

**Zeitschrift:** Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen =  
Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

**Band:** 47 (1967)

**Heft:** 2

**Artikel:** Zur Kenntnis der jungen Vulkanite der Halbinsel Bodrum (SW-Türkei)

**Autor:** Burri, Conrad / Tatar, Yusuf / Weibel, Max

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-36970>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 27.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# **Zur Kenntnis der jungen Vulkanite der Halbinsel Bodrum (SW-Türkei)<sup>1)</sup>**

Von *Conrad Burri*<sup>2)</sup>, *Yusuf Tatar*<sup>3)</sup> und *Max Weibel*<sup>2)</sup>

Mit 2 Textfiguren und 4 Tabellen

## **Zusammenfassung**

Eine Serie von jungeruptiven Laven und Tuffen der Halbinsel Bodrum (SW-Türkei), aus der Umgebung des antiken Halikarnassos, wird mikroskopisch und chemisch beschrieben. Es handelt sich um Trachydazite, Trachyandesite und einen gangförmigen Shonkinit. Es bestehen enge Beziehungen zu den Vulkaniten der benachbarten Inseln Kos, Pserimos, Patmos und Episkopi sowie zur jüngeren Serie von Nisyros.

## **Summary**

Specimens of the young lavas and tuffs from the Bodrum Peninsula (SW Turkey) in the neighbourhood of the old Greek town of Halikarnassos are microscopically and chemically described. They include trachydacitic and trachyandesitic lavas as well as a shonkinitic dyke, and show close relations to the lavas of the nearby Dodecanese Islands of Kos, Pserimos, Patmos and Episkopi and the younger volcanic series of Nisyros.

## **EINLEITUNG**

Über die längs des SW-Randes der im Jungtertiär eingebrochenen und heute grösstenteils vom Ägäischen Meer bedeckten Kykladenmasse entwickelte vulkanische Zone, welche sich vom Isthmusgebiet von Korinth (Landschaft Kromyomia) über Ägina, Methana und Poros nach Milos

---

<sup>1)</sup> Die Untersuchungen erfolgten im Rahmen eines durch den Schweizerischen Nationalfonds unterstützten Forschungsprojektes.

<sup>2)</sup> Institut für Kristallographie und Petrographie der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich.

<sup>3)</sup> Geologisches Institut der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich.

und Santorin (Thera) erstreckt, ist man schon seit längerer Zeit hinlänglich unterrichtet. Mitbestimmend hierfür dürfte weitgehend das Interesse gewesen sein, welches der heute noch aktive Vulkan der letztgenannten Inselgruppe mit seiner eindrücklichen Morphologie immer wieder erweckt hatte. Das grosse Werk von F. FOUQUÉ (1879) gehört ja zu den Klassikern der vulkanologischen bzw. vulkanpetrographischen Literatur, wenn es auch heute, wie leicht verständlich, in mancher Beziehung überholt ist.

Was jedoch die in der Fortsetzung der erwähnten Zone gelegenen Vulkane der südlichen Sporaden, des sog. Dodekaneses (Fig. 1) anbe-

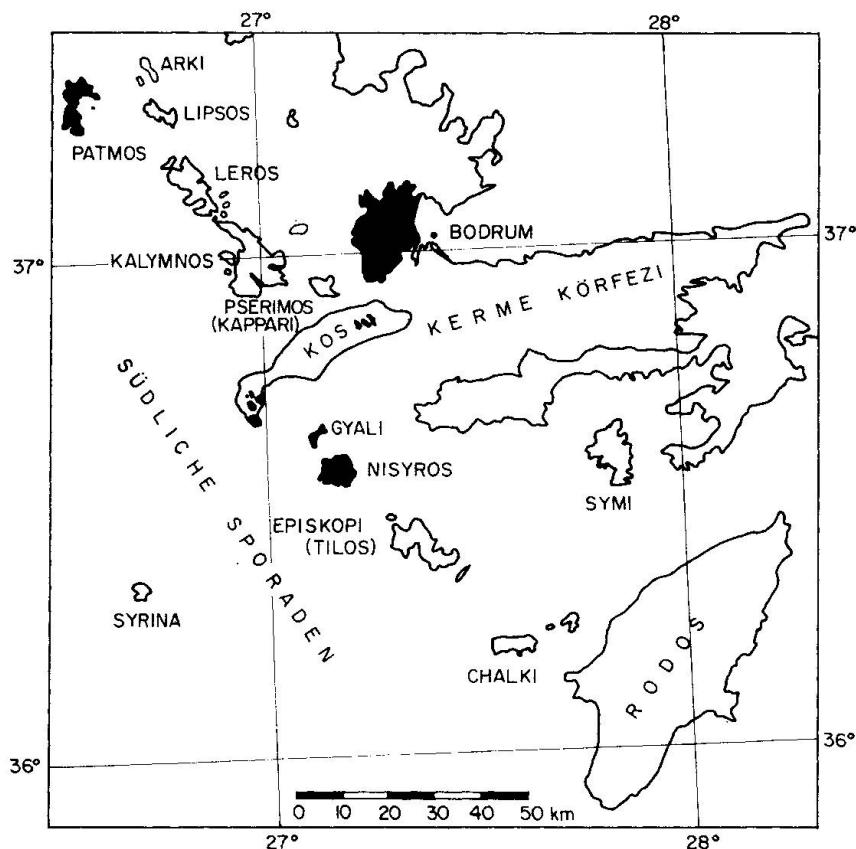


Fig. 1.

langt, so waren diese lange Zeit hindurch sozusagen völlig unbekannt. Eine Reihe früherer Arbeiten von H. GORCEIX (1873) betreffen vorwiegend Probleme der vulkanischen Exhalationen, und nur eine kurze Notiz von C. DOELTER (1873) beschäftigt sich mit einigen durch M. NEUMAYR (1880) anlässlich seiner geologischen Forschungen auf Kos gesammelten

Laven dieser Insel. Es blieb im besonderen völlig unklar, ob die Vulkane der südlichen Sporaden die Fortsetzung der oben erwähnten Kykladenzone darstellten, oder ob ihnen in bezug auf den Charakter ihrer Laven eine gewisse Selbständigkeit zukam. Die moderne petrographische Forschung setzte auf diesen Inseln erst ein, als sie nach dem Tripoliskriege unter italienische Verwaltung kamen. Schon die erste Notiz von F. MILLOSEVICH (1912) über einige Vulkanite von Kalymnos und Kos, besonders aber die bedeutende, im Original leider nur schwer zugängliche Arbeit von A. MARTELLI (1917) über die Inselgruppe von Nisyros, zeigten bald, dass sie südlichen Sporaden sich von denjenigen des „Kyklandenbogens“ deutlich unterschieden und einen besonderen Typus repräsentierten. Dies fand seine volle Bestätigung, als die grosse Gesamtdarstellung der Geologie des Dodekanes durch A. DESIO (1931) erschien und seine petrographischen Aufsammlungen durch die Arbeiten von A. BIANCHI über Kos (1928) und durch dessen Schüler I. CONCI über Patmos (CONCI 1928) sowie über Kalymnos, Episkopi (Tilos) und Pserimos (Kappari) (CONCI 1930) näher beschrieben wurden. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse erlaubten in der Folge die zusammenfassenden und vorläufig abschliessenden Darstellungen der „Petrographischen Provinz des Dodekaneses“ durch A. BIANCHI (1929, 1930). Als Hauptresultat ergab sich hierbei, dass die Vulkanite der südlichen Sporaden nur untergeordnet den vom Saronischen Golf bis Santorin herrschenden einheitlich extrem pazifischen Typus zeigten, sondern dass auch alkalibetontere, trachyandesitische und trachydazitische Typen auftraten sowie z. T. extrem saure Liparite.

Die Darstellung der provinziellen Verhältnisse musste jedoch notgedrungen unvollständig bleiben, solange nicht auch die gleichaltrigen vulkanischen Bildungen des benachbarten kleinasiatischen Festlandes auf der Halbinsel Bodrum mit in die Betrachtung einbezogen werden konnten. Diese blieben jedoch bis heute sozusagen unbekannt, und es finden sich in der Literatur nur ganz spärliche und lückenhafte Angaben darüber. So bemerkt z. B. E. ANDRÄ (1905, 31):

„Eine grosse Verbreitung haben eruptive Gesteine auf der Halbinsel Bodrum, einer Stadt, die auf den Ruinen des alten Halikarnassos steht. Diese Halbinsel wird in ihrem westlichen Teil fast ganz von Daciten und Biotitandesiten gebildet, die mit Tuffen mannigfaltig wechseltlagern. Die letzteren enthalten zahlreiche Fragmente von rötlich gefärbtem Biotit- und Pyroxenandesit in einem mit viel Calcit durchsetzten, wohl weitgehend veränderten Zwischenmaterial, wenn sie sämtlich den Tuffen gleichen sollten, die im Norden der antiken Stadt Myndos vorkommen. Neben den tertiären eruptiven Gebilden wurde, in engem Verbande mit diesen, auch ein Diabas festgestellt, der östlich Kadidalessi einen Hügel nahe

der Küste bildet. Es sei bemerkt, dass dieses ältere Gestein mit Gängen von Pyrolusit, Kupferlasur, Arsenkies (?) durchzogen ist.“

Von G. D'ACHIARDI (1902) stammt die mikroskopische Beschreibung einiger körniger Eruptivgesteine von dioritischem Aussehen, welche von der Küste in der Gegend von Kadi-Kalé, 2 km S der Ruinen des antiken Myndos, stammen und welche der Bergingenieur ETORE COULANT auf einer Inspektionstour nach den Kontaktlagerstätten mit Ag-haltigem Bleiglanz der Halbinsel Bodrum gesammelt hatte. Es handelt sich um Monzonit, ferner um ein monzonitporphyrisches Gestein mit kleinen Mengen von Nephelin und Nosean, welches vielleicht effusiver Natur ist, sowie um Syenitaplit und ein syenitporphyrisches Gestein, welches eventuell ebenfalls ein Ergussgestein darstellt. Alle Gesteine sind, z. T. stark, umgewandelt.

Angesichts dieser spärlichen Daten hatte denn auch BIANCHI (1930, 15) schon bemerkt:

„Interessante riuscirebbe, per le relazioni col Dodecaneso, uno studio esauriente sulle rocce della penisola di Alicarnasso (Budrum), che trovasi a pochi chilometri da Coo.“

Angeregt durch diese Bemerkung hatte der eine von uns (C. B.) schon seit längerer Zeit wiederholt versucht, Material aus diesem Gebiet zu erhalten, leider aber immer ohne Erfolg. Erst kürzlich bot sich Gelegenheit hierzu, indem Y. T. von seinem in der Nähe gelegenen Arbeitsgebiet aus einen Abstecher nach Bodrum machen konnte. Wenn auch das während des kurzen Aufenthaltes gesammelte Material, das insgesamt aus der näheren Umgebung der Stadt Bodrum selbst stammt, das durch BIANCHI als höchst wünschenswert erachtete „studio esauriente“ naturgemäß nicht gestattete, so erwies es sich doch als genügend interessant, um die Ergebnisse der Untersuchung hier zu veröffentlichen, da diese die früheren Beobachtungen von A. BIANCHI und I. CONCI in vorteilhafter Weise ergänzen. Es bleibt auch zu hoffen, dass die hier veröffentlichten Ergebnisse zu einem neuen und eingehenderen Studium des Gebietes anregen, welches auch die durch G. D'ACHIARDI (1902) beschriebenen holokristallinen, monzonitischen Typen und deren eventuelle Beziehungen zu den erwähnten Erzlagerstätten zu berücksichtigen hätte.

Die mikroskopischen Untersuchungen stammen von C. B. und Y. T., die chemischen Analysen wurden durch M. W. nach verbesserten Schnellverfahren (M. WEIBEL 1961, 1962) angefertigt.

## PETROGRAPHISCHE BESCHREIBUNG

## 1. Trachydazit

*Handstück B. 1, N Bodrum:* Makroskopisch handelt es sich um ein leicht poröses, rauh anzufühlendes Gestein von hellgrauer Farbe, mit Stich ins rötliche. Zahlreiche, bis 8 mm lange, dünnntafelige, stark glänzende Sanidine, vielfach Karlsbader Zwillinge, treten neben ca. 1 mm grossen Individuen von Biotit und Pyroxen als Einsprenglinge in einer dichten Grundmasse auf. Unter dem Mikroskop erkennt man in einer sehr feinkörnigen, anscheinend holokristallinen Grundmasse, Einsprenglinge von Sanidin, Plagioklas, Pyroxen, Biotit, Apatit und Magnetit. Die Grundmasse ist durch feinverteiltes Erz pigmentiert und lässt Alkali-feldspat, Plagioklas und xenomorphen, teilweise schwammig ausgebildeten Quarz als Letztausscheidung sowie kleinste, idiomorphe, sechseckige Biotitblättchen erkennen. Da die Korngrösse teilweise unter die Schliffdicke herabsinkt, nimmt die Grundmasse stellenweise fast mikrofelsitischen Charakter an.

Die mehrere mm grossen Sanidineinsprenglinge sind dünnntafelig nach (010) und nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingt. Sie sind schwach zonar und lassen deutlich die Spaltbarkeit nach beiden Pinakoiden erkennen. Teilweise enthalten sie idiomorphen Plagioklas eingeschlossen. Das Zusammenfallen von  $n_\gamma$  für beide Individuen von Karlsbader Zwillingen weist eindeutig auf monokline Symmetrie. Aus der Zwillingsoptik ergibt sich  $a/n_\alpha = 6^\circ$  bei  $(-)2V = 25^\circ$  und normalsymmetrischer Achsenlage bei deutlicher Dispersion  $\rho > v$ .

Die Plagioklaseinsprenglinge sind gut idiomorph bei schwacher Zonarstruktur und intensiver Verzwillingung. Es handelt sich um HT-Oligoklas-Andesin  $An_{35}$ .

Der Pyroxen ist im Schliff schwach grünlicher, meist gut idiomorpher diopsidischer Augit mit achtseitigem Querschnitt und guter Spaltbarkeit.  $c/n_\gamma = 40—45^\circ$ , Achsen- und Bisektrizendispersion nicht wahrnehmbar.

Der Biotit ist pleochroitisch dunkelbraun-schwarzbraun und zeigt intensive Opazitbildung, die bis zur vollständigen Pseudomorphosierung gehen kann, ausser wenn er als Einschluss in Feldspat auftritt. Grosses bräunlichgraue Apatite zeigen eine stäbchenförmige Pigmentierung und schwachen Pleochroismus mit der stärkeren Absorption parallel  $c = n_\alpha$ .

Auf Grund dieses Mineralbestandes muss das Gestein als Pyroxen-Biotittrachydazit bezeichnet werden, eine Diagnose, die ihre Bestätigung in der chemischen Analyse findet (Tab. 1). Ein chemisch sehr ähnlich zusammengesetztes Gestein, in welchem jedoch der Biotit mit Horn-

blende vergesellschaftet ist, statt mit Pyroxen, ist auf der benachbarten Insel Kos (Coo) vorhanden.

Tabelle 1

|                                | <i>I</i> | <i>a</i> |
|--------------------------------|----------|----------|
| SiO <sub>2</sub>               | 61,5     | 62,36    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,5     | 16,58    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 4,0      | 2,21     |
| FeO                            | 0,8      | 2,04     |
| MnO                            | 0,07     | —        |
| MgO                            | 1,6      | 2,35     |
| CaO                            | 4,6      | 4,52     |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,8      | 4,14     |
| K <sub>2</sub> O               | 4,2      | 3,82     |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,55     | 0,28     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,34     | 0,13     |
| H <sub>2</sub> O               | 1,6      | 1,45     |
|                                | 99,56    | 99,88    |

*I* Pyroxen-Biotittrachydazit, W Bodrum, Halbinsel Bodrum (Probe B. 1). Anal. M. WEIBEL.

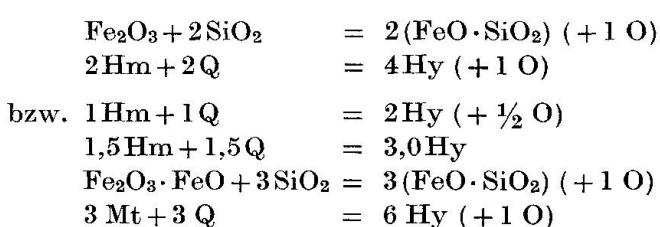
*a* Trachydazit, Mte. Vigla, Insel Kos. A. BIANCHI, Mem. Ist. Geol. Univ. Padova 8 (1928) 30. Anal. Autor.

| si           | al   | fm   | c    | alk  | k    | mg   | Magma              |
|--------------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
| <i>I</i> 227 | 35,8 | 22,6 | 18,1 | 23,5 | 0,42 | 0,39 | monzonitsyenitisch |
| <i>a</i> 224 | 35   | 25   | 17   | 23   | 0,38 | 0,51 | monzonitsyenitisch |

Die Standard-Katanorm berechnet sich zu:

| Q    | Or   | Ab   | An   | Wo  | En  | Mt  | Hm  | Ru  | Cp  |
|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 12,9 | 25,3 | 35,0 | 15,8 | 1,6 | 4,5 | 2,0 | 1,5 | 0,4 | 1,0 |

Das Auftreten von normativem Hm sowie die Abwesenheit von Hy zeigen an, dass das Gestein offenbar gegenüber der ursprünglichen Zusammensetzung in leicht oxydiertem Zustand vorliegt. Zur Berechnung eines dem Modus angepassten Mineralbestandes wird daher ein Teil des Fe<sup>3+</sup> reduziert unter Eliminierung des Hm und willkürlicher Beschränkung des Mt auf 1% gemäss:



$$\begin{array}{lll} \text{bzw. } 1 \text{ Mt} + 1 \text{ Q} & = & 2 \text{ Hy } (+ \frac{1}{3} \text{ O}) \\ 1,0 \text{ Mt} + 1,0 \text{ Q} & = & 2,0 \text{ Hy} \end{array}$$

womit man erhält:

| Q    | Or   | Ab   | An   | Wo  | En  | Hy  | Mt  | Ru  | Cp  |
|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 10,4 | 25,3 | 35,0 | 15,8 | 1,6 | 4,5 | 5,0 | 1,0 | 0,4 | 1,0 |

Bildet man an Stelle des vorhandenen diopsidischen Augites reinen Diopsid, so ergibt sich als desoxydierte Pyroxenvariante der Standard-Katanorm:

| Q    | Or   | Ab          | An               | Wo         | En         | Hy         | En         | Hy           | Mt         | Ru         | Cp         |
|------|------|-------------|------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|------------|------------|------------|
| 10,4 | 25,3 | <u>35,0</u> | <u>15,8</u>      | <u>1,6</u> | <u>0,8</u> | <u>0,8</u> | <u>3,7</u> | <u>4,2</u>   | <u>1,0</u> | <u>0,4</u> | <u>1,0</u> |
|      |      | 50,8        | An <sub>31</sub> |            | Di         | 3,2        |            | Orthaug. 7,9 |            |            |            |

Da Orthaugit modal nicht vorhanden ist, jedoch Biotit, so bildet man eine Biotitvariante gemäss:

$$\begin{array}{ll} 5 \text{ Or} + 6 (\text{En} + \text{Hy}) (+ 2 \text{ W}) = 8 \text{ Bi} + 3 \text{ Q} \\ 6,6 \text{ Or} + 7,9 (\text{En} + \text{Hy}) = 10,5 \text{ Bi} + 4,0 \text{ Q} \end{array}$$

und erhält:

| Q    | Or   | Plag | An <sub>31</sub> | Di  | Bi   | Mt  | Ru  | Cp  |
|------|------|------|------------------|-----|------|-----|-----|-----|
| 14,4 | 18,7 | 50,8 |                  | 3,2 | 10,5 | 1,0 | 0,4 | 1,0 |

Der modale Plagioklas resultiert zu An<sub>31</sub>, während die Einsprenglinge mit Hilfe der U-Tischmethode zu An<sub>35</sub> HT bestimmt wurden. Dieser Unterschied dürfte daher röhren, dass die nicht näher bestimmbarren Plagioklase der Grundmasse nach der allgemeinen Erfahrung etwa saurer sein dürften als die Einsprenglinge, und weil auch ein Teil des normativen Ab im Or bzw. Sanidin stecken dürfte. Nimmt man z. B. willkürlich für dessen Zusammensetzung Or<sub>3</sub>Ab<sub>1</sub> an, so modifiziert sich diejenige des mittleren Plagioklases auf An<sub>37,3</sub>. Die gute Übereinstimmung des normativen Plagioklases mit dem modalen liefert zugleich eine Bestätigung für die Annahme, dass der Pyroxen sehr reinem Diopsid entspricht.

Nach der quantitativen mineralogischen Klassifikation der Eruptivgesteine von P. NIGGLI (1931) würde die eben berechnete Diopsid-Pyroxen-Variante, als Plutonit betrachtet, auf die Grenze der Felder für Granodiorit und quarzführendem Syenodiorit fallen. Führt man für Gesteine mit  $3/8 < \text{Or/Plag} < 5/8$  die Bezeichnungen Monzonit und Adamellit (Quarzmonzonit) ein, so fällt das Gestein sehr nahe diesen Feldern, und zwar auf die Höhe der Grenze Monzonit-Adamellit (Quarzmonzonit). Betrachtet man die heteromorphe Variante mit Alkalifeldspat von der

Zusammensetzung  $Or_3Ab_1$ , so fällt das Gestein in das Feld der quarzführenden Monzonite, und zwar ebenfalls an die Grenze gegen dasjenige der Adamellite. Die gewählte Bezeichnung „Trachydazit“ dürfte somit auch von diesem Gesichtspunkt aus als gerechtfertigt erscheinen.

## 2. Trachyandesite und trachyandesitischer Tuff

Eine Reihe trachyandesitischer Laven sowie ein Tuff zeigen sehr ähnliche Zusammensetzung und können daher zusammen behandelt werden. Ihnen ist allen gemeinsam, dass sie auf Grund des beobachtbaren Mineralbestandes allein als Andesite bezeichnet werden müssten, während es sich chemisch um Trachyandesite handelt.

*Handstück B. 10, W Bodrum:* Makroskopisch handelt es sich um ein hellgraues Gestein, leicht porös, in welchem zahlreiche 2—3 mm grosse Einsprenglinge von mattem Plagioklas neben kleineren von starkglänzendem Biotit sowie Pyroxen zu erkennen sind.

Unter dem Mikroskop ist das Gestein hemikristallin-porphyrisch mit glasreicher, hyalopilitischer Grundmasse und zahlreichen Einsprenglingen von Plagioklas, Augit, Biotit, Hornblende und etwas Erz.

Der gut idiomorphe, in gewohnter Weise intensiv verzwillingte Plagioklas ist HT-Andesin  $An_{40-45}$ , teilweise mit Einschlüssen von braunem Glas. Der Pyroxen ist schwachgrünlicher diopsidischer Augit mit  $c/n_{\gamma} = 40-43^{\circ}$ . Er ist gut idiomorph mit achtseitigem Querschnitt und ausgezeichneter prismatischer Spaltbarkeit bei nur selten vorhandener Verzwilligung. Achsen- und Bisektrizendispersion ist nicht wahrnehmbar. Einige Individuen zeigen beginnende Umwandlung in Biotit.

Der mengenmäßig dem Pyroxen ungefähr gleichkommende Biotit ist gut idiomorph mit starkem Pleochroismus von hellgelb nach dunkel-schwarzbraun. Er ist optisch einachsig und zeigt gelegentlich leichte protoklastische Deformation. Resorptionserscheinungen und Opazitbildung fehlen jedoch, wie oft in Vulkaniten mit glasreicher Grundmasse. Vereinzelt tritt eine gut idiomorphe braune Hornblende (Oxyhornblende) mit dem Pleochroismus  $n_{\alpha}$  hellgelb,  $n_{\beta} \sim n_{\gamma}$  dunkelbraun und kleinem  $c/n_{\gamma}$  auf. Sie ist ebenfalls frei von Umwandlungerscheinungen. Nach dem Mineralbestand müsste das Gestein als hornblendeführender Pyroxen-Biotitandesit bezeichnet werden; auf Grund seines Chemismus ist es jedoch zu den Trachyandesiten zu stellen.

*Handstück B. 9, W Bodrum:* Makroskopisch handelt es sich um ein weisslichgraues, rauh anzufühlendes, leicht poröses Gestein mit mehreren

mm grossen Einsprenglingen von glasglänzendem, teilweise auch eher mattem Plagioklas, neben kleinen Biotittäfelchen und Augitprismen, in einer dichten Grundmasse.

Unter dem Mikroskop erkennt man holokristallin-porphyrische Struktur mit hyalopilitischer Grundmasse und Einsprenglingen von Plagioklas, Augit, Biotit und Apatit. Der gut idiomorphe, stark verzwillingte Plagioklas ist schwach zonarer HT-Andesin-Labrador  $An_{45}$ . Der Pyroxen ist schwach grünlicher, nicht pleochroitischer diopsidischer Augit mit  $c/n_{\gamma} = 40-42^\circ$ , ohne wahrnehmbare Zonarstruktur und Dispersionserscheinungen. Der für die Schwingungsrichtung parallel zur Spaltbarkeit fast total absorbierende Biotit zeigt starke Opazitbildung. Es ist nicht ausgeschlossen, dass sich unter den zahlreich vorhandenen Opazitpseudomorphosen auch solche von Hornblende befinden. Grosses Apatite mit basaler Absonderung zeigen einen schwachen Pleochroismus  $n_{\alpha}$  violettgrau,  $n_{\gamma}$  klargrau bis farblos.

Auch dieses Gestein müsste auf Grund des beobachteten Mineralbestandes als Andesit bezeichnet werden, während es auf Grund der w. u. angeführten chemischen Analyse den Trachyandesiten zuzuweisen ist.

*Handstück B. 4, NW Bodrum:* Makroskopisch ein leicht rosa gefärbtes, rauhes, leicht poröses Gestein mit zahlreichen, bis 4 mm grossen, leicht glasglänzenden Einsprenglingen von gut idiomorphem Plagioklas sowie kleineren von stark glänzendem Biotit, neben solchen von weiteren dunklen Gemengteilen, in dichter Grundmasse.

Unter dem Mikroskop handelt es sich um einen sehr einsprenglingsarmen Andesit mit extrem feinkörniger Ausbildung der Grundmasse, angesichts deren Trübung es schwer zu entscheiden ist, ob es sich um eine Lava oder um einen Tuff handelt. Die einheitliche Ausbildung der Einsprenglinge, die Abwesenheit von zerbrochenen Individuen unter denselben sowie das Fehlen von Glasfetzen und Gesteinsfragmenten sprechen eher für eine Lava. An Einsprenglingen treten auf: Pyroxen, Biotit, Hornblende und Apatit neben viel primärem und sekundärem Erz.

Der intensiv verzwillingte Plagioklas ist nur schwach zonar und im Mittel HT-Andesin  $An_{40}$ . Der Pyroxen ist schwach grünlicher diopsidischer Augit mit gut entwickelter Spaltbarkeit. Zwillinge nach (100) sind spärlich,  $(+) 2V = 59^\circ$ ,  $c/n_{\gamma} = 43^\circ$ , Achsen- und Bisektrizendispersion sind nicht wahrnehmbar, jedoch ist Zonarstruktur schwach ausgebildet. Charakteristisch ist eine äusserste schmale Zone von goldgelber Farbe, die aus Ägirinaugit mit  $c/n_{\alpha} = 20^\circ$  besteht. Biotit und rotbraune Horn-

blende sind fast vollständig in Opazitpseudomorphosen umgewandelt, die nur ganz ausnahmsweise Reste der ursprünglichen Mineralien im Zentrum zeigen. Einige grosse Apatite mit deutlicher basaler Absonderung fallen durch den Pleochroismus  $n_\alpha$  rotbraun,  $n_\gamma$  hellbraun auf.

Auch hier müsste das Gestein auf Grund seines Mineralbestandes allein als Andesit klassifiziert werden, während es sein Chemismus den Trachyandesiten zuweist.

*Handstück B. 3, N Bodrum:* Makroskopisch ein gelblichgraues, rauh anzufühlendes, leicht poröses, einen unfrischen Eindruck erweckendes Gestein mit Einsprenglingen von mattem Plagioklas, mehrere mm gross, neben kleineren von Biotit und weiteren dunkeln Gemengteilen. Man erkennt auch deutlich Glasfetzen und verschiedenartige Gesteinsfragmente von i. M. 5 mm Grösse.

Unter dem Mikroskop erkennt man sofort eindeutig, dass es sich um einen Tuff handelt. In einer äusserst feinkörnigen, trüben Grundmasse aus kantigen Kristallindividuen und zersetzen Glaspartikeln liegen neben Glasfetzen in verschiedenster Ausbildung und andesitischen bis trachytischen Gesteinsfragmenten zahlreiche bruchstückartig begrenzte, aber auch gut idiomorphe Individuen von Plagioklas, Pyroxen, Biotit und Erz. Beim Plagioklas handelt es sich ausschliesslich um in gewohnter Weise intensiv polysynthetisch verzwillingte HT-Andesine mit mehr oder weniger gut ausgebildeter Zonarstruktur und einer Zusammensetzung um  $An_{40}$ . Der Pyroxen ist farbloser bis schwachgrünlicher diopsidischer Augit mit  $c/n_\gamma = 43^\circ$  und  $(+) 2V = 59^\circ$ . Achsen- und Bisektrizendispersion ist abwesend, Zonarstruktur kaum wahrnehmbar. Ganz vereinzelt finden sich zonare Kristalle von Ägirinaugit mit einem äussersten schmalen Rand von Ägirin. Beim Biotit wiegen bei weitem gut idiomorphe Individuen mit starkem Pleochroismus von hellgelb nach schwarzbraun vor. Sie sind optisch einachsig, z. T. auch resorbiert unter Bildung eines Opazitsaumes, z. T. etwa auch aufgeblättert und verbogen. Selten findet sich eine zweite Biotitart von fuchsroter Farbe und deutlicher Zweiachsigkeit. Ganz vereinzelt sind Bruchstücke einer dunkelbraunen Hornblende. Der Chemismus dieser Gesteine geht aus Tabelle 2 hervor.

Während die betrachteten Laven alle den Mineralbestand von Andesiten zeigen, handelt es sich somit chemisch um alkalibetontere Typen, die als Trachyandesite oder zum mindesten als Übergänge zu solchen bezeichnet werden müssen. Da die qz-Zahl schwach positiv ist, könnte man eventuell, in Anlehnung an den von A. Lacroix geprägten Begriff Dazitoid für Andesite mit normativem  $SiO_2$ -Überschuss, im vorliegenden

Tabelle 2

|                                | 2     | 3     | 4 *   | 5     | a     | b     | c     | d      |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 60,0  | 60,1  | 60,4  | 58,0  | 58,80 | 57,66 | 60,03 | 59,57  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,3  | 16,8  | 16,8  | 16,6  | 18,13 | 16,34 | 17,04 | 16,40  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,1   | 4,4   | 4,7   | 4,1   | 1,66  | 2,35  | 1,42  | 5,08   |
| FeO                            | 1,8   | 0,95  | 0,35  | 1,3   | 2,25  | 1,67  | 2,81  | 1,52   |
| MnO                            | 0,08  | 0,08  | 0,07  | 0,08  | —     | —     | —     | Sp.    |
| MgO                            | 2,6   | 1,6   | 1,6   | 2,6   | 2,44  | 2,74  | 3,18  | 2,11   |
| CaO                            | 5,9   | 5,2   | 5,6   | 5,9   | 5,85  | 5,33  | 4,79  | 6,49   |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,1   | 3,7   | 3,7   | 3,2   | 4,02  | 3,40  | 3,12  | 3,75   |
| K <sub>2</sub> O               | 3,8   | 4,0   | 4,1   | 3,6   | 4,10  | 6,31  | 4,73  | 3,61   |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,55  | 0,6   | 0,5   | 0,55  | 0,37  | 0,81  | 0,60  | 0,68   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,25  | 0,32  | 0,30  | 0,33  | 0,15  | 0,20  | 0,15  | 0,14   |
| H <sub>2</sub> O               | 2,1   | 2,1   | 1,4   | 3,4   | 2,02  | 3,06  | 1,89  | 1,12   |
|                                | 99,58 | 99,85 | 99,52 | 99,66 | 99,79 | 99,87 | 99,76 | 100,47 |

2 Pyroxen-Biotittrachyandesit, N Bodrum (Probe B. 10), Anal. M. WEIBEL.

3 Pyroxen-Biotittrachyandesit, N Bodrum, Halbinsel Bodrum (Probe B. 9), Anal. M. WEIBEL.

4 Hornblende führender Biotit-Pyroxentrachyandesit, NW Bodrum, Halbinsel Bodrum (Probe B. 4), Anal. M. WEIBEL.

5 Trachyandesitischer Tuff, Halbinsel Bodrum, N Bodrum (Probe B. 3), Anal. M. WEIBEL.

a Trachyandesit, Vromotopo, Insel Kos. A. BIANCHI, Mem. Ist. Geol. Univ. Padova 8 (1928) 41, Anal. Autor.

b Trachyandesit, Baia Alaci, Insel Pserimos. I. CONCI, ibid. 8 (1929) 18, Anal. Autor.

c Trachyandesit, Baia di Agrio Livadi, Insel Patmos. I. CONCI, ibid. 8 (1928) 33, Anal. Autor.

d Andesit, Übergang zu Trachyandesit, Vromotopo, Insel Kos. A. BIANCHI, ibid. 8 (1928) 46, Anal. Autor.

|   | si  | al   | fm   | c    | alk  | k    | mg   | Magma |
|---|-----|------|------|------|------|------|------|-------|
| 2 | 207 | 33,2 | 26,5 | 21,7 | 18,6 | 0,44 | 0,50 |       |
| 3 | 213 | 35,1 | 23,4 | 19,8 | 21,7 | 0,41 | 0,36 |       |
| 4 | 213 | 34,9 | 22,0 | 21,1 | 22,0 | 0,42 | 0,38 |       |
| 5 | 196 | 33,0 | 27,4 | 21,3 | 18,3 | 0,42 | 0,47 |       |
| a | 182 | 35   | 22,5 | 20,5 | 22,0 | 0,40 | 0,53 |       |
| b | 193 | 32,5 | 24   | 19   | 24,5 | 0,55 | 0,57 |       |
| c | 204 | 34   | 28   | 17,5 | 20,5 | 0,50 | 0,58 |       |
| d | 193 | 31,5 | 27   | 22,5 | 19   | 0,39 | 0,38 |       |

Fall von Trachydazitoiden sprechen. Die unter a—d vergleichsweise angeführten Gesteine zeigen, dass analoge Laven auf den benachbarten Inseln Kos, Pserimos und Patmos ebenfalls vertreten sind.

Angesichts der engen Übereinstimmung der chemischen Zusammensetzung der drei Proben B. 4, B. 9 und B. 10 soll für die folgenden Betrachtungen von deren Mittel ausgegangen werden, das sich wie folgt ergibt:

| SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | MnO  | MgO  | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | TiO <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | H <sub>2</sub> O | Summe                                 |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------------------|
| 60,2             | 16,6                           | 4,1                            | 1,0  | 0,1  | 1,9  | 5,6  | 3,5               | 4,0              | 0,6              | 0,3                           | 1,9              | 99,8                                  |
| si               | al                             | fm                             | c    | alk  | k    | mg   | ti                | p                |                  |                               |                  | Magma                                 |
| 211              | 34,3                           | 24,0                           | 21,1 | 20,6 | 0,43 | 0,41 | 1,7               | 0,4              |                  |                               |                  | granodioritisch/<br>leukomonzonitisch |

Die Standard-Katanorm lautet:

| Q    | Or   | Ab   | An   | Wo  | En  | Mt  | Hm  | Ru  | Cp  |
|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 11,6 | 24,3 | 32,4 | 18,3 | 3,6 | 5,3 | 2,6 | 1,2 | 0,5 | 0,2 |

Auch hier lässt sich auf Grund des normativen Hm und des Fehlens von Hy eine nachträgliche geringe Oxydation vermuten. Beschränkt man wiederum durch entsprechende Reduktion den Mt-Gehalt willkürlich auf 1 % und eliminiert man den Hm gemäss:

$$1,6 \text{ Mt} + 1,6 \text{ Q} = 3,2 \text{ Hy}$$

$$1,2 \text{ Hm} + 1,2 \text{ Q} = 2,4 \text{ Hy}$$

so folgt als reduzierte Variante der Standard-Katanorm:

| Q   | Or   | Ab   | An   | Wo  | En  | Hy  | Mt  | Ru  | Cp  |
|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 8,8 | 24,3 | 32,4 | 18,3 | 3,6 | 5,3 | 5,6 | 1,0 | 0,5 | 0,2 |

bzw. nach Ausscheidung von Diopsid und Orthaugit:

| Q   | Or   | Plag | An <sub>36</sub> | Di  | En  | Hy  | Mt  | Ru  | Cp  |
|-----|------|------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 8,8 | 24,3 |      | 50,7             | 7,2 | 3,6 | 3,7 | 1,0 | 0,5 | 0,2 |

Da modal, wenn man von dem sehr geringen Gehalt an Oxyhornblende in den Proben B. 10 und B. 4 absieht, als dunkle Gemengteile nur diopsidisches Augit und Biotit auftreten, wird unter Eliminierung des Orthaugites eine Diopsid-Biotitvariante berechnet gemäss:

$$7,3 (\text{En} + \text{Hy}) + 6,1 \text{ Or} = 9,7 \text{ Bi} + 3,7 \text{ Q}$$

| Q    | Or   | Ab   | An   | Di                       | Bi  | Mt  | Ru  | Cp  |
|------|------|------|------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
| 12,5 | 18,2 | 32,4 | 18,3 | 7,2                      | 9,7 | 1,0 | 0,5 | 0,2 |
|      |      |      |      | 50,7 Pl An <sub>36</sub> |     |     |     |     |

Der berechnete mittlere Plagioklas resultiert auch hier, wie im Falle des Trachydazites, etwas saurer, als die mit Hilfe des U-Tisches bestimmte Zusammensetzung der Einsprenglinge (An<sub>40-45</sub> HT). Die Gründe dürften

die gleichen sein, welche schon für den Fall des Trachydazites diskutiert wurden, nämlich saurerer Charakter der Grundmasse-Plagioklase und Albitgehalt des Kalifeldspates. Als Plutonit aufgefasst, würde das betrachtete Mittel auf Grund der Diopsid-Biotitvariante in der Niggli-schen quantitativen Klassifikation in das Feld der Granodiorite fallen, und zwar sehr nahe der Grenze gegen die Syenodiorite. Würde man auch hier eine Variante mit einem Alkalifeldspat  $Or_3Ab_1$  in Betracht ziehen, so würde sich als Plagioklaszusammensetzung  $An_{41}$  ergeben, und das Gestein würde in das Feld der Adamellite (Quarzmonzonite), und zwar nahe der Grenze gegen die quarzführenden Monzonite fallen. Auch die Betrachtungen über den normativen Mineralbestand lassen somit die Bezeichnung „Trachyandesit“ als gerechtfertigt erscheinen.

### 3. Olivinführender Trachyandesit

*Handstück B. 8, N Bodrum:* Dieses Gestein führt, im Gegensatz zu den bis jetzt betrachteten, etwas Olivin bzw. Iddingsit. Makroskopisch handelt es sich um ein deutlich dunkleres Gestein, dunkelbraungrau, z. T. etwas rostfarben, kompakt, das in einer dichten Grundmasse 1—2 mm grosse Einsprenglinge von frischem, glänzendem Plagioklas und Biotit sowie weitere dunkle Gemengteile erkennen lässt.

Unter dem Mikroskop erkennt man hemikristallin-porphyrische Struktur mit Einsprenglingen von Plagioklas, Pyroxen, Biotit und spärlichem Olivin. Der Plagioklas ist gut idiomorph, intensiv verzwillingt und schwach zonar. Es handelt sich um HT-Labrador  $An_{56}$ . Der Pyroxen ist ebenfalls gut idiomorpher diopsidischer Augit. Er zeigt weder Achsen- noch Bisektrizendispersion und nur sehr schwache Zonarstruktur bei gelegentlicher Verzwillingung nach (100) und  $c/n_{\gamma} = 42^\circ$ . Es handelt sich somit auch hier um einen diopsidischen Augit.

Der Biotit ist vorwiegend praktisch einachsig und stark pleochroitisch von strohgelb bis fast schwarz. Daneben wurde auch eine zweite Varietät beobachtet, welche optisch zweiachsig ist, mit deutlicher Achsendispersion  $\rho > \nu$ . Der Biotit zeigt Resorptionserscheinungen mit Opazitbildung. Spärliche Olivine sind gut idiomorph und vollständig iddingsitisiert. Die etwas trübe Grundmasse ist hyalopilitisch mit schlanken Plagioklasleistchen und stellenweisem, nicht mit Sicherheit identifizierbarem Alkalifeldspat neben Magnetit und feinen gelbroten Körnchen, die z. T. wohl Iddingsit, z. T. sicherlich aber auch Limonit sind. Das Gestein ist somit als olivinführender Pyroxen-Biotittrachyandesit zu bezeichnen. Die chemische Zusammensetzung geht aus Tab. 3 hervor.

Tabelle 3

|                                | 6     | a     |
|--------------------------------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 55,7  | 58,08 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17,5  | 19,09 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5,6   | 1,29  |
| FeO                            | 1,25  | 2,71  |
| MnO                            | 0,10  | 0,11  |
| MgO                            | 2,1   | 2,79  |
| CaO                            | 6,4   | 7,60  |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,6   | 3,90  |
| K <sub>2</sub> O               | 4,1   | 2,78  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,7   | 0,48  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,49  | —     |
| H <sub>2</sub> O               | 1,8   | 1,00  |
|                                | 99,34 | 99,83 |

6 Olivinführender Pyroxen-Biotittrachyandesit, Halbinsel Bodrum (Probe B. 8),  
Anal. M. WEIBEL.

a Augit-Hypersthenandesit, nördl. Mte. Eremita, Insel Kos. A. BIANCHI, Mem.  
Ist. Geol. Univ. Padova 8 (1928) 53, Anal. Autor.

|   | si  | al   | fm   | c    | alk  | k    | mg   | Magma             |
|---|-----|------|------|------|------|------|------|-------------------|
| 6 | 176 | 32,6 | 26,5 | 21,6 | 19,3 | 0,43 | 0,37 | leukomonzonitisch |
| a | 178 | 34,5 | 23   | 25   | 17,5 | 0,32 | 0,56 | mit hohem c       |

Wie zu erwarten, ist das Gestein bei durchaus ähnlicher Zusammensetzung wie die bisher betrachteten etwas SiO<sub>2</sub>-ärmer. Analoge Laven sind von der benachbarten Insel Kos bekannt.

Die Standard-Katanorm berechnet sich zu:

| Q   | Or   | Ab   | An   | Wo  | En  | Hy  | Mt  | Hm  | Ru  | Cp  |
|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5,8 | 25,0 | 33,3 | 20,2 | 4,5 | 2,1 | 2,4 | 5,4 | 0,4 | 0,5 | 0,4 |

Obwohl in diesem Fall (En + Hy) zur Diopsidbildung gerade ausreichen, muss auf Grund des hohen Mt-Gehaltes und der Anwesenheit von Hm auch hier eine nachträgliche geringe Oxydation angenommen werden. Nimmt man in Anbetracht des im Vergleich zu den bis jetzt betrachteten Gesteinen höheren Mt-Gehaltes normativ einen solchen von 2% an und wandelt man den restlichen Mt wie auch den Hm in Hy um, gemäss:

$$3,4 \text{ Mt} + 3,4 \text{ Q} = 6,8 \text{ Hy}$$

$$0,4 \text{ Hm} + 0,4 \text{ Q} = 0,8 \text{ Hy}$$

so erhält man als reduzierte Variante der Standard-Katanorm:

|      |      |                             |      |        |     |              |     |     |     |
|------|------|-----------------------------|------|--------|-----|--------------|-----|-----|-----|
| Q    | Or   | Ab                          | An   | Wo     | En  | Hy           | Mt  | Ru  | Cp  |
| 2,0  | 25,0 | 33,3                        | 20,2 | 4,5    | 2,1 | 10,0         | 2,0 | 0,5 | 0,4 |
| bzw. | Q    | Or                          | Ab   | An     | Wo  | En           | Hy  | En  | Cp  |
| 2,0  | 25,0 | 33,3                        | 20,2 | 4,5    | 0,8 | 3,7          | 1,3 | 6,3 | 0,4 |
|      |      | 53,5 Pl An. <sub>46,8</sub> |      | Di 9,0 |     | Orthaug. 7,6 |     |     |     |

Zur Anpassung an den Modus wird der Orthaugit in Biotit umgewandelt:

$$7,6 (\text{En} + \text{Hy}) + 6,4 \text{ Or} = 10,2 \text{ Bi} + 3,3 \text{ Q},$$

worauf man als Biotit-Diopsidvariante erhält:

|     |      |      |      |     |      |     |     |     |
|-----|------|------|------|-----|------|-----|-----|-----|
| Q   | Or   | Ab   | An   | Di  | Bi   | Mt  | Ru  | Cp  |
| 5,8 | 18,6 | 33,3 | 20,2 | 9,0 | 10,2 | 2,0 | 0,5 | 0,4 |

Im Vergleich zum Modus fällt vor allem auf, dass 5,8 Q der Norm modal etwas Olivin bzw. Iddingsit gegenübersteht. Zur Erklärung kann angenommen werden, dass sich der  $\text{SiO}_2$ -Überschuss in der Glasbasis befindet und dass es aus irgend welchen Gründen, eventuell wegen der vollständigen Iddingsitisierung der Olivine, oder zu grosser Viskosität, nicht zur Reaktion unter Augitbildung kam. Es besteht auch die Möglichkeit, dass der Olivin ungleichmässig-schlierig verteilt ist und dass die analysierte Probe nicht völlig den Schliffen entspricht (obwohl Analyse und Schliffe vom gleichen Handstück stammen). Jedenfalls fällt auf, dass der Olivin- bzw. Iddingsitgehalt in zwei Schliffen erheblich differiert. Interessant ist auch in diesem Zusammenhang, dass die in Tab. 3 vergleichsweise aufgeführte, chemisch sehr ähnlich zusammengesetzte Lava von Kos, die nur ca. 3% reicher an  $\text{SiO}_2$  ist, an Stelle des Olivins einen geringen Gehalt an Hypersthen führt. Der modale Plagioklas ist mit  $\text{An}_{56}$  (Einsprenglinge) leicht basischer als der normative. In Anbetracht dass die Plagioklase der Grundmasse sicherlich etwas saurer sind und dass auch hier ein Teil des Ab dem Or beigemischt sein dürfte, ist die Übereinstimmung jedoch eine durchaus befriedigende. Als Plutonit aufgefasst würde die errechnete Diopsid-Biotitvariante auf einen Syenodiorit der Niggliischen quantitativen Klassifikation führen.

#### 4. Shonkinit

Dieses bemerkenswerte Gestein (*Handstück B. 7*) tritt NW Bodrum als einziges unter den hier betrachteten als Gang auf und ist makroskopisch schwarzgrau, feinkörnig bis dicht, von basaltischem Habitus. Gelegentlich ist eine Pyroxenspaltfläche erkennbar.

Unter dem Mikroskop erweist es sich als von holokristallin-porphyr-

scher bis porphyrtägiger Struktur mit Einsprenglingen von Olivin und Pyroxen in einer Grundmasse aus Pyroxen, Plagioklas, Alkalifeldspat und Biotit sowie Apatit und Erz. In bezug auf die Dimensionen der Pyroxene sind nicht zwei deutlich verschiedene Generationen vorhanden, sondern es finden sich kontinuierliche Übergänge.

Der Olivin, der am deutlichsten Einsprenglingscharakter aufweist, ist teilweise gut idiomorph, tafelig und vielfach stark resorbiert, teilweise dermassen, dass er in Teilindividuen von einheitlicher Auslöschung und Doppelbrechung aufgelöst erscheint. Er ist optisch  $\pm$  neutral, entsprechend  $Fa_{12-15}$ . Bemerkenswert ist das nicht seltene Auftreten von gut ausgebildeten Durchkreuzungszwillingen nach (011) bzw. (031), wobei sich mit Hilfe der U-Tischmethoden nicht entscheiden lässt, wie das Gesetz zu formulieren ist, da die beiden Flächen wegen des pseudo-hexagyrischen Charakters der a-Achse annähernd normal zueinander stehen.

Der Pyroxen ist im Schliff im Vergleich zum völlig farblosen Olivin leicht bräunlich und gut idiomorph. Das seitliche Pinakoid tritt eher zurück, so dass die Querschnitte oft sechsseitig sind, und der ganze Habitus ist eher langstengelig. Kreuzförmige Zwillinge und knäuelartige Verwachsungen sind häufig. Zonarstruktur mit einer schmalen Außenzone ist deutlich vorhanden. Achsendispersion ist für beide optische Achsen nicht nachweisbar, Bisektrizendispersion ist äusserst schwach. (+) 2V variiert von  $58^\circ$  (Kern) bis  $48^\circ$  (Rand),  $c/n_\gamma$  von  $39^\circ$  (Kern) bis  $43^\circ$  (Rand). Es dürfte sich um einen nicht sehr Al-reichen gewöhnlichen Augit handeln.

Biotit ist in der Grundmasse reichlich in Form kleiner, teilweise gut idiomorpher Blättchen vorhanden, daneben auch als Reaktionsrand von Pyroxen. Als Einsprengling sowie als Reaktionsrand der grossen, einsprenglingsartig auftretenden Pyroxene fehlt er. Auch die Feldspäte fehlen als Einsprenglinge völlig und sind auf die Grundmasse beschränkt. Nach der Lichtbrechung zu schliessen, handelt es sich sowohl um Alkalifeldspat wie um Plagioklas, und zwar in ungefähr gleichen Mengen. Der erstere ist vielfach getrübt und xenomorph und teilweise nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingt. Der letztere ist besser idiomorph, tafelig und polysynthetisch verzwillingt. Nach Lichtbrechung und Auslöschungsschiefe dürfte es sich im Mittel um zonaren Andesin handeln. In der Grundmasse finden sich ausserdem zahlreiche Erzkörnchen und ein Gewirr von feinen Apatitnädelchen. Ob neben den Feldspäten vielleicht auch etwas Nephelin vorhanden ist, kann nicht mit Sicherheit entschieden werden. Nach dem Mineralbestand handelt es sich somit um einen basi-

schen Monzonit bis Shonkinit. Da die chemische Analyse (Tab. 4) auf ein shonkinitisches Magma führt, so wird hier die Bezeichnung „Shonkinit“ gebraucht.

Wie die angeführten Vergleichsanalysen *a* und *b* zeigen, besteht für das analysierte Gestein gute Übereinstimmung mit shonkinitischen Ge-

Tabelle 4

|                                | 7     | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> |
|--------------------------------|-------|----------|----------|----------|
| SiO <sub>2</sub>               | 49,9  | 50,0     | 49,26    | 48,84    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 12,5  | 9,87     | 13,64    | 13,78    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,7   | 3,46     | 1,72     | 3,23     |
| FeO                            | 4,9   | 5,01     | 7,76     | 4,35     |
| MnO                            | 0,13  | Sp.      | 0,12     | 0,18     |
| MgO                            | 9,8   | 11,92    | 8,31     | 8,74     |
| CaO                            | 9,5   | 8,31     | 8,42     | 9,52     |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,2   | 2,41     | 1,90     | 3,88     |
| K <sub>2</sub> O               | 4,6   | 5,02     | 5,02     | 3,62     |
| BaO                            | —     | 0,32     | —        | —        |
| H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>  | 2,3   | 1,16     | 1,21     | 1,70     |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | —     | 0,17     | 0,32     | 0,36     |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,1   | 0,73     | 1,11     | 1,22     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,75  | 0,81     | 0,75     | 0,93     |
| CO <sub>2</sub>                | —     | 0,31     | —        | —        |
| inkl.                          | —     | 0,51     | 0,02     | —        |
|                                | 99,38 | 100,01   | 99,56    | 100,35   |

- 7 Shonkinit, NW Bodrum, Halbinsel Bodrum (Probe B. 7), Anal. M. WEIBEL.  
*a* Shonkinit, Beaver Creek, Bearpaw Mts. Mont. U.S.A., Anal. H. W. STOCKES, in W. H. WEED u. L. V. PIRSSON, Amer. J. Sci. 1 (1896) 360.  
*b* „Mafic Phonolithe“ (intrusiv), Highwood Mts., Anal. F. A. GONYER, in B. F. BUIE, Bull. Geol. Soc. Amer. 52 (1941) 1768.  
*c* Eustratit, Hagios Eustratios, Ägäis, Anal. M. RAOULT, in C. A. KTENAS, C. R. Ac. Sci. Paris 186 (1928) 1632.  
*d* Tephritischer Leucitit, unterhalb Nemi, Colli Albani, Italien. Anal. M. FORNASERI in A. SCHERILLO, U. VENTRIGLIA und M. FORNASERI, Regione volcanicica dei Colli Albani, Roma (1963) 398.

|          | si  | al   | fm   | c    | alk  | k    | mg   | Magma                                   |
|----------|-----|------|------|------|------|------|------|-----------------------------------------|
| 7        | 117 | 17,3 | 47,1 | 23,8 | 11,8 | 0,58 | 0,73 | shonkinitisch                           |
| <i>a</i> | 112 | 13   | 55   | 20   | 12   | 0,58 | 0,72 | shonkinitisch                           |
| <i>b</i> | 106 | 18,9 | 47,9 | 21,3 | 11,9 | 0,63 | 0,61 | shonkinitisch                           |
| <i>c</i> | 112 | 18,5 | 44   | 23,5 | 14   | 0,37 | 0,67 | theralithisch/shonkinitisch             |
| <i>d</i> | 105 | 16,7 | 42,3 | 29,2 | 11,8 | 0,77 | 0,69 | shonkinitisch                           |
|          | 100 | 17,5 | 47,5 | 23   | 12   | 0,55 | 0,65 | shonkinitisches Magma<br>nach P. NIGGLI |

steinen der klassischen Lokalitäten der Bearpaw und Highwood Mts. in Montana. Sehr gute Übereinstimmung, abgesehen vom Alkaliverhältnis, besteht auch mit dem Eustratit (Kali-Limburgit nach W. E. TRÖGER 1935) von Hagios Eustratios in der zentralen Ägäis. Analyse *d* belegt schliesslich die altbekannte Heteromorphie shonkinitischer Gesteine mit gewissen Leucititen Mittelitaliens.

Die Standard-Katanorm berechnet sich wie folgt:

| Or   | Ab   | An   | Ne  | Wo   | Fo   | Fa  | Mt  | Ru  | Cp  |
|------|------|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 27,7 | 17,5 | 10,7 | 1,5 | 12,9 | 20,5 | 5,0 | 1,8 | 0,8 | 1,6 |

und die Diopsidvariante zu

| Or   | Ab  | An   | Ne  | Wo   | En   | Hy  | Fo   | Fa  | Mt  | Ru  | Cp  |
|------|-----|------|-----|------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 27,7 | 9,5 | 10,7 | 6,3 | 12,9 | 10,4 | 2,5 | 12,7 | 3,1 | 1,8 | 0,8 | 1,6 |

Bildet man 10,0 Bi unter teilweiser Beseitigung des Olivins gemäss:

$$\begin{aligned} 10 \text{ Or} + 9 (\text{Fo} + \text{Fa}) &= 16 \text{ Bi} + 3 \text{ Q} \\ 6,3 \text{ Or} + 5,6 (\text{Fo} + \text{Fa}) &= 10,0 \text{ Bi} + 1,9 \text{ Q} \end{aligned}$$

so folgt als Biotit-Diopsidvariante:

| Or                    | Ab   | An   | Ne  | Wo   | En   | Hy  | Bi   | Ol   | Mt  | Ru      | Cp  |
|-----------------------|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|---------|-----|
| 21,4                  | 14,3 | 10,7 | 3,4 | 12,9 | 10,4 | 2,5 | 10,0 | 10,2 | 1,8 | 0,8     | 1,6 |
| 25,0 An <sub>43</sub> |      |      |     |      |      |     |      |      |     | Di 25,8 |     |

Dieser Mineralbestand würde einem basischen Diopsid-Biotit-Nephelin-monzonit entsprechen. Da modal nicht Diopsid, sondern gewöhnlicher Augit vorliegt, und der Nephelin modal nicht sicher nachgewiesen ist, darf angenommen werden, dass der normative Nephelin im Pyroxen steckt.

#### PROVINZIELLE VERHÄLTNISSE

Wie schon einleitend erwähnt wurde, war es von Interesse, festzustellen, ob die bisher nicht näher untersuchten und allgemein als „andesitisch“ betrachteten jungvulkanischen Bildungen der Halbinsel Bodrum ähnliche Verhältnisse zeigten, wie sie diejenigen der südlichen Sporaden aufwiesen, d. h. ob sie sich der Petrographischen Provinz des Dodekanes von A. BIANCHI einordneten, oder ob sie die Fortsetzung der extrem pazi-fischen Provinz des Kykladenbogens darstellten, was angesichts ihrer topographischen Lage durchaus denkbar gewesen wäre. Die eben erfolgte Beschreibung dürfte gezeigt haben, dass die erste Annahme offenbar zutrifft, und dass sich die Petrographische Provinz des Dodekanes somit auch auf das kleinasiatische Festland erstreckt.

Nach den geologischen Untersuchungen von A. DESIO (1931) sind im Gebiet der südlichen Sporaden (Dodekanes) vier vulkanische Eruptionszentren bekannt, nämlich zwei auf Kos und je eines auf Patmos und Nisyros. Dazu kommt ein kleines Vorkommen von Laven auf Episkopi. In vulkanologisch-morphologischer Hinsicht handelt es sich im Falle von Nisyros (A. MARTELLI 1917) um einen typischen Stratovulkan, der einen sommaartigen Ringwall mit einem darin situierten Zentralkegel aufweist<sup>4)</sup>, während der Mte. Chefalo im W von Kos den Typus eines Lavavulkans zeigt. Kleinere Vorkommen, wie dasjenige von Episkopi und auch der Mte. Eremita im E von Kos, gehören dem Necktypus an. Die fast ausschliesslich vulkanische Insel Patmos weist einen komplexeren und noch nicht völlig geklärten Aufbau auf.

Pyroklastische vulkanische Formationen sind auch auf Kalymnos, Episkopi und Pserimos vertreten und dürften ihren Ursprung in Kos und Nisyros haben.

Was die absoluten und relativen Altersverhältnisse der vulkanischen Formationen anbelangt, so ergibt sich nach A. DESIO (1931) folgendes Bild. Auf Kos lässt sich zeigen, dass der Vulkanismus im Mittelmiozän begann, wobei trachyandésitisch-trachytische Laven gefördert wurden. Im Pliozän und auch noch im mittleren Neozoikum herrschte Ruhe, bis im oberen Neozoikum eine intensive liparitische Phase folgte, deren Tuffe zahlreiche Fragmente der älteren Laven enthalten.

Auf Nisyros (A. MARTELLI 1917) lässt sich das relative Alter der einzelnen vulkanischen Serien mit Sicherheit bestimmen, das absolute jedoch nur für die Liparite der der Hauptinsel vorgelagerten kleinen Insel Gyali (Jali), welche gleichaltrig mit denjenigen von Kos sind. Die relative Altersfolge lässt sich auf Nisyros gut erkennen: 1. Andesite als älteste Bildungen, 2. Trachyandesite, 3. Trachyte, 4. Trachydazite, 5. Liparite als jüngste Bildungen.

Wie schon aus den anlässlich der Beschreibung der Gesteine der Halbinsel von Bodrum angestellten Vergleichen hervorging, bestehen für diese offenbar enge Beziehungen zur trachyandésitisch-trachydazitischen Serie der Dodekanes-Provinz. Dies darf wohl auch für die durch G. D'ACHIARDI (1902) beschriebenen syenitisch-monzonitischen Typen vermutet werden,

<sup>4)</sup> Anmerkung bei der Korrektur: Nach neueren Untersuchungen von G. C. GEORGALAS und E. DAVIS ist dieses einfache Bild nicht mehr zutreffend. Der Aufbau der Insel ist vielmehr durch ein System von Staukuppen und Staurücken bestimmt. Das ovale Becken im Innern der Insel ist kein Krater, sondern es ist dadurch bedingt, dass peripher aufgedrungene Laven das Zentrum der Insel nicht erreichten. (Persönliche Mitteilung von E. DAVIS, Athen.)

obwohl von diesen leider bis jetzt keine chemischen Analysen verfügbar sind.

Aus Fig. 2a geht deutlich hervor, wie sich die Trachyandesite und Trachydazite der Halbinsel von Bodrum in bezug auf al, fm und c sehr gut in das Feld der entsprechenden Serie der Dodekanes-Provinz einordnen, während sie, was die alk-Werte anbelangt, mit der einzigen Ausnahme des olivinführenden Trachyandesites, eher an die untere Grenze des Feldes zu liegen kommen. Der Shonkinit stellt eine bis jetzt unbe-

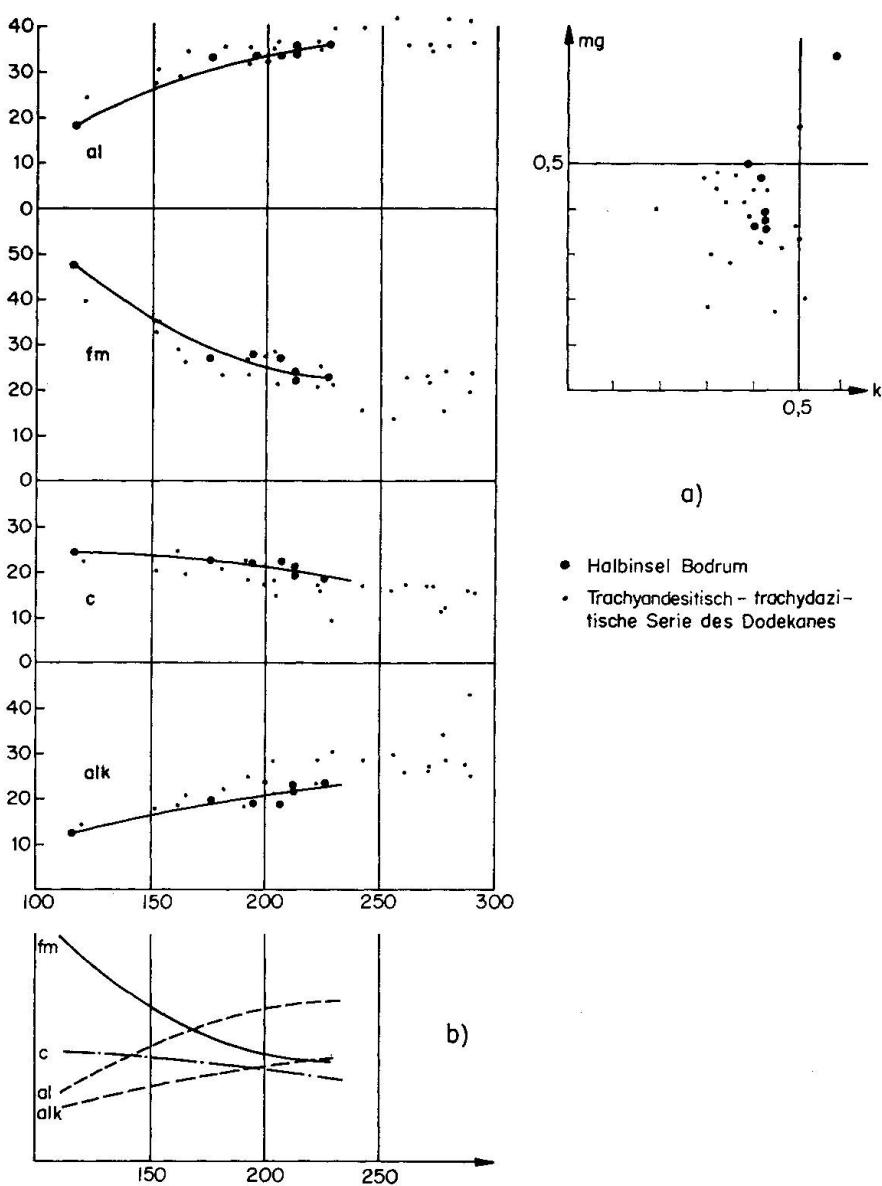


Fig. 2.

kannte Erweiterung des Variationsbereiches der Serie nach der basischen Seite hin dar.

Fig. 2b zeigt die mittleren Variationskurven der Niggli-Werte für die untersuchten Gesteine von Bodrum. Es handelt sich um eine schwach-mediterrane Assoziation.

#### ZITIERTE LITERATUR

- ANDRÄ, E. (1905): Eruptivgesteine im Nordwesten Kleinasiens. Inaug. Diss. Univ. Leipzig, 45 p.
- BIANCHI, A. (1928): Le rocce effusive dell'Isola di Coo (Dodecaneso-Mar Egeo). Mem. Ist. Geol. Univ. Padova 8, 86 p.
- (1929): Le rocce effusive del Dodecaneso (Mar Egeo). Boll. Soc. Geol. Ital. 48, 1—49.
- (1930): La provincia petrografica effusiva del Dodecaneso (Mar Egeo). Mem. Ist. Geol. Univ. Padova 8, 21 p.
- CONCI, I. (1928): Le rocce effusive dell'Isola di Patmos (Dodecaneso-Mar Egeo). Mem. Ist. Geol. Univ. Padova 8, 41 p.
- (1929): Le rocce effusive delle Isole di Piscopi, Calimno, Pserimo (Dodecaneso-Mar Egeo). Mem. Ist. Geol. Univ. Padova 8, 25 p.
- DESIO, A. (1931): Le Isole Italiane dell'Egeo. Mem. deser. Carta geol. d'Italia 24, 534 p.
- DOELTER, C. (1875): Trachyte von der Insel Kos. Verh. k. k. Geol. Reichsanst. Wien, 233.
- FOUQUÉ, F. (1879): Santorin et ses éruptions. Paris, Masson, 440 p.
- GORCEIX, H. (1873): Sur l'état du volcan de Nisyros au mois de mars 1873. C. R. Ac. Sci. Paris 77, 597—601.
- (1873a): Sur la récente éruption de Nisyros. Ibid. 1093.
- (1874): Phénomènes volcaniques à Nisyros. Ibid. 78, 444—446.
- (1874a): Sur l'étude des fumérolles de Nisyros et de quelques-unes des produits de l'éruption de 1873. Ibid. 1309—1311.
- MARTELLI, A. (1917): Il gruppo eruttivo di Nisiro nel Mar Egeo. Mem. Soc. Ital. Sc. detta „dei XL“ (3) 20, 93 p.
- MILLOSEVICH, F. (1912): Studi petrografici sulle Isole dell'Egeo. I. Rocce di Kalymnos e di Kos. Atti R. Accad. Lincei, Rendic. 21, 306—309.
- NEUMAYR, M. (1880): Über den geologischen Bau der Insel Kos und über die Gliederung der jungtertiären Binnenablagerungen des Archipels. Denkschr. k. k. Akad. Wiss. Math. Natw. Cl. Wien, 40, 213—314.
- NIGGLI, P. (1931): Die quantitative mineralogische Klassifikation der Eruptivgesteine. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 11, 296—364.
- TRÖGER, W. E. (1935): Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. Berlin.
- WEIBEL, M. (1961): Die Schnellmethoden der Gesteinsanalyse. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 41, 285—294.
- (1962): Die Aluminiumbestimmung in der Silikatanalyse. Z. analyt. Chem. 184, 322—327.

Manuskript eingegangen am 6. Mai 1966.