

Copyright ©

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Die Schrift darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

Zur Bodengestalt des nordwestlichen Golfs von Oman

von

EUGEN SEIBOLD

Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Kiel

und

JOHANNES ULRICH

Institut für Meereskunde an der Universität Kiel

Mit 4 Abbildungen und 4 Tafeln im Text und auf 1 Beilage

Inhalt

I. Einleitung	2
II. Methodisches	3
III. Geologischer Rahmen	4
IV. Bodengestalt	8
V. Literatur	13

Geomorphology of the seafloor in the north-western Gulf of Oman

Summary

As part of the International Indian-Ocean-Expedition, hydrographic, geologic and geophysical investigations were conducted in the northwestern Gulf of Oman from the F. S. "Meteor" in the spring of 1965. A total of 18 echogram profiles (location: see Plate 4), each with a vertical exaggeration of 50 (scale 1 : 1 million), are presented in Plates 1–4. The three-dimensional model (Fig. 2) constructed from the profiles illustrates the complexity of the topography on the continental slope. Records obtained with the ELAC "Schelfrandlot" (beam spread $\pm 1.4^\circ$) give an accurate reproduction of the bottom relief even on extremely steep slopes (Fig. 3). The corrected soundings, coupled with those from British research ships, have been incorporated into a bathymetric map of the area (Fig. 4).

An analysis of the existing ideas regarding the geological development of the Gulf of Oman (Fig. 1) combined with the new echogram information has led to the following conclusions:

a) In all probability, the area was formed as a fault basin which followed its own course of development quite apart from that of the Indian Ocean.

b) The subsidence is young and was probably contemporaneous with the uplift of the bordering mountains.

c) The shelf region (for the most part the Biaban Shelf) with its depths of less than 200 m occupies nearly half of the area; only a slight increase in depth is present from north to south (slope 1 : 2 000, on Plate 2).

d) Shelf profiles show small, steep features in depths of 200 to 300 m. These reflect the work of the bottom outflow water from the Persian Gulf. This current prevents sedimentation from taking place in these depths.

e) In the southwest portion of the area (south on 25° N), the shelf extends far into the Gulf. Here the shelf margin is 60 km from the coast in a water depth of 400 m.

f) The central portion of the Gulf's NW sector (depths between 1 100 and 3 300 m) is characterized by a step-like slope with extremely complex bottom morphology. Several lines of evidence point to the relative youthfulness of these features.

g) Basic differences exist between the features on the continental slope of the Arabian and Iranian sides of the Gulf. On the Arabian side the slope is gentle (median slope angle approximately 1.5° , maximum 6°) whereas on the Iranian side the slope is very uneven with markedly steep bottom forms (slopes sometimes exceeding 45°).

The asymmetry of these features (steep side toward the SW, gentle side toward the NE) suggests formation through antithetic step-faulting or possibly through the slumping of large sediment blocks. The strike direction of the disturbances is roughly NW—SE.

h) The differences in trough shape seen in the profile records (V-forms in the upper parts, U-forms below 1 000 m) suggest that at the present time sediment is not accumulating in the depressions of the upper continental slope, or at least that less accumulation is taking place here as on the lower slope.

i) At $\varphi = 25^\circ \text{N}$, $\lambda = 57^\circ 19' \text{E}$ the echograms show what probably is a single submarine protuberance (seamount?). It rises from $-1\,450 \text{ m}$ to $-1\,050 \text{ m}$ and has a basal diameter of about 5 to 10 km.

Zusammenfassung

Im Rahmen der Internationalen Indischen Ozean Expedition wurden von F. S. „Meteor“ im Frühjahr 1965 hydrographische, geologische und geophysikalische Untersuchungen im nordwestlichen Golf von Oman durchgeführt. Die auf den Schiffskursen gewonnenen Echolotungen werden in 18 Lotprofilen (geographische Lage siehe Tafel 4) in 50facher Überhöhung (Maßstab 1: 1 Mill.) wiedergegeben (Tafel 1—4). Die Modellanordnung der Profile (Abb. 2) erlaubt einen Überblick und deutet die Kompliziertheit des Reliefs am Kontinentalhang an. Echogramm-Ausschnitte aus Registrierungen mit dem ELAC-Schelfrandlot (Schallstrahlbündelung $\pm 1,4^\circ$) zeigen die exakte Wiedergabe auch extrem steiler Hänge (Abb. 3). Die korrigierten Lotungen wurden — zusammen mit denen britischer Forschungsschiffe — zu einer Tiefenkarte des Gebietes verarbeitet (Abb. 4).

Eine Analyse der bisherigen Vorstellungen über die erdgeschichtliche Entwicklung des Golfes von Oman (Abb. 1) sowie die Auswertung der Echolotungen führt zu folgenden Ergebnissen:

a) Mit großer Wahrscheinlichkeit handelt es sich um ein Einbruchsbecken mit eigener Geschichte, die von der des Indischen Ozeans abweicht.

b) Die Einsenkung ist jung und dürfte etwa gleichzeitig mit den Hebungen der Randgebirge erfolgt sein.

c) Die Schelfregion (im wesentlichen der Biabanschelf) mit Tiefen von weniger als 200 m nimmt fast die Hälfte des Gebietes ein; seine Meerestiefen nehmen von N her nur sehr langsam zu (Gefälle 1: 2 000, vgl. Tafel 2).

d) Einzelne Schelfprofile lassen in etwa 200 bis 300 m Tiefe steile Kleinformen erkennen, die auf Wirkungen des Ausstromes von Bodenwasser aus

dem Persischen Golf hinweisen. Er verhindert dort in diesen Tiefen die Sedimentation.

e) Im SW des Gebietes (südlich von 25°N) erstreckt sich der Schelf weit in den Golf hinein. Hier liegt der Schelfrand in 60 km Entfernung von der Küste bei einer Tiefe von 400 m.

f) Der zentrale Teil des NW-Golfes ist in Tiefen zwischen 1 100 m und 3 300 m durch einen stufenförmigen Abhang mit teilweise außerordentlich kompliziertem Bodenrelief gekennzeichnet. Mehrere Fakten deuten auf ein sehr junges Alter der Formen hin.

g) Zwischen den Formen des Kontinentalhanges der arabischen und denen der iranischen Seite gibt es grundlegende Unterschiede: Auf der arabischen Seite fällt der Abhang sanft ab (mittlerer Neigungswinkel etwa $1,5^\circ$, maximal 6°), während der iranische Abfall außerordentlich unruhig ist und extrem steile Formen (mit Neigungen bis über 45°) aufweist.

Die Asymmetrie der Hänge (Steilseite nach SW, Flachseite nach NE) läßt dort antithetische Abschiebungen durch Tektonik oder großräumige Abgleitung mächtiger Schichtpakete vermuten. Die Streichrichtung der Störungen ist etwa NW—SE.

h) Die verschiedenartigen Talformen bei den Echolotprofilen (V-Typ im oberen Teil, U-Typ unterhalb von $-1\,000 \text{ m}$) weisen darauf hin, daß gegenwärtig am oberen Kontinentalhang in den Hohlformen nicht oder weniger als am tieferen Hang sedimentiert wird.

i) Bei $\varphi = 25^\circ \text{N}$, $\lambda = 57^\circ 19' \text{E}$ wurde wahrscheinlich eine submarine Einzelerhebung (Seamount?) erfaßt, die in den Lotprofilen von $-1\,450 \text{ m}$ bis $-1\,050 \text{ m}$ aufragt und einen Basisdurchmesser von rund 5—10 km besitzt.

I. Einleitung

Der letzte Arbeitsabschnitt der im Rahmen der Internationalen Indischen Ozean-Expedition durchgeführten Forschungsfahrt von F. S. „Meteor“ enthielt außer den geophysikalischen Arbeiten auf dem Murray-Rücken und den meeresgeologischen Untersuchungen im Persischen Golf auch eine einwöchige hydrographische, geologische und geophysikalische Aufnahme des Golfs von Oman. Die während dieser Zeit, d. h. vom 24. 3. bis 31. 3. 1965 und am 15. 4. 1965 zwischen den 27 Stationen gefahrenen Schiffskurse mit einer Gesamtstrecke von 1 629 km erbrachten ein mannigfaltiges Echolotmaterial. Seine topographische Auswertung dürfte vor allem deshalb von Nutzen sein, weil aus diesem Gebiet bisher nur von wenigen Stellen Ergebnisse kontinuierlicher Lotungen bekannt geworden sind. Damit können die uns zugänglichen Tiefenkarten nur unvollständig Auskunft über das hier an vielen Orten unterhalb des Schelfrandes besonders komplizierte Relief geben.

Über Fahrtverlauf, Arbeiten auf den Stationen und Dauerregistrierungen der gesamten Reise ist bereits an anderer Stelle berichtet worden (DIBTRICH et al. 1966). Bei der Wiedergabe der Echolotprofile von F. S. „Meteor“ aus dem Arabischen Meer (ULRICH 1968) konnten die Lotungsergebnisse aus dem Golf von Oman keine Berücksichtigung finden. Diese Lücke soll nunmehr geschlossen werden. Die geographische Lage der hier ausgewerteten Lotlinien ist aus der Weiserkarte (Taf. 4a) zu ersehen. Auf den ersten Blick wird erkennbar, daß die insgesamt 18 Lotungskurse kein ideales Netz engständiger Vermessungsprofile darstellen. Die Anzahl der Lotlinien und ihre Anordnung zueinander waren durch die geplanten Stationen und die verfügbare Zeit gegeben. Sie lassen eine systematische topographische Auswertung fragwürdig erscheinen. Wenn hier dennoch der Versuch unternommen wurde, die Lotungsergebnisse nicht nur in Profilen darzustellen (Taf. 1—4), sondern auch hinsichtlich ihrer Neigungsverhältnisse zu interpretieren (Abb. 3 und 4, Tab. 1), so vor allem deshalb, weil die Gesamtanordnung der Schnitte doch einen einigermaßen repräsentativen Einblick in die morphologischen Besonderheiten des nordwestlichen Golfs von Oman zuläßt.

Infolge der geringen Lotungsdichte und nur spärlicher Ergänzungsmöglichkeiten durch Lotungen anderer Schiffe (z. B. John Murray-Expedition 1933—34, vgl. W. I. FARQUHARSON 1935—36 sowie einige Kurse der Schiffe H. M. S. „Flamingo“ (1955), H. M. S. „Owen“ (1956, 1958/59) und H. M. S. „Dalrymple“ (1961, 1962/63) mußte auf eine detaillierte bathymetrische Darstellung des Reliefs in einem

größeren Maßstab verzichtet werden. Doch in einigen Teilgebieten schafft die topographische Auswertung der Lotungen die Möglichkeit einer Ergänzung der vorhandenen Tiefenkarten, soweit ihr Maßstab kleiner als 1 : 1 Mill. ist. Hierzu enthält Abb. 4 den Entwurf einer Tiefenlinienkarte mit 100-m-Äquidistanzen. Um weiterhin eine dreidimensionale Zusammenschau der Lotungsergebnisse zu erreichen, wurde die Modellanordnung aller Lotprofile in 50facher Überhöhung fotografisch wiedergegeben (Abb. 2). Die Abbildungen lassen die Schwierigkeiten erkennen, die einer Koordinierung der einzelnen Formen — vor allem bei dem komplizierten Tiefsee-Relief — entgegenstehen.

II. Methodisches

Zur Genauigkeit der Positionsbestimmungen des Schiffsortes während der Expedition und zur Lotungstechnik wurden bereits früher ausführliche Angaben gemacht (ULRICH 1968), die auch für diesen Fahrtabschnitt gelten. Auf hoher See konnte mit astronomischer Ortsbestimmung und Kopplung eine maximale Navigationsgenauigkeit von ± 1 bis ± 2 sm erreicht werden. Nur in Küstennähe war es vereinzelt möglich, durch Radarpeilung oder terrestrische Ortsbestimmung größere Genauigkeiten zu erzielen. Das ELAC-Schelfrandlot, dessen wichtigste technische Daten gleichfalls in ULRICH (1968) zu finden sind, arbeitete auch während dieses Reiseabschnittes einwandfrei. Die steilen Hangneigungen und häufigen Gefällsänderungen des Tiefseebodens konnten mit Hilfe der extremen Schallstrahlbündelung (Öffnungs-

Tabelle 1 Geographische Lage, Dimensionen und Neigungsverhältnisse der Echolotprofile
Details of echogram profiles

Profil	Tafel	Geographische Lage		Länge	max. Tiefe	max. Neigung
		Anfang	Ende			
Nr.	Nr.	φ (N) λ (E)	φ (N) λ (E)	(km)	(m)	(°)
A ₁	1, 4	25° 46'/56° 35'	25° 46'/57° 09'	78,5	130	< 0,5
A ₂	4	25° 17'/56° 33'	25° 36'/56° 59'	56,5	130	< 0,5
B	1	25° 10'/56° 45'	25° 40'/57° 16'	77,5	240	1
C	1	24° 50'/56° 41'	25° 27'/57° 26'	108,5	900	30
D	1	24° 56'/57° 20'	25° 12'/57° 31'	36	1 460	26
E	1	24° 25'/57° 08'	25° 28'/57° 53'	148	1 740	> 45
F	4	25° 05'/57° 01'	24° 26'/57° 06'	73,5	1 030	14,5
G	4	25° 07'/57° 02'	25° 12'/57° 31'	53,5	1 265	29
H	4	24° 50'/56° 41'	24° 57'/57° 24'	76	1 455	16,5
I	3	25° 10'/56° 45'	24° 57'/57° 24'	71	1 440	> 45
J	3	25° 20'/56° 46'	24° 44'/58°	143,5	1 580	37,5
K	4	25° 39'/57° 17'	24° 56'/57° 20'	81	1 450	40
L	3	25° 32'/56° 53'	24° 53'/57° 50'	125,5	1 400	20
M	2	26° 19'/56° 54'	25° 40'/57° 15'	82,5	210	0,63
N	2	25° 39'/57° 17'	25° 27'/57° 24'	25	405	0,54
O	3	25° 46'/57° 09'	25° 28'/57° 53'	87,5	420	1,35
P ₁	2	26° 19'/56° 55'	25° 32'/56° 53'	87,5	120	0,8
P ₂	2	26° 40'/56° 52'	25° 38'/57°	118,5	100	< 0,5
Q	2	26° 24'/56° 35'	25° 27'/56° 46'	100	210	2,9

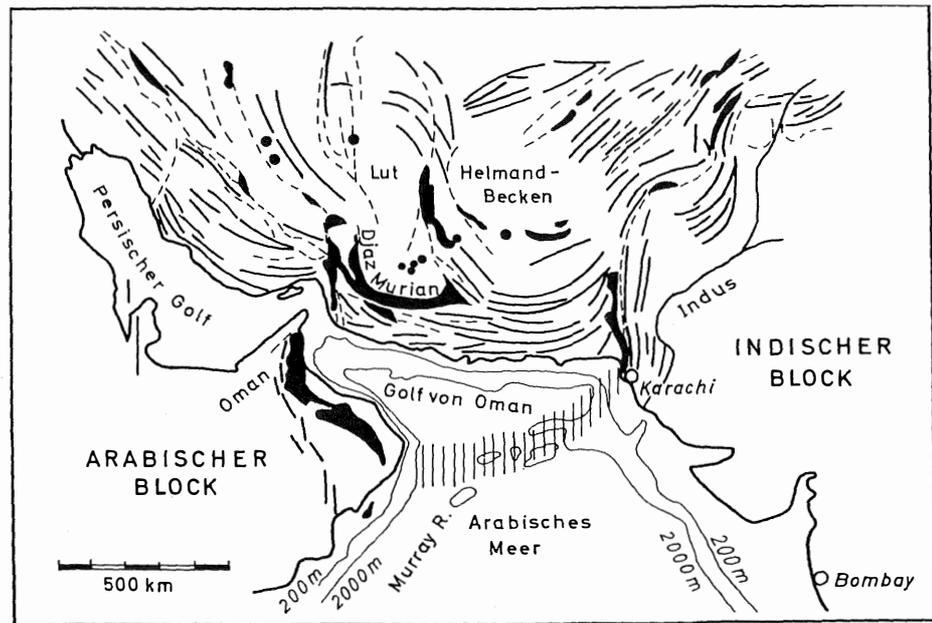


Abb. 1. Golf von Oman. Geologischer Rahmen. Schwarz = Ophiolithe. Dicke Punkte = subrezenter bis rezenter Vulkanismus. Ausgezogen = Achsen von Falten und Aufwölbungen. Gestrichelt = Verwerfungen und kleinere Überschiebungen. Nach A. GANSSER 1964

Fig. 1. Gulf of Oman, geologic setting. Black = ophiolites, black dots = subrecent to recent volcanism, solid lines = axes of folds and uplifts, dashed lines = faults and small thrusts. After A. GANSSER, 1964

winkel des Schallkegels $\pm 1,4^\circ$ gut registriert werden. Die Spreizungsmöglichkeiten beim Tochterecho-graphen lassen eine Ablesegenauigkeit von $\pm 0,7$ m zu (Beispiele in Abb. 3). Zur Beschickung der Lotungen mit den Korrekturwerten für die Ortsschallgeschwindigkeit wurden die Tabellen von D. J. MATTHEWS (1939) verwendet. Die Originalzeichnung der Profile erfolgte im horizontalen Maßstab 1 : 500 000 bei 50facher Überhöhung, ihre Wiedergabe in den Tafeln 1 bis 3 im Maßstab 1 : 1 Mill. Bei den Profilserien (Taf. 1—3) wurden die Profile durch eine Bezugslinie, deren Lage aus den beigegebenen Weiskarten ersichtlich ist, koordiniert. Angaben über Dimensionen und Maximalneigungen der einzelnen Schnitte sind in Tabelle 1 enthalten.

III. Geologischer Rahmen

Der Golf von Oman liegt wie der Persische Golf am Südrand des alpinen Gebirgssystems (Abb. 1). Er wird jedoch in der Westhälfte beidseitig, also auch im Süden, von jung verformten Ketten begleitet. So gleicht er äußerlich den Einbruchbecken des Mittelmeers. Die offene Südostflanke führt zum Indischen Ozean, was zu Vergleichen mit Randmeeren des Pazifik anregt. Allerdings ist die geringe Fläche des Golfes bei solchen Überlegungen zu berücksichtigen.

Er ist *erdgeschichtlich* ein Rest des Tethystrags. Dieser war während des Paläozoikums und Mesozoikums fast durchweg als negativer Zug vorhanden.

In unserem Bereich begann mit der *Oberkreide* die orogene Aktivität (POWERS et al. 1966). Das frühe Geosynkinalstadium wurde im südöstlichen Iran, südlichen Belutschistan und in den Khirdarketten an der pakistanischen Grenze, aber auch in den Omanbergen durch Vorgänge eingeleitet, die zu regional ausgedehnten Ophiolith-Serien führten. Überraschend ist die nach den bisherigen Kenntnissen auffallende Einheitlichkeit dieser Komplexe: Ophiolithe (im Sinne GANSSERS 1959), Radiolarite, Olistostrome, Kieselschiefer, Tiefwasserkalke und andere eugeosynklinale Sedimente (LEES 1928, US Geol. Survey 1953, MORTON 1959, GRUNAU 1965, TSCHOPP 1967, NATIONAL IRANIAN OIL 1959, HUNTING-Report 1960, GEOL. SURVEY PAKISTAN 1964, ferner GANSS 1966). In dieser Phase wurde natürlich auch das Relief des Meeresbodens akzentuiert, so daß sich auch Flachwassersedimente bilden konnten.

Diese Übereinstimmungen schon in der Oberkreide lassen daran denken, daß der gesamte Raum eine *Einheit* darstellte, einen großen Geosynkinalbereich, der beidseitig durch ophiolithische Gürtel begrenzt wurde, was auch anderswo beobachtet werden kann (vgl. ZWART 1967). Die großtektonische Trennungslinie Afrika — Arabien/Eurasien liegt damit südwestlich und südlich der Oman-Berge.

Die Geosynklinale oder Geosynkinalen sanken im *Alttertiär* weiterhin ein oder begannen damit (GANSSER 1966), und zwar mit verschiedener Intensität. In Süd-Belutschistan werden etwa 8 km Kreide und Tertiärschichten angegeben (RAHMAN 1963). Die

Füllung dürfte in ihrem Sedimentcharakter von Flysch- bis zu Molassetypen gereicht haben.

Die kompressive Tektonik steigerte sich. Sie erreichte in den Omanbergen schon im Oligozän/Miozän den Höhepunkt, am Nordrand des Golfs im Pliozän. Dort scheint sie wie am Persischen Golf bis in die Gegenwart weiterzugehen (Lit. s. S. 4). Im Himalaya wird eine laterale Verkürzung von über 500 km angenommen (GANSSE 1966). In unserem Bereich dürfte weniger als die Hälfte erreicht worden sein, was sich schon in den unterschiedlichen Höhen der Gebirge ausdrückt. Diese stiegen am Rande des Golfs wohl mit und nach der Phase maximaler Einengung auf, in Oman ab Ende Miozän, auf der Nordseite ab Pliozän (BARKER 1966). Die mit solchen und anderen Bewegungen gekoppelten Erdbeben zeigen an, daß die arabische Seite heute ruhiger ist als das Gegengestade. Die klassische Vorstellung, daß Orogene zeitlich und räumlich nach außen ausgreifen, stößt hier also in mancher Hinsicht auf Schwierigkeiten.

Warum und wann der eigentliche Omangolf auf seine Tiefen über 3 000 m abgesunken ist, ist noch ungeklärt. Manches spricht dagegen, ihn der Entstehung nach mit dem angrenzenden eigentlichen Indischen Ozean zu vergleichen und damit auch mit dem geographisch so nahe gelegenen Golf von Aden (vgl. LAUGHTON 1966): Die bisher geschilderte geologische Einheitlichkeit des gesamten Raums, die kompressive und dabei gleichartige (S-SW-) Vergenz der Tektonik in den Randgebirgen, schließlich die neuer-

dings seismisch ermittelten großen Schichtmächtigkeiten (um 3 km mit Geschwindigkeiten bis 4 km/sec, evtl. = Tertiär; bis 8 km, wenn noch Schichten mit Geschwindigkeiten bis 5 km/sec hinzugenommen werden; CLOSS et al. 1969).

Bei den gegenwärtigen Kenntnissen ist es für uns wahrscheinlicher, daß der Omangolf ein *Einbruchbecken mit eigener Geschichte*, daß die heutige tiefe Einsenkung recht jung ist und zeitlich mit den Hebungen der Randgebirge in Verbindung zu bringen wäre. Danach würden, zumindest an der Nordseite, die Bewegungen auch heute noch anhalten.

Dies nähert sich ferner der Vorstellung an, daß sich der Bogen der Omanberge in den Indischen Ozean hinein fortsetzt und über den Murray-Rücken bei Karachi Pakistan und damit die Khirdarketten (Axial belt) erreicht. (Vgl. ARGAND 1922 und die ausführliche Diskussion im HUNTING-Report (1960), in dem einige Einwände LEES' (1928) ausgeräumt werden. Die topographische, magnetische und gesteinsmäßige Mannigfaltigkeit, die der Murray-Rücken zeigt (BARKER 1966, D. H. MATTHEWS 1966), käme wohl als neues Argument dazu.)

Das eigentliche, großartige ozeanische Geschehen (HEEZEN & THARP 1966, GANSSE 1966, LE PICHON & HEIRTZLER 1968) hätte sich danach südöstlich dieses Rückens abgespielt, der somit eine Mischform darstellen dürfte, zusätzlich verkompliziert durch den offensichtlichen Blattverschiebungscharakter der Owen-Bruchzone. Der Bewegungssinn an ihr ist zudem nicht einfach: im südlichen Indischen Ozean

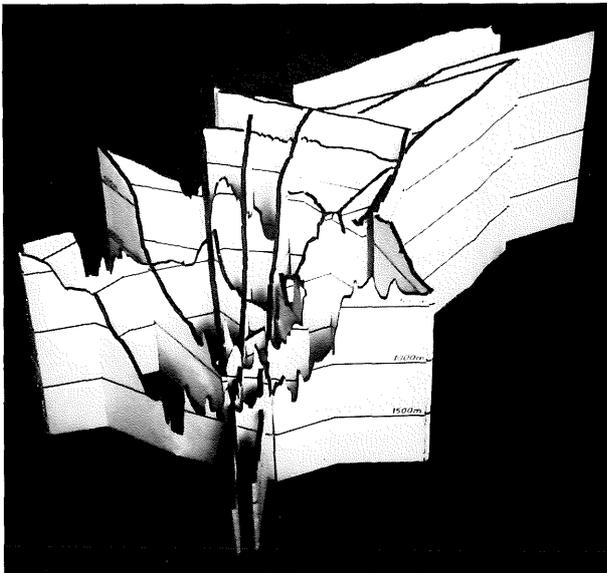


Abb. 2a

Abb. 2a. Modellanordnung der Echolotprofile in 50facher Überhöhung

Abb. 2b. Darstellung der Reliefunterschiede. Dick ausgezogen = ruhiges Bodenrelief, Sedimentation. Dünn ausgezogen = unruhiges Relief, geringe Sedimentation bzw. Erosion

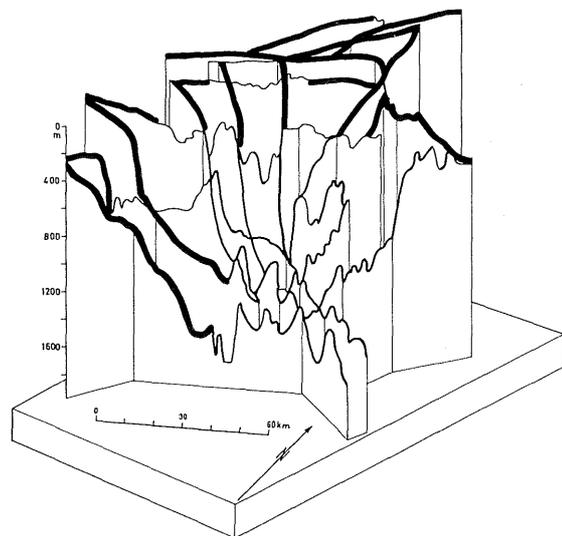
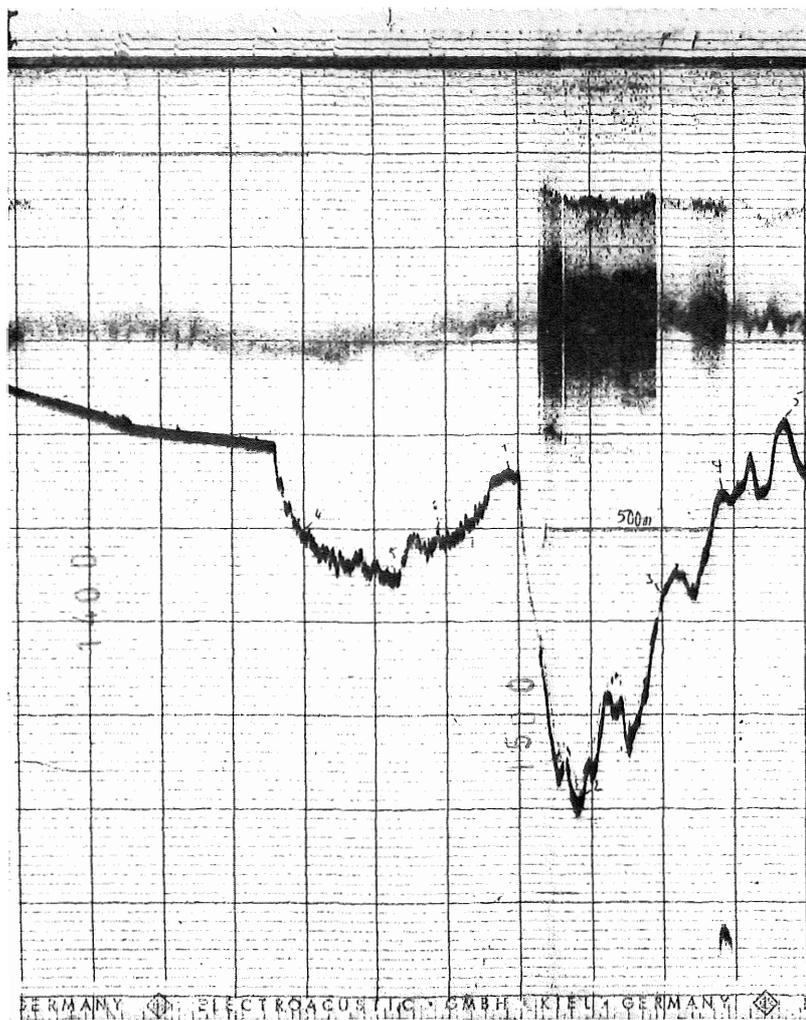


Abb. 2b

Fig. 2a. Model (vertical exaggeration 50) constructed from echo sounding profiles

Fig. 2b. Relief diagram. Heavy lines = gentle relief, sedimentation. Thin lines = little sedimentation or erosion.



Profil I: Das Beispiel oben gibt einen Ausschnitt aus dem Echogramm des Hauptschreibers von F.S. „Meteor“. Horizontale Linien = 10-m-Tiefenabstände vom Schiffsboden (-5 m) bis -880 m. Unten das Tochterechogramm mit rund doppelter Spreizung. Durch Umschalten der Tiefenbereiche wird das Echogramm zerrissen. Beachte die extreme Bodenunruhe in der Mitte

Profile I: The upper profile shows a section from the "Meteor's" master recorder; horizontal lines = 10 m depth intervals from ship's bottom (-5 m) to -880m. Lower profile is a record from a slave recorder with roughly double the spread. Offsets result from changing the recorders depth range. Notice the extreme unevenness of the bottom in the middle

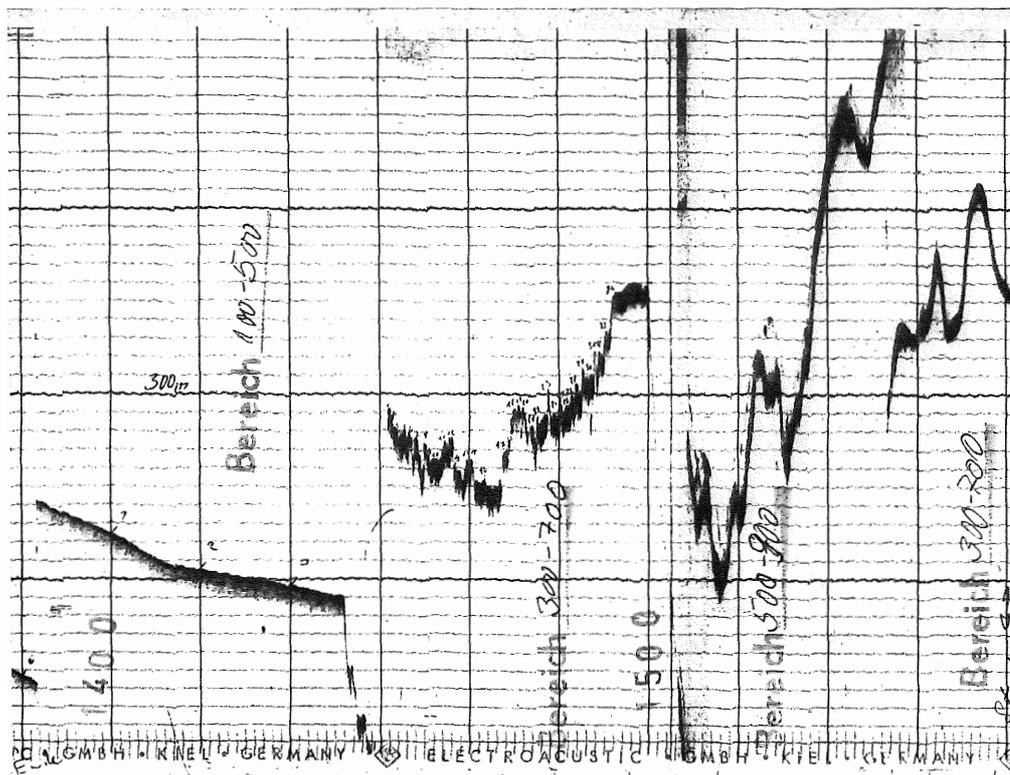
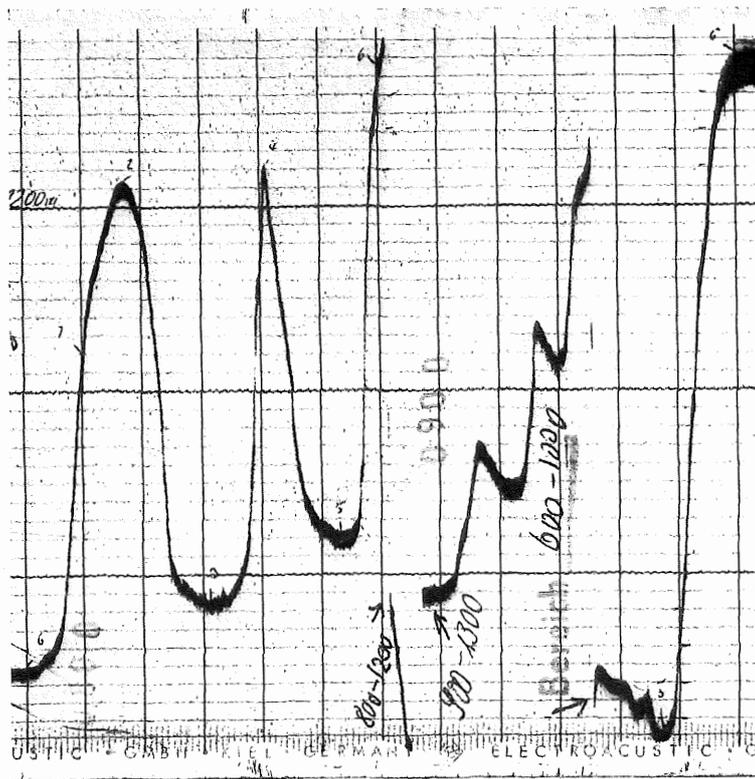


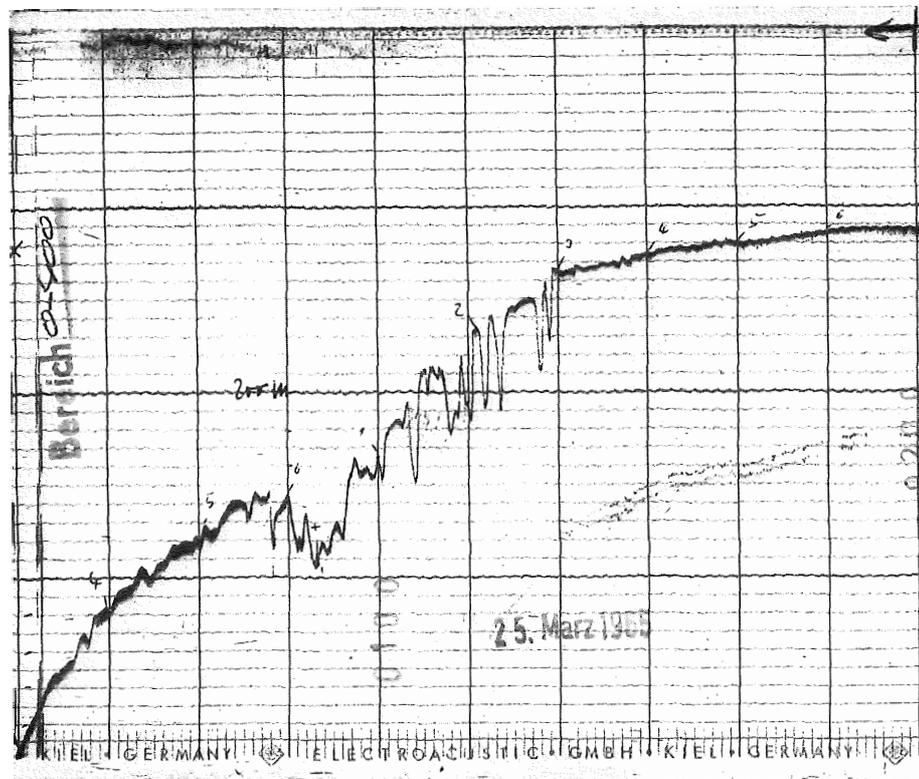
Abb. 3. Echogramme vom Kontinentalhang des nordwestlichen Golfs von Oman. Geographische Lage s. Weiskarte, Tafel 4 (dick ausgezogene Kurse). Der originale Lotstreifen hat eine Höhe von 18 cm

Fig. 3. Echograms from the continental slope, northwestern Gulf of Oman. See Plate 4 for location map. The original records have a height of 18 cm.



Profil II: Tochtorechogramm

Profile II: Echogram from slave recorder



Profil III: Tochtorechogramm. Schelfknick bei -130 bis -140 m. Infolge der starken Bündelung des Schallstrahls treten auch bei steil eingetieften Formen keine Seitenechos auf

Profile III: Echogram from slave recorder. Shelf break at -130 to -140 m

evtl. links drehend, am Carlsbergücken rechts drehend mit Beträgen um 300 km, am Murray-Ridge rechts drehend (BANGHAR & SYKES 1969), im Axial belt bzw. im Induslineament SNELGROVES (1964) wieder links drehend, also eventuell zeitliche Unterschiede in der Aktivität verratend.

Ob ähnliche Lineamente den Bogen der Omanberge auch am Westende nach Norden drängten, muß unseres Erachtens trotz der sicher vorhandenen Blattverschiebungen und Störungslinien bei Hormuz (GANSSE 1955, PAVONI 1961 und WELLMAN 1966) noch offen bleiben.

IV. Bodengestalt

Das von uns dargestellte Untersuchungsgebiet nimmt mit rund 30 000 km² nur ein Drittel des Gesamtareals des Golfs von Oman ein (92 500 km²). Fast die Hälfte der bearbeiteten Fläche, im wesentlichen der Biaban-Schelf, ist weniger als 200 m tief. Auf sie wird in SEIBOLD & VOLLBRECHT (1969) näher eingegangen. Nur ein Zehntel weist Tiefen von über 1 500 m auf.

1. Küsten und Schelf

Da die Schelfform weitgehend von der Küstengestalt und ihren Auswirkungen abhängig ist, seien einige Bemerkungen zu den hier vorherrschenden Küstentypen angefügt: Nach HELBIG (1937) und FALCON (1947) stellt sowohl die Südküste der iranischen Randgebirge als auch die Küste des nördlichsten Oman im allgemeinen eine steile Faltungsbuchtküste mit zahlreichen ertrunkenen Tälern dar. VALENTIN (1954) unterscheidet im nördlichen Teil des Golfes von Oman sowohl auf der iranischen als auch auf der arabischen Seite je zwei Küstentypen, nämlich im Norden von Oman die junggefaltete untergetauchte Riasküste und südlich anschließend eine aufgebaute Haff-Nehrungsküste mit schwacher Gezeitenwirkung. Auf der persischen Seite stellt nur der nördlichste Teil nahe der Straße von Hormuz eine Aufbau-(Watt)-Küste dar, während sonst durchweg die junggefaltete untergetauchte Küste vorherrscht.

Während auf dem Biaban-Schelf Sedimentzufuhr durch verschiedene, im Winter aktive und dann noch stark schwankende Flüsse von der iranischen Seite zu erwarten ist, können die Omanberge mit ihrem geringen Einzugsgebiet wenig anliefern. Der Vergleich zwischen der iranischen Makranküste und der Batinaküste auf der arabischen Seite fällt bei den spärlichen Daten schwer:

Makran: Jahresniederschläge 120–150 mm (Djask 120),

Batina: Küstenebene 75–100 mm (Muscat 80), aber Wasserzufuhr aus den hohen Bergen (MEIGS 1966).

Die Meerestiefen des Biaban-Schelfs nehmen von Norden her nur sehr langsam zu (Profile M, P₁, P₂, Q, Taf. 2). Der ebene Meeresboden besitzt hier im östlichen Teil ein Gefälle von nur 1 : 2 000 bei Zunahme der Tiefen von 50 m (bei den Stationen 271 und 251) auf etwa 100 m (bei Station 270). In dem westlichen Profil wird an der Bodenunruhe zwischen den Stationen 380 und 381 erkennbar, daß sich die jungtertiären Gebirgsformen der Halbinsel Ruus el Djebel mit ihrem schroffen Relief im Untergrund fortsetzen und daß hier stellenweise nur eine dünne rezente Sedimentdecke vorhanden sein kann. Profil M zeigt vor der iranischen Küste bei etwa 25° 45' N und 57° 10' E eine allmähliche Änderung des Gefälles von 1 : 2 000 auf 1 : 100 (0,5°), eine Bodenneigung, die auch in Profil N bis in 400 m Tiefe beibehalten wird. Hierbei muß angenommen werden, daß der Schnitt schräg zur Hauptneigungsrichtung verläuft, das maximale Gefälle also nicht zur Darstellung kommt. Die Profile N, O und E (Taf. 1–3) lassen auf eine relativ geringe Schelfbreite vor der iranischen Küste schließen.

Die weiteren Schelfprofile A, A₂ und B (Taf. 1 und 4) sowie J und L (Taf. 3) geben einen Hinweis auf Sedimentationsvorgänge. Die Profile A, A₁ und A₂ (Taf. 1 und 4) sind noch verhältnismäßig ruhig, obwohl die Original-Echogramme keine allzu hohe Sedimentüberdeckung, gelegentlich sogar rauhen Meeresboden verraten. Profil B (Taf. 1) jedoch weist in rund 200 m Wassertiefe steile Kleinformen von maximal 100 m Höhendifferenz auf. Ähnliches zeigt sich zwischen 150 und 300 m in den Profilen J und L (Taf. 3). Dies alles dürfte auf die Wirkung des Ausstroms von Bodenwasser aus dem Persischen Golf hinweisen (DÜNG & SCHWILL 1967), der in diesen Tiefen Sedimentation verhindert: Er wurde in Wassertiefen von rund 250–350 m festgestellt auf den Stationen Meteor 256, 257, 261 bis 266 (BRETTSCHEIDER et al. 1970) (vgl. Taf. 4a). Im Frühjahr 1961 beobachtete USS „Requisite“ im Westteil des Golfs von Oman den Ausstrom in 150–300 m Wassertiefe (PEERY 1965).

Da die Querprofile über den Golf in 20–30 km Abstand von der Oman-Küste enden, lassen sich über den küstennahen Schelfbereich keine Aussagen machen. Lediglich der fast küstenparallel verlaufende Schnitt M (Taf. 2) gibt einen Einblick in die Topographie vor der iranischen Küste. Der ebene Schelf hat eine Tiefe von etwa 70–100 m in 10–15 km Küstenabstand. Eine küstenparallele Verwerfungszone, wie sie in einer hypothetischen Darstellung von PEPPER & EVERHART (1963) enthalten ist, wird hier zumindest topographisch nicht erkennbar. Ihre Existenz kann jedoch für den im SE anschließenden Schelfbereich nicht ausgeschlossen werden (vgl. Profile O und E bei Station 267). Im SW des Untersuchungsgebietes (südlich 25° N), ausgehend von

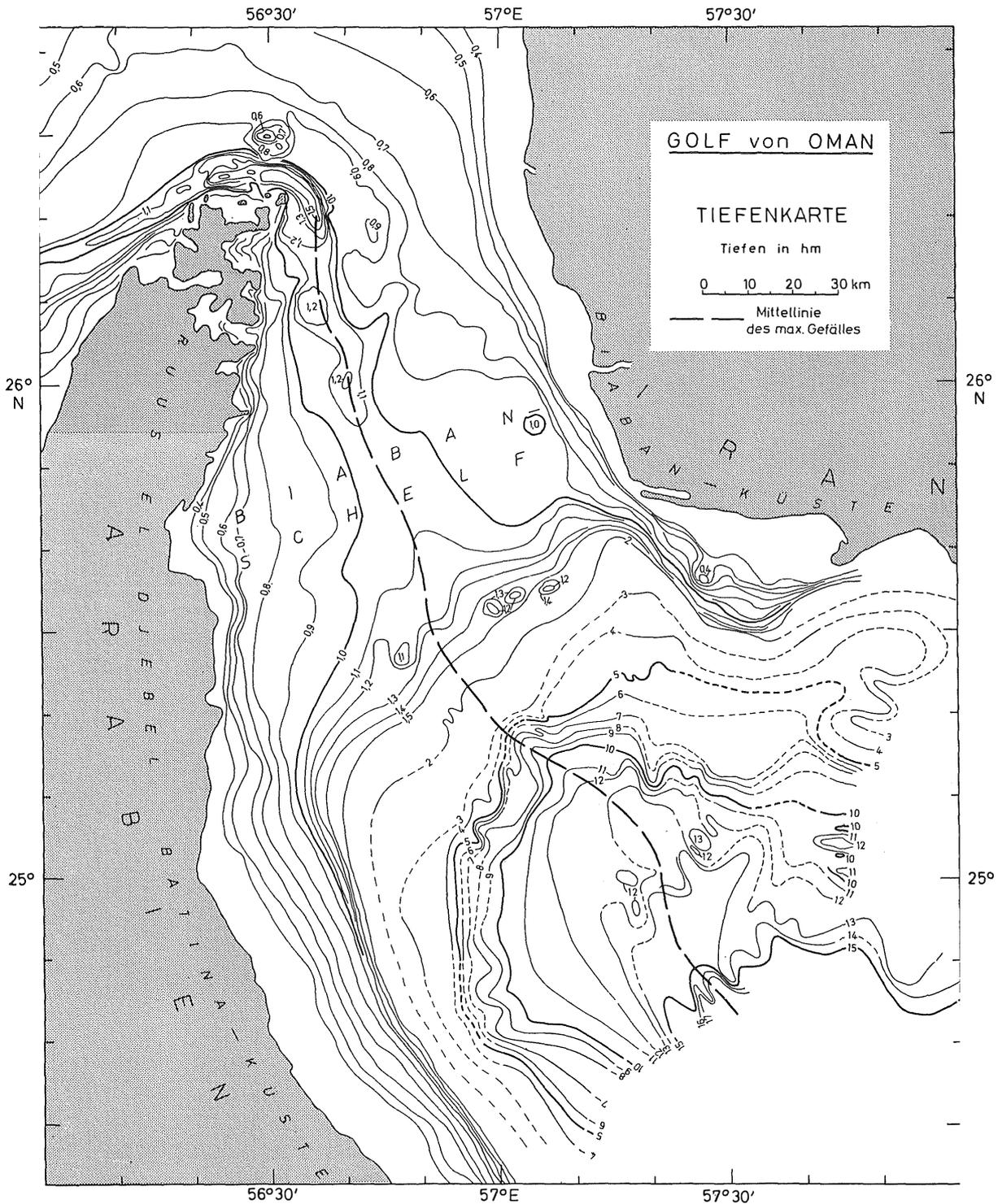
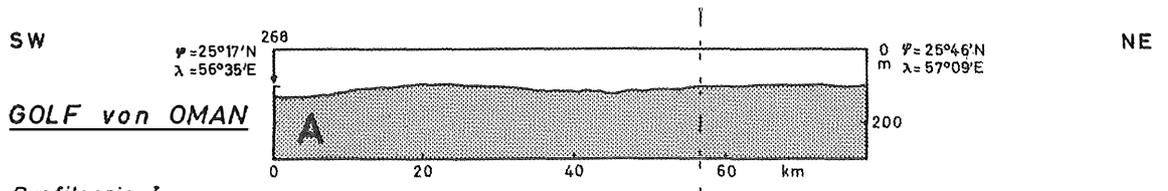


Abb. 4. Tiefenkarte des nordwestlichen Golfs von Oman. Maßstab etwa 1:1 350 000. Nach Lotungen von H.M.S. „Flamingo“ (1955), H.M.S. „Owen“ (1956, 1958/59), H.M.S. „Dalrymple“ (1961/62/63) und F.S. „Meteor“ (1965)

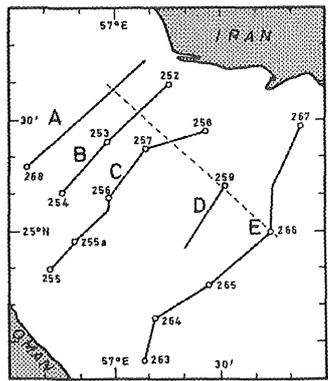
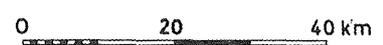
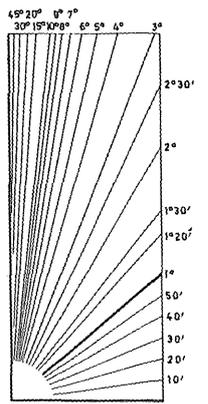
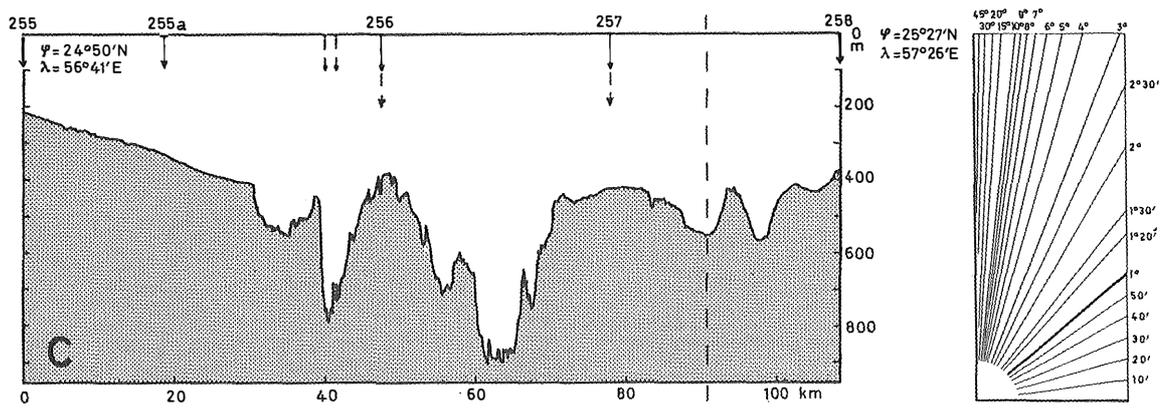
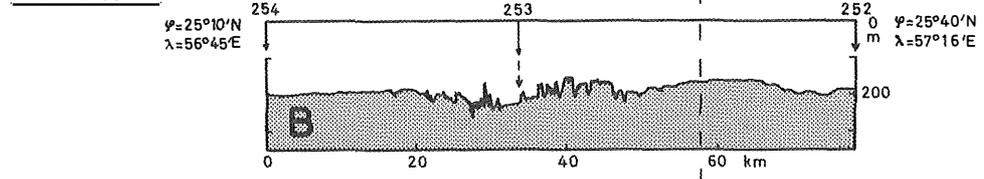
Fig. 4. Bathymetric map of the northwestern Gulf of Oman. Scale about 1:1,350,000. Based on soundings from the H.M.S. „Flamingo“ (1955), H.M.S. „Owen“ (1956, 1958/59), H.M.S. „Dalrymple“ (1961/62/63) and the F.S. „Meteor“ (1965)

den weiten Schwemmlandebenen der Batina-Küste, erstreckt sich der Schelf mit sehr geringem, gleichmäßigem Gefälle weit in den Golf hinein. Der Schelfrand wird hier in einer Entfernung von maximal

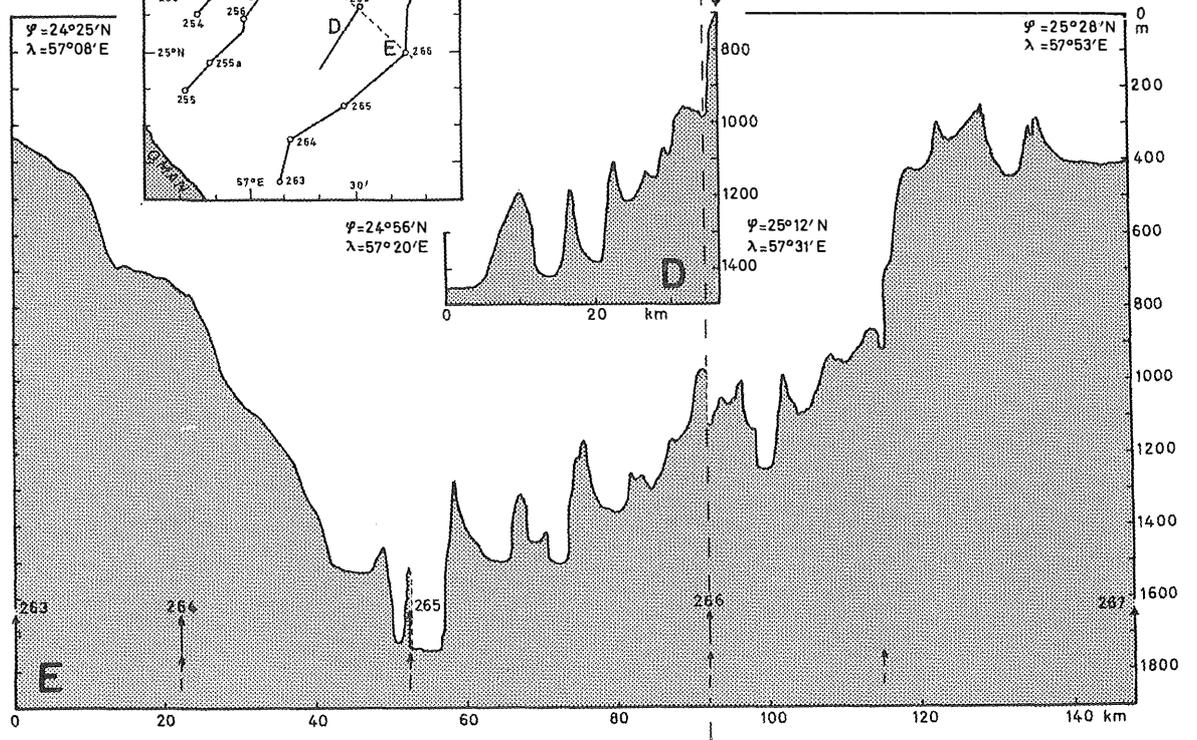
60 km von der Küste und mit einer Tiefe von 400 m erreicht (Profile C, H, F und E, Taf. 1 und 4). Diese Schelfkante liegt merkwürdig tief, werden doch für den Indischen Ozean allgemein 100–300, im Gesamt-



Profilserie I

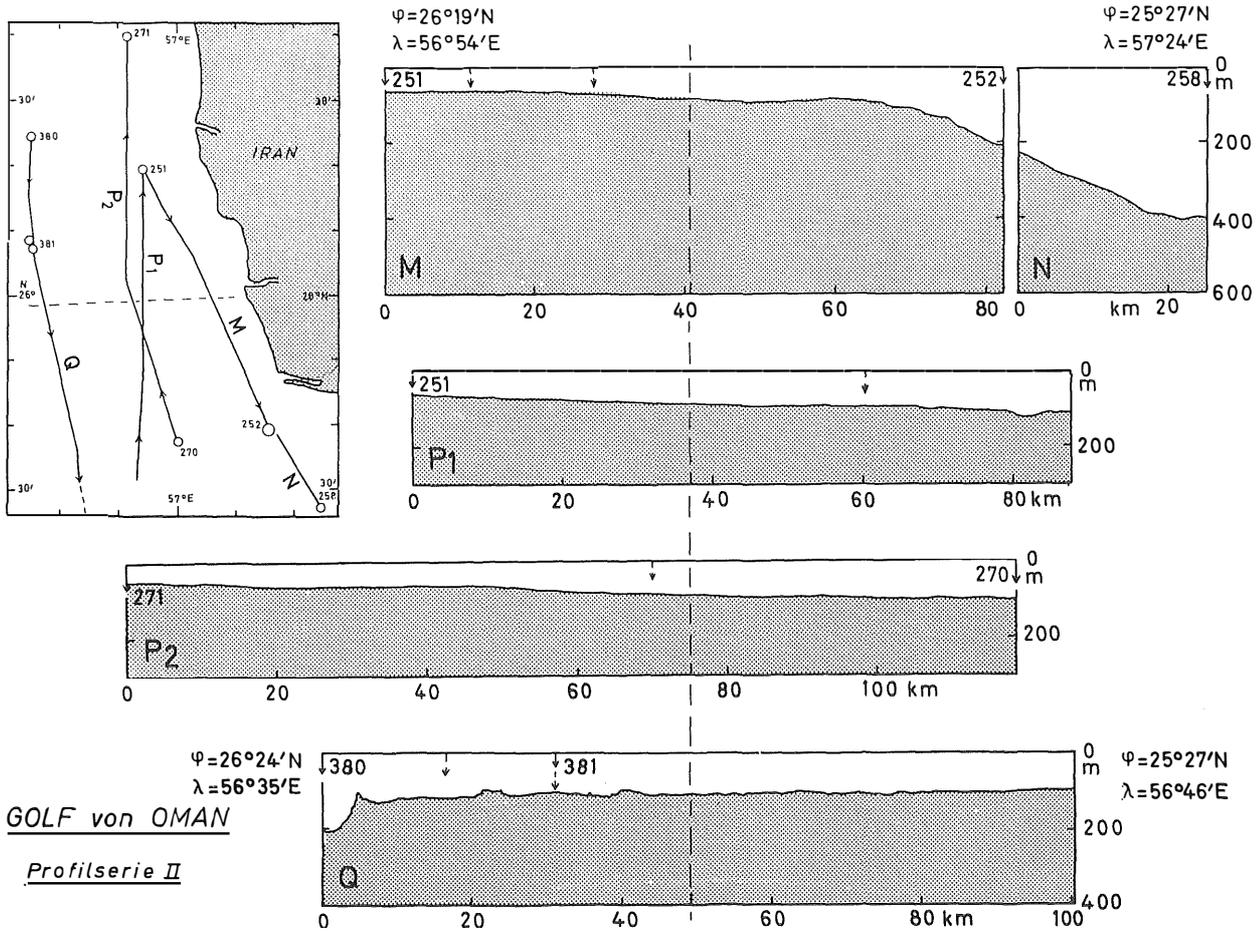


Überhöhung 50-fach



Tafel 1

Plate 1

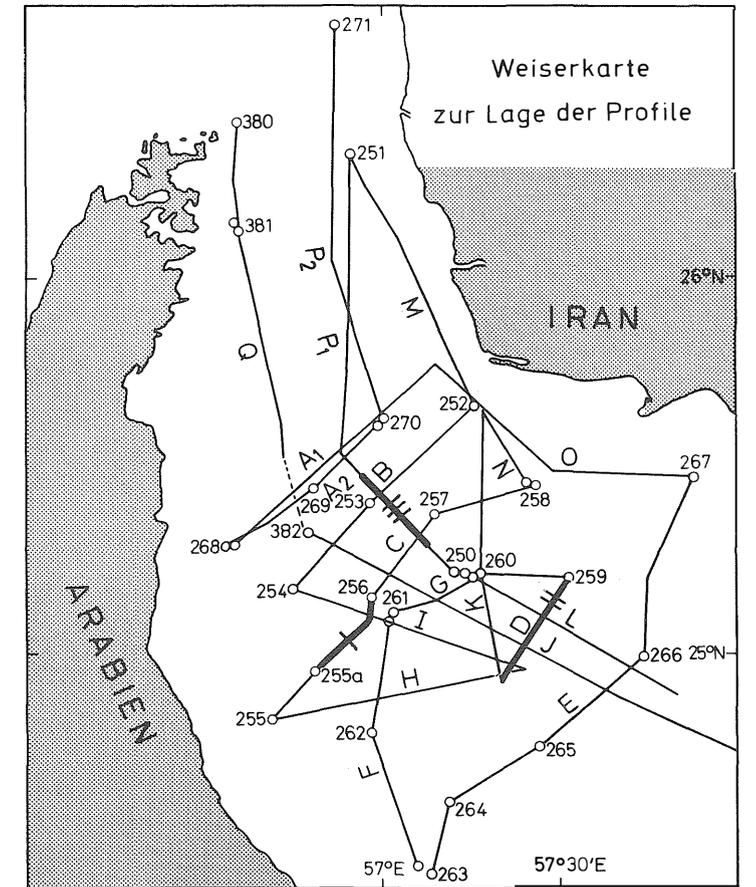
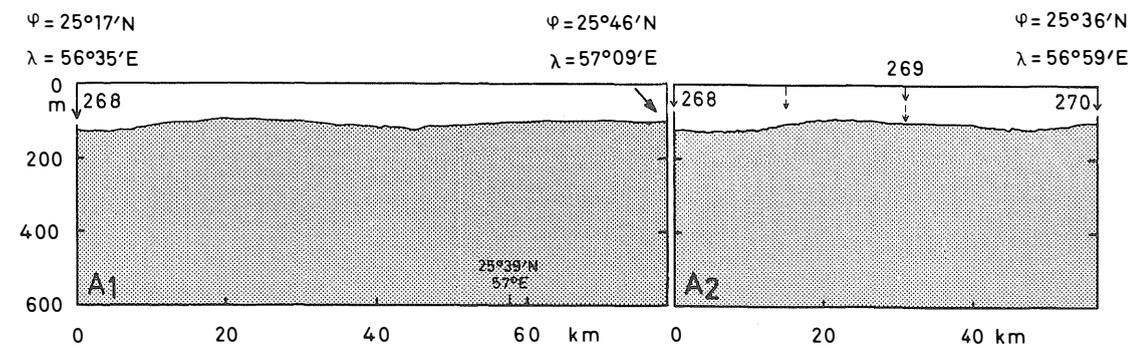
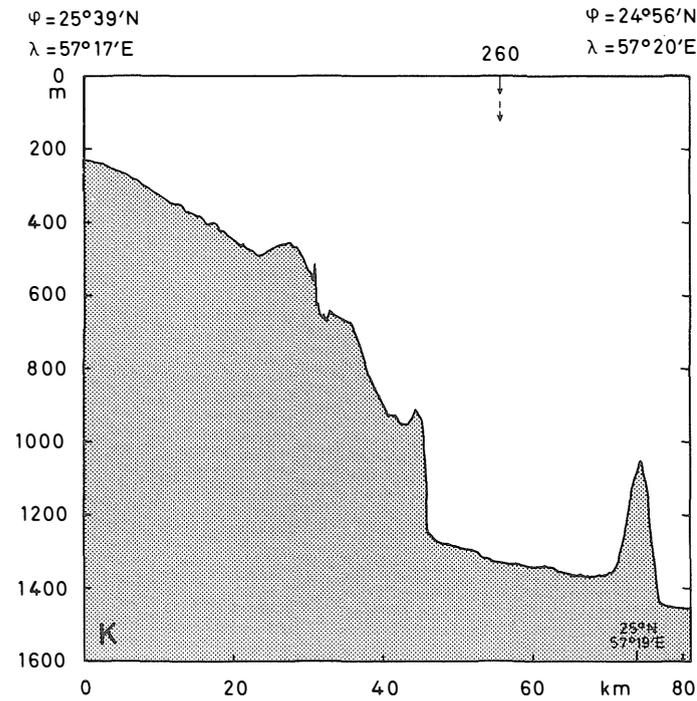
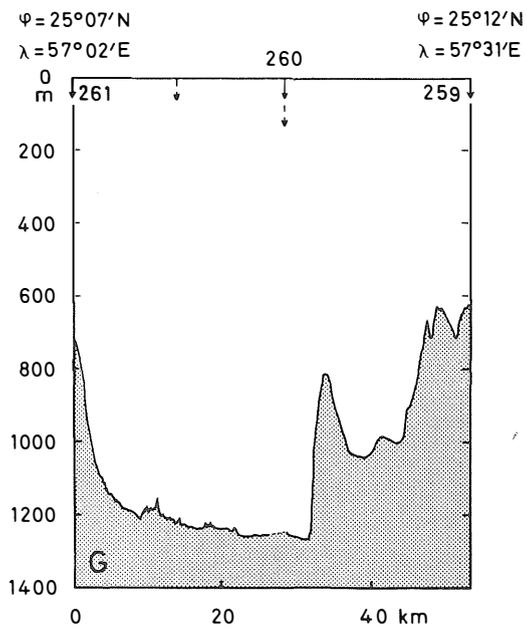
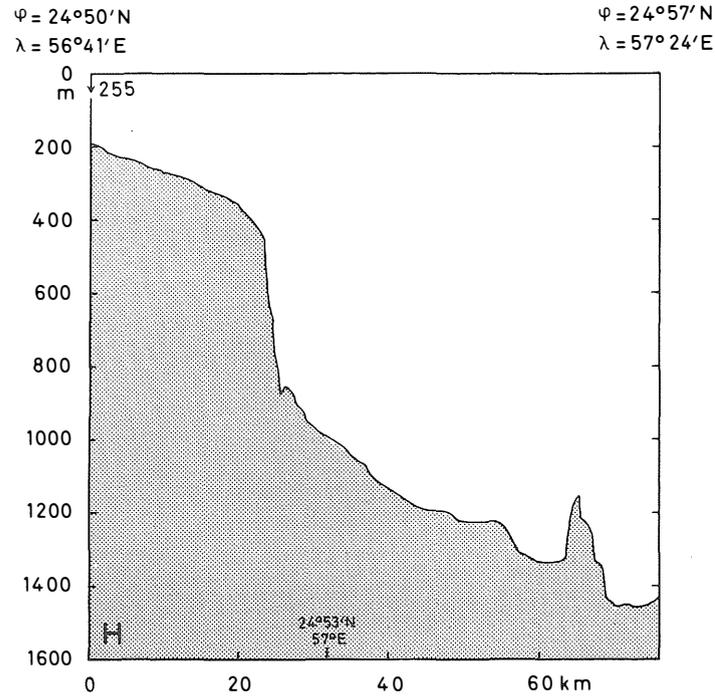
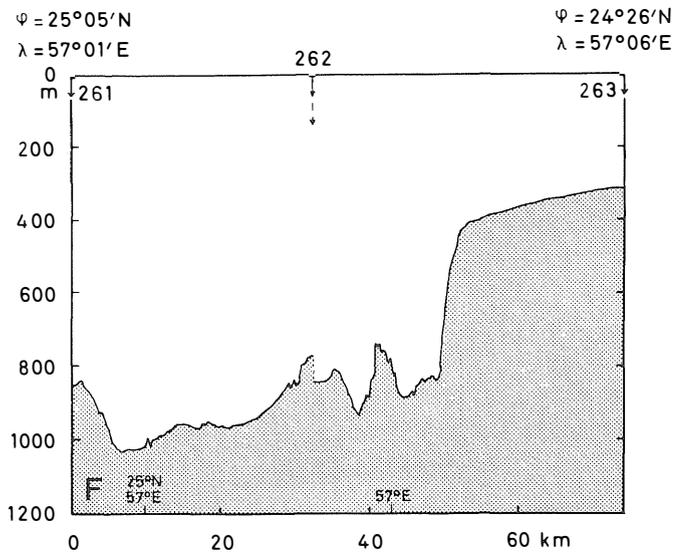


Tafel 2

Plate 2

Tafel 1-4. Profile aus dem nordwestlichen Golf von Oman

Plates 1-4. Profiles from the northwestern Gulf of Oman



Legende zu den Tafeln 1-4

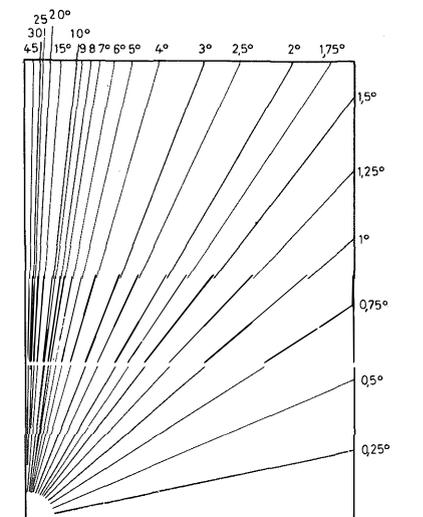
Maßstab: horizontal 1:1 000 000

vertikal 1:20 000

Überhöhung 50-fach

268 Station

↓
--- Knickpunkt in der Lotlinie



Tafel 4. Weiskarte. 250-382 = Meteor-Stationen. Dick ausgezogen = (I, II, III) Echogramm-Beispiele der Abb. 3.

Plate 4. Location map. 250-382 = "Meteor" stations. Heavy lines = (I, II, III) echogram examples in Fig. 3.

durchschnitt 180 m hierfür angegeben (ANONYMUS 1963).

2. Kontinentalhang und Tiefsee

Die den Golf von Oman in NW-SE-Richtung schneidenden Lotprofile J und L (Taf. 3), deren Fortsetzung zur Oman-Tiefsee-Ebene hin bereits früher dargestellt wurde (ULRICH 1968, Profile XVIIIa und XIX), lassen die topographische Gesamtsituation erkennen: Zwischen dem ruhigen Relief der Schelfgebiete und des nordwestlichen Kontinentalhanges einerseits sowie der Tiefsee-Ebene im SE andererseits wird der zentrale Teil des Golfs von Oman in Tiefen zwischen 1 100 m und 3 300 m durch einen stufenförmigen Abhang mit außerordentlich kompliziertem Bodenrelief gekennzeichnet. Der völlig unvermittelt auftretende Gefällswechsel am Rand der Tiefsee-Ebene, der durch steile Abbrüche stark gestörte untere Abschnitt des Kontinentalhanges und das Fehlen einer deutlich ausgeprägten sedimentären Fußzone lassen auf ein sehr jungliches Alter der Formen schließen.

Der Kontinentalhang auf der arabischen Seite fällt im allgemeinen sanft ab. Der mittlere Neigungswinkel liegt bei $1,5^\circ$, der maximale bei 6° . Er ist damit geringfügig höher als die durchschnittliche Böschung des Kontinentalhangs um den Indischen Ozean, der nach ANONYMUS (1963) $1^\circ 35'$ beträgt. Diese Werte sind bei der Betrachtung der 50fach überhöhten Profile im Auge zu behalten! Die Zone maximaler Tiefen halbiert ziemlich genau den Einsprung des Golfs zwischen Arabien und dem Iran. Das große Bild läßt an eine flexurartige Abbiegung, eventuell durch eine Verwerfung verstärkt (E, Taf. 1; H, Taf. 4), denken. Die im Echogramm sehr ruhige Oberfläche verrät entweder dünnbankige, homogene Gesteine oder wohl eher eine ausreichend dicke Sedimentauflage, die morphologisches oder tektonisches Relief ausgleichen kann.

Die dem Persischen Golf zugewandte Schmalseite des Kontinentalhangs beginnt mit dem steileren Abfall wieder bei rund 400 m, vielleicht auch hier eine junge Absenkung verratend. Der im Ganzen recht einheitliche Abfall (L, J, I, Taf. 3) weist Neigungen um $10-20^\circ$ auf. Das Kleinrelief mag einerseits von schräg geschnittenen Tälern herrühren, die auf den Schnitten B und C (Taf. 1) quer gefaßt wurden. Andererseits sind auf dem relativ steilen Abfall unterhalb 400 m Wassertiefe auch Rutschun-

gen zu vermuten, die morphologisch zum Ausdruck kommen. Bei rund 1 400 m Wassertiefe wird hier ungefähr der Hangfuß erreicht.

In völligem Gegensatz zum bisherigen Bild ist der iranische Abfall außerordentlich unruhig. Dies gilt von der Schelfkante bis zur medianen Tiefenlinie hinab. In den Profilen B, C, D, E (Taf. 1) kommen die teilweise extrem steilen Formen gut zum Ausdruck. Wenn auch hier wieder an die 50fache Überhöhung gedacht werden muß, so läßt sich doch erkennen, daß Neigungen bis über 45° und ein Auf und Ab mit Höhenunterschieden von 200–400 m keine Seltenheiten sind.

Wir glauben nicht, daß alle diese Formen von schräg oder quer geschnittenen Tälern herrühren. Sie erinnern zum Teil an Schollentreppen, wie sie oft an Grabenrändern durch Staffelbrüche geschaffen werden. Am deutlichsten zeigt dies der Vergleich der Profile D (0–40 km) mit E (55–90 km) auf Tafel 1. Die Asymmetrie der dortigen Hänge — Steilseite nach SW (mit stellenweise über 45° Maximalneigung), Flachseite nach NE — läßt an antithetische Abschiebungen durch echte Tektonik oder auch grobräumige Ableitung mächtiger Schichtpakete denken. Die vermutete Streichrichtung der Störungen wäre etwa NW–SE. Eventuell ist diese Unruhe am iranischen Hang teilweise auch durch einen mannigfaltigeren Untergrund als auf dem arabischen zu erklären: Der Baustil läßt aufgebrochene Antiklinalen, das Material (dickbankige Schiefer- und Sandsteinserien) gleichfalls morphologische Unruhe erwarten.

Die talähnlichen Formen der Profile sind gleichfalls sehr vielgestaltig. Sie haben aber offensichtlich eine übergeordnete Gemeinsamkeit: Im oberen Teil herrscht der V-Typ vor (Schnitte B, C, 200–900 m Wassertiefe, ähnlich F). Unterhalb 1 000 m kommt zunehmend der Kastentyp mit flacher Sohle vor: Schnitte D, E. Das weist darauf hin, daß gegenwärtig am oberen Kontinentalhang in den Hohlformen nicht sedimentiert, eventuell erodiert wird, am tieferen aber Material zum Absatz kommt.

Die Schnitte D, H, K und I erfassen möglicherweise eine submarine Einzelerhebung (Seamount?) bei $\varphi = 25^\circ \text{N}$, $\lambda = 57^\circ 19' \text{E}$, die in den Profilen von $-1 450 \text{ m}$ bis zu $1 050 \text{ m}$ Tiefe aufragt und einen Basisdurchmesser von rund 5–10 km besitzt. Endgültig könnte dies indessen nur durch zusätzliche Profilmfahrten ermittelt werden.

Literatur

ANONYMUS (1963): Physical dimensions of continental shelves and continental slopes. — Geol. Sect. Oceanogr. Analysis Division Rept. 0–48–63, US. Naval Oceanogr. Office, Marine Sc. Dept. (unpubl. Mscr.), Washington.

ARGAND, E. (1922): Carte Tectonique de l'Eurasie 1 : 25 Mill. — 13. Congr. geol. Internat. Brüssel 1928 und C. R. 13. Session Congr. geol. intern. 1, 171–372, Liège 1924.

- BANGHAR, A. R., & L. R. SYKES (1969): Focal Mechanisms of Earthquakes in the Indian Ocean and Adjacent Regions. — *Journ. Geophys. Res.*, 74, 2, 632–649, Baltimore.
- BARKER, P. F. (1966): A reconnaissance survey of the Murray Ridge. — *Phil. Trans. Royal Soc. London A*, 259, 187–197, London.
- BRETTSCHEIDER, G., K. GRASSHOFF, P. H. KOSKE & L. VON TREPKA (1970): Physikalische und chemische Daten nach Beobachtungen des Forschungsschiffes „Meteor“ im Persischen Golf 1965. — „Meteor“-Forschungsergebn. A (im Druck).
- CLOSS, H., H. BUNGENSTOCK & K. HINZ (1969): Ergebnisse seismischer Untersuchungen im nördlichen Arabischen Meer, ein Beitrag zur Internationalen Indischen Ozean Expedition. — „Meteor“-Forschungsergebn. C, 2, 1–28, Berlin u. Stuttgart.
- DEUTSCHES HYDROGRAPHISCHES INSTITUT (1964): Handbuch des Persischen Golfs, 402 S., Hamburg.
- DIETRICH, G., G. KRAUSE, E. SEIBOLD & K. VOLBRECHT (1966): Reisebericht der Indischen Ozean Expedition mit dem Forschungsschiff „Meteor“ 1964–1965. — „Meteor“-Forschungsergebn. A, 1, 1–52, Berlin.
- DÜING, W., & W. D. SCHWILL (1967): Ausbreitung und Vermischung des salzreichen Wassers aus dem Roten Meer und aus dem Persischen Golf. — „Meteor“-Forschungsergebn. A, 3, 44–66, Berlin.
- FALCON, N. L. (1947): Raised beaches and terraces of the Iranian Makran coast. — *Geogr. Journ.*, 109, 1–3, 149–151.
- FARQUHARSON, W. I. (1936): Topography. — In: The John Murray Expedition 1933–34. Scientific reports, 1, 2, 7–61, British Museum, Nat. Hist., London.
- GANSS, O. (1966): Zur geologischen Geschichte der Belutschistan-Indus-Geosynklinale. — *Geol. Jb.* 82, 203–242, Hannover (1964).
- GANSSER, A. (1955): New aspects of the Geology in Central Iran. — 4th World Petrol. Congr., Sect. 1/A, 5, 279–300, Rom.
- (1959): Außer-alpine Ophiolithprobleme. — *Ecol. geol. Helv.* 52, 2, 659–680, Basel.
- (1964): Geology of the Himalayas. — *Interscience Publ. London etc.*, 304 S.
- (1966): The Indian Ocean and the Himalayas. A Geological Interpretation. — *Ecol. geol. Helv.*, 59, 2, 831–848, Basel.
- GEOLOGICAL SURVEY OF PAKISTAN (1964): Geological Map of Pakistan 1:2 Mill. — Rawalpindi.
- GRUNAU, H. R. (1965): Radiolarian cherts and associated Rocks in Space and Time. — *Elcog. geol. Helv.*, 58, 1, 157–208, Basel.
- HEEZEN, B. C., & M. THARP (1966): Physiography of the Indian Ocean. — *Philos. Trans. Roy. Soc. London, Ser. A, No. 1099*, 259, 137–149, London.
- HELBIG, K. (1937): Handbuch d. geogr. Wiss., Bd. Vorder- und Südasien, 212–326, Potsdam.
- HUNTING SURVEY CORPORATION (1960): Reconnaissance Geology of Part of West-Pakistan, a Colomboplan co-operative project. — 550 S., (Maracle Press) Toronto.
- HYDROGRAPHIC DEPARTMENT London: Collected Sounding Sheets.
- LAUGHTON, A. S. (1966): The Gulf of Aden, in relation to the Red Sea and the Afar depression of Ethiopia. — *Geol. Surv. Canada, Pap.* 66–14, 78–97, Ottawa.
- (1966): The Gulf of Aden. — *Phil. Trans. Roy. Soc. London, Ser. A, No. 1099*, 259, 150–171, London.
- LAUGHTON, A. S., & D. H. MATTHEWS (1965): Geological and geophysical structure of the North-Western Indian Ocean. — 313–315, Colston Pap. No. 77. In: Submarine Geol. and Geophysics (Colston Res. Soc.) Bristol 1965.
- LEES, G. M. (1928): The Geology and Tectonics of Oman and of parts of South-Eastern Arabia. — *Quart. J. Geol. Soc. London*, 84, 4, 585–670, London.
- LE PICHON, X., & I. R. HEIRTZLER (1968): Magnetic Anomalies in the Indian Ocean and Sea Floor Spreading. — *Journ. Geophys. Res.*, 73, 6, 2101–2117, Baltimore.
- MATTHEWS, D. H. (1966): The Owen Fracture Zone and the Northern End of the Carlsberg Ridge. — *Phil. Trans. Roy. Soc. London, Ser. A, No. 1099*, 259, 172–186, London.
- MATTHEWS, D. J. (1939): Tables of the velocity of sound in pure water and sea water for use in echo sounding and echo ranging. — *Admir. Hydrogr. Dept.* 282, London.
- MEIGS, P. (1966): Geography of coastal deserts. — UNESCO, Arid Zone Res. 27, 140 S., Paris.
- MORTON, D. M. (1959): The Geology of Oman. — 5th World Petr. Congr., I, New York.
- NATIONAL IRANIAN OILCOMPANY (1959): Geological Map of Iran 1:2 500 000 with explanatory notes. — 1–19, Teheran.
- PAVONI, N. (1961): Faltung durch Horizontalverschiebung. — *Ecol. geol. Helv.*, 54, 2, 515–534, Basel.
- PEERY, K. (1965): Results of the Persian Gulf-Arabian Sea Oceanographic Surveys 1960–61. — T. R. 176, U. S. Naval Oceanogr. Off., 1–239, Washington.
- PEPPER, J. F., & G. M. EVERHART (1963): The Indian Ocean. The Geology of its Bordering lands and the configuration of its floor. — *Misc. Geol. Invest. Map I—380*, US Geol. Surv., Washington.
- POWERS, R. W., L. F. RAMIREZ, C. D. REDMOND & E. L. ELBERG JR. (1966): Geology of the Arabian Peninsula — Sedimentary Geology of Saudi Arabia. — *US Geol. Surv. Prof. Pap.*, 560–D, Washington.
- RAHMAN, H. (1963): Geology of Petroleum in Pakistan. — 6th World Petr. Congr. Frankfurt, Sect. I, Pap. 31, PD 3, Pakistan.
- SCHOTT, G. (1918): Geographie des Persischen Golfes und seiner Randgebiete. — *Mitt. Geogr. Ges. Hamburg*, 31, 1–112, Hamburg.
- SEIBOLD, E., & K. VOLBRECHT (1969): Die Bodengestalt des Persischen Golfs. — „Meteor“-Forschungsergebn. C, 2, 29–56, Berlin u. Stuttgart.
- SNELGROVE, A. K. (1964): The Indus Lineament. — *Internat. Geol. Congr., Rept. 22. Sess. India 1964*, 9–10. Group Discussion Geol. Geophys. Results Internat. Ind. Ocean Exped. Abstracts of Pap., New Delhi.
- TSCHOPP, R. H. (1967): The general Geology of Oman. — *Proc. 7th World Petrol. Congr.* 2, 231–242 (Elsevier) Amsterdam etc.
- ULRICH, J. (1968): Die Echolotungen des Forschungsschiffes „Meteor“ im Arabischen Meer während der Internationalen Indischen Ozean Expedition. — „Meteor“-Forschungsergebn. C, 1, 1–11, Berlin u. Stuttgart.
- US GEOLOGICAL SURVEY (1963): Arabian Peninsula. — *Misc. Geol. Invest., Map I—270 B—2* (1:2 Mill.), Washington.
- VALENTIN, H. (1954): Die Küsten der Erde. Beiträge zur Allgemeinen und Regionalen Küstenmorphologie. — *Pet. Mitt., Erg.-H.* 246, 126 S. (2. Aufl.).
- WELLMAN, H. W. (1966): Active wrench Faults of Iran, Afghanistan and Pakistan. — *Geol. Rdsch.*, 55, 3, 716–735, Stuttgart.
- ZWART, H. J. (1967): The duality of orogenic belts. — *Geol. Mijnbouw* 46, 8, 283–309, den Haag.