstollen ist dort zu empfehlen, wo in einem verkarsteten Gebirge das Wasser durch abdichtende Gesteine zurückgestaut wird. Dergestalt Verhältnisse finden sich z. B. an den unteren Teilen des Ost-, Süd- und Westhanges des Aenos, wofür die vorhandenen Überfallquellen im Becken von Tzanata und in der Landschaft Elios sprechen.

Entlang der Westküste von Livatho bis Argostoli liegen nur unbedeutende kleine Quellaustritte, der nennenswerteste beim Badestrand von Platigiala (59). Die höchste dieser kleinen Quellen liegt bei Miniata (Höhle des H. Gerasimus) in etwa 100 m Sh. (90).

Die Halbinsel von Argostoli birgt das Phänomen der Meeresschwinden (Meermühlen), das besonders durch K. W. M. WIEBEL (1874), J. PARTSCH (1890) und O. LEHMANN (1932) bekannt wurde.

Der Westen und Norden der Halbinsel besteht aus Kreidekalken, der Osten wird aus pliozänem Kalksandstein aufgebaut. An der Westküste fallen die bankig entwickelten Kreidekalke durchwegs gegen das Land ein. Das Fallen wechselt von sehr flacher Lagerung bis mittelsteil. Neben einer ausgeprägten weitständigen Ost-West-

Klüftung tritt stellenweise eine sehr intensive, engscharige Zerbrechung der Kalke auf. Durch diese Umstände begünstigt, kommt es an der meist 5 m hoch entwickelten Steilküste zur Auswaschung von tief eingreifenden Brandungshöhlen. Dadurch ist die Beobachtung eventuell vorhandener Schluckstellen praktisch unmöglich. So konnten bei der Aufnahme an der Westküste keine Meerwasserschwinden festgestellt werden.

Im Norden der Halbinsel flacht die Küste zusehends ab, die Bucht zwischen dem Leuchtturm und der nördlichen verfallenen Meermühle ist bis nahe an die Letztere sicher frei von Meeresschwinden. An der hier entwickelten Flachküste werden vom Meer ständig feinklastische Sedimente angelandet.

Die erste Meeresschwinde liegt an der äußersten Nordspitze der Halbinsel.

Das Phänomen des Versinkens von Meerwasser in Gesteinsklüfte wurde durch die Engländer Dr. WHITE und J. DAVY über die Insel hinaus bekannt (siehe WIEBEL 1874, Seite 107!). Bereits 1835 wurde an der Nordspitze der Halbinsel eine Mühle errichtet, 1859 wurde weiter südlich eine zweite von Dr. D. MIGLIARESI, dem Gewährsmann von K. W. M. WIEBEL, erbaut. Durch das Verschließen einiger Klüfte und Erweiterung anderer gelang es, Kanäle zu schaffen, die das für den Betrieb der Mühlen nötige Wasser abführten. Nach alten Angaben sollen bei der nördlichen Mühle über $1 \text{ m}^3/\text{sec}$ und bei der südlichen $0,7 \text{ m}^3/\text{sec}$ verschluckt worden sein. Heute sind diese Katavothren durch Einschwemmung von Seetang und Schuttablagerungen als Folge der Aufräumungsarbeiten nach dem Erdbeben von 1953 weitgehend verstopft. Der künstliche Kanal zur südlichen Mühle war anscheinend von Anbeginn seichter als jener zur nördlichen. Durch die durch das Erdbeben von 1953 verursachte Heraushebung lag der südliche Kanal zur Aufnahmezeit trocken, während durch den nördlichen zügig Wasser den Sinkstellen zuflöß (Abb. 9)³.

Vor einigen Jahren versuchte der Amerikaner Dr. PANE durch Einspeisung von 40 kg Uranin in die Schwinde bei der nördlichen Mühle das Phänomen zu klären. Der Versuch hatte kein Ergebnis (J. PETROCHILOS 1959). Hypothesen zur Erklärung dieser Meeresschwinden gaben R. FOUQUÉ (1867), K. W. M. WIEBEL (1874),

³ Die Gezeiten spielen hier kaum eine Rolle. O. KRÜMMEL (1911) gibt einen Gezeitenhub (für Korfu) von nur 6 cm an, E. FELS (1923) schätzt etwa 20 cm. H. MÜLLER-MINY (1957) verweist auf eine Mitteilung im Mittelmeer-Handbuch (IV. Teil, 1935), nach der im Ionischen Meer durch den Wechsel von nördlichen und südlichen Winden jahreszeitliche Spiegelschwankungen im Ausmaß von 30 cm verursacht werden.



Abb. 9: Meerwasserschwinde an der Nordspitze der Halbinsel von Argostoli. Der etwa 2,5 m breite Mühlkanal bei der „Alten Mühle“.

O. LEHMANN (1932) und J. PETROCHILOS (1959). O. LEHMANN befaßte sich sehr eingehend mit den hier vorliegenden physikalischen Problemen und griff dabei besonders WIEBEL heftig an. Den einzig berechtigten Einwand, nämlich daß WIEBEL nie auf Kephallenia war, erhebt LEHMANN allerdings nicht, da auch er das Phänomen nicht aus eigener Ansicht kannte. Da aber WIEBEL in dem in Argostoli ansässigen Dr. MIGLIARESI, dem Besitzer der

Meermühlen, einen orts- und sachkundigen Berichterstatter hatte, so ist es nicht verwunderlich, daß seine Angaben über die örtlichen Verhältnisse eher den Tatsachen entsprechen als jene LEHMANN'S.

Bei den eigenen Aufnahmen konnten, von der Nordspitze der Halbinsel an der Ostküste gegen Süden arbeitend, derzeit insgesamt 11 aktive Schluckstellen am unmittelbaren Küstensaum festgestellt werden (Abb. 10). Drei Schwinden liegen im Kreidekalk, eine davon, die größte aller, schluckte ca. 50 l/sec; sie liegt etwa 10 m landeinwärts und das Meerwasser wird ihr durch einen gewundenen, ge-

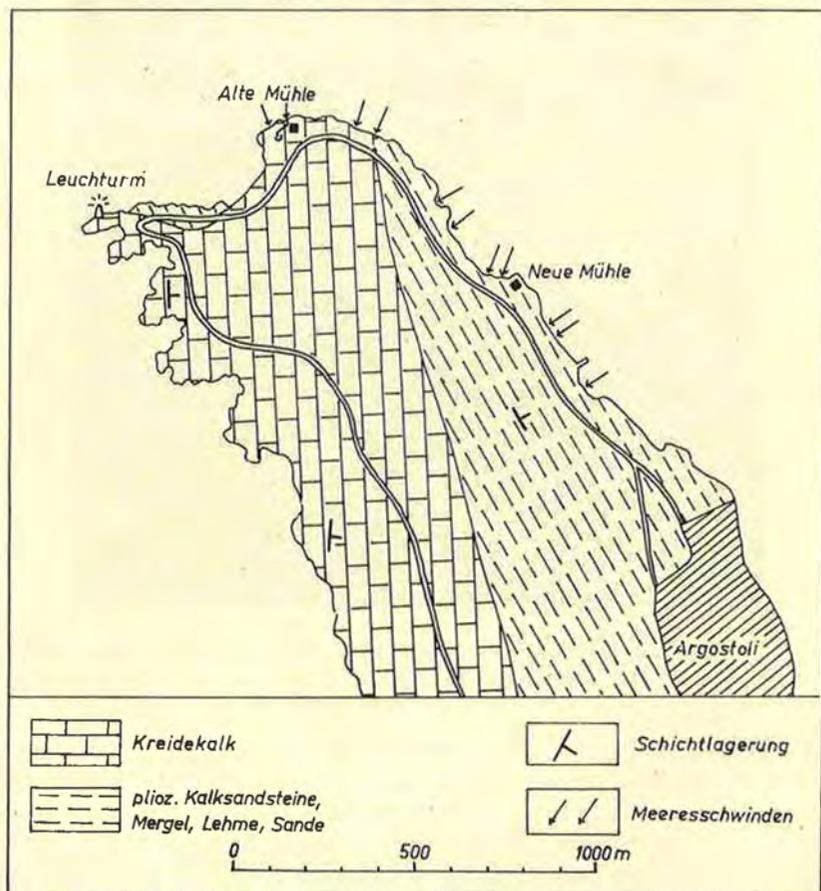


Abb. 10: Geologische Skizze der Halbinsel von Argostoli.

mauerten Kanal zugeleitet. Hier stand einst die eine der schon genannten Mühlen, die dem Phänomen die Bezeichnung „Meermühlen“ brachten.

Die nächste Schluckstelle befindet sich genau an der Grenze Kreide—Pliozän. Das Wasser verschwindet hier in der Kluft eines größeren Blockes; in einer Spalte, 1,5 m weiter landeinwärts, war das Abfließen in einem tieferen Niveau (ungefähr -1 m) deutlich sichtbar. Die nächsten 7 Schluckstellen liegen durchwegs im pliozänen Kalksandstein, und auch hier versinken stellenweise über 10 l/sec. An einer dieser Schwinden liegen die Trümmer der zweiten Mühle.

Insgesamt verteilen sich die festgestellten Schwinden auf etwas mehr als 1 km der Nordostküste der Halbinsel von Argostoli. An einer Stelle konnte in einer Naturhöhle, etwa 30 m vom Strand entfernt, stehendes Wasser beobachtet werden; der sich nicht verändernde Spiegel lag mehr als 1 m unter dem Meeresniveau, nach einer Messung von Herrn Prof. J. PETROCHILOS genau $-1,20$ m. Eine vor dem Erdbeben des Jahres 1953 von ihm durchgeführte Messung zeigte eine Niveaudifferenz von 1,50 m. Dieser Betrag stimmt genau mit den Angaben von K. W. M. WIEBEL und J. PARTSCH überein. Es ist auffällig, daß die Heraushebung der Insel infolge des Erdbebens von 1953 in diesem Bereich etwa 30 cm betrug. Daraus wäre zu schließen, daß der durch das Meerwasser gespeiste Karstwasserkörper nördlich von Argostoli mit herausgehoben wurde.

Trotz aller Erklärungsversuche muß festgestellt werden, daß es bisher nicht gelungen ist, eine befriedigende Theorie zur Lösung dieses Rätsels zu finden.

Abgesehen von einem untiefen Schachtbrunnen in 80 m Sh. (87), der örtliches Sickerwasser sammelt, fehlen in der nördlichen Hälfte der Halbinsel von Argostoli sowohl Quellen als auch Schachtbrunnen. Erst in der Stadt selbst konnten wir von zwei Brunnen Proben entnehmen (85, 86), die Tiefenlage des Wasserspiegels war aber nicht feststellbar. Am Südende der Stadt tritt eine kleine artesische Quelle 1 m über Meereshöhe aus (84). Alle drei Vorkommen sind durch bereits im vorigen Jahrhundert abgeteufte Bohrungen auf artesisches Wasser erschlossen worden, wobei nur bei der südlichsten das Wasser bis an die Oberfläche aufdringt.

Die Bohrungen wurden, wie J. PARTSCH (1890) berichtet, von dem Deutschen P. ZILLER in den Jahren 1880 bis 1889 ausgeführt. Nach seinen Angaben wurde das artesische Wasser bei der Bohrung Nr. 84 in 47 m Tiefe angetroffen.

Für den in der Nähe der Nationalbank befindlichen Brunnen

(85) wurde eine 60 m tiefe Bohrung abgestoßen. Der Wasserzudrang kam aus zwei Horizonten, und zwar in 28 bis 30 m aus einer Sandschicht, und in stärkerem Ausmaß in der Tiefe von 60 m.

Der beim Elektrizitätswerk bestehende Brunnen (86) bezieht sein Wasser aus 30 m Tiefe.

Die genaue Lage einer weiteren, 112 m tiefen Bohrung, die zwischen den Brunnen Nr. 85 und 86 abgeteuft wurde, ließ sich nicht mehr eruieren. Über die in ihr angetroffenen Schichtfolgen liegen aber die genauesten Daten vor, so daß sie hier wiedergegeben werden: Bei 20 m Tiefe traf man auf eine 15 bis 20 m mächtige Schlamm- und Triebssanderschicht, in der der Bohrer von selbst versank. Darunter auftretender Triebssand erschwerte das weitere Bohren ungemein. Hier sank das Bohrwasser bis 2 m unter dem Meeresspiegel ab, und soviel man auch Wasser nachgöß, blieb es stets auf diesem Niveau stehen. Die tieferen Schichten bis 112 m waren meist tonig, darin auftretendes Wasser stieg ebenfalls nur bis -2 m Sh. an.

In diesem Zusammenhang ist es interessant, daß zwei auf der Agora abgestoßene erfolglose artesische Bohrungen mit 80 bzw. 30 m Tiefe ebenfalls einen Wasserspiegel von $-1,5$ m aufwiesen. Auch hier konnte der Wasserstand durch Wasserzufuhr nicht erhöht werden, außerdem war das Standwasser brackig. Durch diese Bohrungen scheint das Karstwassersystem der Meeresschwinden angetroffen worden zu sein.

Der Umstand, daß neben bzw. zwischen den Bohrungen, die die mit den Meermühlen zusammenhängenden Wasserhorizonte angetroffen haben, auch solche abgeteuft werden konnten, die Süßwasser brachten, spricht für einen sehr komplizierten Bau der Halbinsel von Argostoli.

Von zwei weiteren Bohrungen in der Ebene von Kraneia südlich von Argostoli weist die südlichere eine Tiefe von 19 m auf. Hier werden aus 15 m Tiefe durch fünf Stunden am Tage $13,5$ l/sec abgepumpt. Die Tiefe der nördlicheren, in 10 m Sh. bei der Landwirtschaftsschule von Argostoli gelegenen Bohrung ist uns unbekannt. Der Wasserspiegel liegt in ihr 4 m über dem Meer, die Wasserentnahme beträgt bei derselben Pumpzeit $11,5$ l/sec.

Die Halbinsel von Argostoli umschließt eine kleine Meeresbucht, deren südlichster, seichter Teil, der Kutavos, durch eine Brücke und einen Damm abgetrennt ist (Abb. 11 und Tafel I).

Der Kutavos ist eine langsam verlandende Bucht, in die ein periodisches Gerinne aus der Ebene von Kraneia während der Regenzeit Feinsedimente ablagert. Das frühere stark versumpfte Südufer wurde durch Ablagerung des durch das Erdbeben von 1953 angefallenen Bauschuttes trockengelegt.



Abb. 11: Die Stadt Argostoli vom Osten gesehen. Die Meeresbucht, der Kutavos, wird durch einen Damm und eine Brücke gequert. Am Damm die auf Seite 14 abgebildete Steinpyramide. Im Vordergrund eine durch das Erdbeben von 1953 zerstörte Windmühle.

Am Ostgestade dieser Bucht liegen die bedeutendsten Süßwasserquellen Kephallenias. Am Fuße des Burgfelsens von Krane beginnend, reihen sich gegen Norden sechzehn bedeutende Quellaustritte aneinander (91 bis 103, 106 bis 108), von denen noch Ende August drei mehr als 100 l/sec und neun 5 bis 20 l/sec spendeten. Eine dieser Quellen versorgt die Stadt Argostoli (92).

Nördlich des Dammes von Argostoli nach Drepanon liegen nebst einem Schachtbrunnen (104) am Beginn der Steilküste noch einige kleinere Quellen im Meeresniveau (105). Von hier gegen Norden wird der Livadibusen von einer Steilküste begrenzt, die eine Begehung nicht mehr zuläßt. Die nördlich davon liegenden Quellen können nur von See aus aufgenommen werden.

Die Steilküste zwingt die nach Norden führende Straße in größere Höhen. Die hier liegenden Dörfer wie Pharsa und Kuruklata decken ihren Wasserbedarf nur aus Zisternen, erst im Norden, am Nordwesthang des Merovigli zur Landschaft Thinea, setzt wieder eine Reihe von Quellaustritten ein (53 bis 58). Diese Quellen, die die Dörfer Riza, Kardakata und Ankona versorgen, liegen in 200 m Sh.

und darüber. Die Quellen verdanken ihr Bestehen der stauenden Wirkung des an die Kreidekalke und -dolomite des Merovigli anlagernden Tertiärs von Thinea. Eine mächtige Zone von Hangschutt verhüllt die Grenze zwischen Kreide und Tertiär.

Weiter gegen Nordosten, bis zur Bucht von Myrtos, erstreckt sich wiederum eine unzugängliche Steilküste. Die prachtvoll angelegte Straße gewährt herrliche Ausblicke und winkelt schließlich über der Bucht von Myrtos gegen Südosten in die Landschaft Pylaros ab.

Der sich gegen Südosten verbreiternde Talboden von Pylaros führt Grundwasser. Der Grundwasserkörper wird anscheinend weniger von Südwesten als von Nordosten, von den Ausläufern der Gebirge von Erisos her, gespeist. Eine Reihe kleinerer Quellen, zum Teil an Mergellagen in den Kreidekalken gebunden, versorgt die Dörfer am Hang der Erisosberge (34 bis 36), am Rand des Talbodens liegt eine Reihe ganzjährig wasserführender Brunnen (24 bis 28). Der bedeutendste, ein nach einer Bohrung angelegter, 46,5 m tiefer Schachtbrunnen (24), versorgt den Küstenort Evphemia. Die in 65 m Sh. angesetzte bis in 57 m Tiefe abgeteufte Bohrung durchstieß 12 m Schutt und erreichte darunter Kreidekalke mit zum Teil mergeligen Lagen. Der Brunnen liefert täglich durch 10 Stunden hindurch 5 l/sec, im Winter können über 8 l/sec gepumpt werden.

Mit den Buchten von Evphemia und Sami schlägt das Meer eine gewaltige Bresche in die Ostküste der Insel. In den beiden Buchten liegen unmittelbar an der Küste starke Quellaustritte (1 bis 8, 31, 32, 111 bis 125; vgl. Abb. 5 und Tafel III!). Bei Evphemia führte die stärkste der Quellen (31) zur Aufnahmezeit mehr als 10 l/sec. Die Quellen kommen aus dem plattig entwickelten Kreidekalk, dessen Bänke nach Osten einfallen und ein System saigerer Klüfte aufweisen (Hauptkluftrichtung NNW). Im Westen der Bucht von Sami schütteten allein vier Quellen je mehr als 100 l/sec. Wir haben es hier mit den mächtigsten bekannten Quellen der Insel zu tun, doch führen sie ausnahmslos Brackwasser (s. u.! Vgl. Tafel II u. Abb. 12!). Erst im südlichen Hinterland der Bucht von Sami liegen im alluvialen Aufschüttungsterrain mehrere süßwasserführende Brunnen (125), die der Bewässerung von Feldern dienen. Das Städtchen Sami versorgt sich heute nicht mehr aus Schachtbrunnen, von denen noch einige innerhalb des Ortes bestehen (127), sondern aus einer gefaßten Quelle (126), die am Nordende der Stadt nahe der Küste aus dem vom Hangschutt verkleideten Kreidekalk tritt.

Die Ostküste der Insel vom Kap Mitykas bis kurz vor Poros wurde noch nicht begangen. Infolge der hier zum großen Teil ungangbaren Steilküste müssen die Verhältnisse mittels eines Bootes erkundet werden.

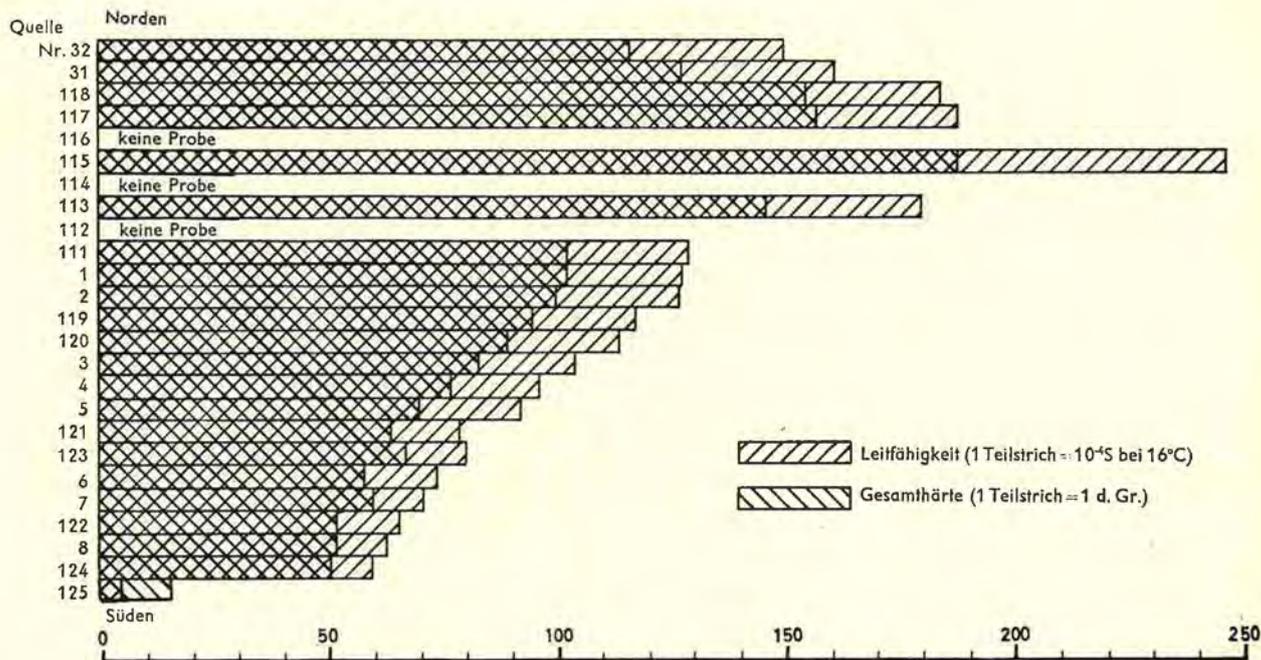


Abb. 12: Diagramm der Leitfähigkeit und Gesamthärte der Quellen im Raume Evphemia—Sami. Quellen in örtlicher Reihenfolge (siehe Tafel II und III!).

Dort, wo die Steilküste in der Bucht von Poros zurückweicht, tritt aus den Triaskalken der Ausläufer des Kokkini Rachi eine stärkere Brackwasserquelle aus einer Klufthöhle aus (17). In dem sich gegen Süden ausbreitenden flachen Strandgebiet versorgen ein Brunnen (16) und eine leicht brackige Folgequelle (15) einige Häuser. Der Ausbau einer gemeinsamen Wasserversorgung für Poros durch Brunnen am Ausgang der Schlucht, die das Becken von Arakli mit der Bucht von Poros verbindet, ist im Gange.

Südlich von Poros, im Bergland von Asprogeraka, liegen in jungtertiären Ablagerungen eine größere Anzahl von Schachtbrunnen (Brunnenfeld von Asprogeraka (61, 62) und Hangquellen (60, 73, 74), die zum Teil an einen Mergelhorizont gebunden erscheinen. Zwischen Asprogeraka und Poros, am Ost- und Nordosthang des Pierovuni, befinden sich zwei besonders gelagerte Quellen: die eine tritt aus einem Gipsstock aus (75, siehe Chemismus!), wobei sich ein richtiger Höhlenschlauch entwickelte; die andere (76) liegt an der Grenze des Tertiärs zu den Kreidekalken, die sich in der Form eines Bergschliffes auflösen, so daß zwischen hausgroßen Trümmern Spalten und überdeckte Hohlräume entstanden, zum Teil mit Tropfsteinbildungen an den überhängenden Wänden. Das Abgleiten der Blöcke erfolgt anscheinend auf den aufgeweichten neogenen Mergeln, an die der Quellaustritt gebunden ist.

2. Die Ergebnisse der physikalischen und chemischen Messungen

Die Leitfähigkeitsbestimmungen brachten eine großzügige Gliederung der Wasseraustritte, die vor allem die mit Salzwasser vermischten Quellwässer (Brackwasserquellen) klar hervortreten läßt (Tafel II). Das Übersichtskartogramm zeigt eine Konzentration der Brackwasserquellen an der Ostküste der Insel, insbesondere in den Buchten von Sami und Evphemia. Bei den zahlreichen hier vorhandenen Quellen ist die Beimischung von Salzwasser keineswegs eine regellose! Es scheint zwar kein Zusammenhang zwischen dem Salzwassergehalt und der Schüttung der einzelnen Quellen zu bestehen, wohl aber liegt eine deutliche örtliche Reihung vor. Der Salzwassergehalt nimmt vom südlichsten Punkt der Bucht von Sami gegen Norden immer mehr zu und erreicht südlich Evphemia seinen Höhepunkt, um von hier aus weiter gegen Norden zu wieder systematisch abzuklingen. Im Diagramm (Abb. 12), wo die Quellen nach ihrer Nord-Süd-Lage geordnet wurden, wird diese Zu- und Abnahme des Salzgehaltes offensichtlich. Die Bedeutung einer systematischen Aufnahme tritt hier klar zutage.

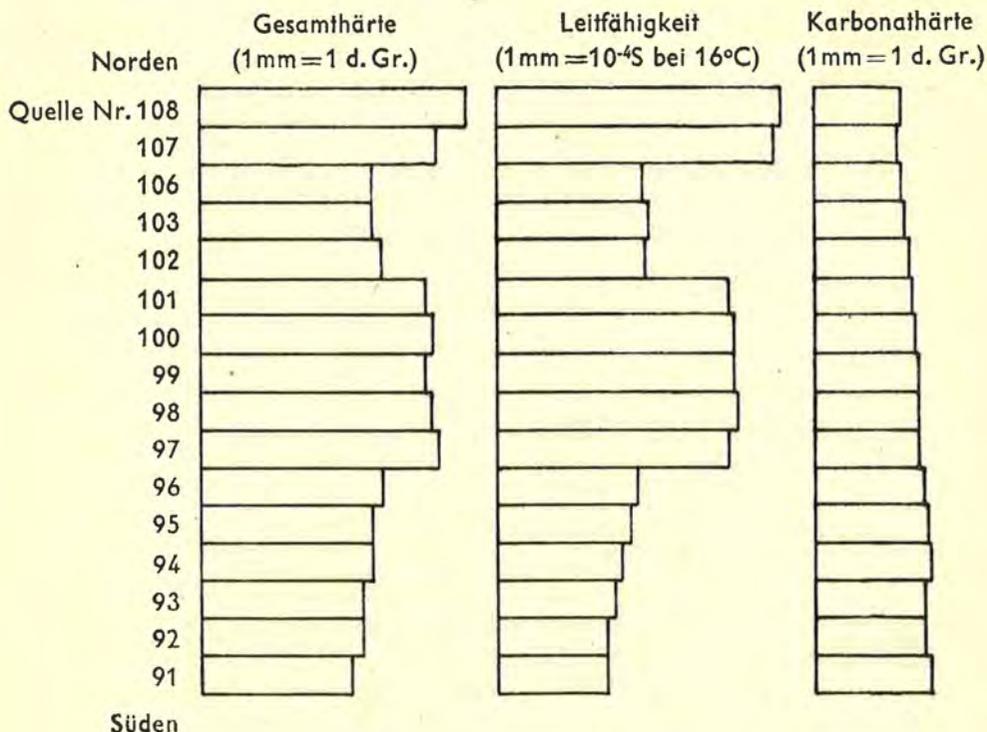


Abb. 13: Diagramme der Gesamthärte, Leitfähigkeit und Karbonathärte der Quellwässer am Kutavos. Quellen in örtlicher Reihenfolge (siehe Tafel II und III!).

Die Untersuchung des Wassers beim Einsturztrichter von Melisani ergab, daß die Salzwasserbeimengung hier, mehr als 100 m landeinwärts, noch dieselbe Konzentration aufwies wie bei den Brackwasserquellen an der dieser wasserführenden Höhle nahe liegenden Küste.

Auch für die Kluftquelle nördlich von Poros wird der Charakter einer Brackwasserquelle verdeutlicht.

Mit Recht ist auf Grund der physikalisch-chemischen Untersuchungen das Ostgestade des Kutavos als bedeutendster Sammelpunkt von Süßwasserquellen zu bezeichnen. Die Leitfähigkeitsmessungen lassen zwar auch hier zum Teil eine leichte Beimischung

von Salzwasser erkennen (Tafel II und Abb. 13), doch ist diese so geringfügig, daß sie weder die Brauchbarkeit noch den Geschmack des Wassers beeinträchtigt. Eine andere Frage ist, wie weit diese Beimischung, wenn sie aus dem stark verunreinigten Kutavos stammt, hygienische Vorsichtsmaßnahmen erfordert. So hat sich für die Trinkwasserversorgung von Argostoli eine Chlorierung des Wassers als notwendig erwiesen. Im Diagramm (Abb. 13) zeigt sich, daß auch hier die Beimischung von Salzwasser nicht regellos ist; sie nimmt von Süden gegen die Mitte des Kutavos zu, dann wieder gleichmäßig ab, um nach einem neuerlichen Anstieg bei der nördlichsten Quelle vor dem Damm ihr Höchstmaß zu erreichen, das aber noch immer nicht die Verwendung als Trinkwasser ausschließt.

Die durch die Leitfähigkeitsmessungen erzielten Resultate wurden durch die Bestimmungen der Gesamthärte voll bestätigt (Tafel II). Dabei zeigte sich die von uns als grobe Feldbestimmung verwendete Durognost-Methode (Härtebestimmung nach deutschen Härtegraden) den anderweitig verwendeten Seifenmethoden noch immer stark überlegen. Die örtliche Reihung der Brackwasserquellen im Bereiche von Sami—Evphemia wird auch im Härtebild des Wassers eindeutig belegt (Tafel II und Abb. 12). Dasselbe gilt für die Brackwasserquelle nördlich von Poros und für die Quellenreihe im Kutavos, wo das Härtebild ebenfalls jenem der Leitfähigkeit gleicht (Tafel II und Abb. 13).

Abweichungen von den Leitwerten ergeben sich dort, wo die hohe Gesamthärte nicht durch Meerwasserbeimischung verursacht wird. Das ist eindeutig bei der Quelle aus dem Gipsstock am Osthang des Pierovuni (75) der Fall (Tafel II). Auch bei den Quellen zwischen dem Kleinen und Großen Akoli, in der Talwasserscheide von Pyrgi (11, 12), weisen die Härtebefunde auf ähnliche Verhältnisse hin, obwohl wir in der kurzen Zeit der Erstaufnahme keine Bestätigung aus den geologischen Verhältnissen erbringen konnten.

Die Wässer aus den Bohrungen und Brunnen des Tertiärsockels von Livatho haben wie die der Schachtbrunnen von Mavrata und Markapulon Härten, wie sie die großen Quellen im Kutavos aufweisen. Verwunderlich ist der geringe Brackwassergehalt bei den Quellen östlich von Katelios und bei den Brunnen hier und westlich von Lurdata.

Die Karbonathärten sind bei den Brackwasserquellen im Osten der Insel gering (Tafel II). Im allgemeinen ist auch bei den Süßwasserquellen die Gesamthärte höher als die Karbonathärte. Hohe Karbonathärten zeigen die Wässer der Bohrungen und Quellen im Tertiärland von Livatho und die Quellen im Süden des Kutavos. Schon hier, wie auch vereinzelt im Südosten der Insel, tritt ein

Umstand auf, den wir im Norden, in den Landschaften Pylaros und Thinea, verbreitet vorfinden: Die Karbonathärten sind höher als die Gesamthärten. Es liegt daher ein Alkalikarbonat als vorherrschender Härtebildner vor. Die näheren Umstände können erst im Zuge weiterer Untersuchungen geklärt werden.

Erwähnenswert ist auch die kartogrammetrische Zusammenfassung der Temperaturmessungen (Tafel II). Die tiefen Temperaturen der Quellwässer im Raume der Talwasserscheide von Pyrgi (11, Volksbezeichnung „Kühle Quelle“) und bei Mavrikata (80) und Arginia (72) sind durch die Höhenlage der Wasseraustritte zu erklären. Erstaunlich ist die Gegenüberstellung Kutavos und Evphe-mia—Sami! Es ist klar ersichtlich, daß eine Konzentration der tieferen Temperaturen an der Ostküste vorliegt. Eine Erklärung dafür zu geben, ist noch verfrüht. Eine gewisse Gegenläufigkeit mit den Schüttungsverhältnissen scheint im Osten örtlich gegeben zu sein, sie muß jedoch erst noch näher untersucht werden. Im Südosten der Insel ist eine Gliederung nach der Höhenlage, modelliert durch die geologischen Verhältnisse, augenscheinlich.

Auf die Temperaturmessungen wurde dort verzichtet, wo die Messungen nicht direkt am Quellmund vorgenommen werden konnten.

Auszug aus dem

Quelle Nr.	Ortsbezeichnung	Plan- quadrat auf Tafel III	geschätzte Schüttung zur Zeit der Aufnahme bzw. gepumpte Wassermenge	Temperatur ° C
1	Bucht von Sami	B 3	über 100 l/sec	15,1
2	Bucht von Sami	B 3	—	—
3	Bucht von Sami	B 3	3 l/sec	14,9
4	Bucht von Sami	B 3	3 l/sec	15,0
5	Bucht von Sami	B 3	mehrere 100 l/sec	14,9
6	Bucht von Sami	B 3	—	15,5
7	Bucht von Sami	B 3	—	15,8
8	Bucht von Sami	B 3	80 l/sec	—
9	Bucht von Sami	B 3	—	—
10	Nordhang des Chimoniki	C 3	3,5 l/sec	16,3
11	Pyrgi	C 3	1 l/sec	14,7
12	Pyrgi	C 3	1,5 l/sec	14,3
13	Großer Akoli	C 3	45 l/sec	—
14	Bucht von Poros	C 4	0,5 l/sec	17,1
15	Bucht von Poros	C 4	—	—
16	Bucht von Poros	C 4	—	—
17	Bucht von Poros	C 4	30 l/sec	16,4
18	Livatho	D 1	6 St. tgl. 5 l/sec	19,0
19	Livatho	D 1	8 St. tgl. 3,5 l/sec	—
20	Livatho	D 1	0,5 l/sec	19,1
21	Küste von Livatho	D 1	0,1 l/sec	—
22	Livatho (Kurkumelata)	D 2	6,5 St. tgl. 6 l/sec	—
23	Küste von Livatho	D 2	0,1 l/sec	—
24	Pyllaros	A 2	10 St. tgl. 5 l/sec	—
25	Pylaros	A 2	—	16,7
26	Pylaros	A 2	—	18,4
27	Pylaros	A 2	—	16,8
28	Pylaros	A 2	0,5 l/sec	18,2
29	Pylaros	A 2	—	16,1
30	Pylaros	A 2	—	15,6

Quellenkataster

Leitfähig- keit 10 ⁻⁵ S bei 16° C	Gesamt- härte d. Gr.	Karbonat- härte d. Gr.	Anmerkung
1250	104	8,7	Brackwasserquelle
1282	107	9,0	Brackwasserquelle im Einsturz- kessel von Melisani; unzugänglich
1043	83	8,7	Brackwasserquelle
970	77	8,7	Brackwasserquelle
923	70	9,0	Brackwasserquelle Karavomylos, stärkste Quelle der Insel
776	60	9,0	stehender Tümpel, Brackwasser
715	60	9,5	Brackwasser im Einsturzkessel von Zervati
636	52	9,2	Brackwasserquelle Paläomylos
—	—	—	Brackwasser(?) - See im Einsturz- kessel von Hiridoni; unzugänglich
30	10	8,1	Kleines Akoli
166	75	10,1	gefaßte Quelle, Volksbezeichnung „Kühle Quelle“, Versorgung von Sophata
193	89	8,7	gefaßte Quelle, Versorgung von Digalefu
34	12	7,3	Großes Akoli, 11,5 m tiefer Quell- tümpel, Pegelanlage, Versorgung von H. Nikolaos
149	57	14,3	Quelle am Sandstrand
111	24	14,0	Brunnen, Folgewasser von 16
64	16	12,9	Brunnen
1190	70	8,1	Brackwasserquelle aus Strandhöhle
81	25	21,8	Bohrung in Svoronata
79	24	21,0	Bohrung in Svoronata
67	20	18,2	Tertiärquelle westlich von Svoro- nata
92	18	12,3	Tertiärquelle an der Küste, Tuff- bildungen
70	20	18,2	Bohrung
64	16	17,1	Tertiärquelle an der Küste, im Winter viel stärker
49	16	16,8	Schachtbrunnen nach Bohrung, Versorgung von Evphemia
53	16	10,9	Brunnen bei Pherentinata
58	18	19,3	Brunnen
57	19	19,3	Brunnen bei Krini
54	18	18,5	gefaßte Folgequelle
50	16	17,4	Brunnen in Vasilopulata
37	12	11,8	Brunnen in Vasilopulata

Quelle Nr.	Ortsbezeichnung	Plan- quadrat auf Tafel III	geschätzte Schüttung zur Zeit der Aufnahme bzw. gepumpte Wassermenge	Temperatur ° C
31	Bucht von Evphemia	A 2	20 l/sec	15,8
32	Bucht von Evphemia	A 2	6 l/sec	16,8
33	Pylaros	A 2	unter 0,1 l/sec	—
34	Pylaros	A 2	—	17,2
35	Pylaros	A 2	—	17,6
36	Pylaros	A 2	0,5 l/sec	—
37	Livatho	C 2	—	17,2
38	Livatho	C 2	—	17,4
39	Ikosimia	D 2	1,5 l/sec	19,6
40	Ikosimia	D 3	1,5 l/sec	18,8
41	Ikosimia	D 3	0,02 l/sec	—
42	Ikosimia	D 3	—	—
43	Valta	D 4	—	15,8
44	Valta	D 4	1,5 l/sec	17,6
45	Valta	D 4	10 l/sec	16,3
46	Valta	D 4	1,8 l/sec	16,8
47	Skala	D 4	unter 0,5 l/sec	18,0
48	Skala	D 4	—	—
49	Samos	B 2	unter 0,1 l/sec	20,4
50	Samos	B 3	unter 0,1 l/sec	14,0
51	Homala	C 2	—	16,2
52	Homala	C 2	—	15,8
53	Thinea	A 1	4 St. tägl. 1,2 l/sec	—
54	Thinea	A 1	1 l/sec	—
55	Thinea	A 1	0,6 l/sec	—
56	Thinea	A 1	1 l/sec	16,8
57	Thinea	A 1	0,5 l/sec	—
58	Thinea	B 1	unter 0,5 l/sec	17,4
59	Strand von Platigiala	C 1	—	—
60	Asprogeraka	D 4	—	—
61	Asprogeraka	D 4	—	17,0
62	Asprogeraka	D 4	—	—
63	Elios	D 4	—	18,6

Leitfähigkeit 10 ⁻⁵ S bei 16° C	Gesamthärte d. Gr.	Karbonathärte d. Gr.	Anmerkung
1610	128	9,5	Brackwasserquelle bei Evphemia
1455	116	9,5	Brackwasserquelle bei Evphemia
62	18	19,3	ungefaßte Hangquelle
60	15	12,3	Brunnen bei Paläo-Pherentinata
59	18	18,5	Brunnen bei Antypata
59	16	18,5	Quellfassung für Antypata
41	13	13,2	Brunnenfeld bei Travlata
43	12	13,4	Brunnenfeld bei Peratata
47	14	13,7	Quelle aus pliozänen Konglomeraten bei H. Dimitrios, intensive Tuff- bildungen
43	14	12,9	gefaßte Ortsquelle von Lurdata
52	16	12,9	Folgequelle unter der Rutschmasse von Lurdata
72	22	20,2	Brunnenfeld an der Küste bei Lurdata
78	23	18,8	Brunnenhorizont bei Markapulon
67	22	17,9	gefaßte Quelle bei Kremmydi
29	10	8,7	große gefaßte Karstquelle bei Pastra
32	11	9,2	gefaßte Quelle im Talboden südöst- lich Pastra
44	11	9,5	gefaßte Quelle bei Paläo-Skala
43	13	9,5	Bohrung, Brunnen für Nea-Skala
43	16	15,4	Hangquelle unter Chaliotata
27	9	8,1	Tropfwasser in der Höhle Drongarati
8	3	2,8	Zisternenwasser beim Kloster H. Gerasimo
49	12	14,0	Brunnenfeld von Nea-Valsamata
47	16	16,0	Bohrung Ankona
38	13	14,3	Quellfassung Ankona
55	18	18,5	gefaßte Quelle bei der verfallenen Kirche H. Ilias
73	23	18,2	Quellfassung Kardakata
57	18	17,9	Quellfassung Riza
45	12	12,3	Quelle bei Paläo-Sterata
88	15	12,6	Strandquelle beim Bad von Platigiala
113	37	20,4	Brunnen westlich Asprogeraka
43	14	12,9	Brunnen am Ostrand von Asprogeraka
87	27	13,7	Brunnenfeld in Asprogeraka
51	14	13,7	Quellfassung Chionata

Quelle Nr.	Ortsbezeichnung	Planquadrat auf Tafel III	geschätzte Schüttung zur Zeit der Aufnahme bzw. gepumpte Wassermenge	Temperatur °C
64	Elios	D 4	0,5 l/sec	17,4
65	Elios	D 4	—	17,2
66	Elios	D 4	0,3 l/sec	18,1
67	Elios	D 4	0,1 l/sec	—
68	Skala	D 4	—	—
69	Skala	D 4	unter 0,5 l/sec	19,2
70	Skala	D 4	unter 0,5 l/sec	—
71	Aenos-Südhang	D 4	3 l/sec	18,2
72	Aenos-Südhang	D 4	0,5 l/sec	15,2
73	östliches Asprogeraka	D 4	unter 0,5 l/sec	18,6
74	Osthang Pierovuni	D 4	unter 0,5 l/sec	18,8
75	Osthang Pierovuni	D 4	unter 0,5 l/sec	17,2
76	Osthang Pierovuni	C 4	unter 0,5 l/sec	16,6
77	NW-Hang Pierovuni	C 4	0,01 l/sec	—
78	Arakli	C 4	2 l/sec	17,7
79	Arakli	C 4	unter 0,5 l/sec	16,8
80	Arakli	C 4	2 l/sec	15,4
81	Arakli	C 4	2 l/sec	15,6
82	Arakli	D 4	2 l/sec	17,6
83	Elios	D 3	0,7 l/sec	18,4
84	Argostoli	C 1	unter 0,5 l/sec	18,7
85	Argostoli	C 1	—	—
86	Argostoli	C 1	—	—
87	Argostoli	C 1	—	18,8
88	südwestlich Argostoli	C 1	0,1 l/sec	—
89	südwestlich Argostoli	C 1	—	—
90	südwestlich Argostoli	C 1	unter 0,5 l/sec	—
91	Kutavos	C 1	20 l/sec	18,5
92	Kutavos	C 1	16 St. tgl. 45 l/sec	18,5

Leitfähigkeit 10 ⁻⁵ S bei 16° C	Gesamthärte d. Gr.	Karbonathärte d. Gr.	Anmerkung
46	14	13,2	Quellfassung Valerianu
156	26	15,7	Brunnenfeld Mavrata
70	21	16,5	Tertiärquelle südöstlich Mavrata
63	19	15,7	Tertiärquelle südöstlich Mavrata
102	22	20,4	Brunnen in Katelios
92	26	12,0	Quelle aus Strandhöhle im pliozänen Kalksandstein
89	21	12,0	Quelle aus Strandhöhle im pliozänen Kalksandstein
33	10	10,4	Quellfassung Kolaiti
31	10	9,8	Quellfassung Arginia
61	21	20,2	Hangquelle
80	24	25,5	Hangquelle als Brunnenfassung
216	97	8,1	Quelle aus einem Gipsstock
22	7	6,7	Überfallquelle an Schichtgrenze
33	10	11,2	Hangquelle an Mergelhorizont
51	18	15,1	Quellfassung Tzanata
47	16	12,9	größerer Quellbereich bei H. Rini
35	12	12,0	Quellfassung Mavrikata, Überfallquelle
35	12	12,0	Quellfassung Xenopulu, Überfallquelle
43	14	13,2	Quellfassung Kapandriti, Überfallquelle
34	11	11,8	Quellfassung südlich Platiaes
65	19	13,2	artesische Quelle nach einer Bohrung
91	20	12,0	Brunnen nach einer Bohrung
148	27	11,5	Brunnen nach einer Bohrung, E-Werk Argostoli
53	15	14,0	Brunnen
78	15	14,3	kleine Hangquelle
53	14	15,4	Brunnen am Steilhang zur Küste
57	15	15,7	gefaßte Quelle bei Miniatata, Höhle H. Gerasimos
151	20	15,4	Quelle unter dem Burgfelsen von Krane
151	22	14,8	gefaßte Quelle, Wasserversorgung der Stadt Argostoli

Quelle Nr.	Ortsbezeichnung	Plan- quadrat auf Tafel III	geschätzte Schüttung zur Zeit der Aufnahme bzw. gepumpte Wassermenge	Temperatur ° C
93	Kutavos	C 1	5 l/sec	19,0
94	Kutavos	C 1	5 l/sec	19,0
95	Kutavos	C 1	10 l/sec	19,0
96	Kutavos	C 1	über 100 l/sec	19,0
97	Kutavos	C 1	1,5 l/sec	18,5
98	Kutavos	C 1	3 l/sec	19,0
99	Kutavos	C 1	7 l/sec	19,0
100	Kutavos	C 1	5 l/sec	18,5
101	Kutavos	C 1	10 l/sec	18,5
102	Kutavos	C 1	80 l/sec	18,5
103	Kutavos	C 1	1 l/sec	18,5
104	Bucht von Argostoli	C 1	—	—
105	Bucht von Argostoli	C 1	1 l/sec	17,5
106	Kutavos	C 1	8 l/sec	17,5
107	Kutavos	C 1	1,5 l/sec	17,5
108	Kutavos	C 1	80 l/sec	17,2
109	Potamiana	B 1	—	—
110	Homala	C 2	—	—
111	Bucht von Sami	B 3	über 100 l/sec	15,3
112	Bucht von Sami	B 3	über 100 l/sec	—
113	Bucht von Sami	B 3	20 l/sec	15,5
114	Bucht von Sami	A 2	unter 0,5 l/sec	—
115	Bucht von Evphemia	A 2	5 l/sec	16,7
116	Bucht von Evphemia	A 2	5 l/sec	16,7
117	Bucht von Evphemia	A 2	3 l/sec	16,7
118	Bucht von Evphemia	A 2	—	—
119	Bucht von Sami	B 3	1 l/sec	15,3
120	Bucht von Sami	B 3	1,5 l/sec	14,9
121	Bucht von Sami	B 3	2 l/sec	15,2
122	Bucht von Sami	B 3	—	18,8
123	Bucht von Sami	B 3	2 l/sec	—
124	Bucht von Sami	B 3	20 l/sec	—
125	Bucht von Sami	B 3	—	—
126	Bucht von Sami	B 3	—	—
127	Bucht von Sami	B 3	—	—
	Meereswasser aus der Bucht von Sami		—	—

Leitfähigkeit 10 ⁻⁵ S bei 16° C	Gesamthärte d. Gr.	Karbonathärte d. Gr.	Anmerkung
153	22	14,8	Quelle in der versumpften Strandebene, ungenutzt
172	23	15,4	Quelle, Gartenbewässerung
181	23,5	15,1	Quelle, Gartenbewässerung
191	24	14,8	Quelle, Gartenbewässerung
311	32	13,7	Quelle, Gartenbewässerung
316	31	13,7	Quelle, Gartenbewässerung
311	30	13,7	Quelle, Gartenbewässerung
312	31	13,7	Quelle, Gartenbewässerung
309	30	13,4	Quelle, Gartenbewässerung
196	24	12,3	Quelle, Gartenbewässerung
200	23	12,3	Quelle, Gartenbewässerung
98	17	13,7	Brunnen
355	34	11,8	brackige Quelle
195	23	12,0	Quelle, Gartenbewässerung
375	32	11,8	Quelle, Gartenbewässerung
386	36	12,0	Wasserversorgung mehrerer Häuser
33	7	8,7	Brunnenfeld östlich Lamia
21	8	7,6	Brunnen nordöstlich Nea-Valsamata, Feldbewässerung
1290	103	9,2	Brackwasserquelle
—	—	—	Brackwasserquelle ?, unzugänglich, keine Probe
1805	146	9,0	Brackwasserquelle
—	—	—	kleine Brackwasserquelle, keine Probe
2470	188	7,8	Brackwasserquelle
—	—	—	Brackwasserquelle, keine Probe
1886	157	8,1	Brackwasserquelle
1846	155	8,1	Brackwassertümpel
1177	95	8,7	Brackwasserquelle
1143	89	8,7	Brackwasserquelle
788	64	8,7	Brackwasserquelle
661	52	9,2	Brunnen, Brackwasser
809	67	9,2	Brackwasserquelle
603	51	9,5	Brackwasserquelle 100 m hinter der Küste
56	16	17,6	Brunnenfeld westlich Sami
47	15	11,8	gefaßte Quelle, Wasserversorgung des Ortes Sami
64	19	17,6	Brunnen in Sami
3325	292	7,8	Meereswasser

Programm für die weiteren Forschungen

Die Ergebnisse der ersten Aufnahme erfordern eine Vervollständigung der Aufnahmemarbeiten besonders an der Ostküste zwischen Poros und Sami und eine Einbeziehung der Halbinsel Palikki in die systematische Aufnahme der hydrogeologischen Verhältnisse, da der seichte Livadibusen keine hydrologische Grenze darstellen muß. Für die Erzielung eines abgerundeten Bildes wäre auch eine Einbeziehung der hydrologisch isoliert liegenden Halbinsel Erisos wünschenswert.

Die daraufhin vorzunehmenden Untersuchungen sind verschiedener Natur:

Von großer theoretischer und praktischer Bedeutung ist ein Versuch, Verteilung, Bewegungsrichtung und Fließgeschwindigkeit des unterirdischen Karstwassers zu bestimmen. Als einzigartige Gelegenheit bietet sich hierzu eine Beschickung der im Poljeboden von Valsamata gelegenen Katavothre. In Erwägung der Versuchsmethode wird die Verwendung von Kochsalz durch die zu beobachtenden Brackwasserquellen ausgeschlossen, eine Benützung von Farbe verbietet der Umstand, daß mit größter Wahrscheinlichkeit die für die Versorgung von Argostoli genutzte Quelle betroffen wird. Diese Gegebenheit schließt auch den Einsatz von radioaktiven Isotopen und Bakterien aus, da selbst bei Einhaltung aller Vorsichtsmaßregeln eine Beunruhigung der Bevölkerung eintreten könnte. So bleibt nur die Einspeisung von gefärbten Lycopodiumsporen, die weder irgendwie gesundheitsgefährdend noch beunruhigend wirken können, da die Sporen mit in der Lebensmittelindustrie verwendeten Farbstoffen gefärbt werden und nur im Mikroskop nachweisbar sind (V. MAURIN und J. ZÖTL 1959). Die hierzu noch zu leistende Vorarbeit ist die genaue Beobachtung der nach der Regenzeit im Polje von Valsamata in Katavothren versinkenden Wässer.

Ein weiteres, sehr wichtiges Unternehmen ist die Erforschung des Mechanismus der Brackwasserquellen. Hiefür ist der Hebel im Raume Sami—Evpheia anzusetzen. Zur Klärung des Wesens der allgemeinen Karsthydrographie liegt hier einer der wesentlichsten Ansatzpunkte.

Die Erforschung der aufgezeigten Probleme läßt mit dem Abschluß der Arbeiten folgende Resultate erwarten:

1. Die Klärung der Grundzüge der Karsthydrographie eines verkarsteten Gebirgsstockes im mediterranen Klimabereich;

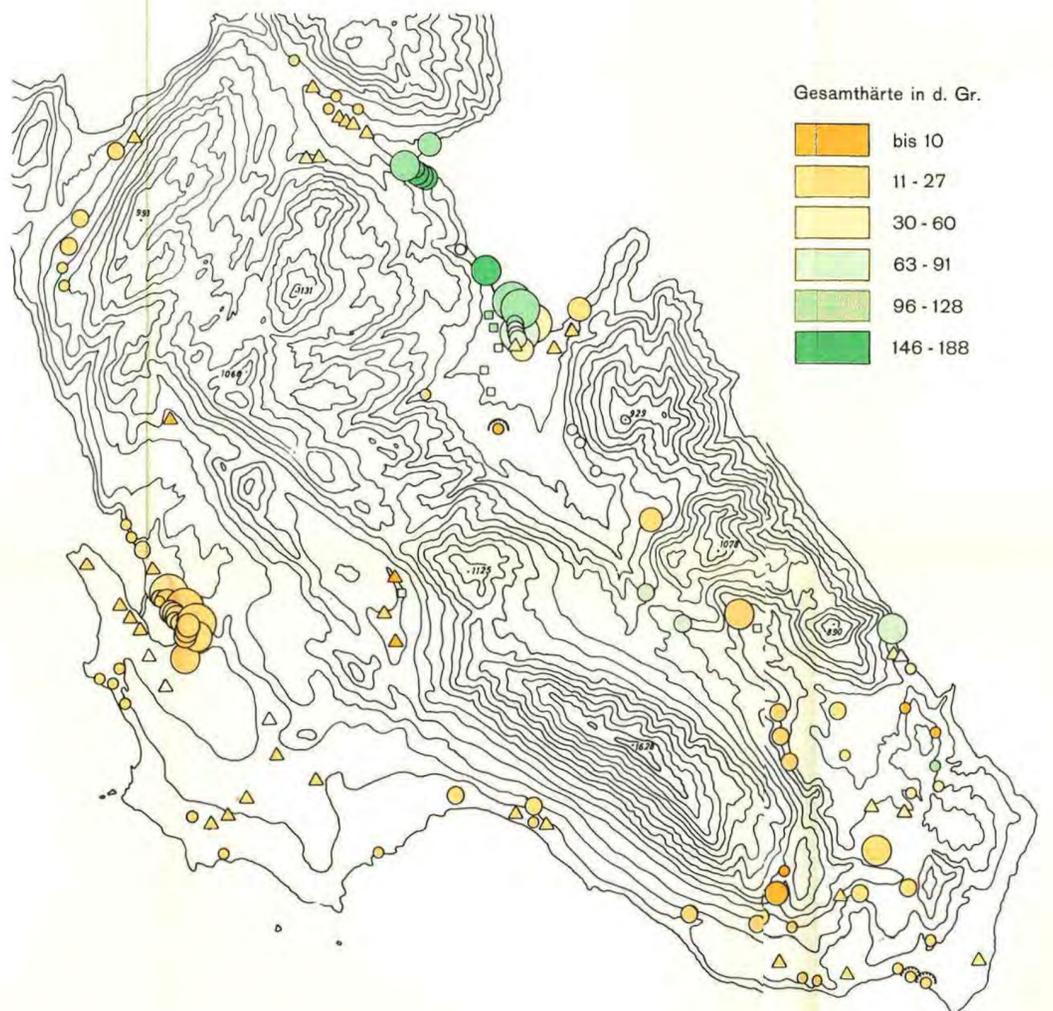
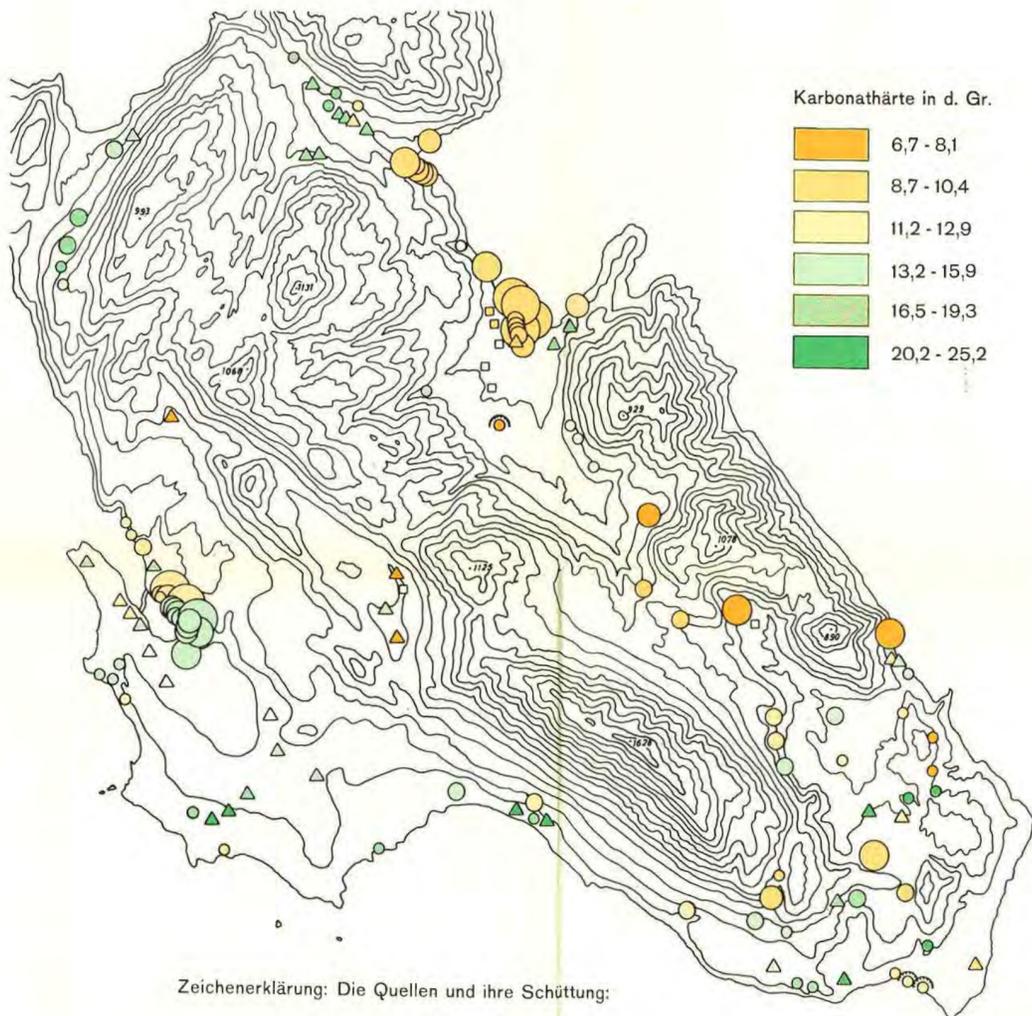
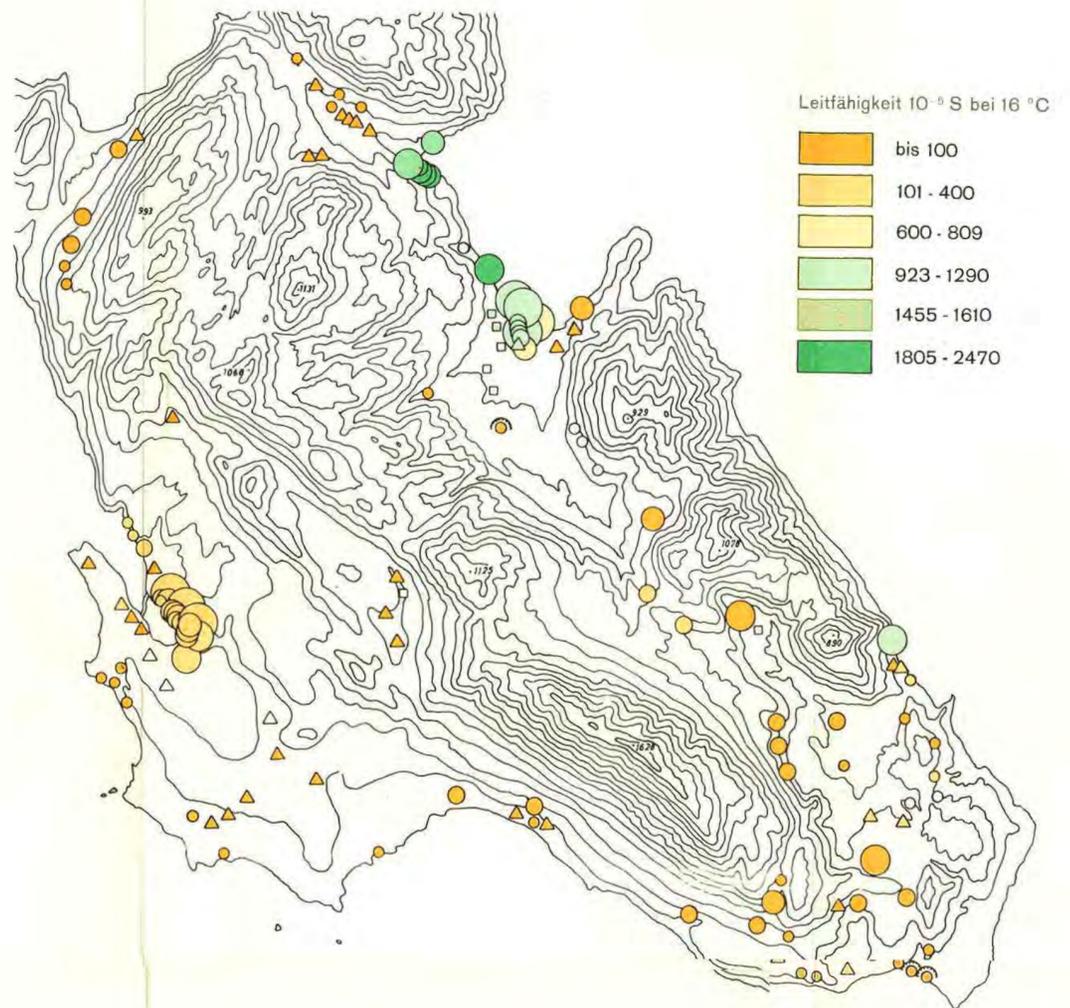
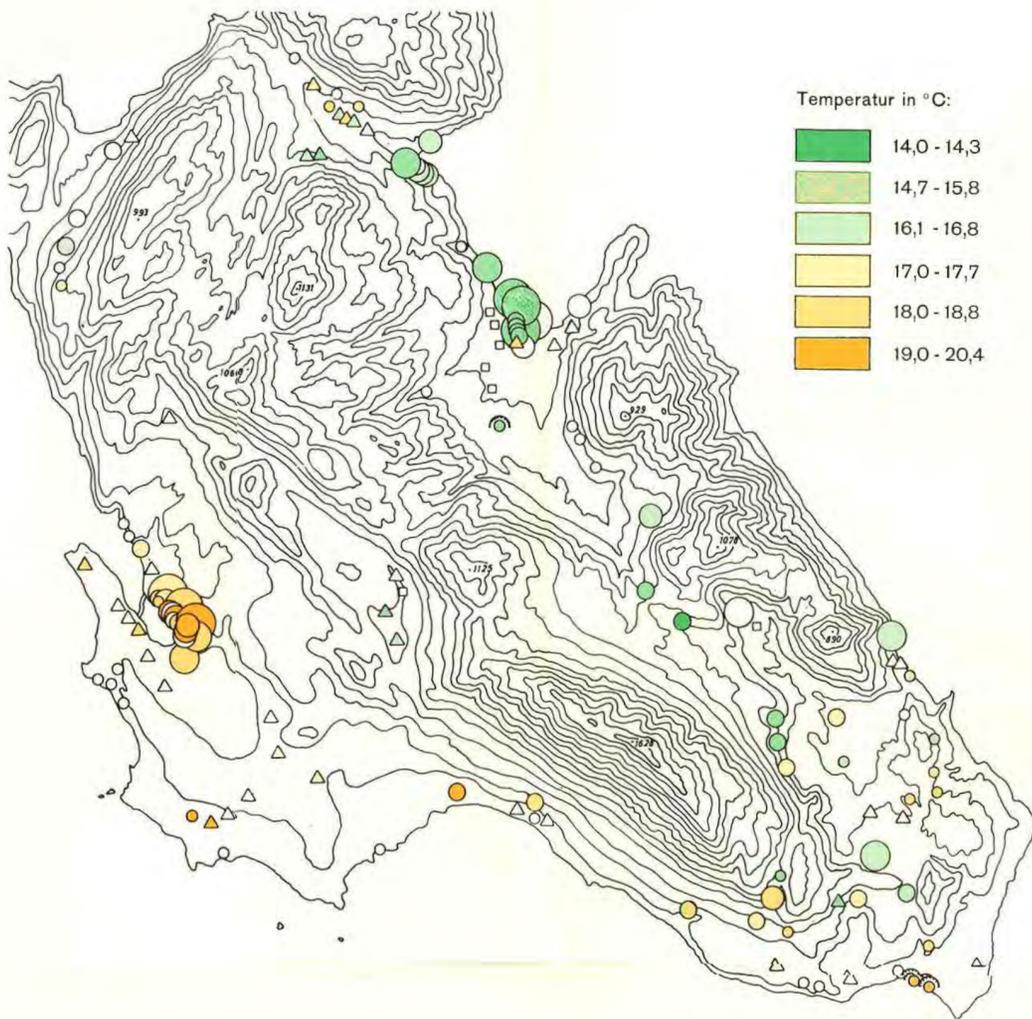
2. die Kenntnis des Wasserhaushaltes einer verkarsteten Mittelmeerinsel;
3. Festlegung der grundsätzlichen hydrographischen Potenzen der Insel;
4. die Ortung der wasserhöffigen und versorgungstechnisch wertvollen Gebiete der Insel;
5. die Abgrenzung der Möglichkeiten und Richtlinien für die praktische Wassererschließung, das heißt, Erstellung einer hydrographischen Gesamtplanung für Kephallenia.

Literatur

- ARONIS G.: The need for karstic ground water exploration in Greece. Institute for Geology and Subsurface Research, V, 5, 1959.
- DECHANT M., MAURIN V. u. ZÖTL J.: Die Triftung gefärbter Sporen, eine neue Methode zur Untersuchung unterirdischer Karstgerinne. Steir. Beitr. z. Hydrogeologie, NF 1/2, 1958.
- DROOGER C. W.: Das Alter der Miogypsinen-Gesteine von Kephallenia. Ann. Géol. d. Pays Helléniques 1958.
- FELS E.: Die Küsten von Korfu. Mitt. Geogr. Ges. Mü., 16, 1923.
— Kephallenia. Mitt. Geogr. Ges. Mü., 20, 1927.
- FOUQUÉ F.: Rapport sur les tremblements de terre de Céphalonie et de Mételin en 1867. Archives des missions scientifiques et littéraires, publié sous les ausp. du ministère de l'instruction publique, t. IV, Paris 1867.
- GALANOPOULOS G. A.: Erdbebengeographie von Griechenland. Ann. Géol. d. Pays Helléniques, 6, 1955.
- HAGN H.: Mikropaläontologische Untersuchungen an Gesteinen der Insel Kephallenia. Ann. Géol. d. Pays Helléniques 1958.
- KRITIKOS N.: Die Schlinger der Meermühlen von Argostoli. Geogr. Anz., 8, 1939.
- KRÜMMEL O.: Handbuch der Ozeanographie. Stuttgart 1911.
- LEHMANN O.: Die Hydrographie des Karstes. Enz. Erdkunde, 6b, Wien 1932.
- MAURIN V. u. ZÖTL J.: Die Untersuchung der Zusammenhänge unterirdischer Wässer mit besonderer Berücksichtigung der Karstverhältnisse. Steir. Beitr. z. Hydrogeologie, NF 1/2, 1959.
- MÜLLER-MINY H.: Beiträge zur Morphologie der mittleren Ionischen Inseln (I). Ann. Géol. d. Pays Helléniques, 8, 1956.
— Die Wandlung der Landschaft auf den Ionischen Inseln seit den Reisen von Joseph Partsch. Deutscher Geographentag Hamburg, Tagungsbericht u. wiss. Abh., Wiesbaden 1957.
— Beiträge zur Morphologie und Geologie der mittleren Ionischen Inseln. II. Beobachtungen auf Kephallenia. Ann. Géol. d. Pays Helléniques 1958.
— Katastrophe und Landschaft. Ein Beitrag zur Kulturlandschaftsfor-

- schung am Beispiel griechischer und deutscher Landschaft. Festschrift Th. Kraus, Bad Godesberg 1959.
- PARTSCH J.: Kephallenia und Ithaka. *Pet. Mitt., Erg.-H.* 98, 1890.
- PETROCHILOS J.: Recherches spéléologiques à Céphalonie. *Bull. de la Société Spéléologique de Grèce*, I, 3, 1952.
- Recherches spéléologiques dans l'île Céphallonie. *Bull. de la Soc. Spél. de Grèce*, V, 2/3, 1959.
- PHILIPPSON O.: Die Griechischen Landschaften. II/2, 1892.
- PICARD L.: Development of underground water resources in Greece. Institute for Geology and Subsurface Research, Athens 1956.
- RENZ C.: Existence du Lias et du Dogger dans l'île de Céphalonie. *Bull. Soc. Géol. de France* 1908.
- Die Geologie Griechenlands. I. Teil: Stratigraphische Untersuchungen im griechischen Mesozoikum und Paläozoikum. *Jb. Geol. RA.*, 60, 1910.
- Die Insel Ithaka. *Ztschr. Dt. Geol. Ges.*, 63, 1911.
- Die Entwicklung des Juras auf Kephallenia. *Mitt. aus dem Jahrb. d. Ungar. geol. RA.*, 21, 2, 1913.
- Die Verbreitung und Entwicklung des Oberlias und Dogger im adriatisch-ionischen Faziesgebiet von Hellas und Albanien. *Verh. d. Naturforsch. Ges. Basel*, XXXVIII, 1927.
- Neue Aufschlüsse von Oberlias und Dogger im adriatisch-ionischen Faziesgebiet Westgriechenlands. *Praktika de l'Académie d'Athènes*, 6, 1931.
- Die Tektonik der griechischen Gebirge. *Memoires de l'Acad. d'Athènes*, 8, 1940.
- Beiträge zur Stratigraphie und Paläontologie des ostmediterranen Jungpaläozoikums und dessen Einordnung im griechischen Gebirgssystem. I. u. II. Teil: Geologie und Stratigraphie. *Eclogae geol. Helv.*, 38, 1945.
- Die vorneogene Stratigraphie der normalsedimentären Formationen Griechenlands. Athen 1955.
- RENZ C., LIATSIKAS N. u. PARASKEVAIDIS I.: Geologic Map of Greece, 1 : 500.000, Athen 1954.
- TRIKKALINOS J. K.: Beiträge zur Erforschung des tektonischen Baues Griechenlands. Über die hydrogeologischen Verhältnisse Griechenlands. *Ann. Géol. des Pays Helléniques*, VIII, 1957.
- UNGER F.: Wissenschaftliche Ergebnisse einer Reise nach Griechenland und den Jonischen Inseln. Wien 1862.
- WIEBEL K. W. M.: Die Insel Kephallenia und die Meermühlen von Argostoli. Hamburg 1874.
- ZÖTL J.: Der Einzugsbereich von Quellen im Karstgebirge. *Österr. Wasserwirtschaft*, 9, 4, 1957a.
- Neue Ergebnisse der Karsthydrologie. *Erdkunde*, 9, 2, 1957b.
- Beitrag zu den Problemen der Karsthydrographie mit besonderer Berücksichtigung der Frage des Erosionsniveaus. *Mitt. Geogr. Ges. Wien*, *Festschr. f. H. Spreitzer* (II), 1958a.
- Methodik und Methoden der Karsthydrologie. *Mitt. Österr. Geogr. Ges.*, Wien 1960.
- Mittelmeerhandbuch. IV. Teil: Griechenland und Kreta 1935. Berlin 1935.

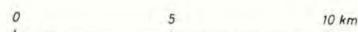
Kartogramme der physikalischen und chemischen Wasseruntersuchungen auf Kephallenia



Zeichenerklärung: Die Quellen und ihre Schüttung:

- unter 0,5 l/sec
- 0,5 - 2,0 l/sec
- 2,1 - 9,9 l/sec
- 10 - 50 l/sec
- über 50 l/sec
- △ Brunnen, Bohrung
- Einsturz, Ponor
- ⊖ Höhle

Maßstab 1:150.000



Orientierungsskizze zum Quellen-Kataster Kephallenia

