

Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XXI	σελ. 27 - 43	Αθήνα 1990
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens

**DAS GEBIET VON RABIGH NORDLICH JEDDAN/S.ARABIEN
DIE LUFTBILD INTREPRETATION IN DIENST DE
INGENIEURGEOLOGIE UND HYDROLOGIE**

D. FRYDAS*

Mit 3 Abbildungen, 3 Tabellen, 1 photogeol. Karte und 4 Profilkarten

A B S T R A C T

A photogeological map of the Rabigh desert on the west coast from Saudi-Arabia in Red Sea was constructed on the basis of field and aerial photographic data. A number of borehols was subsequently decided upon to record soil mechanical properties.

Three typs of sediments have been determined: a) Poorly sorted gravel and sandy gravel, b) Well compacted dry clay to fine clayey sand and c) Massive to friable fossil coral reefs.

Groundwater investigations may be undertaken within the valley from Wadi-Rabigh torrent, draining the foreland in front of the mountains in east.

K U R Z F A S S U N G

Für das Gebiet von Rabbigh am Roten Meer an der Westküste von Saudi-Arabien wurde auf Grund von Luftbildauswertung und Geländearbeit eine photogeologische Karte angefertigt, anhand dieser eine Anzahl von Bohrungen durchgeführt wurden, um die verschiedenen Eigenschaften der Böden zu erkunden.

Es ergaben sich drei Typen von Sedimenten: a) Kies- und Sandkiesschichten verschiedener Körnungsgröße, b) sehr feste, trockene Ton- bis Tonfeinsandschichten, c) massives bis bröckeliges Korallenriff.

Grundwasseruntersuchungen können im Tal des Wadi-Rabigh Wildbaches unternommen werden, der das Vorland vor dem Gebirge im Osten entwässert.

*Anschritt des Autors: Asst.Prof.Dr. Dimitris Frydas - Department of Geology.
Section for Physical, Marine Geology and Geodynamic.
University of Patras, Greece.

Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Από την τοποθεσία Rabbigh στην Ερυθρά θάλασσα στις δυτικές ακτές της Σαουδικής Αραβίας έγινε γεωλογική χαρτογράφηση σε συνδιασμό από αεροφωτογραφίες και εργασίας υπαίθρου. Σύμφωνα με αυτή τη χαρτογράφηση πραγματοποιήθηκε ένα πλήθος γεωτρήσεων για την αναγνώριση των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων του εδάφους.

Πρόέκυψαν τρία είδη ιζημάτων: α) Χάλυκες και αμμώδη χαλυκούχα στρώματα διαφορετικής κοκκομετρικής διαβάθμισης, β) πολύ συνεκτικά, ξηρά αργιλικά μέχρι αργιλικά-λεπτοκοκκώδη αμμώδη ιζήματα και γ) συμπανής μέχρι αποσασθρωμένος κοραλλιογενής ασβεστόλιθος.

Έρευνες για υπόγεια νερά ενδείκνυται στην κοιλάδα του χείμαρου-ποταμού Wadi-Rabbigh, ο οποίος αποστραγγίζει την προχώρα των οροσειρών που βρίσκονται στα ανατολικά.

1. EINLEITUNG

Das Gebiet liegt im Pediment vor der im Osten von N nach S streichenden Al-Hijaz Gebirgskette. Die weiche, fast ebene Morphologie des Bodens weist keine grossen Höhenunterschiede auf. Die Vegetation ist spärlich und die Flora besteht hauptsächlich aus kleinen Wüsten- und wasserspeichernden Kakteenpflanzen.

Im Arbeitsgebiet herrschen quartäre Ablagerungen vor, die sich als grosse Schuttfächer der ca. 30 Km östlich liegenden Gebirge auf langsam aufsteigendem fossilem Korallenriff akkumuliert haben. Bei diesen Ablagerungen handelt es sich um verschiedene Kies-, Sand- und Sand-Ton-Terrassen, die anhand des Grautons der Bilder auskartiert und im Gelände identifiziert werden konnten. An manchen Stellen von diesen Terrassen liegt das fossile Korallenriff an der Bodenoberfläche frei.

Die photogeologische Karte zeigt das Gebiet von Rabigh mit dem gleichnamigen Dorf und am Rand im Westen den Golf von Rabigh am Roten Meer, ca. 150 km nördlich Jeddah (s. Abb. 1 mit Lagenskizze). Es handelt sich dabei um:

a) Sand-, Sandkiesterrassen erscheinen im Luftbild weiss bis leicht grau. Infolge des kräftigen Nordwindes, der die meiste Zeit des Jahres an der Westküste von S. Arabien weht, sind hin und wieder im Gelände äolische Akkumulationen zu treffen, die vorwiegend mobil sind und aus feinem Sand bestehen Ihrer Form nach könnte man sie als mobile Längsdünen bezeichnen.

Andere Dünen wurden in Form von Barchanen angetroffen, die sich ausserhalb der Karte im nordöstlichen Teil befinden. Sie sind mit der Luv-Seite gegen

die Windrichtung angeordnet.

Die Sandkörner dieser Dünen bestehen aus dem Zerfall der magmatischen Gesteine. Quarz ist hier reichlich angereichert.

Der feine, weisse Küstensand, der entlang der Küste gleichförmige Strandwälle bildet, besteht aus verwittertem Korallenriff. Er ist im Luftbild durch seine ganz weisse Farbe zu erkennen.

b) Kies-, Kiessandterrassen erscheinen allgemein leicht bis mittelgrau. Das aufgeschüttete Material besteht vorwiegend aus gut sortierten, kantig bis abgerundeten Kiessteinen, die alle aus magmatischen Gesteinen abstammen. Im Gelände wurden Gerölle aus Amphibolit, Diorit, Granit, Feldspat, roten Silikatesteinen und Basalt beobachtet.

Das magmatische Material lieferte das östlich liegende präkambrische, kristalline Gebirge. Der olivinreiche Basalt stammt aus der riesigen Basalt-Decke, die sich im Laufe des Pliozäns auf der arabischen Halbinsel ergossen hatte, (s. geol. Karte von S. Arabien 1: 500.000 MAP - I 210 A, Abb. 1).

c) Ton-, Tonsandterrassen erscheinen meistens mittel bis dunkelgrau, wegen der geringen Durchlässigkeit des Wassers.

Ton ist nicht undurchlässig, wie früher angenommen wurde, (W. E. SCULZE - K. SIMMER, S. 90, 1977).

Die Luftbilder, die vom östlichen Teil der Karte fehlen, wurden nicht freigegeben. Die Morphologie des Bodens weist in diesem Bereich keine besonderen Unterschiede zu derjenigen des benachbarten kartierten Gebietes auf.

2. DER GOLF VON RABIGH

In der Mitte der Karte ist der Golf von Rabigh, der grösstenteils von rezentem Riff besetzt ist. Ideale Temperatur- und Salinitätsbedingungen führten zu einer mächtigen Riffbildung, die fast immer vom Meeresuntergrund bis an die Wasseroberfläche reicht und die ganze Westküste von S. Arabien geprägt hat.

Das Riff reicht ca. 200 m von der Küstenlinie ab zum Meer hinein bis zu einer Tiefe von 40m. An manchen Stellen des Riffes kommt es zu seichter Lagunenbildung mit kristallklarem Wasser. Im Luftbild kann man wegen der Sauberkeit des Wassers die Boschung des Riffes bis zu jener Tiefe verfolgen, wo die Lichtintensität gerade noch zur Aufnahme reicht.

Wegen der jährlichen Ebbe und Flut existiert ein Höhenunterschied des Meeresspiegels vom mittleren Seeniveau, der 0,6 m beträgt. Infolge der

Schwankungen des Meeresspiegels ist ein Teil des Golfes von Februar bis August von Mangroven umschlossen, die eine spärliche Vegetation aufweisen. Diese amphibischen Flächen sind in den Wintermonaten von November bis Januar voll mit Wasser bedeckt.

3. STRATIGRAPHIE

Östlich der Karte wurden alle 300 m in abwechselnder Folge von 75 m links und rechts der Achse Y - Y1 mit den Koordinaten Y (Nord); N: 52 163 481, E : 52 625 720 und Y1 (Süd); N: 46 969 332, E : 58 652 725, mittels Schaufelbagger 3 m tiefe Gräben ausgehoben, von denen verschiedene Proben entnommen wurden (s. Abb. 2).

Beim Betrachten der Profile P1 bis P32 ist folgendes zu merken: Bis Aufschluss P 7 herrscht eine terrestrische Ablagerungsfazies vor mit abwechselnder Körnungskurve des gesiebten Materials (s. Kap. 4 und Abb. 3). Ab P 8 macht sich eine marine Ablagerungsfazies bemerkbar mit Ton, Ton-Feinsand und fossilem Korallenriff. An manchen Stellen liegt hier das fossile Riff frei an der Oberfläche, bedeckt nur von einer dünnen Schicht vom Mutterboden. Somit ist das Aufsteigen des im Horst befindlichen Pedimentes festzustellen, das an dieser Stelle über 6,50 m ü. N. N. und ca. 5 Km von der Küste liegt. Links daran ist der Rote-See-Graben.

Bei den Aufschlüssen P 13, P 15, P 24 und P 28 wurden unverfestigte, braune, ton-feinsandige bis feinsand-tonhaltige fossilführende Schichten angetroffen, von denen folgende Arten bestimmt wurden:

Die taxodonten Lamellibranchiaten:

- 1) *Nucula nuclea* (LINNE) kleinwüchsig, sehr häufig.
- 2) *Arca diluvii* LAMARCK, 1 Stück (könnte umgelagert sein).

Die heterodonten Lamellibranchiaten:

- 1) *Cyprina* LAMARCK, sehr häufig bis massenhaft.
- 2) *Cyrena* CHILDREN, äusserst massenhaft, gesteinsbildend.

Bei dieser Art handelt es sich um Brack- und Süßwasserbewohner, die sich heute vor allem in den schlammigen Ästuaren der wärmeren Gebiete finden (A. H. MÜLLER, s. 494, 1963).

Die Gastropodengattungen:

- 1) *Ceritiopsis* FORBES u. HANLEY, kleinwüchsig, sehr häufig.
- 2) *Hydrobia* HARTMANN, 1 Stück, schlecht erhalten. Haute hauptsächlich im Brackwasser.

Anhand dieser Fossilien wurde das Material ins Holozän eingestuft. In der photogeologischen Karte wurde dies mit H_1 gekennzeichnet. Mit H_2 sind die Mangroven gekennzeichnet, die sich später durch die Einschwemmung des Meeres bei Ebbe und Flut in die holozänen Ablagerungen (H_1) eingeschnitten haben.

Schliesslich wurde mit R das rezente Riff gekennzeichnet, das an der Küste und am Golf von Rabigh noch heutzutage wächst und generell kurz vor der Wasseroberfläche aufhört.

4. INGENIEURGEOLÓGIE

4.1. Landbohrungen

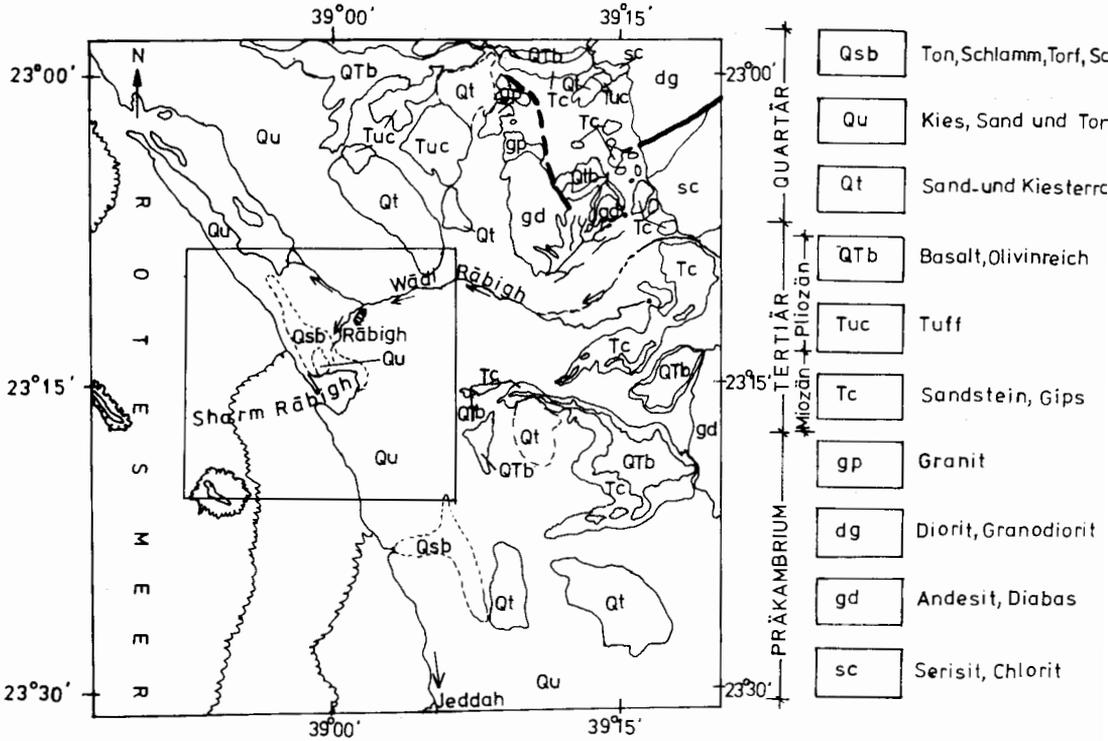
Um die Beschaffenheit des Bodens besser nach mechanischen Gesichtspunkten beurteilen zu können, wurde eine Anzahl von Bodenerkundungsbohrungen niedergebracht. Die Erkundungsbohrungen wurden nach der Standard-Sonde Methode der American Society for Materials (A.S.T.M.) durchgeführt (s. Profilkarte von Rabigh). Bei diesem Verfahren wird eine hohle Sonderspitze von 45,7 cm Länge (= $1 \frac{1}{2}$ US-Fuss) in den Boden eingerammt. Um eventuelle Störungen in Höhe des Sondenansatzes auszuschalten, wird zunächst 15,2 cm (= $\frac{1}{2}$ US-Fuss) tief vorgerammt. Registriert wird neben der Schlagzahl für die ersten 15,2 cm die Schlagzahl n, die erforderlich ist, um die Sonde weitere 30,5 cm (= US-Fuss) einzutreiben.

Sondiert wurde bei unseren Bohrungen alle 1,50 bis 2,00 m von der jeweiligen Sohle des Bohrloches aus. Angaben über den Grundwasserstand wurden an den Tagesberichten der Bohrmeister registriert. Sie sind nicht mehr zugänglich. Tab. 1 gibt die Koordinaten der Landbohrungen an:

Tabelle 1

Landbohrungen	N	E
SHB 1	51 158 400	52 132 200
SHB 2	51 670 100	52 990 100
SHB 3	52 181 800	53 848 800
SHB 4	50 299 500	52 652 500
SHB 5	50 811 200	53 506 400
SHB 6	51 322 900	54 360 500
SHB 10	51 351 000	49 652 100
SHB 11	50 762 900	49 916 500
SHB 12	50 828 800	50 774 900
SHB 13	50 369 700	51 461 300
SHB 14	50 643 700	51 282 500
SHB 17	47 784 800	51 799 500

Abb. 1
 GEOLOGISCHE KARTE VON SAUDI ARABIEN
 BLATT: SOUTHERN HIJÄZ I-210 (M:1: 500 000).



Folgende Ergebnisse können im Gelände unmittelbar an die Erkundungsbohrungen erzielt werden: (R. JELINEK, GB 3.2/1 - 10.77 - T.U. München, 1980).

Tabelle 2: Schlagzahl n_{30} und Lagerungsdichte bei nichtbindigen Böden.

Schlagzahl n_{30}	Lagerung	Lagerungsdichte (D)
0 bis 4	sehr locker	0 bis 0,15
4 bis 10	locker	0,15 bis 0,30
10 bis 30	mittel	0,30 bis 0,50
30 bis 50	dicht	0,50 bis 0,75
> 50	sehr dicht	> 0,75

Für die amerikanische Standardsonde (S.P.T. = Standard Penetration Test) wurden Beziehungen zwischen der erforderlichen Schlagzahl n und der zulässigen Sohlnormalspannung für Sandböden aufgestellt (s. Bild 54.2 in W. E. SCHULZE - K. SIMMER, s. 54, 1977).

n_{10}	= 110 bis 80	(KN/m ²)	↓ Sohlnormalspannung in KN/m ² (Grundwasserstand unter der Tiefe 2b)
n_{20}	= 250 bis 180	- " -	
n_{30}	= 380 bis 280	- " -	
n_{40}	= 530 bis 380	- " -	
n_{50}	= 640 bis 470	- " -	

b = Breite des Gründungsstreifens in m

n = Anzahl der Schläge für die Sonde

Tabelle 3 Schlagzahl n_{30} und Konsistenz bei bindigen Böden

Schlagzahl n_{30}	Zustand	Einachsige Druckfestigkeit q_u (KN/m ²)
0 bis 2	breiig	0 bis 0,25
2 bis 5	weich	0,25 bis 0,5
4 bis 8	mittel	0,5 bis 1,0
8 bis 15	steif	1,0 bis 2,0
15 bis 30	halbfest	2,0 bis 4,0
> 30	fest	> 4,0

Abb. 3 zeigt die Körnungskurven von Sand und Kies der Aufschlüsse P 1 bis P 7. Das Material scheint gut sortiert zu sein, aber seine Verwendung als Zuschlagstoff ist wegen des angewitterten Zustandes des Kieses bedenklich. Man müsste es erst der Zuschlagstoffprüfung unterziehen lassen.

4. 2. Seebohrungen

Am Golf von Rabigh wurden Seebohrungen durchgeführt um die Härte des Riffes zu prüfen. Es war notwendig zu wissen, wie hart das Riff ist, um den geeigneten Bohrkopf beim Dredsen zu benutzen.

Von den gewonnenen Kernproben der Bohrungen SB1 bis SB5 nahe des Riffes ergab sich für die ersten -15m ab Meeresgrund ein leicht grau bis weisslich frisches bis bröckeliges Riff und ab -15m kommt dann ein dunkelbrauner fester Ton mit $n_{30} > 30$.

Die übrigen Bohrungen in der Mitte des Golfes ab -25,00 m unter N.N. ergaben einen sandhaltigen dunkelgrauen bis schwarzen, nach Fäulnis riechenden Schlamm mit darunter liegendem Feinsand, der fossilreich ist.

5. HYDROLOGIE

Für die Hydrologie des Gebietes ist folgendes hinzuzufügen: Das Dorf Rabigh - eine alte Beduinen -Oase -ist neu gebaut worden. Die Oase existiert noch am Rande des Dorfes, wo noch eine alte eingebaute Zisterne als Ruine steht, und wird vom gleichnamigen Fluss durchquert. Der Wadi-Radigh (arab. Wadi = kleiner Fluss, Bach) ist die meiste Zeit des Jahres trocken. An manchen Stellen des vertrockneten Flussbettes wird guter, gleichkörniger Flusssand für Betonherstellung entnommen. Das Grundwasser befindet sich im Flussbett in einer Tiefe von 60 cm. Die typische Wüstenvegetation ändert sich hier mit dem Wachstum von kleinen Bäumchen beiderseits des Flusses. Der fruchtbare lehmige Boden westlich des Dorfes erscheint grau bis dunkelgrau im Luftbild, ist gut für Landwirtschaft geeignet und wird entsprechend kultiviert, wie die Anordnung von Feldern zeigt.

Von einer regelmässigen Regenzeit kann man in diesem Teil Saudi-Arabiens nicht sprechen. Wenn es aber während der "Hamsin"-Zeit im März-April zum Regen kommt, (arab. Hamsin =funfzig, hier ist gemeint 50 Tage mit wechselhaften Wetter wie Sandstürme, Orkane, Wind und Regen) dann wird der Wadi-Rabigh zum richtigen Wildbach mit grosser Transportkraft. Bei diesen episodischen Regenfällen werden durch den Fluss grosse Mengen von ungleichkörnigem Material bis zum Meer verfrachtet.

Das Liefergebiet der den Fluss speichernden Wassermassen ist das präkambrische kristalline Gebirge, das ca. 30 bis 35 Km von der Westküste entfernt im Osten liegt, wo der Wadi-Rabigh entspringt. Der Fluss entwässert das Vorland und bildet vor seiner Einmündung in den Golf von Rabigh fächerartige Schuttkegel, die die Form einer Deltaschüttung aufweisen.

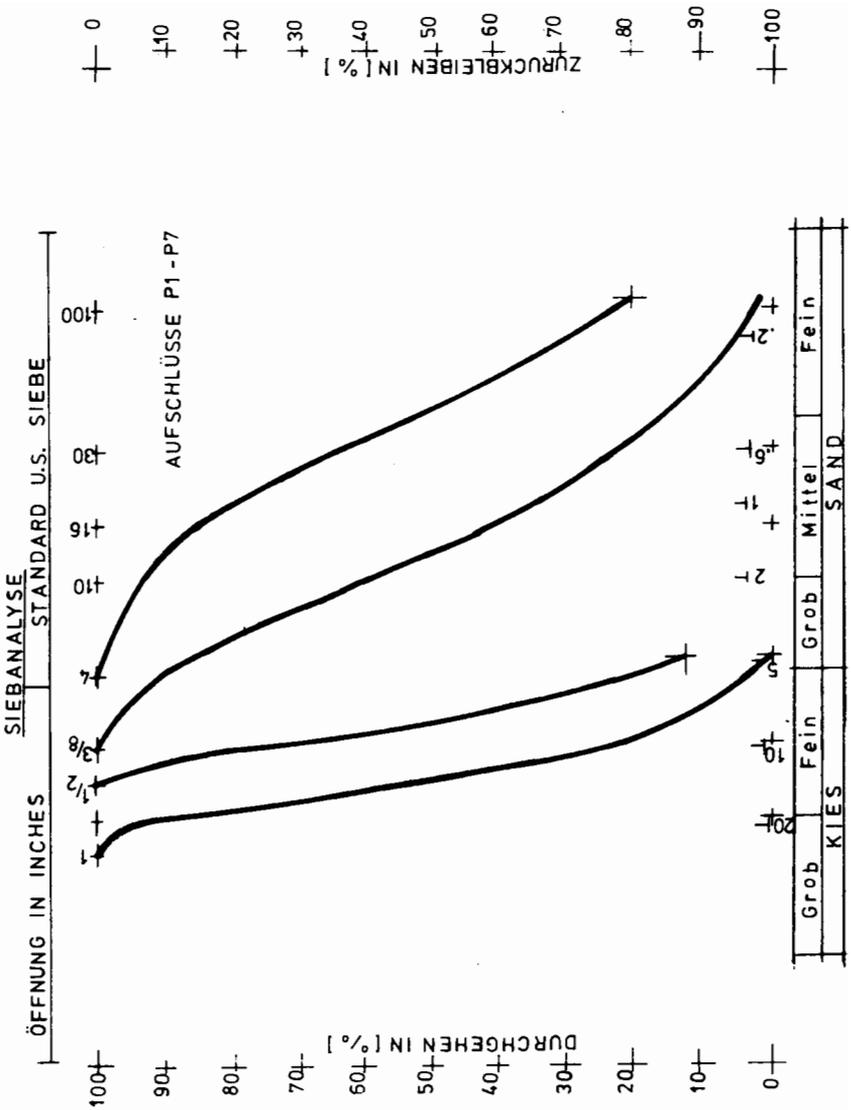
Diese Schuttkegel werden in den Wintermonaten vom Meer überflutet. Beim Rückzug des Meeres verbleiben an manchen abflusslosen Stellen Wasserlachen und Kanälchen übrig, die langsam verdampfen, wodurch im Laufe der Sommermonate kleine Salzlagen entstehen. Im Luftbild sind sie gut zu erkennen durch ihren glänzend weissen Ton.

6. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

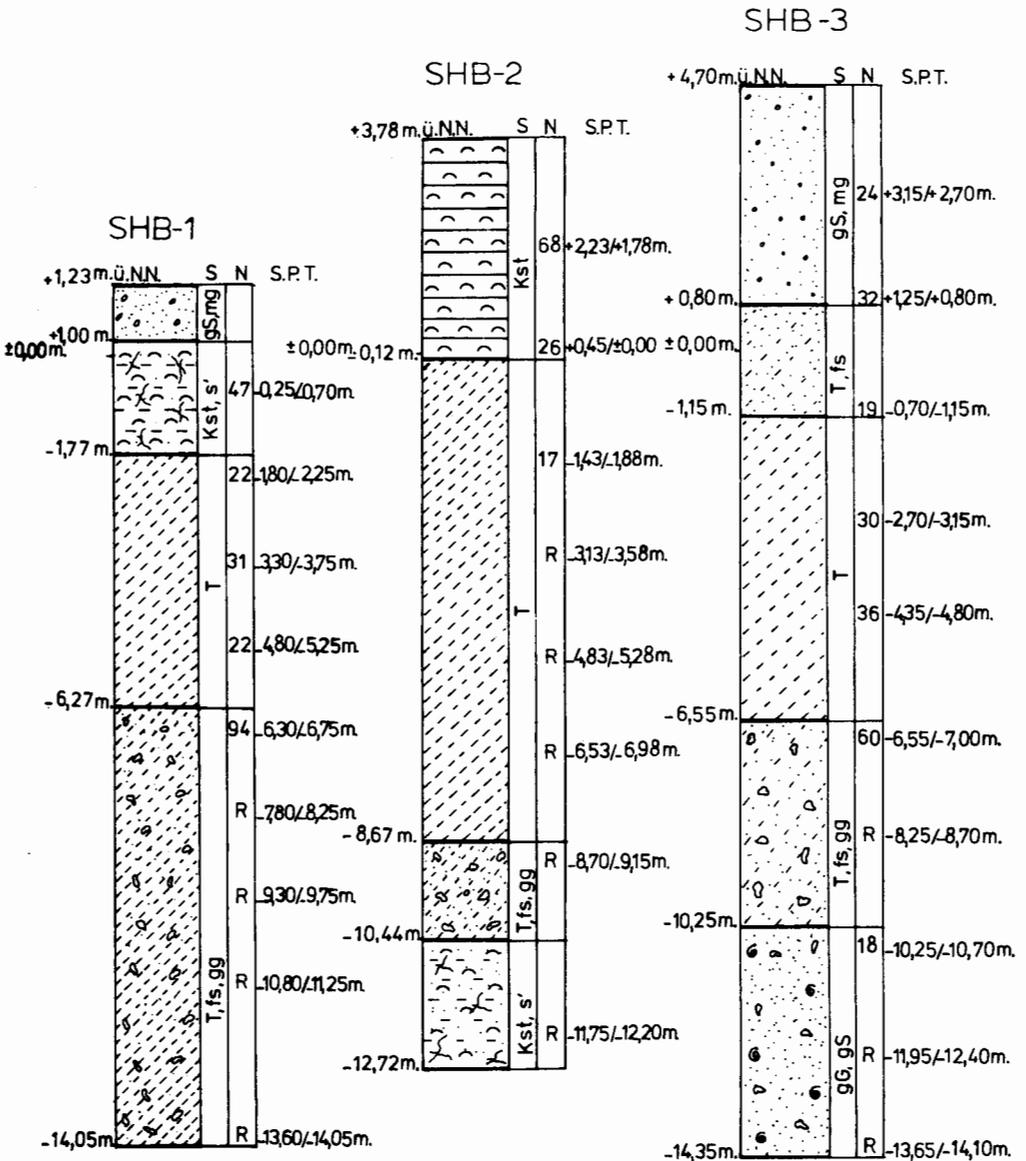
Bei dieser Arbeit konnten folgende Ergebnisse erzielt werden:

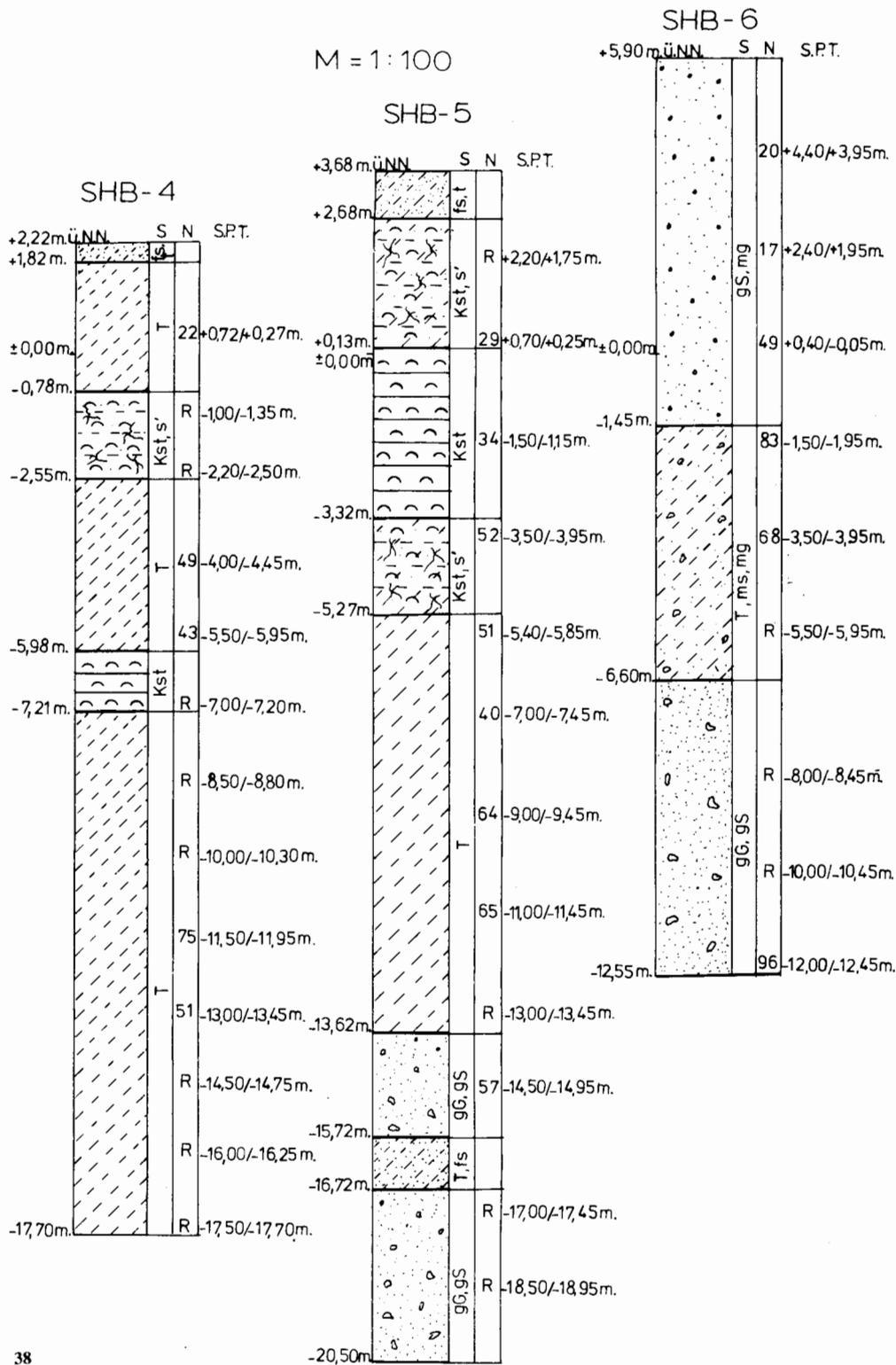
- a) Die Auswertung der Luftbilder erbrachte eine detaillierte geologisch-morphologische Karte, die ein exaktes Studium der Wüstenlandschaft ermöglichte.
- b) Die Stratigraphie der fossilführenden Schichten der Aufschlüsse P13, P15, P24 und P28, die mittels der gefundenen Lamellibranchiaten und Gastropoden-Gattungen durchgeführt wurde, erbrachte für das untersuchte Gebiet ein jung-quartäres Alter

Abb. 3



Bodenprofile von Rabigh
M=1:100



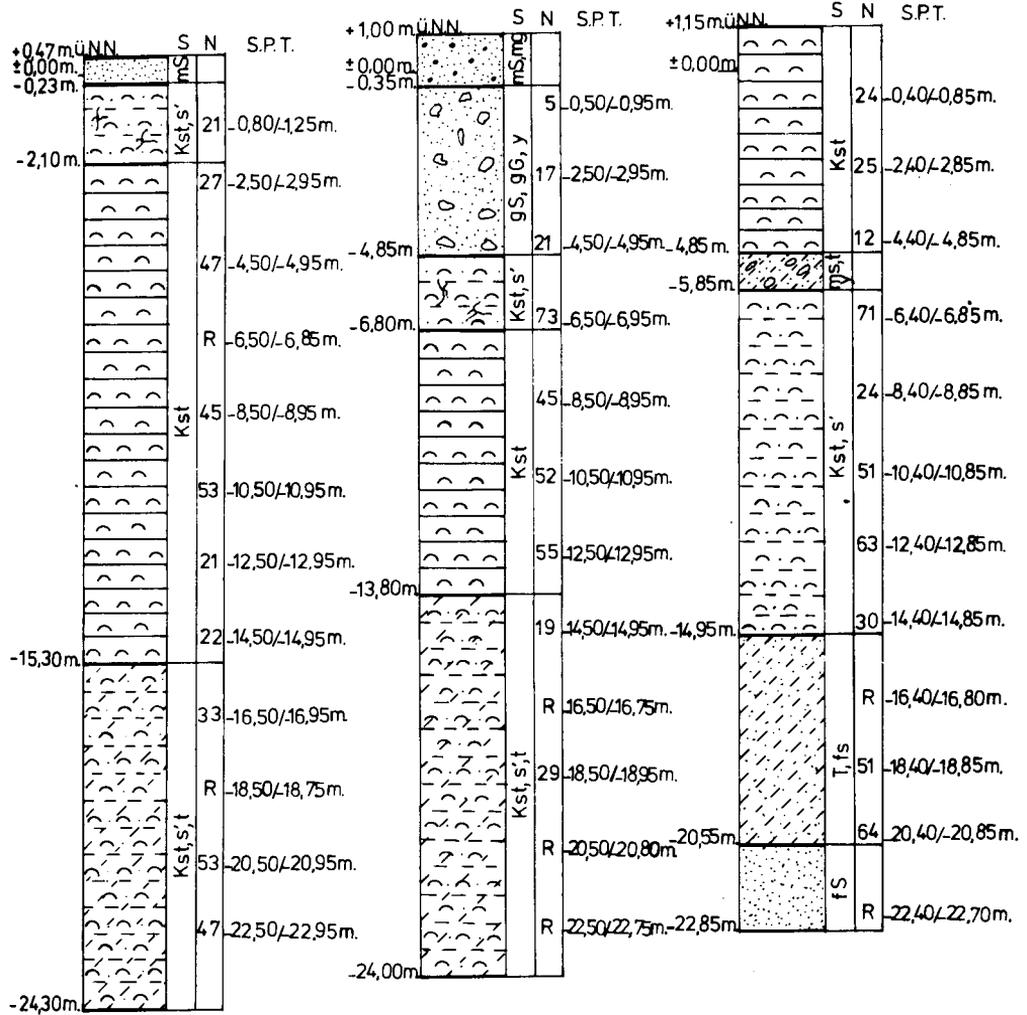


M = 1 : 150

SHB-10

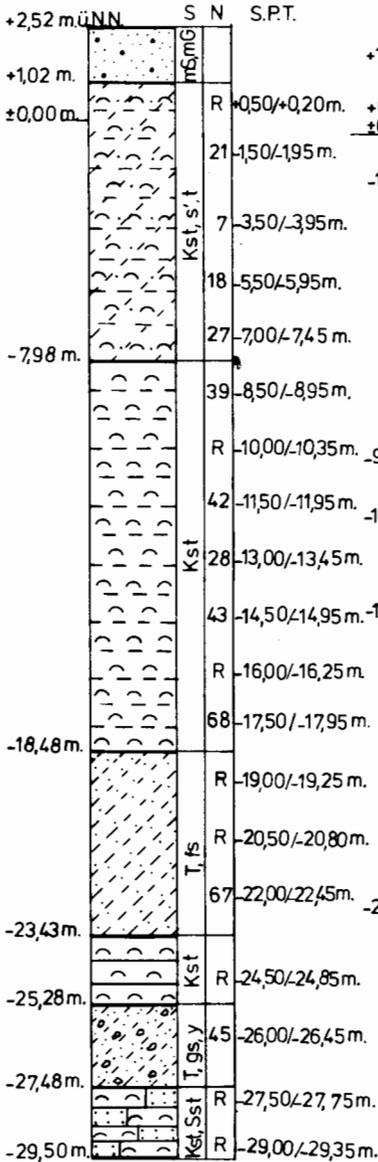
SHB-11

SHB-12

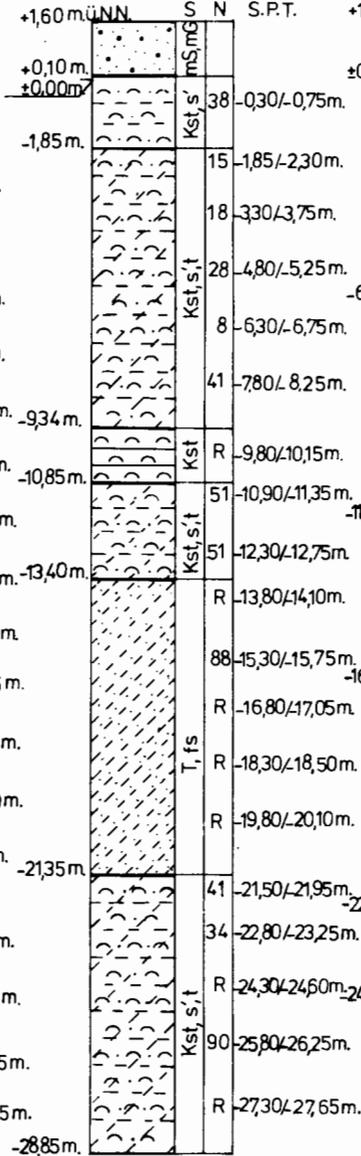


M = 1 : 150

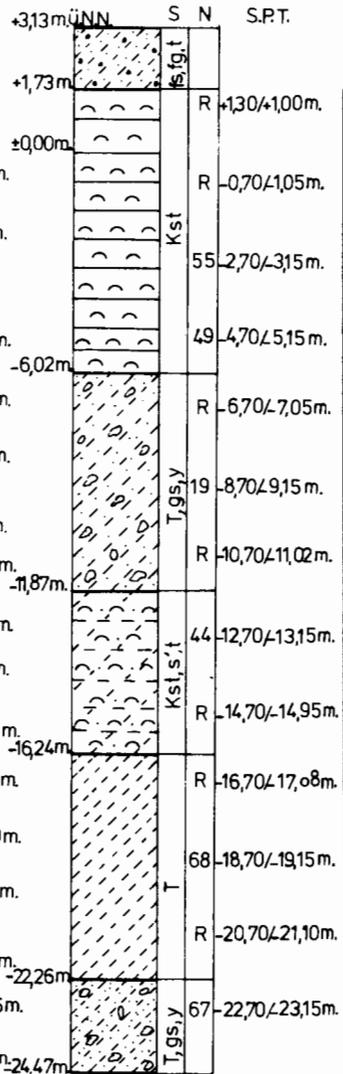
SHB-13



SHB-16



SHB-17



LEGENDE (Nach DIN 4023)

Zeichen	Bodenart	Beimengung	Zeichen	Bodenart	Beimengung
	Blöcke	mit Blöcken		Grobsand	grobsandig
	Kies	kiesig		Mittelsand	mittelsandig
	Grobkies	grobkiesig		Feinsand	feinsandig
	Mittelkies	mittelkiesig		Ton	tonig
	Feinkies	feinkiesig		Kalkstein	Kalkstein, sandig
	Sand	sandig		Sandstein	

S = Schichten

N = n_{30} (Schlagzahl n , die erforderlich ist, um die Sonde weitere 30,5cm (=1 US-Fuß) einzutreiben)

S.P.T.= Standard Penetration Test (A.S.T.M.)

R = Refusal (bei zu harten Böden Versagen (Refusal) von S.P.T.)

☉ = Fossilsschicht (Gastropoda-Lamellibranchiata)

Eine ältere Holozänstufe (H_1) und eine jüngere (H_2) konnten unterschieden werden.
c) Durch Kartierung der rezenten Korallenriffe - in der Karte mit R gekennzeichnet - konnte das Anlegen von Dredsch - und Versorgungsschiffen, sowie die Verlegung von Dredschröhren leichter durchgeführt werden. Ausserdem werden die Mangroven vermieden, die den Verkehr von Fahrzeugen erschweren.

d) Bei der Auswertung der Bohrkerne nach DIN 4023 für Böden und nach der "Britisch Standards Institution, 1957" für Fels, haben sich nach bodenmechanischen Gesichtspunkten im wesentlichen 3 Typen von Gesteinen ergeben:

d₁) Kies - und Sandkieschichten verschiedener Körnungsgrösse, die aus dem Zerfall von magmatischen Gesteinen hervorgegangen sind, oder aus verwittertem Korallenriff abstammen.

d₂) Sehr feste, mächtige, trockene, leich gelbliche Ton- bis Ton- feinsandschichten.

d₃) Je nach Verwitterungsgrad, frisches bis bröckeliges, fossiles Korallenriff.

e) Nichtbindige Böden, die aus Kies- oder Sandschichten bestehen, sind geeignet, wegen der hohen Lagerungsdichte- wenn sie vorhanden ist - für die Errichtung von verschiedenen Bauprojekten.

f) Bindige Böden aus Ton oder Tonfeinsand-Gemisch müssen wegen der Gefahr von Setzungen sorgfältig im Labor untersucht werden. Ermittlung des Wassergehaltes, Plastizitätsgrenze, Winkel der inneren Reibung (φ^0) der Kohäsion c (kN/m^2) und der Druckfestigkeit q_u (kN/m^2) sind daher erforderlich.

g) Für die Hydrologie ist Grundwasser zu erwarten im kleinen Becken vor dem Gebirge, wo der Wadi Rabigh entspringt. An dieser Stelle wären Wasserbohrungen von Nutzen.

LITERATUR

- BODECHTEL, J. (1965). Die südlichen Osterseen bei Iffeldorf in Oberbayern. Luftbildinterpretation einer Jungglaziallandschaft.-Sonderdruck aus "ERDKUNDE, Archiv f. wiss. Geogr.", Bd, XIX, Lfg. 2, 3 Abb. 1 Luftbild; Bonn.
- FRYDAS, D. (1975). Fotogeologische und Sedimentpetrographische Untersuchungen im Glazialbereich des nördlichen Ammergletschers.- 96S., 42 Abb., 3 Tab., 1 Photogeol. Karte 1:18.00, 4 Beil.- Inst. f. allg. u. angew. Geol. (unveröff. Diplomarb.); München.
- FRYDAS, D. (1987). Die Erforschung vulkanischer Gebiete durch Anwendung des Fernerkundungsverfahrens. - *Mineral wealth* 49, 47-54; Athens.
- JELINEK, R. (1980). Grundbau I u. II. - Manuskript W. S. 79/80 T.U. München.- München.
- MEKEL, J. F. M. (1970). Use of aerial photographs in geology and engineering.- *ITC Textbook of Photointerpretation*. - Vol. VIII; Part I, P. 1 -37,

Fig. 6, Tab. 3, (Engl. Text). Part II, P. 1 -169 (Illustr. fotogr.) - Netherlands.

MEYERINK, A.M. J. (1970). Photo-Interpretation in Hydrology, A Geomorphological approach. - *ITC Textbook of Photo-Interpretation.*- Vol. VIII. 3-, P. 1-142, Fig. 38, Tab. 6. Netherlands.

MÜLLER, A. H. (1963). Lehrbuch der Paläozoologie. Bd. II. *Invertebraten*, Teil 1 Prot.- Moll. 1, S. 1-577. Jena.

MÜLLER, A. H. (1965). Lehrbuch der Paläozoologie. Bd. II. *Invertebraten*, Teil 2- Moll. 2- Arthr. 1, S. 1 - 502. Jena.

SCHULZE, W.E. - SIMMER, K. (1977). Grundbau. Teil 1, S. 1 - 270, Fig. 256. B.G. Teubner. Stuttgart.

VERSTAPPEN, H. Th.- ZUIDAM, v. R. A. (1957). Use of Aerial Photographs in Geomorphology. *ITC Textbook of Photo-Interpretation.*- Vol. VII, Charter VII.. 2: ITC System of Geomorphological survey, P. 1 - 52, 4 Karten.- Netherlands.

Geologische Karte:

BROWN, G. F.- JACKSON, R. O. et al. (1963). Geological Map of the Southern Hijaz Quadrangle.- Kingdom of Saudi-Arabia, 1:500 000. - Map I - 210A-. Depart. of the Inter.-U. S. Geol. Survey.-. Washington D. C.