

## Werk

**Label:** Periodical issue

**Jahr:** 1933

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?251726223\\_1933\\_0009|log3](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?251726223_1933_0009|log3)

## Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)  
SUB Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

ABHANDLUNGEN  
DER GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN ZU GÖTTINGEN  
MATHEMATISCH-PHYSIKALISCHE KLASSE. III. FOLGE, HEFT 9

---

Studien in der ägyptischen Wüste  
Von SIEGFRIED PASSARGE und WILHELM MEINARDUS

I. Morphologische Untersuchungen  
in der Wüste bei Heluan

von

SIEGFRIED PASSARGE  
Hamburg

II. Die morphologischen Klimafaktoren  
in der Wüste bei Heluan

von

WILHELM MEINARDUS  
Göttingen

Mit 23 Tafeln



BERLIN  
WEIDMANNSCHE BUCHHANDLUNG  
1933



Vorgelegt in den Sitzungen am 16. Dezember 1932 und am 24. März 1933  
von W. MEINARDUS.

21933.55<sup>a</sup><sub>2</sub>

Druck der Dieterichschen Universitäts-Buchdruckerei (W. Fr. Kaestner) in Göttingen.

6.12.32

## Inhaltsverzeichnis.

### I. Morphologische Untersuchungen in der Wüste bei Heluan. Von S. PASSARGE.

	Seite
Vorwort . . . . .	1
A. Einleitung . . . . .	3
1. Schweinfurths Karte . . . . .	3
2. Der geologische Bau . . . . .	4
3. Die Abtragungsformen . . . . .	5
a) Die Stufen . . . . .	5
b) Die Wadis . . . . .	5
c) Zungen- und Zeugenberge . . . . .	7
d) Zusammenfassung . . . . .	7
B. Beobachtungen . . . . .	8
1. Der Ausflug zum Wadi Hof . . . . .	9
a) Bis Wadi Hof . . . . .	9
b) Die Reilschlucht . . . . .	17
c) Das Wadi Hof zwischen Reil- und Dofler-Tal . . . . .	20
d) Die Sclaterschlucht . . . . .	21
e) Das Doflertal . . . . .	34
2. Der Ausflug zum Wadi Riseded . . . . .	38
a) Südlich von Heluan . . . . .	38
b) Werner- und Walthertal . . . . .	40
c) Wadi Riseded . . . . .	46
d) Der Rückweg . . . . .	52
3. Der Ausflug nach El Qurn . . . . .	55
a) Bis zur Meinardus-Bucht . . . . .	55
b) Die Albdille-Tafel . . . . .	61
c) Der Ostrand der Qurn-Tafel . . . . .	64
d) Der Südrand der Qurn-Tafel . . . . .	69
C. Ergebnisse . . . . .	71
1. Vorzeitformen . . . . .	72
2. Jetztzeitformen . . . . .	73
a) Verwitterungserscheinungen . . . . .	73
b) Abtragungserscheinungen . . . . .	74
c) Kräfte und Abtragungsvorgänge in der Gegenwart . . . . .	81
$\alpha$ ) Abschuppung und Staubbildung . . . . .	82
$\beta$ ) Verkittungsrinden . . . . .	82
$\gamma$ ) Der Wind . . . . .	84
$\delta$ ) Deflation nach Regen . . . . .	84
$\epsilon$ ) Das abfließende Wasser . . . . .	85
$\zeta$ ) Zusammenfassung . . . . .	87
3. Erklärung der Vorzeitformen . . . . .	88
Literaturübersicht . . . . .	91

**II. Die morphologischen Klimafaktoren in der Wüste bei Heluan.**

Von W. MEINARDUS.

	Seite
1. Die Temperatur . . . . .	84
2. Die Luftfeuchtigkeit . . . . .	97
3. Die Regenfälle . . . . .	98
4. Die Verdunstung . . . . .	102
5. Der Wind . . . . .	103
6. Die Klimafaktoren in der Pluvialzeit . . . . .	107
Zusammenfassung . . . . .	108
Klimatabelle von Heluan . . . . .	110

---

# I. Morphologische Untersuchungen in der Wüste bei Heluan.

Von SIEGFRIED PASSARGE.

## Vorwort.

Zu den umstrittensten Problemen der Wüstenmorphologie gehört die Frage, welche Kräfte die Ausgestaltung der Wüste in erster Linie bedingen: der Wind oder das Wasser. ZITTEL (Literaturverzeichnis 29) kam auf Grund seiner Beobachtungen in der libyschen Wüste zu der Überzeugung, daß das Wasser bestimmend sei. Nachdem v. RICHTHOFEN die Bedeutung des Windes (Löß!) klargelegt hatte, gewann die Frage ein anderes Gesicht, und J. WALTHER (24) trat auf Grund seiner Beobachtungen — gerade in der Wüste östlich des Niles — für den Wind ein, dessen Bedeutung übrigens inzwischen auch andere — z. B. PECHUEL LÖSCHE (21) in der Namib — erkannt hatten. Während dieser und andere aber die Korrasion, d. h. das Schleifen der Gesteine durch den Sand, als die Ursache der Windwirkung ansahen, trat WALTHER für das einfache Abheben des durch die Verwitterung entstandenen feinen Materials — die Deflation — ein (24).

Heiß entbrannte der Kampf: hie Korrasion, hie Deflation. WALTHER erhielt nach dem Kriege einen Bundesgenossen in E. KAISER (8—14), der in der Namib auf Grund genauer und langer Aufnahmen die Deflationswirkung des Windes ganz besonders scharf betonte und — auf alle Wüsten übertrug. Jüngst noch schilderte er am 4. III. 31 in einem Vortrag in der D. Geolog. Ges. über „Aktualismus“, die riesige Deflation, die ganz allgemein auf der Erde geherrscht habe, bevor die Pflanzenwelt deren Oberfläche besiedelte. Allein die Namib kann als feuchte Wüste nicht ohne weiteres mit trockenen Wüsten verglichen werden, und obendrein hat die Namib Sand, z. T. sogar reichlich Sand. Um die Frage nach der Bedeutung der Deflation an sich — ohne Korrasion — zu entscheiden, ist die Namib doch wohl ungeeignet. Vergeblich wurde nicht weniger als dreimal, 1922 in Hamburg, 1924 in Innsbruck, 1926 in Düsseldorf<sup>1)</sup> in Diskussionen der Versuch gemacht, den Deflationsanhängern zu zeigen, daß in der Wüste von

1) Veröffentlicht ist nur die Düsseldorfer Diskussion (13 u. 19).

Heluan, die keinen Sand habe, der Wind keine Rolle spiele, und daß die Verallgemeinerung der Namib-Beobachtungen nicht am Platz sei, es half nichts. J. WALTHER hatte ja gerade in der Heluanwüste die Bedeutung der Deflation erkannt, ein so gründlicher Kenner der ägyptischen Wüste wie G. SCHWEINFURTH hatte sich ihm angeschlossen — also konnten doch die anders lautenden Auffassungen eben nicht stichhaltig sein!

Wenn man zeigen will, daß die Heluan-Wüste zwei so ausgezeichnete Kenner wie WALTHER und SCHWEINFURTH nicht richtig beobachtet haben, so muß man mit einem erdrückenden Beobachtungsmaterial aufwarten, und zwar muß dieses ein Beobachtungsmaterial sein, das dem subjektiven Urteil des Beobachters möglichst entzogen ist, das obendrein dem Leser eine Kontrolle der Darstellung gestattet. Das Beobachtungsmaterial muß also in Photographien und detaillierten Beschreibungen und Erläuterungen dieser Photographien bestehen. Demgemäß stützt sich vorliegende Darstellung auf ein reichliches Bildmaterial, und zwar auf Detailaufnahmen. Nur so kann man hoffen, überzeugend darzulegen, daß in der sandfreien Wüste von Heluan der Wind wirklich keinerlei sichtbare Arbeit leistet, sichtbare Formen gestaltet, daß vielmehr das Wasser alles bestimmt. Das Wie? seines Wirkens ist ganz anders, als es bisher dargestellt worden ist. Erst die Feststellung der regional unter der Hamada wirkenden Tiefenverwitterung, die bis dahin allen entgangen war, die aber für die Art der Wasserwirkung in der ägyptischen Wüste entscheidende Bedeutung besitzt, hat Verständnis gebracht.

So möchte ich mich denn der Hoffnung hingeben, daß bezüglich der Vorgänge in der sandfreien Wüste von Heluan endlich einmal Klarheit geschaffen wird.

Mit Rücksicht auf die hohen Kosten sind die meisten der Photographien als Strichzeichnungen veröffentlicht, aber zwecks Kontrolle doch 24 Photographien als Autotypien reproduziert worden.

Zum Schluß möchte ich nicht verfehlen, der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, die auf Antrag von Herrn Prof. W. MEINARDUS die Herausgabe dieser Schrift beschloß, meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen — der Gesellschaft und dem Antragsteller, dessen im Anschluß an diese Schrift erscheinende Bearbeitung des Klimas von Heluan geeignet ist, die Beobachtungen und Auffassungen, die hier vertreten werden, wesentlich zu stützen.

---

## A. Einleitung.

Die Wüste von Heluan ist ganz besonders geeignet in die Probleme der Wüstenmorphologie einzuführen, weil ihr der Sand gänzlich fehlt. Damit ist der Einfluß der Korrasion ausgeschaltet, und für die Ausgestaltung einfachere Bedingungen als in sandhaltigen Wüsten geschaffen worden. Gerade die bekannte Streitfrage, ob Korrasion oder Deflation die Wüste beherrsche, läßt sich hier entscheiden. Die Westseite des Niltales hat Sand; der Ostseite fehlt er. Steht man bei windigem Wetter auf der Nilbrücke von Kairo, so ist im Westen nichts zu sehen — alles Staub, kaum schimmern die Pyramiden durch. Im Osten dagegen ist die Luft klar. Am Dj. Turra im Süden erkennt man die kleinsten Wasserrisse und Schatten. Das Warum? wollen wir nunmehr prüfen und zwar auf einigen Ausflügen, die im Mai 1914 stattfanden. Die wichtigste Grundlage der Untersuchungen bildet die SCHWEINFURTHSche Karte und ferner geologische Aufnahmen, die Herr Prof. BUXTORF mir im Jahre 1913 freundlichst zur Verfügung gestellt hatte.

### 1. Schweinfurths topographische Karte. (Taf. IX).

Berühmt ist die im Maßstab 1:30 000 aufgenommene Karte SCHWEINFURTHS von der Umgebung Heluans, weil sie die Formen der dortigen Wüste deutlich erkennen läßt. Sie zeigt links den Nil mit grünem Kulturland, rechts ein Gewirr von Bergen und Tälern, zwischen Kulturland und Bergland aber eine ebene, nicht als Kulturland gezeichnete Fläche des Niltales. Betrachten wir das Bergland näher!

Am Nordrand des Blattes stürzt die 350 m hohe Tafel von Turra steil zum Niltal ab. Diese Tafel weicht östlich von Heluan nach SO. zurück und nähert sich erst am Südrande des Blattes wieder dem Niltal. Gerade östlich von Heluan ist in die Randzone der Tafel eine von NW. nach SO. streichende grabenförmige Senke eingefügt, durch die ein schmaler Plateaustreif abgetrennt wird. Indem drei große Wadis — El Hof, Rischéd und Gerraui —

diesen Streifen zerschneiden, bzw. von dem Hauptplateau trennen, entstehen zwei abgesonderte Tafeln — El Qurn und El Allaua. Zwischen El Qurn und dem Niltal dehnt sich eine sehr ebene Vorstufe aus, auf der vereinzelt Hügel und Tafeln stehen, und die steil zum Niltal abfällt. Westlich der Allaua-Tafel und südlich des Walthertales (OSO. von Heluan) ist die Vorstufe höher und viel zerschnittener als im Süden. Sie seien in Zukunft als nördliche und südliche Vorstufe unterschieden.

Es handelt sich also um ein Tafelland, das sich östlich des Niltales erhebt und z. T. unvermittelt mit einem hohen Rand, z. T. aber mit Stufen ansteigt.

## 2. Der geologische Bau. (Taf. X).

Ein erheblicher Teil der SCHWEINFURTHSchen Karte ist von Prof. BUXTORF-Basel geologisch kartiert worden, und er war so liebenswürdig, mir seine Aufnahme zur Verfügung zu stellen. Da er sie selbst veröffentlichen will, so muß ich mich hier kurz fassen und damit begnügen, einige allgemeine Gesichtspunkte zu geben, die für die morphologischen Verhältnisse von Wichtigkeit sind. Meine Beobachtungen bauen sich ganz auf Herrn BUXTORFS Aufnahmen auf, deren Zuverlässigkeit nur bestätigt werden kann.

Das Tafelland östlich von Heluan setzt sich aus Abteilungen des mittleren Eozäns zusammen. Die Untere und Obere Mokattam-Stufe sind vertreten; die letztere besteht aus den Carolia-Schichten, die aber nur an einem kleinen Hügel — Carolia-Hügel — vorkommen. Die erstere Stufe zerfällt in 5 Gruppen, die BUXTORF mit A—E bezeichnet. Die Gesteine sind ganz überwiegend Kalksteine, die in einer Bankmasse — B — verkieselt sind, sowie Mergelkalke und Kalkmergel. Die Festigkeit und Widerstandsfähigkeit der einzelnen Gruppen und innerhalb dieser die der einzelnen Bänke ist recht verschieden und bedingt, daß nicht nur die Wände reich gegliedert sind, sondern auch besonders widerstandsfähige Bankmassen die Oberfläche von Tafeln und Stufen bilden. Verwerfungen, die von NW. nach SO. streichen, sind namentlich in SO. von Heluan zahlreich und bedingen vor allem das Vorhandensein der langen Grabensenke nordöstlich der Tafeln El Qurn und El Allaua; es ist ein tektonischer Graben. Nur in ihm findet sich noch im Carolia-Hügel die Obere Mokattam-Stufe.

Von sonstigen Schichten unterscheidet BUXTORFS Karte nur „rezenten Kies, Sand und Wüstensand“; der Niltalschlamm ist nicht kartiert worden.

### 3. Die Abtragungsformen.

#### a) Die Stufen.

Zergliedern wir die auf der Karte entgegnetretenden Formen, so fällt vor allem der stufenförmige Bau auf. Dieser ist keineswegs allein ein Ergebnis der Verwerfungen, sondern hauptsächlich der Abtragung und z. T. auch Aufschüttung.

Aufgeschüttet ist die an die Niltal-Schlammebene herantretende niedrige Stufe, die namentlich südlich von Heluan mit deutlichem Steilrand beginnt und von BLANCKENHORN u. a. für ein Gebilde der Pluvialzeit gehalten wird. Sie setzt sich in die Täler des Tafellandes fort.

Alle anderen Ebenen, die der Vorstufe und der Tafelflächen, sind dagegen ein Ergebnis der Abtragung. Denn es sind ausgesprochene Schichtstufen. Besonders widerstandsfähige Gesteine, so z. B. die obersten Bänke der Gruppe B und D sind herausgearbeitet worden. Wenn auch diese Stufen auf der Karte manchmal als „vollkommene Ebene“ bezeichnet werden, so besteht dennoch eine allgemeine, wenn auch geringe Neigung der Ebenen von NO. nach SW., die auch durch den Verlauf der recht unbestimmt gezeichneten und sich manchmal unter einander verbindenden Rinnale angezeigt wird.

#### b) Die Wadis.

Man kann drei Arten von Tälern unterscheiden:

- α) Die drei großen aus dem Innern kommenden Wadis.
- β) Die kurzen Wadis, die von den hohen Tafelstufen herabkommen und teils in die großen Wadis, teils direkt in das Niltal münden.
- γ) Die Vorstufentäler.

α) Die großen Wadis. Es sind das von Norden nach Süden Wadi Hof—Risched—Gerrani. Folgende Eigenschaften zeigt die Karte.

Der Verlauf geht im allgemeinen von NO. nach SW. entsprechend der allgemeinen Senkung des Landes. Das Wadi Risched quert ohne erhebliche Beeinflussung den Graben, während das Wadi Hof stark nach NW. abgelenkt wird.

Die Form des Haupttals wechselt z. T. erheblich. Wo die Gesteinsgruppe A und B das Tal begrenzen, ist ein steilwandiges Sohlental entwickelt, dessen Wände aus A bestehen, die Kante der Wand aber ist aus B gebildet und gleichzeitig der Rand einer Stufe oder Tafelfläche. Folgen dann noch die Gruppen C—D—E,

so bildet sich aufs neue eine Steilwand, über dieser aber eine Schichtebene, bestehend aus E, während C Vorberge am Fuß der D-Wand bildet. Am Wadi Gerraui und Risched sind diese Verhältnisse gut zu erkennen. Innerhalb des Grabens ist das Wadi Risched in die Stufe D und E eingeschnitten, während das Wadi Hof auf der Oberfläche von E in einem wenig ausgesprochenen Bett fließt. Schließlich sind die Windungen der großen Wadis mit augenscheinlichen Prallwänden und gegenüberliegenden Flachböschungen bemerkenswert.

β) Die kurzen Wadis. Diese kommen von den Steilrändern der Tafelplatten bzw. den Rändern der großen Wadis herab und münden in diese oder in das Niltal. Bezüglich der Nebenwadis der großen Täler ist zu betonen, daß nur die kurzen Gehängetäler dem von WALTHER aufgestellten Satz folgen, daß die Nebenwadis meist senkrecht in das Hauptwadi münden. Die längeren münden, wie unsere Flußtäler, meist spitzwinklig ein.

Betrachtet man ferner die Verteilung und Ausbildung der kurzen Wadis auf den Tafelstufen, so tritt mit überraschender Deutlichkeit die Erscheinung uns entgegen, daß sie auf den West- bis Südseiten der Stufen und Tafeln viel tiefer und breiter einschneiden als auf den Ost- und Nordrändern. Dort tiefe Schluchten, breite gelappte Buchten und Rundungen, dagegen hier nur kurze Gehängewadis. Für die Ränder der großen Wadis trifft diese Ausbildungsweise genau so zu, wie für die der abgesonderten Tafeln und die Stufenränder z. B. bei El Qurn und El Allaua. Sie ist so bemerkenswert, daß m. E. eine Erklärung über die Entstehung der Wadis an ihr nicht vorbeigehen kann. Der Form nach sind im Bereich der hohen und steilen Tafelränder zwei Gruppen von kurzen Wadis zu unterscheiden, die talförmigen und die buchtörmigen.

Die talförmigen Wadis sind an die großen Wadis gebunden und kommen namentlich von der Turratafel herab, finden sich aber auch am Wadi Gerraui. Buchtörmige — „Wadibuchten“ — gibt es sowohl auf den Seitenwänden der großen Wadis als auch namentlich auf den Rändern der El Qurn- und El Allaua-Tafel. Es sind einfache Amphitheater, oder trichterförmige oder gelappte Buchten. Vereinigung mehrerer Typen ist häufig. So ist z. B. das Fourteautal im El Qurn ein „Trichtertal mit Amphitheatern“.

Neben den großen Amphitheatern oder Zirkusbuchten sind kleine Wandzirken in sehr vielen Buchten deutlich erkennbar. Auch talförmige Wadis münden in solche Buchten — z. B. im Richthofenkessel.

Die kleinen Wadis gehen, falls sie nicht in ein großes Wadi unmittelbar münden, mit ihrem breiten Boden in eine Schichtstufe über. Die Talform wird auf diesen undeutlich. Nur eine geschlängelte grüne Linie deutet ein Rinnsal an. Erst mit der Annäherung an dem Stufenrand beginnt sich aufs neue ein Wadi einzuschneiden — talförmig oder auch als Bucht mit Zirkus. Wo sich mehrere grün gezeichnete Rinnsale dem Stufenrand nähern, treten auch lappige Buchten auf. An den Rändern der großen Wadis sind solche Buchten häufig — z. B. am Wadi Rished im Bereich des Grabens. Viele der kurzen Wadis gelangen aber nach Zerschneidung der Vorstufe bis zu der Schuttstufe des Niltales, und zwar wie das Walthertal mit breiter gelappter Bucht.

γ) Die Vorstufentäler. Auf der Vorstufe NO. von Heluan — Nordstufe — entstehen Wadis mit Spitzschluchten und gelangen zu dem Stufenrand in einem Bett, das sich in nichts von einer Schlucht bei uns unterscheidet. Am Stufenrand gehen sie aber meist in eine größere Zirkusbucht oder in ein kleineres Tal über, das selbst mit einem oder mehreren Zirken auf dem Stufenrand beginnt. Auch diese Täler sind auf die Schuttstufe des Niltales eingestellt. Bei den größten von ihnen liegt der Zirkus weit innerhalb der Vorstufe, z. B. im Sickenberger Tal.

#### c) Zungen- und Zeugenberge.

Eine Eigentümlichkeit der Wüsten sind nach WALTHER die Zeugenberge. Auch auf der SCHWEINFURTHSchen Karte fehlen sie nicht, und man kann ihre Entstehung aus Zungenbergen leicht verfolgen. An den Steilrändern springen zwischen Buchten und Zirken lange Tafelkämme vor. An einer Stelle haben sich zwei Zirken einander so genähert, daß nur ein schmaler Grat übrig ist. Oft sind die Berge halb losgelöst und erheben sich nur auf gemeinsamem Sockel, und schließlich ist auch die Zahl der völlig allein stehenden Zeugen erheblich. Ihre Größe wechselt sehr. Im Grunde genommen sind ja auch die losgelösten Tafeln wie El Qurn und El Allauna „Zeugen“, aber mit einer tektonischen Seite. Auf der nördlichen Vorstufe stehen viele kleine Zeugen in der Form von Kuppen, Rücken und Platten. Viel großartiger aber sind die Zeugenberge der südlichen Vorstufe. Dort reiht sich Tafelzeuge an Tafelzeuge von z. T. einigen Kilometern Länge und zwischen ihnen liegen lange wadiähnliche Senken und richtige Wadis.

#### d) Zusammenfassung.

Die auf Taf. IX. als charakteristische Merkmale hervortretenden Formen sind also folgende:

1. Breite, ebene, glatt ausgearbeitete Schichtstufen.
2. Steile Stufenhänge.
3. Breite Buchten und Kesseltäler in ihnen, namentlich auf der West- bis Südseite.
4. Auflösung der Tafeln in Zungen- und Zeugenberge.
5. Zirkusquerstufen in den Wadi-Nebentälern.
6. Windungen mit Prall- und Flachhängen in den großen Wadis.

Die Wirkungen der Wassererosion sind offensichtlich, ob aber der Wind nicht doch die Hauptrolle spielt, müssen die Beobachtungen im Felde lehren.

## B. Beobachtungen.

Nunmehr kommen wir zu den eigenen Beobachtungen, die auf mehreren Ausflügen gemacht wurden. Mit Ausnahme eines Tages wurden alle zu Fuß unternommen. Einen ersten Ausflug machten Prof. W. MEINARDUS und der Verfasser gemeinsam Mitte Januar 1914. Dieser Gang hatte lediglich den Zweck, einen ersten Überblick zu gewinnen und führte von Heluan in SO.-Richtung zu den Wasserlöchern im Wadi Rished und zum Richthofenkessel. Aufnahmen wurden nicht gemacht; vielmehr war die Absicht eine gewisse Vorstellung des Schichttafellandes im Winterregengebiet zu gewinnen, um sie mit den südlicheren trockeneren Gegenden vergleichen zu können. Der Wind blies mit großer Frische aus NNO. (Windstärke 4—5), allein keine Spur von Staub war sichtbar, und die Behauptung, Heluan eigne sich wegen der Staubfreiheit der Luft für Lungenkranke, erschien gerechtfertigt.

Unsere Absicht, östlich von Heluan bei den Wasserlöchern im Wadi Rished ein Lager aufzuschlagen, kam später nicht zur Ausführung, wohl aber machte ich nach MEINARDUS' Abreise am 26., 27., 28. Mai allein einige Ausflüge, die nach NO., O. und SO. von Heluan führten, und auf denen neben photographischen Aufnahmen auch morphologische Beobachtungen an zahlreichen Stellen gemacht wurden.

Wir wollen im Verlauf der Ausflüge, aber doch schon etwas geordnet, die Einzelbeobachtungen nunmehr kennen lernen. Die Beobachtungspunkte sind auf der Kartenskizze eingetragen. Die Beobachtungspunkte entsprechen den Zahlen auf Taf. IX, und zwar hat jeder Ausflugstag seine eigenen Zahlen: der vom 26. V. 14 im N. hat 1—23, der vom 27. V. im S. hat 1—17, der vom 27. V. in der Mitte hat 1—18. Auf die beigegebenen Abbildungen ist ein

besonderer Wert gelegt worden; denn sie sollen dem Leser alle Erscheinungen klar vor Augen führen, befreit von jeder persönlichen Auffassung, und ihn befähigen, sich selbst an der Lösung der Probleme zu beteiligen.

### 1. Der Ausflug nach dem Wadi Hof (26. V. 1914).

#### a) Bis zum Wadi Hof.

Im NO. von Heluan liegt die nördliche Vorstufe; ihre Basis besteht aus Gesteinen der Gruppe A (s. S. 4), die Oberfläche aber aus solchen der Gruppe B. Es sind Bänke von Kalksteinen, Mergelkalken und Kalkmergeln. B aber ist eine Kieselkalkbank, die BUXTORF bei der Kartierung als „Leitfossil“ gedient hat. Den westlichen Plateaurand zeigt Tafel I Abb. 1.

Punkt 1, Abb. 1, Tafel I. Steinbruch bei Heluan. Standpunkt bei Punkt 1. Blick nach N. Im Hintergrund bei a das Turraplateau, davor links die dunkelbraune Hamada der quartären Nilstufe b. c die dunkelbraune Hamadaoberfläche der nordöstlichen Vorstufe am Schlippenbachplateau, e und f Vorsprünge der Vorstufe. Die Vorstufe fällt mit steilem hellem Rand ab (d und f). Vorn deutliche Kalksteinbrüche. Nur bei e bricht die dunkle Hamada nicht an der Kante ab, sondern senkt sich allmählich herab. Man kann vermuten, daß das die ursprüngliche Form ist, und daß die Steilwände künstliche Gebilde — Steinbrüche — sind. Von den Kesseltälern der Karte ist wenig zu sehen. In dem Bruch unter f erkennt man deutlich die mächtige Kalksteinbank, die abgebaut wird. Den Tafelrand bildet die Kieselkalkbank B, darunter liegen die Kalke der A-Gruppe.

Der Weg ging über das Observatorium auf die braune Schuttfäche der Vorstufe, in die Schluchten eingeschnitten sind. Untersuchen wir die Hamadafläche, so finden wir, daß der dunkelbraune Schutt aus weißen eckigen Kalkstücken besteht, die bis einige Zentimeter lang werden. Die braune Farbe ist lediglich „Schuttrinde“. Auffallend ist die elastische Beschaffenheit dieser steinigen Fläche, man geht wie auf einem Smyrna-Teppich. Entfernt man mit dem Hammer die Steine, so kommt man auf eine gelbbraune staubige Erde, die salzreich und augenscheinlich durch Verwitterung von Kalkstein unter dem Einfluß der Salze entstanden ist. Bei  $\frac{1}{2}$  m Tiefe wurde das Gestein noch nicht angetroffen (Grabung mit Farbenphotographie im Juni 1925).

Punkt 2. Die genannten Schluchten beginnen mit einer Spitze, wie sie einschneidendes Wasser schafft. Die Gehänge der

kleinen Wadis sind mit dem braunen Hamadaschutt überzogen; auch hier liegt unter ihm die staubige Verwitterungserde, aber nur in dünner Schicht. Dieser salzreiche Staubboden ist unter der ganzen Hamada nachweisbar, man kann mit dem Hammer kratzen, wo man will. Sein Vorhandensein weist auf eine lange Zeit andauernde, ungestörte Tiefenersetzung, also gleichzeitig auf langsame oder fehlende Abtragung hin. Das tut auch das Vorhandensein der braunen „Schutzrinde“.

Nach etwa  $2\frac{1}{2}$  km naht man sich vereinzelt Hügeln und Platten, die der Gruppe C angehören und der Hamada aufgesetzt sind. Ihre ebene Oberfläche besteht aus dunkelbraunem Schutt, die Gehänge sind dagegen — meist wenigstens — mit hellem Schutt bedeckt. Die Kante der Tafeln wird von einer dicken Kalksteinbank gebildet, unter der Mergelkalk liegt. Unter dieser „Kantenbank“ folgt eine Flachböschung aus hellem Schutt. Nach WALTHERS Darstellungen zu schließen, müßte man unbedingt annehmen, daß es sich um eine Schuttböschung handelt, d. h. daß abgefallener Schutt die Flachböschung bildet. Man sieht ja auch deutlich die von der Kantenbank abgefallenen Blöcke; auch läßt sich die Abschuppung der Mergelkalke durch ausblühende Salze feststellen. Abfallende Schuppen und von der zerplatzenden Kantenbank herabfallende Blöcke und Brocken liegen ja auch auf der Böschung, Abb. 2 zeigt diese Verhältnisse deutlich.

Punkt 3, Abb. 2, Tafel I. Der östliche Rand der Tafel bei Punkt 3. Rechts vorn die dunkle Hamada (a). Links der Tafelrand mit der zerklüfteten Kantenbank (c) und der steinigen Flachböschung (b). Auf ihr große, von oben abgestürzte Blöcke und feinerer heller Schutt. Am oberen Rand der Kantenbank beginnt der dunkle Schutt der horizontalen Hamada (d), der die Tafel bedeckt. Am Fuß der Flachböschung sieht man auf der ebenfalls dunklen Hamada (a) Spuren fließenden Wassers (weiß). Wie auch die SCHWEINFURTHSche Karte zeigt, geht ein aus dem Fourteautal kommendes Rinnsal am Fuß der Tafel, ihn angreifend, vorbei.

Untersuchen wir die hellen Flachböschungen, so wird mit großer Übereinstimmung folgendes gefunden (Tafel VIII, Fig. 1).

Die Oberfläche (a) bildet eine 1—3 cm dicke Schicht, die eine trockene Kruste aus salzreichem Kalkmehl ist, und auf der die Gesteinsstücke liegen, bzw. in die sie eingebacken sind. Die Kruste macht durchaus den Eindruck, als wäre sie aus geflossenem Schlamm entstanden. Sie ist so fest, daß sie dem Wind einen unüberwindlichen Widerstand entgegenstellt, wenn sie auch mit dem Finger leicht zu durchstoßen ist.

Unter dieser Schlammkruste liegt gelbe, mehlig Verwitterungs-erde — salzreiches Kalkmehl — mit eckigen Schuttstücken, etwa 15 cm mächtig (b). Diese Schicht gehe in Mergelkalk über und ist ganz augenscheinlich ein Verwitterungsprodukt aus letzterem. Die Mächtigkeit des Kalkmehls wechselt; es sind aber immer nur einige Zentimeter.

Die Flachböschung b auf Abb. 2 besteht also oberflächlich aus der Schlammkruste mit Schuttstücken, darunter folgt das Kalkmehl mit Gesteinsstücken über dem anstehenden Kalk. Die Flachböschung ist demnach im wesentlichen eine Abtragungsfläche, mit einer dünnen Schuttdecke und mit ausgesprochener Tiefenzersetzung dieser und des anstehenden Gesteins. Die Kruste auf der Oberfläche spricht dafür, daß abfließendes Regenwasser das Kalkmehl ausschlämmt und als Brei zwischen den Steinen herabfließen läßt.

Folgende Kräfte sind also erkennbar:

1. Zerplatzen der Kantenbank, wobei die Temperaturunterschiede wohl hauptsächlich wirken,
2. Abschuppung unter Ausblühen von Salzen,
3. Spülendes Regenwasser auf der Flachböschung mit Schlamm-  
bewegung zwischen den Steinen und am Fuß des Steilhanges,
4. Tiefenzersetzung des anstehenden Gesteins auf der Flach-  
böschung.

Das Fourteautal, eine Trichterbucht mit schönen Wandzirken, blieb rechts liegen. Höchst auffallend sind die kaum eingeschnittenen Rinnsale oder Spülrinnen, die über seinem Boden umherirren und die dünne Schuttdecke streifenförmig fortgespült haben. Daß das Wasser manchmal flächenhaft abfließt und weite Strecken des breiten Talbodens bedeckt, ist offensichtlich. Unter der unverletzten braunen Hamadafäche liegt gelbbraune Salz- und Kalkerde, nebst zerfressenen Gesteinsstücken. Gips und Salz bilden unter dem Schutt Krusten, und diese werden von Arabern ausgegraben. Das zeigen die zahlreichen Löcher. Auch führt ein „Großer Gipsweg“, d. h. ein Weg für die Kamelkarawanen der Beduinen, die Gips graben, durch die Talbucht.

Bei Punkt 7 ersteigt man eine 15—20 m hohe Stufe aus Gesteinen der Gruppe C und steht nun dem NW.-Abfall der El Qurn-Tafel gegenüber, der sich steil und wenig gegliedert aus der Hamada erhebt. Abb. 3—5 stellen ihn dar.

Punkt 7, Abb. 3, Tafel I. Der NW.-Abfall des El Qurn bei Punkt 7. Deutlich ist die Hamadafäche vorn und der Tafelrand hinten. Die Wand wird durch eine Bankmasse b

(etwa in der Mitte) gegliedert. So entsteht oben und unten eine Flachböschung (a und c) zwischen einer Steilböschung aus Schichtgestein (b). Die untere Flachböschung c geht in die Hamadafläche d über, die sich langsam nach links senkt.

Diese Hamadafläche, in die der Weg flach eingeschnitten ist, besteht aus salzreichem Kalkschutt und Kalkmehl. Er muß alt sein, das zeigen die braune „Schutzrinde“ der Kalkstücke und der Salzstaubboden unter ihr. Er muß von der Stufe stammen; ist also alles „Kolluvium“<sup>2)</sup>. Die Flachböschung c hat einen zersägten oberen Rand. Die Zacken — Zungenkegel — enden oben z. T. auf der Wand b, z. T. gehen sie (e) bis zur Flachböschung a hinauf. Zwischen den Zacken der Säge liegen (z. B. unter a) dreieckige oder trapezförmige Einschnitte — Dreiecksnischen, Trapeznischen. Jedem dieser Ausschnitte entspricht ein Wasserriß, der die Flachböschung c und d zerschneidet. Regenrillen liegen auch auf a und münden in die Nischen. Am Fuß des Abhanges vereinigen sich mehrere Wasserrisse zu wenigen, die Böschung d zerschneidenden Rinnen.

Die Ebene im Vordergrund besteht aus der Gruppe C, die Wand c—a aus Gruppe D. Nur der Rand ist nach BUXTORFS Karte E. Es handelt sich um helle Kalksteine, Mergelkalke und Kalkmergel. In der Bankmasse b sind Gesimse und Hohlkehlen deutlich, allein auch in a und c sind einzelne Bänke erkennbar, so unterhalb des Buchstabens c. Die Gehänge sind meist dunkel, namentlich auch die heraufleckenden „Zungenkegel“ der Flachböschung c, hell dagegen sind besonders die Flanken dieser Kegel in den Wasserrissen. Dunkel ist auch die Hamadafläche, heller die Wandungen der Einschnitte.

Die Untersuchung ergibt folgendes. Vor allem handelte es sich darum, die Beschaffenheit der mit Schutt bedeckten Flachböschungen festzustellen. Der erste Eindruck ist der, daß sich Schuttmassen angesammelt hätten. Allein schon die Betrachtung aus der Ferne ergibt folgendes. Einmal fehlt eine Einkerbung, aus der der Schutt herausgefallen sein könnte, und ferner sind ja auch in den scheinbaren Schuttkegeln Gesteinsbänke manchmal sichtbar.

---

2) Als „Kolluvium“, d. h. zusammengeschwemmter Schutt seien die aus Kalkerde, Kalkstücken und Salzen bestehenden, von den Höhen hinabgeschwemmten und an deren Fuß in der Ebene flache Böschungen bildenden Schuttmassen genannt. Sie dürften etwas anders als die groben, murenartigen „Fangklomorate“ der Amerikaner sein, nämlich reicher an feinkörniger Erde und Salzen.

In allen Fällen, wo nachgegraben wurde, zeigte es sich, daß auf der hellen Böschung die scheinbar so mächtige Schuttmasse eine ganz dünne (1—5 cm dick) nur in einer Kalkschlammkruste liegende Schicht war, unter der sich eine 15—20 cm mächtige hellgelbliche bis weiße, salzreiche, steinige Kalkerde findet, die in das anstehende Gestein übergeht. Auf der dunklen Schutthalde ist die Verwitterungsschicht mächtiger und z. T. anstehender Kalk, z. T. verwitterter Kalkschutt. Es handelt sich also um eine Abtragungsfläche, die ursprünglich als geschlossener Hang von der Plateaukante zur Hamadaebene herabging und z. T. auch jetzt noch erhalten ist (c). Die geschichteten Wände und die Wasserrisse sind aus dieser alten braunen Böschung herausgearbeitet worden.

Die zerschnittene unruhige Hamadafläche (d) am Fuß der Tafel, die mit geringem Neigungswinkel ansteigt, besteht gleichfalls aus anstehendem Gestein unter dunkler, in der Tiefe zersetzter, wenig mächtiger Schuttdecke, wenn diese auch mächtiger sein dürfte als auf dem Abhang des El Qurn (ca.  $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$  m).

Fassen wir die Ergebnisse zusammen! Einst ging eine mit dunklem braunem Hamadaschutt bedeckte Flachböschung (e) von dem Plateaurand hinab zur Hamadafläche am Fuß der Tafel. Nachträglich wurde diese alte braune Flachböschung zerstört, indem sich Wasserrisse einschnitten und die harte Bankmasse b herausgearbeitet wurde. Es entstanden die Wandflächen mit Dreiecks- und Trapeznischen, sowie die Zungenkegel mit der alten dunklen Oberfläche als Rücken und den hellen, durch Abtragung entstandenen Flanken. Die Wasserrillen sind am zahlreichsten, aber am flachsten oben auf der Flachböschung a, am spärlichsten, aber tiefsten auf der Böschung d am Fuß der Wand. Die abgetragenen Teile der Flachböschungen sind auch mit Hamadaschutt bedeckt, der aber hell, nicht patiniert ist. Die Schlammkruste über zersetztem Kalkstein zeigt an, daß die Abtragung langsamer erfolgt als die Tiefenzersetzung. Wo aber die Gesteinsbänke durchschimmern oder deutlich hervortreten, ist die Abtragung schneller gewesen. An der steilen Wand b werden Gesimse und Hohlkehlen entsprechend der größeren oder geringeren Widerstandsfähigkeit der Gesteinslagen herausgearbeitet. Auffallend ist die Treppenform der Zungenkegel, die in Abtragung begriffen sind (z. B. unter b), und die anscheinend mit dem Vorhandensein festerer Bänke zusammenhängt. Für die Erklärung wird die Verteilung des groben dunklen Schuttes von Wichtigkeit sein, der ja immer auf der flachen Rückenfläche

des Kegels liegt, nicht aber auf der hellen Steilseite und den hellen Flanken.

Daß das Einschneiden von Wasserrissen auf den Flanken der Kegel nicht die Ursache der Treppenbildung sein kann, zeigt deutlich die Photogr. 4. Auch würde eine solche nicht die Erscheinung erklären, daß die Flachböschung oberhalb einer Treppenstufe mit dunklem, der Steilhang der Treppe aber mit hellem feinem Schutt bedeckt ist. Davon später mehr!

Punkt 8, Abb. 4, Taf. XI. Der NW.-Rand von El Qurn bei Punkt 8. Man blickt nach SW. über die Flachböschung c zu der nur wenig herausgearbeiteten Bankmasse b und der oberen Flachböschung a. Deutlich sieht man, wie die Zungenkegel in der Flachböschung hinauf gehen, z. T. bis zum obersten Rand als glatte Böschung (c), z. T. aber an der Wand b enden (e). Die Oberfläche der Zungenkegel ist mit Schutt bedeckt und dunkel, die Flanken dagegen heller und wie mit herabgeflossenen Schlammkrusten bedeckt. Schichtbänke sind nicht nur im Bereich der Wand b, sondern auch in der Flachböschung a und selbst an den Wänden der Zungenkegel örtlich erkennbar. An den Zungenkegeln ist der treppenförmige Aufbau, der ganz deutlich z. T. an Bänke gebunden ist, bemerkenswert (d). Der dunkle Schutt liegt dann auf der Flachböschung, der steilere Hang der Treppe aber ist hell, weil frei von dunklem grobem Schutt.

Punkt 9, Abb. 5, Taf. XI. N.-Ecke des NW.-Abfalls des El Qurn. Blick vom Punkt 9 nach S. Wir erkennen wieder die Flachböschungen a und c und dazwischen die Wand b. In a hellere Wasserrillen zwischen dunkleren Böschungstreifen. Links von b zwei Dreiecksnischen, die sich sägeblattartig an einander schließen. Dazwischen Zungenkegel mit meist heller Oberfläche. Die Flachböschung c ist breit entwickelt, von einigen Wasserrissen zerschnitten, die von den Dreiecksnischen ausgehen. Die Treppenform der Zungenkegel ist z. T. deutlich (b, c, e). Die Oberfläche ist meist mit hellem, z. T. aber auch mit dunklem Schutt bedeckt. Dieser liegt nie auf den Hängen der Wasserrisse, sondern auf den Rücken zwischen ihnen und steigt auf der breiten Böschung d bis zum Tafelrand hinauf. Innerhalb der Flachböschungen a und c sind die Schichten anstehenden Gesteins vielfach erkennbar. Die Schuttdecke kann also nicht erheblich sein.

Die die Tafelecke zerschneidenden Schluchten und ein von links kommendes Wadi stürzen über die Wand eines Zirkustals das bei Abb. 6—9 besprochen werden soll. Die Flachböschung c

besteht oben aus der Gruppe D, unten aus C, der Zirkusrand darunter aus B.

Punkt 10, Abb. 6—9, Taf. II. Das Panorama im Wadi Hof. Erinnern wir uns daran, daß nach WALTHER die Wadis der Hauptsache nach Gebilde der Deflation seien, und daß das Wasser nur eine untergeordnete Rolle bei ihrer Ausbildung gespielt habe!

Wir steigen eine steile Stufe hinab auf die Sohle des Wadi Hof, des nördlichsten der drei größeren Täler, und betrachten das aus den Abb. 6—9 bestehende Rundbild. Wir stehen bei Punkt 10 am Fuß des Nordkaps des El Qurn, also etwas unterhalb der Einmündung der Reilschlucht und blicken das Wadi Hof abwärts.

Man blickt nach W. talabwärts (Abb. 7 und 8). Auf Abb. 6 das Nordkap des El Qurn (Abb. 5, Taf. I), auf Abb. 9 der Eingang in die Reilschlucht. Die Buchstaben A, B, C, D, E zeigen die verschiedenen geologischen Gruppen an, und man erkennt deutlich Verwerfungen z. T. mit Verbiegungen (rechts). Auch der allgemeine Einfall der Schichten von N. nach S. ist deutlich. Die Berge südlich des Wadi Hof sind bei Abb. 5 beschrieben worden.

Man erkennt, wie die Böschungen z. T. flach sind — auch gerundete Kuppen fehlen nicht (Abb. 8 und 9 in C). Z. T. sind aber Steilwände entwickelt (besonders in A u. B). Die Böschungen sind z. T. dunkel, z. T. hell. Gesteinsbänke treten besonders in den hellen Flächen hervor. Sehen wir von der Bankung ab, so ist die helle und dunkle Streifung der Gehänge im Verlauf des abfließenden Wassers deutlich. Zwischen den Bänken sind auch Flachböschungen entwickelt, die wie Schuttmassen auf Gesimsen aussehen (oberhalb i am Prallhang auf Abb. 7). Im Wadi fällt der Wechsel von Wänden = Prallhängen (i) und gegenüberliegenden Flachböschungen = Gleithängen (h) auf (Abb. 7 und 8). In dem breiten Bett erkennt man eine helle Rinne f, die sich links deutlich gegen die Wand drängt, und eine etwas dunklere höhere Stufe g, die halbmondförmig die Flachböschungen h umgibt. Auf der Stufe g sind ziemlich grober Schutt und zahlreiche Zwergsträucher sichtbar, in der hellen Rinne f dagegen feinerer Boden und Spuren fließenden Wassers in Form von Rillen und Wellenfurchen (f auf Abb. 8). Auch von der Stufe g ist Wasser in Rillen zur Rinne f hinabgeflossen (Abb. 8 zwischen g u. f). Auf der dunklen Flachböschung h ist der Schutt z. T. auch recht grob. Die sie zerfurchenden Wasserrisse münden auf die Stufe g. Fußwege führen über g, einer auch über h. Am Fuß des Berges bei m (Abb. 9) liegt eine Flachböschung, wie aus abgefallenem Schutt.

Auf Abb. 6 unter Kap El Qurn ist ein Wandzirkus in die Gruppe A—B eingesenkt. Er besitzt eine glatte Rundung, deren Rand eine dicke Bank (= Kieselkalkbank B) bildet. Oben münden zwei kleine Wasserrisse mit breiter Sohle ein, die nur wenig, nicht groben, Schutt führen. Der helle Querstreif bei C, der rechts die Stufe emporsteigt, ist ein Fahrweg, also künstlich schuttfrei gehalten. In einzelnen Absätzen, die Bänken entsprechen, steigt die Zirkuswand steil zur Wadisohle hinab, bedeckt mit dunklen eckigen Blöcken, die besonders von der Kantenbank stammen. Auf den Stufen der Hinterwand liegt wenig feinerer und mittelgroßer Schutt, dagegen viel auf den Flanken (bei B erkennbar auf Abb. 6 und bei k auf Abb. 7) und auf dem Vorsprung bei k auf Abb. 7 liegt sogar eine Masse dunklen groben Schutts neben hellem feinerem.

Die Berge auf dem N.-Ufer Abb. 8 und 9 sind mit dunkler glatter Schuttdecke bedeckt, in die aber helle Streifen — augenscheinlich Wasserrisse — eingeschnitten sind. In den dunklen Schuttflächen sind örtlich Gesteinsbänke erkennbar.

Auf der Karte macht die Form des Wadi Hof durchaus den Eindruck einer Bildung durch fließendes Wasser und die auf den Bildern 6—9 erkennbaren Formen bestätigen diesen Eindruck. Da haben wir auf der Sohle des Wadis eine helle Rinne f, die ganz augenscheinlich den Lauf des abfließenden Wassers vorstellt, das dann und wann das Wadi durchströmt. Die kleinen Rinnen und Wellenfurchen in festem Mergelschlamm (Abb. 9, f) sprechen eine zu deutliche Sprache, als daß man sie übersehen könnte. Die Stufe g besteht aus erheblich gröberem Schutt und ist infolge der Patinierung der Gesteinsstücke auch dunkler, also älter als der Schutt der hellen Rinne f. Die dunkle Böschung h besteht tatsächlich aus recht grobem, stark patinierten Schutt, der mindestens 2 m mächtig ist und gleich unter der braunen Deckschicht zu gelbbraunem, dann weißem salzreichem Kalk-Gips-Mehl zersetzt ist. Es ist also eine alte Bildung. Die Windung der hellen Rinde nebst der älteren Schuttmasse ist offensichtlich. Prachtvoll ist die Ausbildung der Prall- und Gleithänge. Am Fuß der Prallwände sind die Bänke und Hohlkehlen  $\frac{1}{2}$ —1 m über der Sohle glatt abgewaschen, also schuttfrei, dagegen höher hinauf mit abgefallenem Schutt bedeckt. Im Gegensatz zu den frischen Prallhängen mit ihrem abgewaschenem Fuß hat sich am Fuß eines früheren Prallhang bei m auf Abb. 9 eine kleine Schuttböschung gebildet unterhalb eines Abhanges mit hellen Flecken und Rinnen, die unter Entfernung der dunklen Schuttdecke entstanden sind. Die den Abhang senkrecht herabziehenden Streifen weisen deutlich auf

Wasserwirkung hin, wie auch die oberflächliche Schlammkruste. Von den Gesimsen müßte abgefallener Schutt und Staub durch den Wind umso stärker entfernt werden, je höher er über der Talsohle auf den Bergen liegt. Allein wir sehen etwas ganz anderes. An der Zirkusrückwand, wo Regenwasser zuweilen herabstürzt, am Fuß des zuweilen überfluteten Prallhanges, fehlt der Schutt; demnach ist das Wasser der ausschlaggebende Faktor, nicht der Wind. Wäre dieser es, er müßte die Spuren der senkrechten Wasserwirkung vernichten, und seine horizontale Wirkung müßte im Vordergrund stehen.

Auch an den außerhalb des Cañons liegenden Bergen sprechen die Erscheinungen gegen Windwirkung. Ein die Gehänge abblasender Wind müßte Gesimse und Hohlkehlen gerade auf den Berggipfeln herausarbeiten. Allein das ist nicht der Fall. Gerade die Gipfel sind gerundet, mit Schutt bedeckt, und erst in dem Cañon beginnen die Schichtfugenwände und auch da nur an den Prallhängen. Also überall tritt die Wasserwirkung hinsichtlich der Wadibildung als ausschlaggebend hervor.

#### b) Die Reilschlucht.

Etwas oberhalb des Punktes 10, von dem die Photographien 6—9 aufgenommen worden sind, mündet das Reital in das Wadi Hof. Die SCHWEINFURTSche Karte zeigt, daß sich zwei steilwandige Wadis, das Lortet- und Mayer-Eymar-Tal, oberhalb einer Zirkustalstufe vereinigen; dann folgt ein steilwandiges Tal, das schließlich nach SO. umbiegt und genau in den Ellenbogenknick der Rinne des Wadi Hof mündet. Verwerfungen, die sich an die große Grabensenke anschließen, kreuzen sich im Ausgang des Tales, und auch die Franz-Schlucht ist z. T. tektonisch vorgezeichnet. Der Weg führte bis zum Zirkus und wieder zurück, und nun möge die Darstellung dort mit der Beschreibung dreier Photographien beginnen.

Punkt 11, Abb. 10, Tafel I. Westhang der Reilschlucht unterhalb des Zirkus bei Punkt 11. Vorn die Wadisohle, dahinter die Westwand. Die Talwand besteht aus drei Abteilungen. Oben eine Steilwand a mit Gesimsen und Hohlkehlen. b eine Flachböschung, z. T. mit dunklem, z. T. mit hellerem Schutt bedeckt. Ihr oberer Rand steigt auf und ab infolge des Beginnes der Bildung von Nischen und Zungenkegeln. Jedem Einschnitt entspricht ein Wanddreieck, von dem aus eine Wasserrille den Abhang hinabgeht. Innerhalb der Flachböschung sieht man die Schichten durchscheinen, bei b auch eine dicke Bank. Die dritte Abteilung der

Wand (c) ist wieder eine Steilwand mit Bänken. Auf der Sohle eine Hohlkehle (c<sup>1</sup>) oder eine glatte weiße Kalksteinböschung mit wenig Gesteinschutt (c<sup>2</sup>). Die Wadisohle besteht einmal aus einer Rinne (d) mit mittelgrobem Schutt und einzelnen großen Blöcken. Diese Rinne schmiegt sich an die Steilwand c an. Rechts (bei e) sieht man ferner eine höhere Stufe der Sohle aus grobem Schutt, der dunkler und mit mehr Zwergsträuchern bestanden ist als d. Auch noch andere Rinnen, die anscheinend von geflossenem Wasser herrühren, sind auf der Sohle zu finden.

Punkt 12a, Abb. 11, Taf. I. Der Zirkus der Reilschlucht. Man blickt auf die glatt gewaschene, gebankte Wand, in die das herabstürzende Wasser Rinnen eingeschnitten hat. Am Fuß der Wand ein Strudeloch, davor glattgefegter Kalksteinboden. Links beginnt die mit Schutt bedeckte helle Flachböschung.

Zur Ergänzung sei noch erwähnt, daß die Hohlkehlen zwischen den Gesimsen im Bereich der Zirkusrückwand 10—15 cm hoch und bis 1 m (!) tief sind. (Tafel VIII, Fig. 2). Innerhalb der beiden Hohlkehlen lagen Schlammschalen auf der Oberfläche der Gesimse; diese Erscheinung wies auf die Entstehung der tiefen Hohlkehlen durch fließendes Wasser hin. Im Hintergrund der Fugen ist die Oberfläche der Gesimse mit von der Decke der Hohlkehle abgefallenen Kalkplättchen und Kalkstaub bedeckt. Das Ausblühen der Salze — Schattenverwitterung — ist die Ursache des Abschuppens und Abfallens. Kalkplättchen und -staub sind durch auskristallisiertes Salz verkittet, und selbst wenn man annehmen wollte, daß der Wind in die Schichtfugen hineinblasen könnte, würde er nichts abheben können.

Am Zirkus ist auf der Talsohle nur eine Rinne mit klein- bis mittelstückigem Schutt vorhanden. Älterer Schutt, der eine etwas höhere, patinierte Stufe bildet, beginnt erst unterhalb des Zirkus (Abb. 10, e). Es kommt also heutzutage weniger grober Schutt von oben herab als in früheren Zeiten. Gehen wir talabwärts, so nehmen die älteren Schuttmassen an Mächtigkeit und Ausdehnung zu.

Punkt 12, Fig. 3, Tafel VIII. Bei Punkt 12 befindet sich eine Wand aus weißem, abblätterndem Mergelkalk, die helle Rinne drängt sich dort an das Ufer; eine glatte Wand ist gebildet worden, und an ihrem Fuß lag eine Schicht gelbbraunen, im Wasser abgesetztem Kalkschlamms und auf ihm eine dünne lückenhafte Lage von abgefallenen Kalkplättchen und Kalkmehl. Wenn der Wind wirksam wäre, müßte er den Kalkstaub und -schlamm längst fortgeblasen haben. Allein eine dünne, erhärtete

Rinde verhindert die Deflation. Seit dem letzten Hochwasser, dessen Zeitpunkt nicht bekannt ist, ist also eine bestimmte Menge von Kalkstaub und -plättchen abgefallen. An der Wand war die Abschuppung durch ausblühendes Salz deutlich; fast handlange, 1 mm dicke Platten ließen sich leicht ablösen.

Auf den Gesimsen liegen reichlich Kalkstaub und -plättchen. Sie stammen von der Decke der Hohlkehle und der Rückwand; Schattenverwitterung ist hier sehr deutlich. Die Kalkstaubschicht mit den dünnen Plättchen erreicht 3—7 cm Mächtigkeit. Auch hier ist ein Abblasen unmöglich; die Plättchen und die durch auskristallisierte Salze entstandene Rinde verhindern jede Windwirkung. Nicht nur an dieser Stelle, nein überall sind die gleichen Anhäufungen von Kalkmehl und Plättchen auf den Gesimsen vorhanden. Auch an grobem Gesteinsschutt fehlt es nicht.

Je weiter man abwärts kommt, umso mächtiger werden die stufenförmigen Schuttanhäufungen. Sie bilden geradezu eine Vorstufe von einigen Metern Mächtigkeit. Allein an einigen Aufschlüssen kann man doch deutlich erkennen, daß der Kern der Vorstufe aus anstehendem Gestein besteht, und daß der grobe dunkelbraune Schuttmantel nur  $\frac{1}{2}$ —1 m mächtig ist (Fig. 4, Tafel VIII). Er ist nur ganz oberflächlich als loser Schutt c aus eckigen Stücken entwickelt, wenige Zentimeter unter der Oberfläche ist er in gelbbraunes salzreiches Mehl b umgewandelt worden, das vermutlich hauptsächlich aus Kalk und Gips besteht, und in dem angefressene eckige Gesteinsstücke liegen. a ist das Gestein.

Nahe dem Talausgang sind auf den Kalksteinbänken hellgraue bis gelbliche Hartrinden reichlich entwickelt (Fig. 5, Tafel VIII). Sie zerfallen oft knollig und schuppig und springen dachförmig über die senkrechte Wand vor, die sich unter ihnen findet. Auch an dieser senkrechten Mergelkalkwand lösen sich allenthalben Schuppen ab. Das überhängende Rindenbach bricht schließlich ab, und die entstandenen Bruchstücke sind auf den Gesimsen und am Fuß der Wand reichlich zu finden.

Auf der linken Talseite, vor dem Übergang in das Wadi Hof, ist unter einer Wand eine Flachböschung entwickelt, die auf Abb. 9, rechts unter A, noch sichtbar wird. Sie besteht aber nicht aus Schutt, sondern aus Kalksteinbänken, über denen nur eine  $\frac{1}{4}$  m mächtige Schuttschicht mit reichlichen, hellen Gipsabscheidungen liegt.

Die Erscheinungen im Reital sprechen lebhaft für eine zeitweilige energische Wasserwirkung, für eine kräftige Wandverwitterung durch Salze, namentlich im Schatten und für eine Tiefen-

zersetzung durch Salze unter dem Schutt. Dieser Schutt ist auf den Flachböschungen der Gehänge nur in geringer Mächtigkeit entwickelt und z. T. dunkelbraun, alt und in der Tiefe selbst stark zersetzt. Die auf dem Boden des Wadis und den untersten Gehängen terrassenförmig aufgehäuften Schuttmassen entwickeln sich nach dem Talausgang zu immer mehr, und ihre dunkle Oberfläche bildet mit der dunklen alten Schuttböschung eine Einheit. Die heutigen Wasserrisse auf den Gehängen zerschneiden also nicht nur die alte braune Schuttdecke, sondern auch die Tal-Schuttmassen. Für Deflation spricht nichts, auch nichts für einen Wechsel von Ablagerung und Abtragung örtlicher Schuttmassen in den Tälern.

c) Das Wadi Hof zwischen Reil- und Dofler-Schlucht.

Das Trockenbett zieht sich in mächtigen Windungen nach Westen. Prallhänge auf den konvexen, Flachhänge auf den konkaven Seiten der Windungen sind ausgezeichnet entwickelt. Auf den Konkavhängen sind alte, 2—3 m mächtige Schuttmassen in Stufenform zu finden, und überall tritt uns die Erscheinung entgegen, daß die alte dunkelbraune Flachböschung der Gehänge mit der dunklen Schuttoberfläche der Terrassen eine Einheit bildet, daß also beide gleichalterig sind. Bei Punkt 15 ist das besonders schön zu beobachten, aber auch bei Punkt 16! Hiervon gibt Photographie 12 einen Begriff.

Punkt 16, Abb. 12, Tafel III. Das Wadi Hof gegenüber der Einmündung der Sclaterschlucht (von SO. gesehen) bei Punkt 16. Man blickt auf einen Talsporn der Südseite (links) und auf die gegenüberliegende Wand der Nordseite des Wadi Hof (rechts). Vorn die Wadisohle. Die Nordwand des Wadis besteht aus Gruppe A und B. Die obere Hälfte (a) ist wie mit einer glatten Filzdecke von dunklem Schutt überzogen, unter dem jedoch die Gesteinsbänke sich abheben. Nur örtlich ist diese Schutthülle zerstört (unter a<sup>1</sup>). Darunter folgt eine Böschung aus zwei Flachhängen (b und d) und einer vorspringenden Bankmasse (c). Auf b sind noch zahlreiche, mit dunklem Schutt bedeckte Zungenkegel zu sehen, die in einem Fall (unterhalb b<sup>1</sup>) noch die Schuttböschung von a erreichen. Zwischen den dunklen Zungenkegeln liegen dreieckige, nischenförmige Einschnitte. In d sind nicht nur die Zungenkegel alle hell, sondern auch an Zahl geringer, indem zurücktretende glattere Gehänge sich entwickelt haben. Auf der Südseite sieht man schräg einfallende Schichten der A-Gruppe (g) überlagert von dunklen, mehrere Meter mächtigen

Schuttmassen ( $g^1$ ). Die Oberfläche dieser alten, zum großen Teil zerstörten Schuttstufe geht glatt in die dunkle Schuttböschung des linken Talhanges über ( $g^2$ ). Auf der Wadisohle ist die jüngste Abflußrinne (e) mit den abgewaschenen und z. T. unterhöhlten Prallwänden deutlich, desgleichen die etwas ältere Schuttstufe (f). Sie ist etwas dunkler und hat gröberen Schutt.

Das Wadi Hof öffnet sich nun, und sein Talboden geht in die breite Schuttstufe des Niltals über. Die Mächtigkeit der Schuttmassen wächst und stellenweise, so bei Punkt 19 sind sogar zwei Terrassen entwickelt, die erste 2 m, die zweite 3 m hoch. Photogr. 13 zeigt eine solche Schuttwand gegenüber dem Doflertal.

Punkt 21, Abb. 13, Tafel XII. Schuttstufe im Wadi Hof oberhalb des Dofler-Tals. Die Schuttmassen sind geschichtet. Grobes und feines Material liegt aber doch wirr durcheinander. Die Blöcke sind eckig bis kantenbestoßen, keine gerollten Schotter. Es handelt sich um Schutt, den Wildwasser zusammengeschwemmt hat. An der Wand sind die Gesteinsstücke herausgearbeitet; sie ragen z. T. in die Luft hinaus, sind auch in Mengen herabgefallen und haben eine Schuttböschung gebildet. Diese Schuttböschung ist durch Schuttkegel gegliedert. Jeder Kegelspitze entspricht eine die Wand senkrecht zerfurchende Rinne. Aus dieser stammt eben der herabgefallene Schutt. Man sieht, wie feinerer, aus der Rinne gefallener Schutt die Oberfläche des Kegels überschüttet (a = Rinne, b = Kegel). An der Spitze der Schuttstufe (rechts) fehlt die flache Schuttböschung fast ganz, aber auch die Rinnen sind kaum entwickelt. Statt dessen fallen zwei kleine Grotten am Fuß der Wand auf. Die Abflußrinne des Wadis, die vorn sichtbar ist, tritt dort an den Fuß der Wand heran. Die Rillen in der Abflußrinne vorn gehen auf die Wand zu und deuten an, daß hier eine Prallstelle vorliegt. Die Unterhöhlung der Wand könnte durch Unterwaschung erklärt werden, oder sind es durch austretendes Sickerwasser erodierte Nischen?

#### d) Das Selatertal.

Die letzte große Windung des Wadi Hof, gegenüber dem auf Abb. 12 sichtbaren Schuttsporn, mündet ein Wadi, das der Karte nach zu urteilen, die größten Zirkustalstufen besitzt, die wir in diesem Gebiet antreffen. Es bildet sich aus einigen Wadis auf dem Turraplateau und ist in die Gruppe A eingeschnitten; nur die höchsten Teile der Tafel bestehen aus B. Das Tal wurde bis zum ersten Zirkus begangen. Vor seiner Einmündung ist es mit Schuttmassen ziemlich erfüllt, deren dunkle braune Oberfläche in

die Schuttstufe des Wadi Hof übergeht. Eingeschnitten ist in sie eine Abflußrinne.

Die dunkelbraune Flachböschung der Talwand bildet mit der Schuttterrasse des Talbodens eine Einheit. Überall zeigt sich unter der braunen Schuttfläche gelbbraune staubige Erde mit zersetzten Gesteinsstücken, reich an Salzen und der Hauptsache nach wohl Gips- und Kalkmehl. Auf den Talhängen ist dasselbe festzustellen. Der Schutt ist also überall durch Tiefenzersetzung verändert, nämlich erdig zerfallen. In der Abflußrinne aber tritt an manchen Stellen ausgewaschener Kalkstein zutage. Nicht weit von dem Wadi Hof hat das Gehänge an einer Prallstelle die Beschaffenheit, die Photogr. 14 zeigt (Punkt 16 a).

Punkt 16 a, Abb. 14, Tafel XIV. Östliche Talwand im Sclatertal an einer Prallstelle, nahe dem Ausgang. Man steht auf einer von dem westlichen Hang kommenden, alten, dunkelbraunen Schuttstufe (a: vorn rechts). Die von Rinnsalen durchzogene, heutige Abflußrinne b drängt gegen die Ostwand. Ihr Geröll ist bis auf einzelne Blöcke feinstückig. Am Fuß der Ostwand eine weiße, glattgewaschene Kalkböschung (c, unter g). An der Wand oben (d: oben links) dunkle Bankmassen, darunter eine helle Böschung (e), in der Mitte eine dunkle Schuttdecke (f) mit hellen Rillen. Unter dem Schutt sind örtlich Bänke sichtbar; die Schuttdecke ist also dünn. Etwas mächtiger scheint sie am Fuß der Böschung zu sein. Dort hat sich eine kleine Schuttstufe entwickelt (g). Die Rillen in der Schuttdecke setzen sich nach oben in die Gesteinswand bis zur Oberkante fort. Ihre Entstehung durch herabfließendes Wasser ist deutlich. Auf der Wadisohle sind von ihnen keine Schuttkegel abgelagert, weil das Hauptwadi wohl allen von oben stammenden Schutt fortschleppt.

Die Wirkung des abfließenden Regenwassers ist deutlich sowohl auf dem Abhang wie auf der Sohle des Wadis. Auch hier handelt es sich um die Zerstörung einer alten, braunen Schuttdecke, unter der übrigens die Tiefenzersetzung durch Salze gearbeitet und Schutt und anstehendes Gestein zersetzt hat.

Bei Punkt 17 ist die Ausbildung des östlichen Talgehänges sehr interessant, wie Abb. 15 zeigt.

Punkt 17, Abb. 15, Tafel XIII. Ostwand des Sclatertals zwischen Zirkus und Mündung bei Punkt 17. Ein sehr lehrreiches Bild! Vorn eine dunkelbraune Schuttstufe V auf der westlichen Talseite, auf der man steht. Einzelne sehr große Blöcke (unter k) an ihrem Rand. Zwischen dieser Schuttstufe und der östlichen Talwand die mit grobem Schutt und Blöcken bedeckte

Abflußrinne W. Der Osthang gliedert sich in eine Vorstufe X—X, eine Flachböschung Y—Y und eine Steilwand Z. Die Steilwand (oben) ist dunkel patiniert und mit Gesimsen und Hohlkehlen versehen. Dunkler Schutt erzeugt glatte Gehänge, namentlich oben (unterhalb a). Die Flachböschung senkt sich als Mantel herab und geht oberhalb der Wadisohle in die Vorstufe X über. Sie ist nicht einheitlich, sondern wird durch Abtragung gegliedert, b und c sind glatte Schuttdecken, die wie Schuttfächer herabwallen. Nahe der Steilwand verraten aber deutlich erkennbare Gesteinsbänke die wahre Beschaffenheit der „Schuttfächer“. Auch mitten in ihnen haben Wasserrisse das anstehende Gestein freigelegt. Dreiecksnischen sind im Verlauf einer Bankmasse unterhalb dieser entstanden. Schmale, helle, flache Rillen laufen die Schuttböschung herab, während ein größerer Einschnitt mit hellen gebankten Wänden die Böschung b von c trennt. Rechts von c (unter f, d, Y) ist eine tiefe Wunde in die Schuttböschung geschlagen worden; eine große Dreiecksnische ist entstanden. d ist eine gebankte, zum großen Teil der Schuttdecke entkleidete Böschung. Auf dieser fallen zwei größere Wasserrisse e und f auf, neben vielen kleinen flachen Rillen. e und f zerfurchen bereits die Steilwand oben. g ist eine Masse, die die Dachbank der großen Nische unter d bildet. Die große Nische nun wird wiederum durch zwei Bänke h und i gegliedert. Über h und i befindet sich je eine zerschnittene, in Zungenkegel aufgelöste Flachböschung und ebenso unterhalb von i. Dort ist die aufsteigende Vorstufe X zerschnitten worden. So entstehen innerhalb der großen Nischen 3 Stockwerke, die untereinander bemerkenswerte Verschiedenheiten aufweisen. Die obere Etage besitzt als Decke die g-Dachbank der großen Nische. Diese ist ziemlich dunkel patiniert und hat kräftig herausgearbeitete Gesimse. Aber unterhalb der Gesimszone liegt eine glatte, zurücktretende Wand, die indes nur in der Verlängerung der beiden Wasserrisse e und f, sowie ganz rechts zum Vorschein kommt. Auf diesen glatten Wandflächen sind dunkle zackige Flecken und Streifen sichtbar. Es handelt sich um herabgeflossene dunkelbraune Schlammkrusten. Die Flachböschung, die von der Bank h zur Wand g hinaufsteigt, ist wenig zerschnitten, aber doch mit zahlreichen Rillen bedeckt, die als helle Streifen sich von dem dunklen Schutt der unverletzten Böschung abheben. Der Rand der Flachböschung ist deshalb auch wenig gesägt. Nur der Wasserriß hat einen Einschnitt geschaffen. An der Flanke des Einschnittes treten die Bänke hervor. Der Wasserriß f mündet genau in dem linken Flügel der Nische, und das abfließende Wasser läuft zwischen Wand

und Schuttböschung hinab, diese zerstörend und die Wandfläche vergrößernd. Das mittlere Stockwerk der Nische zeigt bestimmte Abweichungen. Unter der Dachbank h sind die Gesimse lange nicht so gut ausgearbeitet, auch nicht gleichmäßig an der Bank entlang — links stärker als rechts. Dagegen ist die glatte Wand viel mehr entwickelt und gesägter. Schmutzstreifen sind namentlich im Verlauf der Rinne e vorhanden. Die Flachböschung ist viel stärker gegliedert als die unter g, obwohl die Zahl der Einschnitte geringer ist; aber die Furchen sind tiefer. Richtige Zungenkegel sind entstanden, die eine dunkle Rückenfläche und helle Flanken haben. An den Flanken kommen Gesteinsbänke örtlich zum Vorschein. Bemerkenswert ist, daß in der Mitte des Stockwerks die Zungenkegel augenscheinlich von der glatten Hinterwand losgelöst sind.

Das unterste Stockwerk zeigt wiederum andere Verhältnisse. Einmal fehlt eine Basisbank überhaupt; die Flachböschung geht in die Oberfläche der Schuttstufe X über. Die Zahl der Einschnitte ist ganz gering, dafür aber noch tiefer als auf dem mittleren Stockwerk. Dunkler Schutt liegt auf dem breitesten der Kegel und geht in den Schutt der Vorstufe X über. Die Flanken sind heller, z. T. gebankt; kleinere Kegel sind ganz weiß (rechts). Die obere Dachbank ist nur örtlich gut herausgearbeitet und überhängend (links von i). Einige Kegel steigen sogar bis zur Flachböschung zwischen i und h hinauf. Von kleinen, sekundären Dreiecksnischen sind nur drei vorhanden, deren hintere Wandfläche ganz im Schatten liegt.

Abb. 15<sup>a</sup> Taf. XIV. zeigt den linken Teil der großen Dreiecksnische, und diese Vergrößerung läßt die Einzelheiten besser erkennen, so z. B. die herableckenden Schlammkrusten.

Die Vorstufe X entwickelt sich aus dem dunklen Rücken der Kegel unter Verbreiterung derselben. Die Einschnitte des unteren Stockwerks vereinigen sich obendrein, sodaß aus der ganzen großen Dreiecksnische nur zwei Wasserrisse heraustreten, k und l. Die beiden Rillen e und f sind in k vereinigt. Die mehr rechts gelegenen Einschnitte steigen z. T. außerhalb des Bildes hinauf, eine schuttbedeckte Flachböschung zerschneidend. Die zerschnittene Vorstufe X endet mit hellen dreieckigen Hängen (m); es sind Sporn-dreiecke. Augenscheinlich hat die Abflußrinne des Hauptwadis eine alte Schuttausfüllung des Wadis zerschnitten. Das Einmünden der Schuttstreifen, die auf der Sohle der Gehängetäler liegen, in das Hauptwadi ist deutlich. Irgendwelche Schichtung ist auf den

hellen angeschnittenen Hängen nicht zu sehen; die Vorstufe X besteht wirklich aus Schuttmassen.

Ergänzen muß man obige Darstellung noch durch einige Angaben. Unter dem dunkelbraunen Schutt der großen Flachböschung c liegt links von der Nische gelbbraune, feine, staubige, salzreiche Erde mit einzelnen Steinen. Die Schuttdecke ist oben nur  $\frac{1}{2}$  m mächtig, erst am Fuß des Abhanges wird sie mehrere Meter mächtig und bildet die Vorstufe X.

Auf den hellen oder mit wenig braunem Schutt bedeckten Gehänge der Nischengegend liegt eine dünne Schuttdecke über zersetztem, weißen, salzreichem Mehl von ca. 15 cm Dicke. Es ist zersetzter, anstehender Mergelkalk.

Wie mögen sich wohl die heutigen Formen entwickelt haben?

Die ursprüngliche Form der alten braunen Landfläche war augenscheinlich folgende. Der Talhang begann oben, auch heute noch fast unverändert erhalten, mit einer dunkelbraun patinierten Wand aus Kalksteinbänken. Darauf folgte eine mit Schutt bedeckte flachere Böschung. Sie ging, an Mächtigkeit zunehmend, in eine mehrere Meter mächtige Schuttmasse über, die aus grobem, wenig gerolltem Material besteht und einst die ganze Talsohle bildete. Diese Schuttfläche blieb lange unverändert. Sie überzog sich daher mit der dunkelbraunen Patina und wurde in der Tiefe chemisch in einen braunen, nach unten weiß werdenden salzreichen Staubboden verwandelt. Die nachträglich einsetzenden Erosionsvorgänge bestanden einmal in dem Einschneiden der heutigen Rinne W auf dem Wadiboden. Die größten Blöcke des Schuttes blieben liegen. Die Schuttmassen an dem Prallhang X—X bildeten Wände, die einst hell waren, aber seit ihrer Bildung sich wieder deutlich gebräunt haben. Es muß also seit ihrer Entstehung eine beträchtliche Zeit verstrichen sein. Auf dem gegenüberliegenden Flachhang V dagegen zieht sich die alte dunkle Schuttdecke ohne Steilstufe zur Rinne W hinab. Die wirksamen Kräfte können nur im fließenden Wasser bestanden haben; die Formen der Rinne W sind dafür ganz bezeichnend. Eine Erklärung verlangt aber noch die braune Flachböschung V. Sie ist mit altem Schutt bedeckt trotz der neuen Form. Man muß Rutschungen annehmen, die nach Einschneiden der W-Rinne eingetreten sind. Das Vorhandensein der salzigen Mehlschicht unter der Oberfläche, die damit gegebene Möglichkeit der Bildung von Schlammbrei, der herabgleitet, und auf dem sich die braune Schuttdecke langsam hinabschieben konnte, würde Gleitbewegungen verständlich machen. Daß solche Rutschungen

braunen Schuttes heutzutage noch vorkommen, zeigen dunkle Streifen links des Buchstabens X auf der helleren Talstufe.

Auf dem Talhang treten uns zwei Formen entgegen, die schmalen hellen Streifen und die Nischen. Die hellen Streifen sind unverkennbare Rinnsale. Sie gehen durch die dunkle Decke bis auf den helleren Untergrund hinab. Abgesehen von ihrer Form spricht auch ihre Verteilung für Wasserwirkung. Die größte Zahl der Rillen findet sich auf dem oberen Abhang und zwar in paralleler Anordnung. Nach unten hin nimmt ihre Zahl ab infolge Vereinigung zu größeren Rinnen. Ferner tritt deutlich in Erscheinung, daß über der festen Bankmasse g, wo augenscheinlich der Schutt nur ganz dünn liegt, die Rinnen auf der Böschung c jene Bank freilegen und unter der Linie b—c zur Entstehung von Dreiecksnischen Veranlassung gegeben haben. Die erste Ausbildung der Nischen zum wenigsten ist also auf das Wasser zurückzuführen.

Betrachten wir nun die große Dreiecksnische! Verschwunden ist dort die dunkle Schuttdecke und unterhalb der festen Bankmassen g, h, i Teile des Gesteins, sodaß dort unter den Dachbänken glatte, zurücktretende Wände über Flachböschungen entstanden sind, die Flachböschungen aber werden von Rillen zerschnitten. Diese Rillen sind am zahlreichsten, flachsten und schmalsten auf dem obersten Stockwerk, auf dem unteren werden sie spärlicher, aber tiefer und breiter. Unter der Bank i sind nur noch einige tiefe, breite Einschnitte vorhanden, aus denen durch Vereinigung zwei Abflußrinnen entstehen (k und l), die in die Rinne W gleichsöhlrig münden. Aus dieser Anordnung und Ausbildung der Rillen muß man schließen, daß sie ebenso wie die heutigen Rinnsale auf der noch vorhandenen alten Schuttdecke einst angelegt worden sind, daß oben zahlreiche flache Rillen entstanden, die sich nach unten hin tiefer einschnitten und gleichzeitig an Zahl abnahmen unter gegenseitiger Vereinigung innerhalb der Dreiecksnische. Diese Ausbildung ist aber für Wasserrillen kennzeichnend.

Gleichzeitig mit der Ausbildung der Rillen hat sich aber auch die Entfernung der alten Schuttdecke vollzogen. Gerade umgekehrt wie bei den Rillen liegen hier die Verhältnisse. Unter g — also oben — zerschneiden wohl flache Rillen die Flachböschung, allein der braune Schutt überzieht trotzdem den größten Teil jener Böschung. Auf dem nächstfolgenden Stockwerk (unter h) liegt der braune Schutt nur noch auf den Kegelrücken und ist z. T. sogut wie verschwunden. Unter i bedeckt er auch nur die spärlichen Kegelrücken und ist — namentlich in den Einschnitten der Stufe X — auf den Kegelflanken in Streifen noch zu finden.

Man könnte meinen, daß lediglich das Einschneiden der Rillen die Entfernung der braunen Schuttdecke veranlaßt habe, allein es muß noch auf einen anderen Umstand aufmerksam gemacht werden (Fig. 6 Tafel VIII). Fassen wir das Lageverhältnis zwischen der ursprünglichen Schuttdecke  $c-c$  und den Zungenkegeln in der Nische ins Auge, so kann man leicht erkennen, daß die braunen Kegelrücken  $i^1$  unter  $i$  nach links hin ohne weiteres in die Decke  $c$  übergehen würden, wenn man die Rinnen wieder ausfüllen würde. Z. T. steigt ja die Flachböschung tatsächlich noch bis zur Bank  $i$  hinauf. Auch die Kegelrücken  $h^1$  über  $i$  würden nach Ausfüllung der Rillen noch ungefähr als glatte Fläche in die Decke  $c-c$  übergehen, aber sie sind unter Entwicklung der Steilwand von der über ihnen liegenden Dachbank getrennt worden. Anders bei dem Kegelrücken  $g^1$  unter  $g$ . Deren dunkle Schuttdecke hat einen erheblich flacheren Neigungswinkel als die ursprüngliche alte braune Schuttdecke. Sie würde, wenn man die alte Böschung wieder herstellt, nicht mehr mit dieser zusammenfallen. Es muß demnach ein Einsinken der Schuttdecke stattgefunden haben. Unter dieser ist Material fortgenommen worden, die Schuttdecke ist nachgesunken.

Welche Kräfte könnten das bewirkt haben? Der Wind? Er wird durch den Schuttmantel lahmgelegt. Wohl aber könnte man sich vorstellen, daß das in den Boden eindringende Regenwasser die Mehlschicht in Schlamm verwandelt und ausschlämmt. Erfolgt dieser Ausschlämmungsvorgang langsam, dann ist ein allmähliches Nachsinken des Schuttmantels möglich, und zwar unter Abflachung der Böschung. Eine solche Abflachung der Böschung bei Erhaltung der Schuttdecke ist möglich, wenn der Vorgang des Ausschlämmens in folgender Weise erfolgt. Der Regen verwandelt den zwischen den Steinen der Hamada liegenden Salzstaub in einen Brei, und dieser fließt langsam innerhalb des Pflasters zwischen den Steinen hinab. Das Hinabfließen ist sowohl auf dem Talhang als auch auf den Seitenhängen der Kegel nach abwärts gerichtet. Auf den Flanken der Zungenkegel wird die Breibewegung lebhafter als auf den Kegelrücken sein. Die Schuttdecke wird daher auf den Flanken zuerst gelockert, das Abrutschen der Steine und damit auch das Breifließen unter Erniedrigung des Kegels energischer werden. In der Tat kann man sehen, daß der braune Schutt zuerst oben lückenhaft wird, und, dort zuerst verschwindet. Damit wird aber das Breifließen verstärkt. Die Erniedrigung der Zungenkegel im oberen Teil erfolgt also durch seitliches Abfließen des Salzstaubbreis auf den Flanken der Zungenkegel.

Daß das abfließende Wasser tatsächlich aus der Staubschicht Material ausschlämmt, dafür haben wir einen sichtbaren Beweis in den dunklen Streifen auf den Nischenwänden. Diese bestehen nämlich aus eingetrocknetem Schlamm, den das von der Flachböschung über h herabrieselnde Wasser abgesetzt hat. Wir werden diesen Vorgang später noch besser kennen lernen.

Wie sind nun die senkrechten Nischenwände entstanden? Gehen wir von den Formen aus, die sie zeigen! Die Wände unter i sind glatt, Abschuppung ist aber infolge von Salzausblühungen deutlich entwickelt, auch die Schichtung des Gesteins erkennbar. Dasselbe gilt von der Wand unter h. Allein hier tritt bereits ein anderer Vorgang in Erscheinung, nämlich die Ausbildung von Bänken und Fugen an der Wand. Die Stelle, wo diese stattfindet, liegt rechts des Buchstabens h. An der Wand unter g tritt die Ausbildung von Bänken und Fugen überall hervor, allein gerade in der linken Ecke, ist die Wandfläche glatt und mit Schlammkrusten überzogen. Die linke Ecke, wo ja auch der Wasserriß f einmündet, ist zweifellos der jüngste Teil der Wand. Daraus folgt, daß die glatte Wand die ursprüngliche Form ist, und daß die Entwicklung von Bänken und Fugen nachträglich erfolgt. Mit der Ausbildung der Bänke und Fugen tritt auch allmählich eine Bräunung ein, die an der gebankten Wand unter der g-Bank deutlich ist. Zwei Vorgänge hat man also zu unterscheiden, einmal die Entstehung der glatten senkrechten Wand und zweitens das Herausarbeiten der Bänke und Fugen.

Letzterer Vorgang ist leicht zu verstehen. An den Wänden arbeitet die Salzverwitterung, die zum Abplatzen dünner Plättchen und Schuppen führt. Wäre das Gestein ganz gleichmäßig, so müßte eine gleichmäßig zurücktretende Wand entstehen. Nun verhalten sich aber die Kalksteinbänke der Salzverwitterung gegenüber anscheinend verschieden, und demgemäß treten allmählich die widerstandsfähigeren Bänke heraus; Gesimse und Schichtfugen entstehen.

Schwieriger ist die Erklärung für das erste Entstehen der glatten konkaven Wand. Die Kräfte müssen so beschaffen sein, daß trotz der Ungleichartigkeit des Kalksteins eine glatte Fläche entsteht und die Abtragung muß an der entstehenden Wand schneller erfolgen, als die des Zungenkegels. Welche Kräfte könnten das sein? Zunächst wollen wir das Problem der glatten Wand betrachten. Stellen wir uns eine Wand mit angelagerter Flachböschung vor, die beide aus demselben Schichtgestein bestehen. Dann wirkt unter der Schuttdecke der Flachböschung die Tiefenzersetzung durch Salze. Diese muß aber auch am Fuß der Steil-

wand wirken und sogar ein Stückchen in diese eindringen. Der Kalkstein könnte trotz verschiedener Festigkeit und damit Widerstandsfähigkeit gegen die Wassererosion und gegen schaliges Abplatzen durch ausblühende Salze sehr wohl in der Tiefe gleichmäßig schnell in Salzstaub umgewandelt werden. Auf dieser glatten Wandfläche erfolgt dann allmählich die Ausarbeitung der Schichtfugen und Bänke.

Wie entsteht nun aber die Konkavität? Fig. 7 und 8 (Tafel VIII)<sup>3)</sup> zeigen folgendes: a ist eine feste Bank über dem Hamadhang  $b-b^1$ , aus dem sie heraustritt. In einer Zeiteinheit t entsteht unter der Hamada die Salzstaublage  $bc-b^1c^1$ , und zwar wird dies Schicht wohl annähernd senkrecht zur Oberfläche, von der ja die zersetzenden Kräfte ausgehen, in die Tiefe gehen. Reicht die Unterseite der ersten Salzstaubschicht bis  $c-c^1$ , so erfolgt im Verlauf der weiteren Zeiteinheiten unter der Bank (a) die Zersetzung bis  $c-c^1$  bzw.  $d-d^1$ . Die Salzstaubschicht wird nun aber infolge von Ausschlammung dauernd entfernt, also häuft sie sich nicht an, sondern bleibt dünn unter der gleichzeitig herabsinkenden Hamadadecke. Damit wird das Zurückweichen der Wandfläche verständlich. Dieser Vorgang wird aber begleitet von der Verwitterung auf der entstehenden Rückwand. Indem dieser Vorgang zuerst auf der Strecke  $b^1c^1$  beginnt, oben also länger als unten gewährt hat, wird eine Konkavität entstehen.

Dieser Vorgang erklärt aber auch die Loslösung der Zungenkegel von der Rückwand. Das Wasser fließt nämlich an der Rückwand herab, wird dort demnach ganz besonders reichlich in den Boden eindringen. Also könnte dort die Salzstaubschicht rinnenförmig tiefer greifen ( $f, f^1, f^2$ ). Das an der Rückwand abfließende Wasser wird daher dort einschneiden können und damit eine Loslösung des Kegels von der Rückwand einleiten. Die Ausräumung wird nun von einer besonders lebhaften Durchnässung des Bodens in der entstehenden Rinne begleitet sein, und diese dürfte die chemische Zersetzung fördern. So kann denn die Vereinigung von Wassererosion und Tiefenzersetzung die Loslösung der Zungenkegel herbeiführen — ein Vorgang, der gleichzeitig mit der Umwandlung der Schlitznischen in Dreiecksnischen, in Säge- und Trapeznischen einhergeht. Die hier entwickelten theoretischen Vorstellungen müßten durch Untersuchungen (Graben!) nachgeprüft werden.

3) Auf Taf. VIII ist bei Fig. 7 und 8 fälschlich auf Abb. 28 hingewiesen: es muß heißen: Taf. VIII, Abb. 15.

Die Zerschneidung und Abtragung der alten Schuttböschung in der Gegenwart erfolgt durch vorbereitende Salzverwitterung in der Tiefe, durch abschuppende Wandverwitterung unter Mitwirkung der Salze, sowie durch Ausschlämmen des zersetzten Materials und durch rinnenförmiges Einschneiden des Regenwassers. Eine Beteiligung des Windes ist nirgends festzustellen und zur Erklärung der tatsächlichen Formen auch nicht erforderlich.

Punkt 17 a, Abb. 16, Tafel III. Der Zirkus der Sclaterschlucht, aus der Entfernung gesehen. Im Hintergrund bei b werden die Gehänge oberhalb des Zirkus sichtbar, davor der Rand des Zirkus bei c. Die Zirkuswand umfaßt bogenförmig den Talschluß. Über ihr (bei a— $a^1$ ) gerundete, mit dunkelbraunem Schuttpolster bekleidete Kuppen. Die Zirkuswand besteht aus einer Steilwand und einer sich daran anschließenden Flachböschung, die in einer Vorstufe i verlängert ist. Die Rückwand des Zirkus ist senkrecht und gebankt, Flachböschungen fehlen. Eine Rille ist in sie eingegraben (unter b). Erst seitlich beginnen Flachböschungen, und zwar zuerst in der unteren Hälfte der Steilwand, dann auch höher hinauf. Während die Rückwand des Zirkus lediglich aus Bänken und Schichtfugen besteht, sind an den Flanken auch Hohlkehlen entwickelt, die nicht gebankt, sondern z. T. glattwandig und z. T. von Schmutzkrusten überlaufen sind (z. B. unterhalb d). Wie sich die glattwandigen Hohlkehlen in gebankte Wände umwandeln, kann man deutlich verfolgen (unterhalb c—d); die glatten Wände stoßen stets an die Schuttflachhänge. Unterhalb der glatten Hohlkehlen beginnen die Flachböschungen, die z. T. ganz hell, z. T. ganz dunkel sind. Die Bankung unter der Schuttdecke ist oft deutlich. Nach unten hin entwickelt sich eine geschlossene Schuttdecke, die von Rillen, namentlich auf der östlichen Talseite, zerschnitten werden. Daß dieser Hang nur von einer dünnen Schuttdecke überzogen ist, zeigen die Bänke bei f, während der Vorsprung i wahrscheinlich schon aus einer Schuttmasse besteht. Bei e ist auf der Flachböschung unterhalb des Steilhanges eine Konvexnische sichtbar, eine Form, die später beschrieben werden soll (Abb. 29). In der Abflußrinne des Wadis ist die helle heutige Rinne g mit feinem Schutt und eine etwas ältere höhere Stufe h mit grobem Schutt und dunkler Patina deutlich.

Machen wir uns die ursprüngliche Form einmal klar! Fig. 9 u. 10, Tafel VIII. Die bereits auf Abb. 15 auftretende Wand bildet auch hier den oberen Rand des Talhanges (I), über dem mehr zurücktretende, gerundete Hangformen sichtbar werden. Gerade

an der Zirkusrückwand geht die Steilwand bis zur Sohle des Wadis herab (II). Die Flachböschung (III) fehlt dort, ebenso die Schuttsohle IV. Die Grenzlinien zwischen der Wand II und der Flachböschung III weichen nach oben auseinander. Es bestand, als die braune Landfläche noch unverletzt war, bereits die senkrechte Zirkusrückwand, die ebenso dunkel patiniert ist. Welche Zerstörung hat nun stattgefunden? Einmal sind durch das zeitweilig abfließende Wasser in die Rückwand des Zirkus Rillen eingeschnitten, und ferner ist in die Schuttsohle die heutige Abflußrinne (h und g) eingegraben worden. Die alte braune Flachböschung wurde von zahlreichen Rillen zerfurcht, und es haben sich Dachbänke, Nischenwände und Zungenkegel gebildet, wie auf Abb. 15. Bemerkenswert ist eine Nischenwand unterhalb des Buchstabens d auf der Wand II. Die Wand ist links glatt und mit Schlammstreifen überzogen; nach rechts entwickeln sich aber Gesimse. Die Ausbildung der Nischenwand muß rechts begonnen haben und nach links fortgeschritten sein; demnach wären die Verhältnisse dieselben wie auf Abb. 15. Besonders deutlich sind die Formen auf dieser photographischen Aufnahme nicht.

Vor dem Zirkus zeigt die Schlucht folgende Erscheinungen.

Punkt 18, Abb. 17, Tafel III. Der Zirkus des Sclaterals. Man blickt auf die fast senkrechte Zirkuswand, deren oberer Rand mit einer dunklen Bank deutlich abschneidet. Dahinter die Wände der Fortsetzung des Tales, deren oberer Rand a wohl aus der Gruppe B besteht; die gerundeten Gehänge b darüber gehören wohl der Gruppe C an. In der oberen Stufe fällt ein Wasserriß c durch seine helle Böschung auf. Sonst ist gerade der obere Teil der westlichen Talwand mit dunkelbrauner Schuttdecke überzogen. Im Hintergrund freilich erkennt man an ihm oben eine gebankte Wand mit hellen Hohlkehlen, darunter eine Flachböschung. Die Zirkuswand ist auf dem westlichen Hang steil, durch Gesimse und Hohlkehlen wagerecht gegliedert. Auffallend ist, daß gerade unter der oberen Kante ein ganz senkrechter Wandstreif liegt, dann folgt eine etwas weniger steile Böschung und dann wieder über der Wadisohle ein geradezu überhängender, dicht über der Wadisohle unterhöhlter Wandstreif. Die Gesimse sind auf dem schrägen Mittelstück sehr gut ausgebildet, viel weniger auf dem oberen und zum großen Teil garnicht auf dem unteren senkrechten Wandstreifen. Unterhalb des Wasserrisses c ist übrigens sowohl der obere als der untere Streif ganz besonders glatt und hell. Aber auch noch in anderer Hinsicht ist die Zirkuswand unterhalb c anders als sonst. Einmal hat die Kantenbank dort einen deutlichen Einschnitt, und

es setzt sich von ihm aus eine Rille in der Wand fort, sodann aber fehlen gerade unterhalb von c die auffallenden, dunklen, aus Schutt bestehenden Streifen. Augenscheinlich liegt hier eine Wirkung des herabfließenden Wassers vor. Auch die Rückwand des Zirkus ist frei von Schutt und wird von einigen Rinnen durchfurcht. Die östliche Talwand ist viel weniger steil und stärker mit Schutt bedeckt. Schichtbänke und -fugen treten aber doch deutlich hervor. Nach oben hin wird die Schuttdecke geschlossener und dunkler. Der Fuß der Wand (über d) ist keine unterhöhlte, glatte, senkrechte Wand, sondern eine weiße, glatte, schutfreie Kalkböschung. Im Vordergrund rechts (g) ein Stück der mit dunklem Schutt bedeckten östlichen Talseite. Sehr charakteristisch ist der Wadiboden. Ein helles Rinnsal (e) drängt gegen das westliche Ufer in die Hohlkehle hinein, während an die flache Kalkböschung der östlichen Talseite höher gelegene Schuttflächen angrenzen. Die Wasserwirkung ist deutlich; sie war für die Ausbildung der Talhänge ausschlaggebend. Die Rillen bei f weisen auf fließendes Wasser hin. e ist die jüngste Wasserrinne, h eine etwas höhere dunkle Schuttstufe.

Punkt 18, Abb. 18, Tafel IV. Der Zirkus der Selaterschlucht. Im Hintergrund die Zirkuswand mit Gesimsbänken ohne Schutt; glatt gewaschen trotz der Gesimse und Hohlkehlen, mit mehreren senkrechten, flachen Rinnen. Schutt mit Flachböschung beginnt erst außerhalb des Zirkus (links bei a). Auf dem Hang rechts im Vordergrund liegt oben dunkler grober Schutt (a<sup>1</sup>), darunter folgt eine fast schutfreie helle Kalksteinböschung (b). Sie ist flach, Gesteinsbänke sind auf ihr sichtbar. Im Gegensatz hierzu ist die Basis der Wand links steil, aber auch glatt und schutfrei (c). Auf der Sohle eine Rinne mit hellem, klein- und mittelstückigem Schutt (d) und einigen Zwergbüschen. Spuren fließenden Wassers, das links gegen die Wand gedrängt hat, sind deutlich. Bei e eine knollige, wohl z. T. verkieselte Kalksteinbank, die auf Abb. 19 deutlich zutage tritt.

Die Erscheinungen sind so deutlich entwickelt, daß man sich bezüglich der ausbildenden Kräfte kurz fassen kann. Es ist das abfließende Wasser, das wirksam gewesen ist. Bemerkenswert ist die geringe Anhäufung von Schutt in der Nähe des Zirkus. Talabwärts nimmt er an Mächtigkeit erheblich zu und erreicht beim Übergang ins Hauptwadi die größte Entwicklung. Beachtenswert ist auch die Tatsache, daß die Rückwand des Zirkus recht dunkel ist, trotz des herabstürzenden Wassers. Sollte nicht, wie in den

Tropen und am Nil eine periodische Berieselung die Ausbildung von Schwarzrinden begünstigen?

Am Fuß der Zirkuswand findet sich ein Strudelloch das Abb. 19 zeigt.

Punkt 18, Abb. 19, Tafel XV. Das Strudelloch am Fuß der Zirkusstufe im Sclatertal. Unter einer knolligen Kalksteinbank eine Gesimswand, in die das Strudelloch eingesenkt ist. Davor eine Anhäufung von Schutt. Auf den Gesimsen liegt kein Schutt, alle sind glatt gewaschen. Über die Entstehungsweise besteht wohl keine Unklarheit. Das Strudelloch ist  $2\frac{1}{2}$  m tief und greift etwa ebensotief in die Rückwand ein.

Auf dem Rückwege erfolgten folgende Aufnahmen:

Punkt 19, Abb. 20, Tafel I. Wandstück unterhalb des Zirkus im Sclatertal mit Gesimsen, Hohlkehlen und Schuttdecke. Oben die Gesteinswand. Die charakteristische Form der Gesimse ist deutlich. Auf den Gesimsen liegt z. T. Schutt (e). Dieselbe Schichtenzone, die eine Steilwand bildet, kann weiterhin in eine Flachböschung mit Schuttdecke übergehen (a und a<sup>1</sup>). Innerhalb der Steilwand fallen deutlich gesimste und ganz glatte weiße Wandflächen auf, und zwar innerhalb einer Schichtmasse (b bzw. b<sup>1</sup>, c bzw. c<sup>1</sup>). Auf den glatten Wänden ist die Schuttdecke später entfernt worden als auf den Gesimsen (c - c<sup>1</sup> - d). Die auf den Gesimsen liegenden Schuttmassen bestehen in Wirklichkeit aus einem Gesteinskern mit dünner Schuttdecke. Die Bänke werden häufig unter dem Schutt sichtbar (e). Dasselbe gilt von der dunklen Schuttdecke d und der hellen Fläche d<sup>1</sup>. Die Wand c - c<sup>1</sup> ist die Rückwand einer flachen, dreieckigen Nische, die oben durch eine überhängende Bank, unten durch eine mit Schutt bedeckte Flachböschung begrenzt wird. Auffallend ist der spitze Winkel, mit dem der Nischenflügel c<sup>1</sup> endet. Aus dem Nischenflügel c<sup>1</sup> kommt eine Wasserrille heraus.

Die ursprüngliche Form des Abhanges ist, da der Ausschnitt zu beschränkt ist, nicht zu erkennen. Nur soviel ist klar, daß die Flachböschungen aus Gestein mit dünner Schuttdecke einst ausgedehnter waren, und daß infolge der Entfernung dieser Schuttdecke Nischen mit überhängender Dachbank und zurücktretender Rückwand entstanden sind. Auch zeigt sich sehr deutlich die Erscheinung, daß die senkrechte Wand zuerst als glatte Fläche zum Vorschein kommt, und daß dann erst auf ihr Gesimse und Schichtfugen entstehen. Nichts spricht gegen die bei Abb. 15 gegebene Erklärung. Die aus der Nische c<sup>1</sup> kommende Rille weist auf die Wasserwirkung bei Erweiterung der Nische hin. Sehr deutlich

ist auch zu sehen, daß unter der dünnen Schuttdecke bereits Gesimse heraustreten und trotzdem die Nischenwand als glatte Fläche beginnt!

Ein Spezialbild bezüglich der mit Schutt bedeckten Gesimse zeigt Photogr. 21, und gleichzeitig bringt sie die Unterschneidung des Prallhanges zum Ausdruck.

Punkt 19, Abb. 21, Tafel I. Ein Stück der Westwand unterhalb des Zirkus des Sclatertals mit Gesimsen und Hohlkehlen. Vorn die Wadisohle mit grobem Schutt. Über ihr eine glatte Kalksteinwand mit wenig heraustretenden Gesimsen. Auf einem Gesims etwas dunkler Schutt (a). Es folgt nach oben eine Wand mit Gesimsen und Hohlkehlen. Die charakteristische Form ist deutlich (Fig. 11, Tafel VIII). Das Gesims hat nämlich eine ansteigende Oberseite und eine schräg nach abwärts laufende Unterseite (1). Die Kante ist manchmal ziemlich scharf (1), manchmal gerundet (3) oder auch eine senkrechte Fläche (2). Auf der Unterseite der Gesimse und an der Rückwand der Hohlkehlen (3) ist das Abblättern von dünnen Plättchen durch ausblühende Salze im Gange, jedoch auf Photographie wegen des kleinen Maßstabes nicht deutlich. Wohl aber kann man die abgefallenen Schutthaufen, die aus Kalkmehl und dünnen Kalkplättchen bestehen, allenthalben sehen. Die plattige Beschaffenheit des Schuttes ist deutlich. Es fällt aber auf, daß der Schutt ungleichmäßig verteilt ist; einzelne Haufen und Lücken treten zutage. Ganz besonders auffallend ist das Zurücktreten des Schutts auf einem Streifen, der von dem Buchstaben b schräg nach oben rechts geht. Die dunklen Hohlkehlen und hellen Gesimse sind dort besonders deutlich, treten auch etwas zurück. Der feine Schutt ist spärlich, dagegen größere Gesteinsstücke bemerkenswert. Es handelt sich um eine sehr flache Rinne, die das Regenwasser ausgewaschen hat. Die Verteilung des Schuttes ist also z. T. vom Regenwasser abhängig.

Die senkrechte Wand am Fuß der Böschung liegt an einem Prallhang; die mit grobem Schutt bedeckte Abflußrinne drängt hier gegen den Hang. Die Schuttplättchen und das Kalkmehl auf den Gesimsen sind durch Salze oberflächlich verkittet, so daß selbst der stärkste Sturm nichts abheben kann. Windwirkung ist also kaum vorhanden.

#### e) Das Doflertal.

Dieses kurze Tal ist durch das Vorhandensein von zwei niedrigen Zirkusstufen ausgezeichnet, auf die dann erst der Haupt-

zirkus folgt. Den Blick von dem Talausgang nach aufwärts zeigt von Punkt 21 aus Abb. 22 mit dem ersten Zirkus.

Punkt 21, Abb. 22, Tafel III. Der Ausgang des Doflertals, vom Wadi Hof aus gesehen, mit der ersten Zirkusstufe. Im Hintergrund links gerundete, oben mit dunkler Schuttdecke überzogene Kuppen und Gehänge, unten helle, zerschnittene Böschungen. Einzelne Gesteinsbänke und Gesimse mit Hohlkehlenwänden treten hervor. Auf der rechten Bildseite eine mehr geschlossene Wand mit dunkler Böschung und Bänken oben, und heller Böschung unten. Auf a zahlreiche flache Rillen; nach unten zu werden sie immer spärlicher und tiefer. Links unten von a<sup>1</sup> ist die ursprüngliche Schuttböschung noch erhalten. Auf den unteren hellen Teilen sieht man einige Bänke durchstreichen: 1, 2, 3. Auf der linken Bildseite liegt bei b eine Verwerfung. Die Bank 2 ist besonders auffallend. Sie bildet die Kantenbank der Zirkustalstufe und unter ihr entwickelt sich eine glatte Hohlkehlenwand. Unter dieser ist die Zirkuswand dagegen kräftig durch Gesimse gegliedert. Am Ostende, bei c, hören die Bänke auf, und es entwickelt sich eine glatte helle Wand, dann eine helle Flachböschung mit Bänken. Bei d eine Bank mit Hohlkehlenwand, die eine Vorstufe hat entstehen lassen. Auf der Westseite führt sie zur Ausbildung der Stufe e. Im Wadibett wird eine Schuttmasse f, f<sup>1</sup>, f<sup>2</sup> von den heutigen Abflußrinnen g zerschnitten. In g feiner, auf f, f<sup>1</sup>, f<sup>2</sup> grober Schutt mit freigelegten Blöcken und einigen Zwergsträuchern.

Nach Passieren des ersten Zirkus wurden bis zum zweiten und dritten Zirkus folgende Aufnahmen gemacht.

Punkt 22, Abb. 23, Tafel III. Ein Stück der Ostwand des Wadi Dofler zwischen beiden Zirkusstufen. In der Wand trennt eine Verwerfung zwei Hänge mit verschiedenen gestellten Schichten. Rechts (x) ist die alte dunkle Böschung meist erhalten, nur oben treten Bänke heraus, und einige Rillen sind eingeschnitten. Damit hat die Ausbildung von Zungenkegeln begonnen. Links (y) ein Rücken mit gerundeten Formen und dunklen Böschungen, auf denen sich jedoch schon Bänke und Rillen finden. Eine Bankmasse (z) mit senkrechtem Abbruch schließt den oberen Teil des Rückens ab, darunter eine von dunklem Schutt völlig befreite, helle Flachböschung; zwischen dieser und der Bank zwei tief unter die Dachbank eindringende Nischen, aus denen deutliche Rillen herauskommen. Auf der Dachbank sind ebenfalls Einschnitte durch fließendes Wasser entstanden (a, b, c). Die helle, heutige Abflußrinne drängt gegen den Fuß der Wand, und

dort hat das Wasser örtlich Hohlkehlen geschaffen. In der Mitte des Wadis fallen mächtige dunkle Blöcke in feinerem Material auf. Die Blöcke liegen so unvermittelt auf der feineren Schuttfäche, daß man vermuten kann, sie seien freigelegt worden. Die zahlreichen Rinnen im Feinboden deuten auf fließendes Wasser als wirkende Kraft hin.

Punkt 23, Abb. 24, Tafel XV. Stück der östlichen Talseite der Dofler Schlucht zwischen der Zirkusstufe II und III. Der obere Teil des Abhanges ist eine nicht völlig mit dunklem Schutt bedeckte, gebankte Steilböschung. Mehrere Wasserrisse (a— $a^5$ ) zerfurchen sie. Unterhalb dieser Wand ist der Talhang rechts und links verschieden gestaltet. Rechts ist eine mit Schutt bedeckte Böschung entwickelt. Allein den Eindruck eines alten, ursprünglichen, dunklen Schutthanges macht nur der Teil b, der sich nach rechts über den Bildrand hinaus fortsetzt. Die mehr links gelegene Schuttfäche c ist heller und besteht aus einer wirren Schuttmasse, in der örtlich Bänke zutage treten (d). Auch sind diese wirren Schuttmassen von Wasserrissen zerfurcht, die die Fortsetzung der Wasserrisse  $a^1 - a^5$  sind. Alle vereinigen sich zu einer Rinne, die nach rechts den Bildrand verläßt und die Vorstufe zerschneidend, die Wadisohle erreicht. Auf der linken Seite ist eine große Nische entwickelt ähnlich der auf Abb. 15. Sie wird durch die Bankmassen f und g gegliedert. Auf f ruht eine geschlossene, von vielen, flachen Rillen gegliederte Flachböschung. Sie ist meist mit dunklem Schutt bedeckt. Ihr oberer Rand ist etwas gesägt. Zwischen ihr und der Dachbank liegt eine helle, glatte Hohlkehlenwand, in der von rechts nach links in fortschreitendem Maße Gesimse auftreten. Der breiteste und glättteste Teil der Hohlkehlenwand liegt in der Verlängerung des Wasserrisses a, der auch die Dachbank zerfurcht. Über der Bank g liegt eine Flachböschung, die mit viel weniger dunklem Schutt bedeckt ist. Sie wird durch wenige Wasserrisse tief zerschnitten und damit in Zungenkegel aufgelöst. Im Verlauf der Rinne a liegen einige große abgestürzte Blöcke auf der Böschung. Zwischen dem gesägten Oberrand über g und der Bank f ist eine Hohlkehlenwand mit Dreiecksnischen entwickelt. Gesimse sind kaum zu sehen; nur links von der Rinne  $a^1$ . Die Hohlkehlenwand über f und die über g verhält sich unterhalb  $a - a^1$  also ganz verschieden. Unterhalb g liegt eine von wenigen tiefen Wasserrissen (h und i) zerschnittene Flachböschung. Die dunklen Rücken der Zungenkegel gehen in die Schuttstufe e über, die aus großen Blöcken besteht. k ist eine jüngere Abflußrinne mit feinerem Schutt.

Punkt 23, Abb. 25, Tafel XIV. Seitenschlucht auf dem östlichen Hang der Doflerschlucht unterhalb des Zirkus II. Wir stehen auf der Höhe einer Schuttböschung des westlichen Hanges und blicken über die Wadisohle auf die Seitenschlucht des Ostufers. Der Stufenbau fällt sofort ins Auge. Eine Hauptlinie ist die Bank a, in die ein kleiner Zirkus eingeschnitten ist. Weniger durchgreifend ist der Einfluß der Bänke b und c. Oberhalb von b und c und unterhalb von a sind schuttbedeckte Flachböschungen entwickelt, aber unregelmäßig, und einige greifen höher hinauf (d und e). Die dunklen Teile der Flachböschungen sind die Rücken von Zungenkegeln. Die hellen Flanken sind z. T. deutlich gebankt. Es fällt auf, daß auf den meisten weißen Wänden, die zwischen Zungenkegeln liegen, die Bankung erst in einigem Abstand von dem Kegelrand liegt, als käme mit der Abtragung des Schutts zunächst eine glatte Kalkwand zum Vorschein, aus der sich erst allmählich die Gesimse entwickeln ( $f - f^1$ ). Ganz besonders auffallend ist diese Erscheinung zu beiden Seiten unterhalb von k, also gerade in der Mitte der Rückwand der Schlucht. In der Mitte scharfe Gesimse und Hohlkehlen; diese verschwinden seitlich, eine weiße, glatte Wand bleibt zurück, auf die gebankte Flachböschungen folgen. Am Fuß der Wand (unter k, links von b) ein ausgestrudeltes Loch und davor ein heller Schutthaufe. Über der Bank a, zu beiden Seiten des Kegels d (unter  $f^1$  und b), sind Dreiecksnischen mit weit überhängender Bank und zurücktretender heller Rückwand entwickelt. Am Rand der Wand (bei b) ist ein Vorsprung zwischen zwei Wasserrillen erkennbar, die sich auf der Wandfläche vereinigen. Die ganze soeben beschriebene Partie bildet den Fuß einer Zirkuswand, deren Seitenwände bei m und n enden. Es liegen also zwei Zirke übereinander. Von den Flanken des oberen Zirkus kommt je ein Wasserriß herunter — links von n, rechts von m.

Der Rückweg erfolgte auf der obersten Terrasse des Niltales. Beim Kreuzen des Wadi Hof wurde das Vorhandensein von zwei Schutterrassen festgestellt. Der Tafelrand NNO. von Heluan ist durch Steinbrüche umgestaltet worden. Statt der ursprünglichen Abdachung mit dem braunen Schutthang sind weiße Wände entstanden, aber die ursprünglichen Zirkusschlüsse der Gehängtäler sind doch z. T. noch gut erhalten (cfr. Abb 1).

## 2. Der Ausflug zum Walthertal und Wadi Riseded (27. V. 1914).

### a) Südlich von Heluan.

Zunächst ging es nach O. das Wadi Abu Schuscha aufwärts, in dem am 14. IV. 1895, ferner am 19. IV. 1909 Hochwasser herabgekommen war<sup>4)</sup>. Hiervon war nichts mehr zu merken. Der Boden ist von Gruben durchwühlt. Nur an einer Stelle (Nr. 1) erscheint der Boden rein gefegt, Schlamm Boden und bloßgelegte Steine deuten noch auf jene Hochwasser hin. Augenscheinlich ist hauptsächlich feines Material fortgeschwemmt worden. Unter dem braunen Hamadaschutt liegt überall weißer bis gelbbrauner Salzstaubboden.

Nun geht es nach S. auf die Hamada hinauf. Nach W. schweift der Blick über die dunkelbraune Hamadaebene zum grünen Kulturland des Niltales.

Punkt 1, Abb. 26, Tafel IV. Der Boden der Hamada bei Punkt 1. Blick auf Heluan. Von dem Observatorium (a), das rechts oben auf der braunen Hamada (b) liegt, senkt sich diese steinige Fläche nach Süden. Die weißen Häuser der Stadt werden als schmaler Saum sichtbar, dahinter taucht das Grün des Niltales (c) auf. Die Hamadafläche durchziehen helle Rinnsale (d). Diese Farbe sowie das Gefühl, als ginge man über einen weichen Smyrna-teppich, lassen vermuten, daß der Salzstaubboden in der Tiefe liegt. Mit dem Hammer wird folgender Aufschluß geschaffen.

Punkt 2, Abb. 27, Tafel XVI. Der Boden der Hamada bei Punkt 2. Auf der Oberfläche liegt eckiger brauner Schutt (c) aus bis faustgroßen Kalksteinstücken in dünner Schlammschicht. Man hat den Eindruck, daß der Schutt stillliegt, daß aber zwischen den Steinen der Schlamm als dünner Brei in Bewegung geraten kann. Die Schuttdecke ist geschlossen, besteht aber nur aus einer einzigen Steinlage. Darunter liegt brauner, salzreicher Staubboden (b) mit vereinzelt Gesteinsbrocken. Darunter folgt weißer, salzreicher Staubboden (a), 10—15 cm mächtig, darunter gelbbraune Kalkerde mit Kalkstücken.

Der Blick nach Süden ist höchst charakteristisch.

Punkt 2, Abb. 28, Tafel III. Blick von Punkt 2 über die Hamada nach Süden. Auf der dunkelbraunen, mit bis faustgroßem Schutt bedeckten Hamada ein helleres Rinnsal. Der helle, wagerechte Streif bei a ist ein Weg. Dahinter erhebt sich,

<sup>4)</sup> J. Walther, Gesetz der Wüstenbildung, 2. Aufl. 1912, S. 22 mit Abbildung für 1895. Ferner die Darstellung von Meinardus im Anhang dieser Schrift.

mit hellem Rand beginnend, eine Kalkplatte, die von Wadis zerschnitten ist. Auf ihr ist bei b ein kleiner Zeugenberg stehen geblieben. Der helle Streif dahinter ist die unterste Schuttstufe des Niltales; auf sie folgt der dunkle Streif des Kulturlandes und ganz am Horizont, kaum sichtbar, der Abfall der Libyschen Tafel. An dem hellen Rand der Kalktafel besteht rechts (unterhalb c) eine Flachböschung, die bis zum Oberrand aufsteigt, dann stellt sich nach links zu eine Dachbank ein (unterhalb d) und dann unterhalb e zwei Nischen. Weiter links wechseln die Formen am Abhang. Oberhalb a ist die Sohle des Wadis mit Zwergsträuchern sichtbar. Links, jenseits des Bildrandes, beginnt auch auf dieser Seite des Wadis ein Steilufer.

In dem Wadi ging es nach O. Auf dem Nordhang fand sich an einer Ecke eine Konvexnische. Diese Konvexnischen sind lediglich ein Sonderfall der Dreiecksnischen. Sie entstehen nämlich an eckigen Vorsprüngen. Die Nische sitzt gerade auf der äußersten Ecke und hat daher Halbmondform. Die Nischenflügel laufen spitz aus. An sich könnte man entsprechend der Lage der Nischen auf der Spitze eines Vorsprunges an Windwirkung denken, allein in diesem Fall liegt die Nische auf der Südseite, die starken Winde kommen aber überwiegend aus Norden. Freilich gibt es ja zuweilen im Jahr die heißen Südwinde; es wäre also möglich, daß diese maßgebend sind. Behalten wir also diese Frage im Auge! Jetzt aber wollen wir uns der Beschreibung der sehr charakteristischen Konvexnische zuwenden.

Punkt 3, Abb. 29, Tafel I. Konvexnische an einer Tafelecke bei Punkt 3. Die Ecke besteht aus einer Dachbank, einer konvexen glatten Wand und einer Flachböschung. Die Dachbank zeigt zwei Gesimse. Von der oberen Gesimsbank ist nur der untere Rand sichtbar. Auf der Oberfläche der unteren Gesimsbank sind bei a — a dunkle Rinden entwickelt, anderswo (z. B. bei b) fehlen sie. Stellenweise bedeckt Schutt aus glatten Scherben das Gesims. Die Hohlkehlenwand ist konvex und läuft an den Seitenenden spitzwinklig aus. Eine wulstige Erhebung d parallel zur Dachbank deutet wohl auf den Beginn der Entstehung eines Gesimses hin. Bei c sind leicht gebräunte, abplatzende Schuppen erkennbar. Diese dunklen Rinden auf der doch sicher im Zurückweichen begriffenen Rückwand zeigen, daß dieses Zurückweichen so langsam vor sich ging, daß eine Bräunung der Oberfläche eintreten konnte. Die Flachböschung ist mit Schutt, meist Platten und Schuppen, bedeckt, die von oben stammen. Einzelne große eckige Stücke sind von der Dachbank abgebrochen (e). Es handelt

sich nicht um eine Schuttböschung aus abgefallenem Gestein. Die Schuppen und Platten liegen vielmehr in einer hellgrauen Schlammkruste und unter dieser folgt gleich der anstehende Mergelkalk, auf dem bereits der Hammer liegt. Die größeren Schuppen und Platten nehmen nach unten hin an Zahl ab. Diese Feststellungen zeigen, daß die Konvexnischen ähnlicher Entstehung wie die Dreiecksnischen sind. Unter der Einwirkung von Salzausblühen und vielleicht auch von Temperatargegensätzen zerfällt das Gestein, und zwar unter der festen Dachbank schneller als diese selbst. Die Flachböschung besteht nicht aus Schutt, sondern aus anstehendem Gestein mit dünner Schuttlage, die in eine Schlammkruste eingekittet ist. Alles lose Material ist durch Salz verkittet, sodaß selbst starke Winde nichts abheben können. Die Braunfärbung der Rückwand weist auf ein langsames Tempo der Abtragung hin.

#### b) Werner- und Walthertal.

Es ging nun nach Osten in den Unterlauf des Wernertals hinein, das, aus NO. kommend, in das Walthertal mündet. An dem Westrand dieses Tales bei Punkt 4 zeigte sich folgendes lehrreiches Bild.

Punkt 4, Abb. 30, Tafel I. Tafelrand bei Punkt 4 beim Walthertal. Vorn die Wadifläche mit eckigem braunem Schutt und hellerem Schlamm Boden. Hier fließt episodisch Wasser, daher die Schlammbewegung. Am Tafelrand ist oben die dunkle Hamadafläche sichtbar, darunter eine Dachbank nebst Hohlkehlenwand und eine Flachböschung. Das Verhältnis der verschiedenen Formelemente ist folgendes. Die höchste Stelle der Hamada (a) geht mit der Böschung b ohne Unterbrechung zur Oberfläche der Tafel bei c herab. Diese einheitliche Böschung ist im Bereich der Dachbank nur noch bei d erhalten, dagegen überall sonst durch eine wagerechte Hohlkehle geteilt. In dem dunklen Dach, über dem oberen Gesims, ist der Beginn einer zweiten Hohlkehle (z. B. bei e) erkennbar.

Die Flachböschung der unteren Stufe ist nur bei c<sup>1</sup> erhalten und erreicht dort noch glatt die Wadioberfläche, sonst aber schiebt sich zwischen diese und die Dachbank eine Hohlkehlenwand ein (f). Diese ist z. T. glatt, z. T. gebankt, auch mit dunkleren Schuppen bedeckt. Ihre Breite wechselt. Einige von der Dachbank abgefallene Blöcke liegen auf der sonst glatten Flachböschung. Bei g hat die Hohlkehlenwand bereits die Form einer Dreiecksnische mit spitzen Flügeln, ziemlich glatter Rückwand, stark überhängender

Dachbank. Die Flachböschung unter der Nische wird von Wasserrielen zerfurcht. Augenscheinlich ist die braune Oberfläche mitsamt den Steinen langsam herabgesunken, ohne daß die braune Hamadaschicht zerstört worden ist (Fig. 12, Tafel VIII) a zeigt die ursprüngliche Oberfläche, b die umgewandelte.  $\alpha$  eine harte Bank,  $\beta$  die Wand unter der Dachbank  $\alpha$ ,  $\gamma$  die mitsamt der braunen Schuttlage herabgesunkene Hamadafläche.

Die Wadioberfläche besteht aus der B-Gruppe, der Tafelrand aus C-Schichten. Der Aufschluß zeigt deutlich, wie aus Schichtfugen die Hohlkehlenwände und aus diesen die Dreiecksnischen entstehen.

In die braune steinige Wadifläche des Wernertales ist eine Schlucht eingeschnitten. An der Wand dieser Schlucht zeigt sich folgender Aufschluß.

Punkt 5, Abb. 31, Tafel IV. Wernertal nördlich des Walthertales bei Punkt 5. C ist der Tafelrand der Abb. 30 aus Gestein der Gruppe C. Es ist gleichzeitig der Tafelrand C, Abb. 33. Die Buchstaben von 30 entsprechen denen von 31. Die Oberfläche des Wadis ist mit einer dünnen Schuttschicht bedeckt. Am Unterrand des weißen Fleckes bei  $\alpha$  (es ist eine Karte) liegt die Grenze zwischen Schutt (20 cm) und Gestein. Die Wand besteht oben aus der Kieselkalkbank B und zeigt eine dunkle Dachbank und eine Hohlkehlenwand aus A mit abplatzenden Rinden ( $\beta$ ). Die Entstehung eines Gesimses auf der Hohlkehlenwand unter der überhängenden Dachbank ist deutlich. Die Steilwand gehört einem Einschnitt in die große Wadifläche an. Der Boden dieses Einschnittes ist durchwühlt, daher ganz unregelmäßig. Ein Steinbruch liegt ganz in der Nähe. Vielleicht ist die Schlucht selbst ein alter Bruch.

Punkt 5, Abb. 32, Tafel XVI. Das Wernertal nördlich des Walthertales bei Punkt 5. Man blickt nach S. auf den Südrand des Walthertals (C). Links Steinbruch; bei a eine Verwerfung. Rechts von der Verwerfung eine Flachböschung mit Gesteinsbänken, links eine unterhöhlte Dachbank mit Hohlkehlenwand und Flachböschung. B bildet die Oberfläche des breiten Wadis, die von dunkelbraunem Hamadaschutt bedeckt ist. Der Schutt bildet eine nur 10—30 cm dicke Schicht, die unter der dunkelbraunen Oberfläche zu gelbbraunem salzreichen Staub zer setzt ist. Vorn die Wand des Einschnitts B. Die Grenze zwischen Schutt und Gestein wird durch den Hammerkopf (links von b) angezeigt. Der untere Teil der Wand A unter B ist eine glatte Hohlkehle.

Der Befund ist äußerst wichtig. Man hält im allgemeinen die Wadisohlen für Aufschüttungsflächen; der Schutt stamme von den Bergen. Andere halten sie für äolische Denudationsflächen. Der Befund hier zeigt aber folgendes.

Die braune Oberfläche des Wadis, die durch Bräunung des groben bis feinen Schuttes hervorgerufen wird, weist auf ein Stillliegen des Schuttes hin, während der auf der Wadifläche liegende Schlamm zeigt, daß fließendes Wasser manchmal wirkt. Unter dem Hamadaschutt liegt der Salzstaubboden, der oben weiß, unten gelbbraun ist. Die Tiefenzersetzung ist auch ein Beweis für das Stillliegen des Hamadaschuttes; die Zersetzung greift in das anstehende Gestein ein. Die ganze Masse aus Oberflächensteinen und Salzstaub ist nur 10—30 cm mächtig. Dieser Befund zeigt, daß die Wadifläche keine Aufschüttungs-, sondern eine Gleichgewichtsfläche ist. Genau dasselbe läßt folgende Aufnahme erkennen. Sie stammt von Punkt 6. An dieser Stelle kreuzt eine Verwerfung das Wadi und hat eine Querstufe entstehen lassen, die bei Hochwasser einen Wasserfall veranlassen muß.

Punkt 6, Abb. 33, Tafel IV. Das Wernertal in der Gegend von Punkt 6. Blick nach Westen. Im Hintergrund eine Tafel aus Gestein der Stufe C, während der Boden des Wadis aus B besteht. Am Tafelrande ist die ursprüngliche Flachböschung z. T. erhalten (a), z. T. abgetragen; dort sind Dachbänke, Gesimse und Nischen sichtbar (b). Bei c erhebt sich auf der dunklen Wadifläche eine Insel, die aus der Gruppe C besteht. Bei d der Ostrand des Wadis, z. T. noch mit brauner Schuttdecke (d<sup>1</sup>) bedeckt, auch aus C bestehend. Die Wadifläche quert hier eine niedrige Stufe. Sie hat im Bild vorn einen scharfen Rand, der aus einer Bank besteht; vor ihm liegen Blöcke, die wie ihre Größe zeigt, nicht von der oberen Wadifläche, sondern von dem Rande der Stufe stammen. Z. T. aber zieht sich eine dunkle, einheitliche Schuttfläche als Oberfläche des Wadis oberhalb der Stufe über diese hinab. Also die Querstufe war ehemals von einer braunen Schuttböschung verdeckt, und diese ist z. T. zerstört worden. Die Wadifläche ist hell und dunkel gestreift. Die Streifen sind parallel der Abflußrichtung des Wassers gerichtet. Die hellen sind von dem dunklen Schutt freie Stellen; das Gestein tritt dort z. T. zutage. Unter der dunklen Oberfläche ist der Schutt zu Salzstaub zersetzt; er bildet überhaupt nur eine dünne Decke. Auf der „Insel“ (c) fallen die hellen Flachböschungen auf, die bis zu dem Tafelrand heraufgehen. Nur örtlich tritt an diesem eine Dachbank hervor. Dunkler Schutt ist nur in der Form von Zungen-

kegeln erhalten. Ein gerundeter Wasserriß zerschneidet den Hügel (rechts von e). Dieser Wasserriß mündet an der Westecke der Querstufe des Wadis. Vielleicht geht dort eine Verwerfung durch. Im Vordergrund, auf dem Abhang d, eine Wasserrille, die zum Wadi herabgeht (f).

Auf der Südseite des Wernertales, zwischen diesem und dem Walthertal stammen folgende Aufnahmen:

Punkt 7, Abb 34, Tafel IV. Abtragungerscheinungen auf dem Südosthang des Wernertales. Der mit dunkelbraunem Schutt bedeckte Hamadarand a geht glatt in die dunkle Böschung b über. Rechts von b ist diese Böschung dagegen z. T. zerstört unter Ausbildung einer Dachbank, von der Blöcke abbrechen. c der Boden des Wadis. Bei d ist die Ausbildung einer Dreiecksnische mit Rückwand im Gange. Gerade über dem Flügel der Nische weist das Dach im Bereich der Hamadadecke je eine flache Wasserrille (e und f) auf (Fig. 13, Tafel VIII). Jeder Rille entspricht auf der Flachböschung ein kleiner scheinbarer „Schuttkegel“ (g und h). In Wirklichkeit ist der „Schuttkegel“ ein herausmodelliertes Wandstück. An den Seiten dieser kleinen „Schuttkegel“ entwickelt sich eine Rinne ( $e^1$  und  $e^2$ ,  $f^1$  und  $f^2$ ), die sich an der Nischenspitze mit jeder entsprechenden gegenüberliegenden Rinne vereinigt zu  $e^1$ ,  $f^1$ ,  $f^2$  (Fig. 13, Tafel VIII). Bei Abtragung durch fließendes Wasser muß sich also die Nische vergrößern. Bei i, am Ende des Einschnittes, ist die Flanke der Böschung b wie von ablaufendem Wasser schräg angeschnitten. Die durch Abtragung entstandenen Einsenkungen in dem ursprünglichen dunklen Abhang sind heller als diese und obendrein anders gebaut. Je tiefer der Einschnitt in dem Abhang ist, umso schneller kommt man auf das anstehende Gestein. Bei k liegt unter hellem Schutt eine 2—3 cm dicke Schicht von weißem Staub; der Hammer liegt bereits auf festem Gestein. Links davon, auf der Böschung b bei l, dagegen ist diese Schicht viel dicker. Oben liegt eine Schicht von 3—10 cm Schutt, darunter gelbbraune steinige Erde, dann schneeweißes Kalk-Salz-Mehl von über 35 cm Dicke. Die braune Schuttschicht selbst ist nur eine dünne Lage. Der Unterschied zwischen beiden Löchern ist deutlich. Im Vordergrund das Wadibett (c) mit Rinnen von abgeflossenem Wasser. Der Schuttboden ist dort und am Fuß der Böschung b hell; es fehlt die alte braune Decke.

Die Befunde zeigen, daß unter der alten braunen Hamadafläche der Verwitterungsboden am mächtigsten ist, daß dagegen auf dem

helleren, bereits abgetragenen Hang nur eine dünnere, lückenhafte braune Schuttschicht liegt.

Punkt 7, Abb. 35, Tafel IV. Abschuppende Mergelkalkwand mit Flachböschung nahe Abb. 34. Die Kalkwand ist ungleichmäßig, plump gebankt, z. T. ganz hell, z. T. dunkel patiniert. Auf der stark abschuppenden Wandfläche a dunkle und helle Schuppen. Bei b und anderswo eine dunkle Rindenfläche. Der Kalk ist dort konglomeratisch. Die Flachböschung c ist mit wenig gebräuntem, plattigem Schutt bedeckt. Anscheinend sind es von der Wand abgefallene Schuppen. Er bildet eine nur dünne Decke in einer Schlammkruste auf dem anstehenden Gestein. Der Hammer liegt auf diesem. Bei e ein kleiner, aus einer von oben herabkommenden Rinne d stammender Schuttkegel.

Nach Erreichen des Walthertales erfolgten die Aufnahmen Abb. 36 und 37.

Punkt 8, Abb. 36, Tafel IV. Blick über das Walthertal von Punkt 8 in westlicher Richtung. Vorn die breite Wadifläche, die an der Linie a — a<sup>1</sup> mit einer Stufe abbricht, dahinter die Fortsetzung des Wadis und die Schichttafelwüste. Auf der Wadifläche, unter der Linie a — a<sup>1</sup>, sieht man links (b) alte Schuttmassen, die unter dem braunen Schutt in helles Mehl verwandelt sind. Die Schürfnngen bei b<sup>1</sup> legen dieses z. T. frei. Nach rechts folgt eine von altem dunklem Schutt entblößte Fläche c, in der sich ein dunkler Schuttstreif d gehalten hat. Die Formen weisen deutlich auf Wasserwirkung hin. Über der Linie a — a<sup>1</sup> sind die Bankmassen e — f — g für die Formenbildung maßgebend geworden. Besonders auf f und g hat sich je eine breite Abtragungsfäche entwickelt. Bei h das Niltal mit dem Fluß und dem Kulturland. Zwischen g und h am Horizont Tafelstufen. Während die Höhe bei g noch fast ganz mit dunklem alten Schutt bedeckt ist, sind die anderen Stufen heller, mehr abgetragen. Nur auf den Rückenflächen zahlreicher Zungenkegel zeigen dunkle Dreiecke seine ursprüngliche Verbreitung an, so namentlich unterhalb i. Rechts von f eine große Nische mit der Dachbank f. In dem Wadi unterhalb der Stufe a — a<sup>1</sup> ist mancherlei interessant. Eine Stufe mit e als Dachbank begrenzt links und rechts die Wadifläche. Rechts ist bei e<sup>1</sup> ein Rest der Tafel e als Insel stehen geblieben (nahe den Pilzfelsen auf Abb. 37). Auf der Wadifläche unterhalb der Stufe a — a<sup>1</sup> unterscheidet sich deutlich eine breite Abflußstraße des Wassers k von den etwas höher gelegenen Flächen m und n, auf denen Reste der alten braunen Schuttdecke noch sichtbar sind. Genau da, wo die Abflußstraße an den Steilrand des linken Ufers

herantritt (unter l), beginnt eine Hohlkehlenwand. Ganz deutlich sieht man, daß das Wasser die ursprüngliche Flachböschung fortgenommen hat. Die maßgebende Tätigkeit des Wassers ist also unbestreitbar. Die dunklen reihenförmigen Flecken auf der Grenze von k und m sind Zwergsträucher.

Die Pilzfelsen im Walthertal. Pilzfelsen spielen in den Walther'schen Darstellungen eine große Rolle, und zwar sollen sie ein Ergebnis der Deflation sein. Auch die Schattenverwitterung sei bei ihrer Entstehung wichtig. Nach meinen persönlichen Erfahrungen kommen sie selten vor. Im Heluangebiet sah ich nur diesen einen im Walthertal, der folgende Verhältnisse zeigt. Zwischen dem Werner- und Walthertal ist ein schmaler Rücken herausgearbeitet und schließlich durchbrochen worden. Das Hochwasser fließt zwischen den entstandenen Resten des ehemaligen Riegels hindurch, und diese Reste sind es, die zu Pilzfelsen umgestaltet worden sind.

Punkt 8, Abb. 37, Tafel IV. Die Pilzfelsen im Walthertal. (W. von Punkt 8). Links (a) die auf Abb. 36 mit e<sup>1</sup> bezeichnete Insel; b der stehende, c und d zwei umgefallene Pilzfelsen. Alle drei befinden sich auf der Kante der auf Abb. 36 sichtbaren Stufe a—a<sup>1</sup>. Vorn (e) die glatt gewaschene Oberfläche des Wadibodens mit anstehendem Gestein und wenig hellem Schutt. Bei f der unterhalb der Stufe gelegene Boden des Wernertales, dahinter die Steilwand g, die über f deutlich unterwaschen ist. Unter g zwei dunkle überrindete Dachbänke und dunkler Schutt. An der hellen Wand darunter Gesimse, Hohlkehlenwand und Flachböschung (über f). Auf a folgende Schichten: 1 ist eine dunkle Hartrindenschicht, 2 eine konglomeratische Bank, 3 und 4 zwei harte Kalksteinmassen, mit einer weicheren Zwischenbank, die eine Hohlkehle bildet, 5 ist wieder eine weichere, 6 eine härtere Bank. Am Pilzfelsen b sind alle Bänke wie auf a entwickelt, nur bildet die Bank 6 den Wadiboden und die weiche Bank 5 ist kräftig abgetragen worden; daher die Ausbildung eines Pilzes. Bei c und d ist die Zerstörung der Basis soweit fortgeschritten, daß sie umgefallen sind. Auf dem Pilz b ist die Abschuppung namentlich der Bank 1 und 2 deutlich, fast garnicht auf a, wohl aber auf c und d. Am Fuß von b liegen Schuppen und helles feines Kalkmehl, die anscheinend von oben abgefallen sind. Auch um c und d liegt solch' heller Schutt. Er ist spärlich, muß von dem Pilz abgefallen sein und zwar seit der Zeit des letzten Hochwassers (1909). Die Entstehung der Pilzstiele ist auf Wassererosion, nicht

auf Windwirkung zurückzuführen. Die Salzabschuppung aber ist die zerstörende Kraft.

Wie dem auch sei, der Pilzfelsen im Walthertal ist ganz gewiß nicht geeignet als Paradebeispiel für äolisch — durch Deflation — entstandene Pilzfelsen zu dienen.

### c) Wadi Rished.

Der Marsch ging nun über die braune Hamadaebene zum „Gelben Mamelon“ und zwischen diesem und dem Nischenberg vorbei. An diesem konnten über die so auffallenden Dreiecksnischen einige wichtige Beobachtungen gemacht werden. Die Hauptnischen liegen unter einer Kantenbank in D unter E.

Punkt 9, Abb. 38, Tafel IV. Blick auf den Nischenberg bei Punkt 9 aus Osten. Der Berg besteht aus den Gesteinsgruppen E, D, C. Seine Böschung wird durch die Bankmassen a und b gegliedert; auf der Grenze von C und D tritt noch örtlich die Bankmasse c in Erscheinung. Über a eine niedrige, mit altem dunklen Schutt überzogene Schichtmasse d. Zwischen a und b ist die alte dunkelbraune Böschung meist erhalten. Zahlreiche, aber flach eingeschnittene Rillen und einzelne hellere Wandflächen weisen auf die beginnende Zerstörung hin. Die Ausbildung von Nischen hat gerade angefangen. Zwischen b und c ist die alte dunkelbraune Schuttdecke dagegen zum großen Teil entfernt worden: rechts flächenhaft unter Ausbildung heller Böschungen und Wandflächen, links dagegen sind Zungenkegel und Dreiecksnischen entstanden. Auf den Rückenflächen der Kegel liegt noch dunkler Schutt. Auch steigt örtlich diese alte Schuttdecke als Flachböschung noch bis zur braunen Böschung über b hinauf (unter g). Die Kegelflanken sind hell, die Nischen liegen ganz im Schatten. Jede besitzt eine Ausflußrinne. Da sich diese z. T. vereinigen, zerschneiden nur einige Rinnen den Sockel, den z. T. die Stufe C bildet. Auf diesem Sockel ist von der alten dunklen Schuttdecke nur noch wenig erhalten. Im Vordergrund die Oberfläche der Gruppe C, in die mit z. T. unbestimmten Grenzen ganz flache Abflußrinnen (h) eingesenkt sind. Bei e hat eine solche Rinne an dem Sockel des Berges einen Prallhang geschaffen. f ist eine Nische, die auf den nächsten Bildern näher beschrieben wird.

Punkt 9, Abb. 39, Tafel V. Die Nische f des Nischenberges am Punkt 9. Auf dem Abhang zwischen a und b sieht man einige Rillen c—d—e, die zur Dachbank der Nische laufen. d und e vereinigen sich. In der Nische ist die Schichtung der Rückenwand gerade noch erkennbar. Aus der Nische kommt nur

eine Rinne f heraus. Die alte Schuttdecke geht z. T. lückenlos über die Bankmasse b hinweg; bei h aber hat zwischen beiden Nischen die Herausarbeitung der Bank b begonnen. Es fällt auf, daß die bloßgelegte Bank, die ja das Dach der Nische bildet, stets etwas über das spitze Ende des Nischenflügels hinausgreift, und daß sich an das äußerste Ende der freigelegten Bank die helle Flanke des Zungenkegels ansetzt (bei i). Die Freilegung der Dachbank, die Abtragung der Flanken des Zungenkegels, die Ausbildung der Nischenflügel geht gleichzeitig vor sich. Der Zungenkegel h wird von der Rille g zerschnitten, die an der herausgearbeiteten Dachbank beginnt. Der dunkle Schutt, der ursprünglich der alten braunen Flachböschung angehörte, ist an dem Gehänge der Rille g hinabgewandert. Dasselbe ist bei k eingetreten, l ist ein Vorsprung auf dem Boden der Nische, der zwischen den flachen Abflurinnen stehen geblieben ist. m und n wie auf Abb. 40.

Aus diesen Feststellungen geht klar und deutlich hervor, daß die beiden Flügel der Nische sich im Anschluß an die Ausbildung der Dachbank entwickeln, und daß sich die Flügel seitlich immer mehr verlängern, sodaß die Vereinigung von benachbarten Deltanischen angebahnt wird. Nach deren Vereinigung entstehen „Sägenischen“ und schließlich eine Trapeznische. Ferner zeigt das Bild die Bedeutung der von oben herabkommenden Regenrillen. Das herabfließende Wasser befördert das Heraustreten der Dachbank und die Verbreiterung der Nische. Abb. 40 zeigt das noch deutlicher. Ferner ist unweigerlich festzustellen, daß der braune Hamadaschutt während der Entwicklung der Abflurinnen sich als geschlossene Decke an den Hängen der Rinne herabbewegt und erst, wenn die Hänge zu steil werden, abrutscht und verschwindet. Die braunen Gesteinsstücke liegen stets in einer Kalkmehl-Schlammkruste.

Punkt 9, Abb. 40, Tafel V. Der linke Flügel der f-Nische. Die linke Ecke der Nische auf Abb. 39 ist hier aus größerer Nähe aufgenommen. b ist die Dachbank mit der Rille c von Abb. 39, m die Oberfläche des Seitenkegels mit Schuttstücken in Schlammkruste, bei n dagegen von oben herabgefallener Schutt. Sehr deutlich ist die Erscheinung, daß die Dachbank länger ist als der Nischenflügel. Das spricht für Abtragung durch von oben herabfließendes Wasser als maßgebendem Faktor.

Eine Tatsache tritt auf Abb. 40 noch deutlich hervor: das schräge Zurückweichen der Hinterwand b. Es muß also noch eine Kraft wirken, die bewirkt, daß die Rückwand der Nische unten schneller zurückweicht als oben. Hierauf wurde bereits auf S. 29 hingewiesen.

Alle diese Verhältnisse sprechen dafür, daß bei der Ausarbeitung der Nischen das Wasser eine große Rolle spielt, während eine Beteiligung des Windes nicht zu erkennen ist.

Nun ging es im Verlauf der flachen, breiten Abflußrinne, die von dem Nischenberg herabkommt, zum Wadi Rished. Dieses ist geradeso wie das Wadi Hof ein ausgesprochenes Tal mit Prall- und Gleithängen, eingefast von älteren Schuttstufen und einer jüngsten Abflußrinne, die in die Schuttmassen eingeschnitten ist. Auf dem Boden dieser jüngsten Rinne tritt wiederholt der kahlgefegte Felsboden zutage, auf dem aber nicht selten Platten von altem Schutt oder auch einzelne Blöcke liegen geblieben sind. Die Abflußrinne kann sogar in den eozänen Kalk eingeschnitten sein. So zeigte ein Profil oberhalb der „Wasserlöcher“ folgendes. Oben liegt eine 5 m mächtige Schuttschicht, darunter, über der Sohle des Wadis, eine 50—70 cm hohe Kalkmergelwand — also Einschneiden in das Gestein. Folgende Aufnahmen geben ein Bild von den in dem Wadi Rished charakteristischen Erscheinungen. Dort, wo das Wadi Rished erreicht wurde (Punkt 10), zeigte sich folgende Nischenbildung.

Punkt 10, Abb. 41, Tafel V. Nischen auf dem Westhang des Wadi Rished. Der Befund ist in mancher Hinsicht interessant. Drei Nischensysteme liegen übereinander. a— a und b— b sind die trennenden Dachbänke. Von der obersten Nische o ist nicht viel zu sehen. Man kann aber zwei Abflußrinnen erkennen, die eine bei c, die andere bei d. Die mittlere Nische m zwischen Dachbank a— a und b— b ist augenscheinlich eine Sägenische, entstanden aus der Vereinigung zweier Dreiecksnischen; links von e ist der Rest der Zwischenwand erkennbar. Rechts von e liegt eine Abflußrinne, die aus dem rechten Flügel von m kommt; bei e<sup>1</sup> kommt eine zweite aus dem linken Flügel von m heraus. Unter der Bank b— b liegt ein drittes Nischensystem. Ursprünglich waren es drei Schlitznischen 1, 2, 3, aber 1 und 2 haben sich vereinigt. 2 und 3 scheinen im Begriff zu sein, dieses zu tun, da zwischen beiden die Dachbank niedergebrochen ist. 1 hat eine tiefe Abflußrinne f, die bei g auf der kahlgefegten Wadisohle mündet. Aus der Schlitznische 2 kommendes Wasser hat augenscheinlich die Abschürfung der braunen Schuttschicht bei f veranlaßt. Die Schlitznische 3 hat keinen sichtbaren Abfluß. Die ursprüngliche braune Hamadafläche des Abhanges ist an manchen Stellen (h, h<sup>1</sup>) noch erhalten, z. T. aber infolge von Abtragung heller geworden (c) und z. T. ganz verschwunden, sodaß der helle Kalkoden sichtbar ist (f). Vorn der kahlgefegte Wadiboden, auf

dem die gebräunte Felsfläche zutage tritt. Das abfließende Wasser hat den Fuß des Uferhanges angeschnitten (k), sodaß der weiße Kalk hervorsieht.

Blickt man das Wadi abwärts, so fällt der Blick auf einen Prallhang.

Punkt 11, Abb. 42, Tafel V. Prallhang auf dem Westhang des Wadi Rised. Auf dem Abhang ist die alte braune Schuttdecke z. T. gut erhalten, z. T. sind Gesimsbänke freigelegt, Hohlkehlen und Nischen, Rillen und größere rundliche Abschürfungen eingesenkt (unterhalb a). Die Zusammengehörigkeit von Wasserrinnen und Nischen ist deutlich, auch das Einmünden von Rillen in die Nischenfügel. Vorn die von Schutt fast ganz entblößte Sohle des Wadis. Besonders rechts (bei b) ist eine breite helle Abflußrinne deutlich. Diese grenzt an die Flachböschung c mit einem hellen Streifen d, der durch Abspülen des Schuttes geschaffen ist. Wo die helle Rinne gegen den Talhang drängt, ist eine Steilwand entwickelt. Unterhalb eines Wasserrisses liegen bei e große abgestürzte Blöcke. Die von oben kommenden Wasserrisse zerfurchen auch sonst deutlich die Steilwand. Diese verlängert sich etwas nach rechts über der glatten Sohle (b) hinaus, entsprechend der Biegung des ganzen Wadis. Das zeigt, daß der Prallhang der Hauptsache nach in die Zeit der Ausbildung des ganzen Wadis, nicht in die der jungen Rinnen b fällt. Man muß also annehmen, daß die diluviale Schuttausfüllung ursprünglich an dem heutigen Steilhang lag. Tatsächlich ist bei c Diluvialschutt noch erhalten.

Punkt 11, Abb. 43, Taf. XVII. Prallhang an dem Westufer des Wadi Rised bei Punkt 11 mit dunkelbraunen Streifen von herabgeflossenem Schlamm. Auf der Flachböschung mit dunkler Schuttdecke liegen helle flächenhafte Abschürfungen, die mit Rillen (a, b, c) gegen die Kante des Prallhanges auslaufen. Oben (g) Gesimsbänke mit Hohlkehlen. Die Kante der Prallwand (unter a – d) ist etwas zerfurcht. Die 2–3 m<sup>5</sup>) hohe Wand springt oben zuerst bogenförmig zurück, dann fällt sie senkrecht ab. Unmittelbar über der Wadisohle ist nochmals eine tiefe schmale Hohlkehle eingesenkt. Auf der Wand sind dunkelbraune Schlammströme herabgeflossen. Sie müssen recht zähflüssig gewesen sein; denn die Adhäsion am Gestein hat die Schwerkraft überwunden, und sie sind an der Hohlkehle trotz der bedeutenden Wölbung herabgeflossen. Am Fuß der Wand befindet

5) Die Zahl nach Erinnerung; im Tagebuch fehlt leider eine Angabe.

sich eine Hohlkehle, die einer plattgewaschenen Fläche des Wadi-bodens entspricht. Augenscheinlich haben die Wasserfluten beides geschaffen. Die Wand besteht aus einer geschlossenen Kalksteinmasse, die aber eine eigentümliche Streifung und Marmorierung aufweist. Auch beginnt sie am oberen Rand zu zerplatzen. Die beiden bei  $e^1$  liegenden Blöcke stammen von der Kante der Wand bei  $e$ . Andere, die links von  $e$  abgestürzt sind, sind vom Wasser bereits fortgewaschen worden. Über  $f$  ist eine Schuppe in Ablösung begriffen, links davon andere Schuppen und ein tiefer gehender Sprung. Fig. 14, Taf. VIII zeigt den Querschnitt durch den Prallhang.

Die Schmutzstreifen müssen wir uns noch näher ansehen. Die braune steinige Hamada oberhalb der Kalkwand  $\alpha$  besteht aus der bekannten Schuttlage in einer Schlammkruste  $\gamma$ . Unter ihr aber liegt brauner Salzstaubboden  $\beta$ . Dieser braune Salzstaubboden ist es, der vom Wasser ausgeschlämmt, über den Rand der Wand floß und an dieser — der Hohlkehle folgend — herableckte. Der zähe Salzbrei hat an dem Gestein festgehaftet. Dieser Befund ist von ausschlaggebender Bedeutung für das Verständnis des Abtragungsmechanismus der Hamadahänge. Das anstehende Gestein wird oberflächlich von einer Schicht steinerfüllten Salzstaubes bedeckt. Diese Schicht dringt auch in das zerplatzte und stückig zerfallende Gestein ein. Über der Salzstaubschicht liegt die braune steinige Schlammkruste. Wenn es regnet, dringt Wasser in die Salzstaubschicht ein, verwandelt sie in einen zähen Schlammbrei. Dieser Schlammbrei fließt langsam zwischen den braunen Steinen der Schlammkruste nach abwärts, ohne die Kontinuität der braunen Schuttdecke zu zerstören, bzw. diese gerät nur allmählich — vor allem auf steilen Hängen — in Unordnung. Bei solcher Mechanik der Abtragung ist es zu verstehen, daß Hamadaflächen unterhalb von festen Dachbänken allmählich tiefer sinken. Allmählich, allmählich wird der Salzstaubboden ausgeschlämmt, während er sich in der Tiefe immer neu bildet; die braune Hamadafläche aber bleibt im wesentlichen erhalten. Die Vorgänge wird man nicht eher eindeutig verstehen können, als bis die Wirkung des Regens durch unmittelbare Beobachtung festgestellt worden ist. Bevor das geschehen ist, kommt man über Vermutungen nicht hinaus. Der Vorgang kann nur langsam vor sich gehen, da sonst die braune Schuttdecke zerstört werden würde. Das Hamada-Schlammfließen ist sehr verbreitet; an den Wänden der Dreiecksnischen wurden ja Schlammstreifen wiederholt beobachtet — so auf der Abb. 15, am 26. V. 14 im Wadi Hof.

Weiter unterhalb, in der Gegend von Punkt 11, zeigt das Wadi Rised folgende Erscheinungen.

Punkt 11/12, Abb. 44, Tafel V. Die Westseite des Wadi Rised zwischen Punkt 11 und 12. Der Westhang gliedert sich in zwei Stufen (Fig. 15, Taf. VIII)<sup>6)</sup>. a ist eine Schichttafel aus C—D—E, in die ein Wadi (unterhalb von c) eingesenkt ist. b ist eine Längsstufe aus grobem Schutt, geradlinig wie die Längsstufen unserer Flußtäler. Die dunkelbraune Hamadaoberfläche der Stufe geht ohne Unterbrechung in die alte, braune Flachböschung der eozänen Schichttafel über. Der Längsstufe b entspricht die gegenüberliegende Schuttstufe d, deren gleichmäßig braune Hamadafläche aber zerstört ist. Vorn (e) der kahl gewaschene Boden des Wadis aus anstehendem Gestein mit höckeriger, löcheriger Oberfläche. Die kahlgewaschene Wadifläche setzt sich nach f hin fort. Zwischen der hellen Abflußrinne f und den beiden Längsstufen b und d sind Reste der früheren Schuttfüllung erhalten. Die Stufe b besteht aus 5 m mächtigem Blockschutt. Die Beschaffenheit dieses Blockschuttes zeigt Abb. 45.

Punkt 11/12, Abb. 45, Tafel XV. Längsstufe im Wadi Rised aus grobem Schutt zwischen Punkt 11—12. Daß der Blockschutt fließendem Wasser seine Entstehung verdankt, ist sicher. Am wahrscheinlichsten ist die Ablagerung in stürmischen Hochwasser und in der Form von Muren. Man erkennt die Packungen aus Blöcken, die z. T. gerundet, z. T. eckig sind. Grandschichten und Schuttschichten wechseln ab. Oben (Gegend von a) Löcher, aus denen Blöcke herausgefallen sind. Zahlreiche senkrechte Kerben c zerschneiden die Böschung.

Panorama Abb. 46—49 bringt einen Überblick über das Wadi Rised und zwar von der Stelle, wo auf der Schweinfurth'schen Karte (Taf. IX) die Worte: beständige Wasserlöcher stehen.

Punkt 12, Abb. 46—49, Tafel II. Panorama der Westseite des Wadi Rised von den Wasserlöchern aus gesehen (Punkt 12). Gehen wir von der Wadisohle aus! Die hellen Flächen a sind die heutigen Abflußrinnen; feiner bis mittlerer Schutt (bis Faustgröße) bedeckt sie. Viel gröber ist der Schutt auf den etwas höher gelegenen, mit viel Zwergsträuchern bedeckten Flächen b. Sie sind dunkler als die a-Streifen, aber doch noch heller als die große, breite, geradlinige Längsstufe c. Diese besteht aus dem gleichen Schutt wie b, aber enthält mehr mittleres und feineres Material. Die Oberfläche ist daher glatter.

6) Auf Taf. VIII, Fig. 15 muß es heißen: Abb. 44, nicht 45.

Während die Oberfläche der Längsstufe dunkel ist, sind die Gehänge häufig heller, z. B. bei  $c^1$ . Über der Längsstufe erhebt sich die eozäne Schichtstufe  $d$ , stufenförmig ansteigend. Die Stufen sind z. T. mit der braunen glatten Hamadadecke überzogen, z. T. treten Gesimse, Hohlkehlen, Nischen deutlich heraus. Man vergleiche z. B.  $d^1$  und  $d^2$ . Hier liegt an der Biegung eines Wadis ein Prallhang. Unterhalb von  $e$  befindet sich eine lange Schlitznische. Die Erscheinung, daß an den Wänden der Tafeln die oberen Teile dunkler sind als die unteren, und daß die Nischen sich gerade in den mittleren Teilen finden, ist vielfach zu beobachten. Darin liegt ein Hinweis auf die stärkere Zerstörung der braunen Hamada in den unteren Hangteilen. Daß aber gerade unterhalb von Dachbänken die Zerstörung stattgefunden hat, ist gleichfalls zweifellos festzustellen. Deutlich ist auch z. B. bei  $d^2$  und  $d^3$  die Einheitlichkeit der braunen Schuttdecke auf der eozänen Schichttafel und auf der Schuttlängsstufe. Links von  $c^1$  erkennt man unter der Schuttmasse Eozänbänke am Fuß der Terrasse; also ist  $a$  in das Eozän eingeschnitten. Fig. 16, Taf. VIII zeigt den Querschnitt,  $a$  ist das Eozän,  $b$  die Schuttmasse der Längsstufe.

Die Beobachtungen im Wadi Rished und Hof lehren folgendes. Ursprünglich waren breite Flußtäler mit Windungen entstanden. Diese wurden später mit einer Schuttmasse ausgefüllt bis zu ca. 5—8 m Höhe. Dann erfolgte eine Ausräumung der Schuttmassen, die als Längsstufen teilweise erhalten blieben. Die niedrigeren Schuttstufen, die auf der heutigen Talsohle liegen (z. B.  $b$  in Abb. 15, aber auch solche im Wadi Hof), könnten Reste der alten Ausfüllung sein. Es ist aber auch nicht ausgeschlossen, daß sie einer zweiten Aufschüttungszeit entsprechen, auf die eine dritte Erosionsperiode folgte, der die heutige Abflußrinne  $a$  entsprechen würden. Die braune Hamada jedenfalls entstand nach der Aufschüttung der hohen Längsstufen und zwar über dieser und den Eozäntafeln. Ebenso ist sicher, daß die zweite Erosionsperiode sich tiefer eingeschnitten hat, als die erste, da unter der Hauptschuttstufe Eozänhänge an einigen Stellen aufgeschlossen sind.

#### e) Der Rückweg.

Der Rückweg führte am NO-Rande der „Engel-Höhe“ entlang. Dieser Abhang zeigt ausgezeichnete Abtragungsformen. Die braune Hamada ist z. T. erhalten, z. T. von Dreiecksnischen durchsetzt, z. T. ganz frei von braunem, altem Schutt. Zungenkegel steigen empor und sind in allen Entwicklungsstadien zu

finden. Nachfolgende Aufnahmen folgen einander von SO. nach NW. im Verlauf des Abhanges.

Punkt 13, Abb. 50, Tafel XVIII. Nordostrand der Platte der Engelhöhe bei Punkt 13. Die Tafel besteht aus Gesteinen der Gruppe E. Oben die dunkelbraune Hamada. Der Abhang ist zerschnitten, große Nischen sind eingefressen und helle Flachböschungen entwickelt. Dazwischen lecken von der Basis der Wand her Zungenkegel mit dunkler Rückenfläche und hellen Flanken empor. Die Schichtung der Zungenkegel ist deutlich, der Schutt bildet also nur eine dünne Decke. Vorn der Boden eines Wadis mit Rinnsalen, grobem Schutt und Zwerggesträuch.

Punkt 14, Abb. 51, Tafel XVIII. Nordrand der Tafel bei Punkt 14 (Fig 17, Taf. VIII). Links die Steilwand mit Nischen und Schluchten (a und b). Zwischen den Nischen Zungenkegel, in denen der Gesteinskern deutlich sichtbar ist. Auffallend ist vor allem in den Wasserrinnen der helle Kalkmehlboden. Die „Schuttböschung“ (c), die von dem Tafelrand nach rechts herabsteigt, besteht zum geringsten Teil aus Schuttmassen. In Wirklichkeit liegt unter einer dünnen Decke das anstehende Gestein. Erst in der Ebene (d) liegt der Schutt mächtiger als zusammengeschwemmtes „Kolluvium“. Aber in einiger Entfernung von dem Hang — auf den breiten Wadiflächen — steht wieder unter dünner brauner Schuttschicht der Fels (e) an.

Etwas weiter westlich ist folgende Spezialaufnahme gemacht worden.

Punkt 14, Abb. 52, Tafel V. Tafelrand in der Nähe von Punkt 14. Die Gliederung des Abhanges ist deutlich. Bei a die braune Hamadaoberfläche. Es folgt die Wand b mit zahlreichen hellen Zungenkegeln und Nischen, in denen örtlich Bänke erkennbar sind. c eine zweite Wandzone mit größeren Nischen und spärlicheren Zungenkegeln. Auch diese sind hell; nur auf denjenigen, die die Kante der Wand b erreichen, liegt noch dunkler Schutt (zu beiden Seiten von d). Die Zahl der Wasserrisse ist in der Stufe b weit größer als in der Stufe c. Vorn der Boden eines Wadis mit grobem Schutt und wenigen Spülrinnen.

Punkt 15, Abb. 53, Tafel V. Nische und Zungenkegel am Nordrand der Tafel „Engelhöhe“ bei Punkt 15. In der Nische links die Rückwand mit Bänken und Schichtfugen. Unter a deutliche Spuren von Wassererosion. In der Abflußrinne, nahe der Rückwand, grober Schutt (d), dann helles Kalkmehl (e). Bei b trägt die Rückenfläche des Kegels dunklen

Schutt und erreicht die Oberfläche der Stufe. Die Flanken sind hell — Gesteinsstücke in Kalkschlamm —, der Gesteinskern bei c ist deutlich. Unter dem hellen Schutt des Kegels (f) liegt in einigen Zentimetern Tiefe der Kalkstein. Im Hintergrund die Wand einer neuen Nische (g).

Punkt 16, Abb. 54, Tafel V. Nische und Zungenkegel an der N-Ecke der Engelhöhe bei Punkt 16. Ein auffallendes Bild! Auf dem geschlossenen Tafelrand (f) fällt die dunkle Hamadaoberfläche auf, darunter eine zum Teil ziemlich glatte Wand, sowie flache Zirkusnischen g—h—i—j—k—l. Vor der Wand liegt eine Anzahl dunkler Höcker (a—e), die von links nach rechts höher werden. Am rechten Bildrand steigt der letzte — auf Abb. 54 nicht mehr sichtbar — als dunkle Flachböschung bis zur Kante der Tafel hinauf. Diese Höcker tragen z. T. noch die ursprüngliche braune Hamadadecke und zeigen an, wo ursprünglich der Rand des Abhanges lag (Fig. 18, Taf. VIII)<sup>7)</sup>. Bei g liegt bereits eine sekundäre Wandfläche vor, die längst keine dunkelbraune Schuttdecke mehr trägt. Im Vordergrund eine Flachböschung aus Kolluvium, d. h. abgeschwemmtem Schutt, unter deren Oberfläche aber an dem Wege (m) heller Salzstaubboden zutage tritt. Also ist die braune Colluviumschicht keine so ganz junge Bildung. Alles weist auf sehr langsame Vorgänge hin.

Punkt 17, Abb. 55, Tafel V. Der westlichste der drei „Gleichen“ bei Punkt 17. An dem Abhang sind zwei Bankmassen bemerkenswert: a bildet den oberen Rand, b zieht sich auf dem Abhang entlang und hat die Stufe c erzeugt. An dem Abhang fallen zahlreiche Schlitznischen auf, im Bereich der Bankmasse a namentlich. Sie sind auffallend schlitzförmig, und der Rand ihres Gesimses ist scharf. An dem Abhang tritt das gebankte Gestein überall zutage, bedeckt von einer Kruste, die örtlich fehlt (auf der Zeichnung nicht erkennbar). Meist treten diese Stellen als weiße Streifen unter Gesimsen hervor, unterhalb d aber als ein den Abhang senkrecht hinabziehender Streif. Der ganze Abhang sieht aus, als wäre er mit einer Teigrinde überkleistert. Die besteht aus hellem Kalkschutt, eingetrocknetem Kalkschlamm und weißer mehligter Verwitterungserde. Auffallend sind ferner am Abhang die gerundeten muldenförmigen Rinnen (zu beiden Seiten von b), während die unterhalb a gelegenen schon eher den üblichen Wasserrillen entsprechen, die auf Vertikalerosion zurückzuführen sind. Die vorgelagerte Kuppe e ist ein alter

7) Die Buchstaben a—e in Abb. 54 entsprechen a—e in Fig. 18, Taf. VIII.

Zungen-Höckerkegel, dessen Oberfläche links noch mit dunklem braunen Schutt bedeckt ist. Dieser dunkle Schutt ist um so auffallender, als er an eine weiße Fläche (f-g) grenzt, die aus anstehendem Kalkstein besteht und sich am Fuß des Abhanges entlangzieht, z. T. von Schutt bedeckt. Die Bank g ist unterhöhlt, und zwar durch abfließendes Wadiwasser. Denn hier befindet sich eine Prallstelle der Abflußrinne h, die mit feinem bis mittlerem Schutt bedeckt ist.

Die Erklärung der Verhältnisse ist nach dem, was wir bisher kennen gelernt haben, nicht schwer. Ursprünglich verlief eine braune Hamadaböschung a nach f. Dann entstand unter Entwicklung von Dreiecksnischen die heutige Wand b, in der Gehängemulden noch die ehemaligen steilwandigen Nischen andeuten. Der Zungenkegel e/f hat sich gehalten, z. T. mit der alten braunen Schuttdecke. Auf der neuentstandenen Böschung b laufen die Schlammbreimassen bei Regen herab, die Formen abrundend. Aber es hat eine neue Abtragsphase begonnen. Bei a und d sind neue Schlitznischen entstanden, und auch sonst zeigen sich auf dem glatten Hange, unter festen Bänken, die ersten Anlagen solcher Schlitznischen. Geht der Vorgang weiter, so wird der Hang b seinerseits in Nischen und Zungenkegel zerlegt werden. Die Schlitznischen, die augenscheinlich den Ausgang für die Dreiecks-, Säge- und Trapeznischen bilden, beanspruchen daher ein besonderes Interesse.

Während des ganzen Tages herrschte ein kräftiger Wind von der Stärke 6—7. Trotzdem war die Luft äußerst durchsichtig und staubfrei. Sobald man aber mit dem Fuß die schützende Salzrinde zertrat, begann Staub zu fliegen.

### 3. Der Ausflug nach der El Qurn-Tafel (28. V. 14).

#### a) Bis zur Meinardus-Bucht.

Es geht wie am 27. V., zuerst das Wadi Schuscha aufwärts. Dieses endet mit einem Zirkus, der von einer Schichtstufe umfaßt wird. Bei Punkt 1 steht man auf dieser Stufe. Die Oberfläche ist eine alte graubraune Schuttfläche; unter dem Schutt liegt gelbbraune salzreiche Kalkerde, auch Gipskrusten. Die Kalkstücke der Hamada besitzen schwarzbraune Eisenrinden. Die Fläche ist eine Abtragsfläche, keine Aufschüttungsfläche. Im Norden erhebt sich eine Stufe, die aus der Gruppe B besteht, während die Abtragungsebene bei Punkt 1 aus C besteht. Nach Buxtorf streichen hier zahlreiche parallele Verwerfungen von WNW. nach

OSO. Der Rand ist ein Bruchrand. Er ist auf Abb. 56 und 57 sichtbar.

Es geht weiter nach O. zu dem Mittellauf des Wernertals. Dieses ist in die Abtragungsebene eingeschnitten und zeigt unterhalb Punkt 2, der an dem Stufenrand liegt, folgende Verhältnisse.

Punkt 2, Abb. 56—57, Tafel XIX. Das Wernertal unterhalb der Stufe am Punkt 2. Der Standort des Beobachters liegt südlich des Wadis; man blickt nach Norden. Die Landschaft gliedert sich in zwei Schichtstufen. Der Rand a bis c<sup>2</sup> hat die Kieselkalkbank B als Kantenbank, die Stufe 1 bis l<sup>4</sup> liegt in der Gruppe A. Die hintere Stufe ist zwischen a—a<sup>2</sup> durch Wandzirken gegliedert, an anderen Stellen ist die alte braune Landfläche unversehrt, so unter b. Nur der Einschnitt a<sup>1</sup>—a<sup>3</sup> zerschneidet die Stufe d, alle anderen Gehängezirken verlaufen sich auf der glatten Oberfläche von d. Ihre alte braune Landfläche ist z. T. erhalten, namentlich in der oberen Hälfte der Stufe. Dasselbe gilt für die Oberfläche der l-Stufe — rechts von d dunkle, links in der Nähe des Wadirandes l<sup>4</sup> helle Oberfläche. Von l<sup>2</sup> nach rechts wird der Stufenrand durch die Wandzirken c—c<sup>1</sup>—c<sup>2</sup> gegliedert, von denen Wadis ausgehen. Zwischen ihnen zieht sich auf dem vorspringenden Rücken die braune Flachböschung unversehrt hinab. Nur örtlich zeigen helle Streifen und hervortretende Bänke die beginnende Zerstörung an. Besonders schön ist die braune Hamada auf dem Rücken i (= d-Fläche) erkennbar. Das mit dem Wandzirkus c beginnende Tal weist z. T. frische Abtragung auf, z. T. bildet die alte braune Flachböschung seine Gehänge, und läßt beim Passieren der Bankmasse l einen Talzirkus (l<sup>2</sup>) entstehen. Weiter abwärts ist die Entfernung der Schuttdecke in allen Stadien zu erkennen, von dem Beginn des Hervortretens der Dachbank über Hohlkehlen und Dreiecksnische (l<sup>4</sup>) zu hellen kahlen Wänden aus Gesimsen und Hohlkehlenwänden. Bei f mündet ein von rechts kommendes, an der l-Stufe beginnendes Nebenwadi. Noch klarer sind die Verhältnisse bei Tal c<sup>2</sup>. Sein Wandzirkus l wird später beschrieben werden. Die Formen der rechten Talseite zeigt das Bild deutlich. Gehen wir von der Sohle des Wadis aus! Auf ihr hebt sich die helle Abflußrinne o, in die noch schmale, weiße Rinnsale (o<sup>1</sup>) eingeschnitten sind, scharf ab von den höheren, mit dunkelbraunem gröberem Schutt bedeckten Terrassen p und p<sup>1</sup>. Diese liegen auf den Konkavseiten von Windungen. Auf den Konvexseiten dagegen, wo die hellere tiefere Abflußrinne gegen den Talhang drängt, finden sich unterwaschene Steilwände (m, m<sup>1</sup>). Wo kein Prallhang entwickelt ist, geht von

der Oberfläche i eine dunkle Flachböschung zur Sohle des Wadis hinab (k, k<sup>1</sup>). Die in die rechte Talseite eingeschnittenen Zirken n und l<sup>1</sup> sind deutlich an Wasserrisse gebunden. Der breite Zirkus n steht hinsichtlich seiner Größe und Ausbildung in auffallendem Gegensatz zu der in ihn mündenden unbedeutenden Rinne. Man sollte meinen, daß das Wasser, das in dieser fließt, allein ihn nicht geschaffen haben könnte. Die Konvexnische zwischen l und k liegt zu weit ab, als daß man ihre Form und Entstehungsart beurteilen könnte. g und h schließlich sind kurze Wasserrisse mit fast ganz erhaltener brauner Flachböschung.

Man kann sich des Eindruckes nicht erwehren, daß die Nischen, namentlich die Nische n, nicht nur durch von oben herabstürzendes Wasser entstanden ist, sondern daß außerdem unterirdisch herausquellendes Wasser an der Entstehung tiefer Nischen mitgearbeitet hat. Diese Vorstellung wird durch die nachfolgenden Aufnahmen verstärkt. Das Wadi nämlich beginnt mit zwei hintereinander liegenden Zirken, die folgende Verhältnisse aufweisen.

Punkt 3, Abb. 58, Tafel XX; Abb. 59, Tafel VI; Abb. 60, Tafel XX. Die Talzirken am Punkt 3. Am Rande der aus Gruppe B gebildeten Schichtstufe sind zwei Zirken entwickelt (Taf. VIII, Fig. 19). Oben, auf der Schichtstufe, läuft ein Netz ganz flacher, aus Osten kommender Rinnsale und gerade da, wo sie den Stufenrand erreichen, liegen die beiden Zirken I und II. Von jedem Zirkus geht ein Wadi aus, und in dem Wadi II befindet sich ein zweiter Zirkus III. Die Standorte, von denen aus die 3 Photographien aufgenommen sind, sind 1—2—3 der Kartenskizze (Fig. 19, Tafel VIII).

a) Abb. 58, Tafel XX. Man erkennt deutlich die drei Zirken I—II—III. a—a<sup>1</sup> ist die Scheidewand zwischen I und II; 2 und 3 die Standorte für Abb. 59—60. Zwischen II und III läuft ein Weg. Der Zirkus I besitzt bei c noch den Rest einer Querwand (c): I ist also durch Verschmelzung zweier Zirken entstanden. Bei allen drei Zirken ist ein Amphitheater aus Bänken vorhanden, fast so gleichmäßig wie die Sitzbänke der antiken Theater. Die unterste Bank ist unterhöhlt. Die Vorsprünge b und a sind deutlich geschichtet und nur von dünner Schuttdecke überzogen. Diese Schuttdecke ist überall entwickelt; sie fehlt nur da, wo offensichtlich das Wasser in den Wadis herabläuft. Am Zirkus III kann man das deutlich sehen. Bei e die dunkle unverletzte Schuttdecke, bei d sind nur noch Reste über Gestein entwickelt, zwischen d und e, wo hauptsächlich Wasser abfließt, liegt eine schutfreie, unterhöhlt Wand. Auf der Wadisohle sind

die hellen feinen Schuttmassen und die vereinzelt größeren Gesteinsstücke deutlich. Ein Netzwerk von Rinnsalen durchzieht sie.

b) Abb. 59, Tafel VI. Der Zirkus I. Man steht bei 2<sup>8)</sup> auf dem Rücken zwischen Zirkus I und II. a, b und c wie auf Abb. 58. Deutlich erkennt man, wie bei b die mit altem braunen Schutt bedeckte Flachböschung einen Gesteinskern hat, und daß der Sporn c und a von Schutt entblößt ist. Von dem Zirkus c/b und c/a geht je zu beiden Seiten der Schuttplatte f eine helle, schutfreie Rinne g und g<sup>1</sup> aus, denen an der Zirkuswand eine Unterhöhlung entspricht. Einzelne Gesteinsblöcke liegen in der Höhlung. Betrachtet man die unterste dicke Bank genau, so findet man, daß jedem Block ein Loch in der dicken Bank entspricht. Augenscheinlich sind es herabgefallene, von der Bank abgeplatze Stücke. Unterhalb i liegt ein Block noch in einer Nische. Ein Strudeloch ist auf dem Wadiboden unterhalb der Steilwand nicht vorhanden. Der dunkle Streif unterhalb g ist eine dicke Bank.

c) Abb. 60, Tafel XX. Die Südecke des Zirkus I. Man blickt auf den Zirkusrand, den die knollige zerklüftete Kieselkalkbank (l) der Gruppe B bildet. Unter ihr die Kalksteinbank m, von der die auf dem Zirkusboden liegenden Blöcke stammen. Die tiefe Unterhöhlung der Wand und das Fehlen jedweden Strudeloches ist deutlich. Die Oberfläche der Kieselkalkbank ist unmittelbar über der Zirkuswand (i) von Schutt fast entblößt, rechts davon nur mit dünner Schuttdecke versehen. An der Böschung der Tafel h sind Gesimse in Flachböschung sichtbar.

Die Aufnahmen zeigen folgendes. Oberhalb der Zirkus I und II liegt eine Abtragungsebene, die mit dünner Schuttlage bedeckt ist, und auf der zahlreiche, netzförmig verzweigte, kaum eingeschnittene Wasserläufe bei Hochwasser fließen. Sie sind es augenscheinlich, die die Abtragungsfläche geschaffen haben. Die tiefen Nischen unter der Oberflächenbank der Zirkus und die Schichtfugen in der Wand verraten subterrane Erosion. Das Wasser dringt im Bereich der Ebene I (Abb. 59 und 60) in das Gestein ein und tritt in den Schlitznischen und Schichtfugen aus. Dadurch wird die Bank unterhöhlt, bricht nach, und langsam erfolgt ein Zurückweichen.

Die Abtragungsfläche des oberen Wernertales geht in die Ebene über, die sich in der Meinardus-Bucht zwischen El Qurn und Albdille Plateau fortsetzt. Zwischen beiden Ebenen aber liegt

8) In Fig. 19, Taf. VIII ist die 2 zu weit nach oben gestellt; sie muß rechts von a stehen. Übrigens ist die Eintragung der Punkte nach der Erinnerung geschehen, daher nicht ganz korrekt.

ein Hügelzug, der von SW. nach NO. zieht. Es handelt sich um einen ehemaligen geschlossenen Riegel, der aber jetzt in isolierte Hügel aufgelöst ist. Die Entstehung dieser Hügel ist wohl kaum anders zu verstehen, als daß die aus dem Wernertal und der Meinardus-Bucht kommenden Schichtfluten nebst dem unmittelbar auffallenden Regenwasser, die Auflösung des Riegels in isolierte Hügel veranlaßt haben. Damit gewinnen wir einen Einblick in die Entstehungsweise der ausgedehnten Abtragungsflächen der Schichtstufen und in die Entstehung der zahllosen isolierten Platten und Tafeln, die zwischen dem Niltal und dem Haupttafelnd liegen, durch seitliches Unterschneiden von Prallhängen und schließlich Durchbruch. Auch die Pilzfelsen im Walthertal sind im Kleinen analoge Abtragungsreste durch Schichtfluten.

Auf dem Hügelzug zwischen Werner- und Meinardus-Tal fanden sich nun interessante, noch nicht beobachtete Schlitznischen. Obendrein wird die Auflösung des Scheiderückens in Hügel durch sie verständlich.

Der Hügelzug besteht aus den Kalkmergeln und Kalken der C-Gruppe. Sie haben eine helle, abgetragene Oberfläche mit Resten der braunen Schuttdecke. Die Hänge sind aber überall mit Schutt überzogen, wenn auch örtlich Schichtbänke zum Vorschein kommen. Auffallend sind nun auf ihnen enge Schlitznischen, von denen die nächste Abbildung ein Bild gibt.

Punkt 4, Abb. 61, Tafel VI. Schlitznischen in einem Hügel zwischen Werner- und Meinardus-Tal bei Punkt 4. Ein rundlicher Zirkus ist in eine mit Schutt bedeckte Flachböschung eingesenkt. Nicht nur geht von seinen Ecken je ein kulissenartig vorspringender Rücken (a und b) aus, die den Ausgang einengen, sondern es finden sich auch mitten im Zirkus zwei Flachböschungen (c und d), die nach oben in die Flachböschung e—e<sup>1</sup> übergehen. Zwischen ihnen sind unter einer Bank drei Schlitznischen (f<sup>1</sup>—f<sup>3</sup>) entwickelt, aus denen Rinnsale herauskommen. Aber diese sind nicht frisch eingeschnitten, sondern haben gerundete Formen und sind wie verschüttet. Im Gegensatz zu den flachen Schutthängen des Zirkus ist außerhalb desselben eine steile, helle Wand mit Gesteinsbänken entwickelt, d. h. der helle Schutt bedeckt nur unvollkommen das Gestein. Die ganze Nischenanlage macht den Eindruck, als wenn die Schuttmassen die Erosion erstickten. Die Größenverhältnisse sind folgende. Die mittlere Schlitznische, in der ich Schutz vor dem Winde suchte, um Platten zu wechseln, hat eine Länge von 15 m; eine Höhe von

ca. 1 m. Der ganze Zirkus ist ca. 80 m breit. Die Untersuchung ergibt folgendes:

Eine Schlitznische stellt ein ca. 1 $\frac{1}{2}$  m tiefes Loch dar. Man erkennt keinerlei oberflächliche Wasserrinnen, die in die Nische münden, aber es ist doch Wasser aus ihr herausgekommen; das lassen aus dem Loch gekommene, eingetrocknete Schlammassen deutlich erkennen. Es muß Wasser unterirdisch eingedrungen und unter der Dachbank hervorgebrochen sein. In der Schlitznische liegend, bemerkt man auf der Unterseite der Kantenbank und auf der Rückwand abplatzende Scherben. Schuppen und Kalkmehl — wie immer, durch Salzrinde verfestigt — haben sich auf dem Nischenboden hoch angehäuft. Ferner sind Schlamm und Gesteinsstücke von obenher über die Dachbank gefallen, und diese abgeschwemmten Massen haben sich so angehäuft, daß der Nischenboden tiefer liegt als die Schuttoberfläche im Ausgang. Ganz augenscheinlich handelt es sich um eine in Verschüttung befindliche Nische. Das abfließende Wasser ist nicht mehr imstande, den abgefallenen Schutt zu entfernen.

Der Wind spielt bei der Ausräumung der Nische keine Rolle. Der Tag war stürmisch, in den Nischen aber spürte man keinen Hauch, obwohl sie zur Windrichtung günstig lagen. Die Luft war ganz klar.

Die beschriebenen Schlitznischen liegen in einer großen Nische an dem nach SO., d. h. gegen die Meinardus-Bucht, gelegenen Hang. Der Zirkus ist bis auf die drei Schlitze zugeschüttet, aber aus den drei Schlitzten kommen Rinnsale heraus (Fig. 20, Taf. VIII). Faßt man nun die Lage des Zirkus in dem Hügel ins Auge, so ist folgendes festzustellen. Die auf der Ebene des Wernertales herabfließenden Hochwasser erodieren die NW.-Hänge der Hügel. In deren SO.-Seite haben sich die Nischen eingeschnitten. Als der Rücken noch breiter war (Fig. 21, Taf. VIII), drang unterirdisch soviel Wasser ein, daß die Nischen subterran entstehen konnten. Je schmaler der Rücken unter dem Einfluß der Schichtfluten-Erosion auf der NW.-Seite wurde, umso spärlicher wurde der Wasserzufluß, umso stärker wurde die Schuttansammlung. Das Abbrechen von Schollen der Dachbank verstopft den Schlitz erst recht. Bei diesen in Verschüttung begriffenen Nischen bestehen die unter den Flügeln liegenden Wülste aus Schutt, der von oben herabgeschwemmt worden ist. In der Mitte dagegen wird der Weg von dem Wasser freigehalten. Also Dreiecks-nischen sind infolge von Schuttanhäufung in Schlitznischen zurückverwandelt worden.

Der weitere Verlauf des Vorganges könnte folgender sein. Die Erosion durch das Hochwasser des Wernertales schneidet den Zirkus an, ein Durchbruch durch den Rücken erfolgt. So kann man sich die Auflösung des Rückens in Hügel erklären. Auch die Entwicklung der weiten Abtragungs-Schichtstufen durch Hochwasser leuchtet ein; allein es ist noch nicht Zeit, diese Frage zu erörtern.

#### b) Die Albdille-Tafel.

Von Punkt 4 ging es durch das Meinardus-Tal, im Verlauf des Gipsweges. In die Sohle dieser breiten Niederung ist eine Erosionsschlucht eingeschnitten, die mit prachtvollem Doppelzirkus endet. In jedem dieser beiden Zirken mündet ein Wasserlauf, wie an den Zirken am Punkt 3. Auch hier weist Unterhöhlung der Wand auf subterrane Erosion durch austretendes Regenwasser hin. Nunmehr ging es quer durch die Bucht zum Westhang der Albdille-Tafel und auf diese hinauf. An der NW.-Ecke, etwas unterhalb der Tafelkante, liegt eine Dreiecksnische mit abgestürzten Platten der Dachbank. Obwohl diese Ecke dem Nordwind, der stürmisch wehte, offen ausgesetzt war, herrschte in der Nische doch Windstille. Von Winderosion keine Spur, zumal die Salzrinde den Staub unbeweglich macht. Von hier stammt nachfolgende Aufnahme.

Punkt 5, Abb. 62, Tafel VI. Nische an der Westecke des Albdille-Plateaus bei Punkt 5. Eine feste Bankmasse bildet das Dach der Dreiecksnische, deren Rückwand von tiefen Schichtfugen gegliedert wird. Infolge der Unterhöhlung sind mächtige Schollen von der Dachbank niedergebrochen und bedecken den Abhang. In dieser Weise muß die Zerstörung der Dreiecksnischen erfolgen. Die Flachböschung, auf der die Platten liegen, besteht aus Mergelkalk mit dünner Schuttdecke in einer Schlammkruste. Bei a schimmert das Gestein durch, b ist die Sohle der Meinardus-Bucht mit abgeschwemmtem Kolluvium. Bei c der Nordrand der Bucht, der noch näher beschrieben werden wird.

Es ging auf der Tafelhöhe und zwar an ihrem N.-Rand entlang. Die Oberfläche der Tafel ist von Löchern durchwühlt; die Gipskruste ist ausgegraben worden. In dem Rand der Tafel sind einige prachtvolle Zirken eingesenkt.

Punkt 6, Abb. 63, Tafel VI. Zirkus am Nordhang der Albdilletafel bei Punkt 6. Man blickt nach O. über die Tafelfläche zu einer niedrigen Platte, die den NO.-Rand der

Albdille-Tafel bildet. Sie ist mit dunklem Schutt bedeckt. Der Wandzirkus ist eine gleichmäßig gerundete flache Einbuchtung. Man erkennt Gesteinsbänke von anscheinend wagerechter Lagerung; besonders fällt eine dicke Bank an der oberen Kante auf. Die hellen gebankten Gesteinswände sind aber von Streifen dunklem Schutts bedeckt, z. B. bei a. Man hat durchaus den Eindruck, daß eine alte, braune Schuttdecke durch senkrecht wirkende Kräfte entfernt worden ist. In den Rinnen, die sich gebildet haben, liegt loser Schutt (b). Unter dem dunklen Schutt liegt überall weißes feines Gesteinsmehl, das z. B. rechts von a zutage tritt. Der helle Streif c ist ein Fußweg. Die Oberfläche der Tafel (d) ist eine Abtragungsebene — eine Schichtfläche — mit dünner Schuttdecke, die der alten braunen Landfläche entspricht.

Es ging am Rande der Hochfläche weiter. Bei Punkt 7 wurde folgende Dreiecksnische beobachtet.

Punkt 7, Abb. 64, Tafel VI. Dreiecksnische am Rand der Albdilletafel bei Punkt 7. Man blickt über die Kante und Tafelfläche auf die niedrigen Höhen am Ostrand der Albdilletafel. Die Hamada der Tafelfläche biegt über die Dachbank hinab und setzt sich als dunkle Schuttdecke (a)<sup>9)</sup> auf der Böschung fort. Auf der Oberfläche der Tafel schlängelt sich ein flaches Wadi. Wo dieses den Tafelrand erreicht (b), ist eine Dreiecksnische entwickelt. In den Seitenkegeln (a—a<sup>1</sup>) ist der Gesteinskern deutlich, ebenso die überhängende Dachbank und die Rückwand der Nische. In die Dachbank sind die Rillen b und c eingeschnitten. Unterhalb jedes dieser beiden Einschnitte beginnt ein Streif groben Schutts (b<sup>1</sup> und c<sup>1</sup>), die sich nach unten hin vereinigen. Wo die Rille c einmündet, ist die Verlängerung des Seitenflügels anscheinend schneller vor sich gegangen als auf der anderen Seite.

Der Marsch ging dauernd am Rande der Meinardus-Bucht entlang, die mit ihren kolluvialen Aufschüttungen und interessant geformten Hängen gut zu überblicken war. Folgende Aufnahmen stammen von dem Südhang der Qurntafel.

Punkt 8, Abb. 65a, Tafel VI; Abb. 65b, Tafel XXI. Konvexe Dreiecksnische am Südhang der El-Qurn-Tafel gesehen an Punkt 8. Die Photographien sind von SSO. bzw. SO. aus aufgenommen und zeigen zwei Wandzirken (z und z<sup>1</sup>) und den dazwischen liegenden Vorsprung v (mit einer Konvexnische unter v). Infolge perspektivischer Verschiebung ergänzen

9) a muß links von b am Nischenrand stehen.

sich beide Aufnahmen (65 a und b) besonders hinsichtlich des Vorsprunges. Oben die Tafelfläche des El Qurn mit aufgesetzten Schichtplatten (E), die den Ostrand des El Qurn begleiten. Die Böschung wird durch drei Banksysteme gegliedert. a—a ist eine dicke, sehr gleichmäßige, überhängende Bankmasse, b tritt weniger, c wieder stärker hervor. Ferner fallen auf: der Vorsprung v und die Zirken z und z<sup>1</sup>. Die Gesteinsgruppen sind: oben auf der Tafel E, am Steilhang D und an der flacheren Basis C. Fassen wir das Verhältnis zwischen der alten braunen Flachböschung und den hellen, von Schutt entblößten Wandflächen ins Auge, so erkennt man, daß diese auf dem Vorsprung v, — zu beiden Seiten der Konvexnische — von der Dachbank bis zur Basis der Böschung hinabgeht. In dem Zirkus Z fehlt die dunkle Schuttdecke im Bereich des Streifens a/b fast ganz. Sie wird im Streifen b/c von vielen kleinen Rinnen, dagegen nur von einigen größeren Abflußrinnen unterhalb Bank c zerschnitten. Unter der Bank b hat die Bildung von Schlitz- und Dreiecksnischen und Zungenkegeln begonnen, unterhalb c sind beide bereits gut entwickelt, die Zungenkegel sind sogar z. T. schon losgelöst, d. h. sie erreichen nicht mehr ihre Dachbank. Aus jeder Nische kommt eine Abflußrinne heraus, die sich auf der Basis C und dem Boden der Bucht zu gemeinsamen Rinnsalen vereinigen. Im Zirkus Z<sup>1</sup> ist die Abtragung der alten braunen Flachböschung viel weniger vorgeschritten. Unterhalb der a-Bank liegen helle Dreiecke, die oben breit, unten spitz sind. Von jeder Spitze geht eine Abflußrinne aus. Der Beginn von Dreiecksnischen hat unter der c-Bank gerade begonnen. Die b-Bank bildet z. T. ein Gesimse; unter ihr sind ganz örtlich einige Schlitznischen zu erkennen. Die Entwicklung der Abtragung in den Zirken ist deutlich. Oben beginnt eine dreieckige Entblößung der Wand von Schutt. Diese schreitet nach den Seiten und unten fort. Unabhängig davon entstehen Schlitz- und Dreiecksnischen. Denn nicht selten steht über den Nischen ein dunkles Schuttdach. Wohl aber spielen Rillen bei ihrer Entstehung eine Rolle, da sie häufig gerade in die Nischenflügel münden. Am Vorsprung V. ist die größte aller Dreiecksnischen entwickelt, und zwar gerade an der Spitze. Sie besitzt ein dunkles, halbkugelförmiges Schuttdach, das wie das Dach einer Kegeldachhütte aussieht. Unter der Bank c (b ist noch ganz von Schutt verdeckt) liegt die Hinterwand der Nische, deren Schichtgestein erkennbar ist. Zu beiden Seiten springen die Seitenkegel vor, die z. T. von dem alten braunen Schutt bedeckt, z. T. von Rillen zerschnitten sind. Aus der Nische kommen mehrere Rillen heraus,

und dort ist der dunkle Schutt ganz entfernt worden. Wohl aber bedeckt er noch die C-Stufe, in die nur einige helle Rinnsale eingeschnitten sind. Das Dach der Nische ist über dem rechten Seitenflügel in Abbrechen begriffen, und noch weiter rechts beginnen neue Dreiecksnischen zu entstehen. Strudellöcher am Fuß der Hinterwand, die auf vom Dach fallendes Wasser zurückgeführt werden könnten, sind nicht vorhanden.

Der Boden der Meinardus-Bucht ist eine braune Schuttfläche, die von einem Gewirr von Rillen zerschnitten wird. In der Hauptabflußrinne läuft ein Karawanenweg. Die braunen Schuttmassen auf dem Boden der Bucht sind wohl ein Rest der alten braunen Landfläche, während die helleren Partien ein kolluvialer Schutt sind. Eine Anhäufung von Schutt scheint in der Bucht nahe dem Fuß der Hänge eingetreten zu sein im Gegensatz zu den breiten Schichtstufen- und Wadiflächen mit dünner Schuttdecke.

Punkt 11, Abb. 66, Tafel VI. Blick nach Westen über die Meinardus-Bucht von Punkt 11 aus. Rechts der Abfall des Qurn, links der Albdille-Vorsprung bei Punkt 5, in der Mitte die von dunkelbraunem Schutt bedeckte, aber von zahlreichen hellen Rinnen zerschnittene Buchtebene. In ihrer Mitte ein ausgetretener Karawanenweg. Dieser führt hinaus auf eine Fläche mit aufgesetzten niedrigen Schichttafeln. Unterhalb c der Hügelzug mit den verschütteten Schlitznischen. Am Horizont das Niltal. Die Albdille-Tafel (a) fällt steil ab. Reste der alten braunen Böschung sind auf ihr erkennbar. Von der El Qurn-Tafel (b) sind nur 2 Vorsprünge sichtbar mit gut entwickelter alter Böschung und 2 schönen Dreiecksnischen d und d<sup>1</sup>. Am wichtigsten sind aber die Erscheinungen auf der Buchtfläche: Alte braune Hamada, zerschnitten von geschlängelten Wasserrinnsalen, die hellen Schutt entblößen. Die braunen welligen Flächen bestehen aus altem Schutt und sind Kolluvium.

#### c) Der Ostrand der Qurntafel.

Nunmehr ging es über die Tafelfläche zu den Ursprungswadis des Suarez-Tales. Dort gibt es an den Hängen zahlreiche Dreiecksnischen und Zirken, die untersucht werden konnten und die die am Südrand des El Qurn über Nischen gemachten Beobachtungen ergänzen.

Punkt 12, Abb. 67 a und b, Tafel VI. Schutthang mit Abschürfungen und Nischen im Suareztal. Von dem Rande der Tafel kommt ein dunkler Schutthang herab, der den Eindruck einer kolluvialen Aufschüttung macht. Diesen Ein-

druck hat man namentlich am Fuß der Böschung, den die helle Sohle eines Wadis abschneidet (a). Auf den oberen Teilen der Hänge ist die Schuttdecke jedenfalls ganz unbedeutend. Das zeigen die flächenhaften Abschürfungen b, b<sup>1</sup>, b<sup>2</sup>. Von diesen gehen Rinnale aus (c, c<sup>1</sup>). Im Bereich der Abschürfungen treten nicht nur Schichtbänke und -fugen, sondern auch aus letzteren hervorgegangene Schlitznischen auf (oberhalb d—d<sup>1</sup>—d<sup>2</sup>). Bei keiner dieser Schlitznischen bemerkt man einen Wasserzufluß von oben; vielmehr scheint das Wasser aus der Schichtfuge bzw. dem Schlitz herausgetreten zu sein. Jedenfalls hat es deutliche Abflußrinnen geschaffen (c und c<sup>1</sup>). Zwischen Schlitznischen und Dreiecksnischen sind deutlichste Übergänge vorhanden (rechts von d<sup>2</sup>). Diese Nische rechts von d<sup>2</sup> erhält links keinen Wasserzufluß; an der rechten Ecke kommt von oben ein Schuttrinnsal herab, das den rechten Flügel zerstört und an der Nische f, rechts von g, vorbeigeht, z. T. aber wohl auch über den rechten Flügel von f in die Nische Wasser entsendet. Aus der Nische rechts von d<sup>2</sup> kommt nach Regen Wasser heraus, das in dem linken Flügel der f-Nische mündet. Zwischen beiden Rinnsalen ist der Zungenkegel g stehen geblieben. c<sup>1</sup> ist die Abflußrinne des Nischenabflußsystems b<sup>1</sup>—d<sup>2</sup>—f. In der rechten Ecke der Nische f fällt ein Loch auf (links von f<sup>1</sup>), das durch von oben herabfallendes Wasser kaum erklärt werden kann, wohl aber leicht durch subterrane Erosion. Zwischen h und h<sup>2</sup> scheint eine Masse von Blöcken von oben herabgerutscht zu sein.

Etwas unterhalb liegt auf dem Nordhang eine prachtvolle Trapeznische.

Punkt 13, Abb. 68 a und b, Tafel VII. Trapeznische im Suareztal. Linker Flügel der Nische (Abb. 68 a). Diese Aufnahme zeigt mancherlei Interessantes. Über der Bank b liegt eine gebankte Kalkmasse, die in a die Wand eines großen, 10 m hohen Nischensystems bildet. Auf der Schuttböschung über der Wand sind Abschürfungen durch Wasser (c) und zwischen d—d<sup>1</sup> mehrere Schlitznischen ohne Zufluß, aber mit deutlichem Ausfluß erkennbar. g—g<sup>1</sup> zeigt die alte braune Schuttböschung. Links von h liegt ein Rest eines Zungenkegels, der der alten braunen Schuttdecke längst beraubt ist. Wichtig sind die Nischen e und f. Ihr Dach bildet die Bank b. Hier sind die Anfänge von Nischenbildung unter b deutlich zu erkennen. Bei e kann man links keine, rechts eine kleine Flügelrinne erkennen, die aber kaum die beiden tiefen Löcher und die breite Abflußrinne geschaffen haben kann. Bei f—f<sup>1</sup> ist die subterrane Erosion weniger deut-

lich. Letztere dürfte aber nicht fehlen. In den Abflußrinnen be- weisen überall Schlammkrusten die Wasserwirkung.

Rechter Flügel der Nische (Abb. 68 b). Die Verhält- nisse sind kompliziert durch die Entstehung des Einschnittes zwischen l und k. b ist die Bank b von 68 a, die Rückwand der Nische, h ein von dunklem Schutt entblößter Zungenkegel vor der Nische. Über der a-Nische beginnt auf dem Schutthang auch hier die Zerstörung mit Schlitznischen (zwischen l und h). Wäh- rend bei i die alte Schuttböschung mit grobem Geröll erhalten ist, hat sich vor k eine Nische eingeschnitten, vor der der dunkle Zungenkegel m die Lage des ursprünglichen Schutthanges anzeigt. Unterhalb des Buchstabens k lecken auf der Abtragungsfäche helle Schlammkrusten herab.

Punkt 14 liegt in einer Nebenschlucht; auch dort findet sich auf der Nordseite eine prachtvolle Trapeznische.

Punkt 14, Abb. 69 a und b, Tafel VII. Doppelnische mit Zungenhöcker zwischen den beiden ursprünglichen Nischen.

Rechts begrenzt ein Hang mit dunkler glatter, wenig zer- störter Schuttdecke das Bild, links davon wird der Tafelrand durch 3 feste Bänke e—d—a gegliedert. Zwischen e und d ist die braune Schuttdecke z. T. entfernt, z. T. erhalten. Zwischen d und e ist unter dem Hügel a<sup>1</sup> die Dreiecksnische a<sup>2</sup> entwickelt, die aber durch abgestürzte Schuttmassen stark verschüttet ist. Nach rechts folgen zwischen Nische a<sup>2</sup> und b zwei kleine Gehängezirken g und g<sup>1</sup>, die durch den Rücken l geschieden sind. In g<sup>1</sup> ist die braune Schuttdecke z. T. entfernt; Bänke und helle Streifen sind sichtbar. Die Nische b ist eine große Trapeznische zwischen der Dachbank d und der Basisbank e. h ist ein von der dunklen Schuttdecke z. T. bedeckter loser Zungenhöcker. Er hat einst zwei Nischen getrennt. An der Bank e ist die Entwicklung kleiner Nischen sichtbar, deren Zungenkegel m—m ganz hell sind; erst bei n ist ein Rest der ursprünglichen braunen Oberfläche als losgelöster Zungenhöcker erhalten geblieben. Aus der Nische a<sup>2</sup> kommt eine große Abflußrinne heraus, aus der Trapeznische b da- gegen zwei große und mehrere kleine. Auch dadurch wird die Entstehung der großen Nische unter Zusammenwachsen von min- destens zwei kleineren ausgedrückt. Unterhalb der e-Bank sind kleinere Nischen entstanden. Bei i weist das tiefe Loch auf sub- terrane Erosion hin. Bei k ist infolge seitlicher Erosion durch Abflußrinnen eine kleine Konvexnische herausgearbeitet worden. Unter o/e hat sich eine Schichtfuge zu einer Schlitznische ent-

wickelt, und weiterhin beginnt durch Erosion nach unten hin die Ausbildung einer Dreiecksnische. Auch hier ist die Entstehung der Nischen in Etagen im Anschluß an feste Bänke durch subterrane und oberflächliche Wassererosion deutlich.

Punkt 14, Abb. 70, Tafel XXI. Die rechte Seite der Nische noch einmal.

Die Buchstaben entsprechen denen von Abb. 69 a und 69 b. Manches tritt klarer hervor als auf Abb. 69, so die Abflußrinne in der Flügelecke bei d<sup>1</sup>, die Ausflußrinne aus der großen Nische über der Bank links von e, das tiefe Loch i, das durch subterrane Erosion entstanden sein muß, sowie die kleine Konvexnische k mit den beiden Abflußrinnen. Das Rinnsal o dringt gleichzeitig in den rechten Flügel der i-Nische ein. Im Hintergrunde erblickt man die Sohle des Wadi Hof, den Ochsenrücken und die Wand des großen Plateaus im Norden des Wadi Hof.

Von der im Westen gelegenen Höhe des Tafelrandes entfaltet sich ein wunderbarer Blick über den Ostabfall dieser Tafel, das Wadi Hof und den Tafelrand im Norden.

Punkt 15, Abb. 71 a und b, Tafel XXII. Der Zirkus bei Punkt 15 und der Blick über den Ostabfall der Qurn-Tafel.

Der Aufbau ist folgender. Auf der Qurn-Tafel ist aus E eine niedrige Schichtstufe a aufgesetzt. Der Hauptabfall aus D erfolgt mit der Stufe b, unter ihr liegt eine Stufe aus C, und dann folgt die Sohle der Grabensenke (A). Die Beschaffenheit der Stufen ist folgende. Auf E sind die Gehänge mit glatter, z. T. alter brauner Schuttdecke überzogen; nur wenige Wasserrisse sind eingeschnitten. Die Stufe b wird durch Wandzirken gegliedert, die im allgemeinen ziemlich flach sind. 2 Zirken (d und e) sind gut zu übersehen. Betrachten wir Zirkus d näher! Wir stehen auf seinem Südrand und blicken auf die Rückwand und die nördliche Flanke. Über der Rückwand, deren Kantenbank deutlich ist, münden zwei Wasserrisse f und g, die auch in die Rückwand des Zirkus etwas eingeschnitten sind. Die Rückwand ist oben von altem dunklem Schutt z. T. befreit. Die hellen Stellen bilden die charakteristischen Dreiecke mit der Spitze nach unten. Der größte Teil der Rückwand ist aber noch mit altem braunen Schutt bedeckt (d<sup>1</sup>) und wird von flachen, hellen Wasserrissen zerschnitten, deren Ursprung z. T. auf f und g zurückzuführen ist (f<sup>1</sup> und g<sup>1</sup>). Dagegen kommen die Rillen bei h von dem Standort des Beobachters her. Alle Rinnsale vereinigen sich zu der Abflußrinne i, die nach rechts zur Stufe c hinabgeht. Der Nordflügel des Zirkus wird von einem

langen schmalen Zungenrücken (k) gebildet, einem Bestandteil der Stufe b und niedriger als diese. Auffallend ist der Gegensatz zwischen der Rückwand des Zirkus und seiner Nordflanke. Im Gegensatz zu anderen Zirken ist die alte, braune Schuttdecke gerade im Bereich der Rückwand ( $g^1$ ) erhalten. Wenn auch von Rillen zerschnitten, geht sie doch als lange dunkle Flachböschung hinab. Dagegen fehlt sie auf dem Zungenrücken k gänzlich. Dort wird der Abhang durch drei Bankmassen  $l-l^1-l^2$  gegliedert, zwischen denen zerschnittene Flachböschungen liegen. Die Ausbildung der Bankmassen ist eine recht verschiedene. Die Wand b ist senkrecht, horizontal gebankt und wird von einigen Rillen zerfurcht, die gerade auf dem schmalen Rücken beginnen. Die Spitze des Rückens endet steil; vor ihr liegt eine abgebrochene Felsmasse. Die Flachböschung am Fuß der Wand l besteht aus gesägten Zungenkegeln, von denen einige, z. B. der am weitesten nach links gelegene, noch Reste der alten braunen Schuttdecke tragen. Die Bankmasse  $l^1$  ist wesentlich anders ausgebildet. Die Bänke sind klobiger, dicker, die Wand nicht so hoch. Auffallend aber ist vor allem die Ausbildung unterhöhlter Nischen. Wenn auch in jede Nische  $1-2$  Rillen von der Flachböschung  $l-l^1$  her münden, so bleibt doch auffallend das Loch unter der Dachbank. Der Gegensatz zwischen den Wänden l und  $l^1$  ist doch sehr auffallend. Auch muß betont werden, daß die Größe der Nischen nicht von der Größe der Zulußrinnen abhängt. Die Flachböschung  $l^1-l^2$  ist höher und weniger tief zerschnitten als  $l-l^1$ . Die alte braune Schuttdecke ist nur an einer Stelle noch erhalten, bei m. Die Bank  $l^2$  ist noch wenig herausgearbeitet, aber der Beginn von Unterhöhlungen ist an ihr schon erkennbar.

Vom Zirkus e ist nicht viel zu erkennen. Anscheinend sind die Verhältnisse z. T. anders als bei d. Die Rückwand ist stärker vom alten Schutt befreit, und nur am Vorsprung (unter b) von diesem mehr erhalten. An der Spitze (links von b) ist eine schöne Dreiecksnische entwickelt. Die Verhältnisse gleichen also denen der anderen Zirken, z. B. auf Abb. 63, Taf. VI. Keine der folgenden Zirken scheint einen solchen Zungenrücken zu besitzen, wie k einer ist. Die Stufe c (C-Gruppe) tritt sehr klar heraus. Die einst ebene Oberfläche ist gewaltig zerschnitten. Die alte braune Schuttdecke aber noch erkennbar, auch das Auftreten des braunen Schuttes auf den Hängen der Schluchten. Diese waren also schon vorhanden, als die braune Schuttdecke entstand.

Von Punkt 16 hat man einen Blick über den Abfall der Qurntafel zum Wadi Hof und über dieses auf den Tafelrand im Norden.

Punkt 16, Abb. 72, Tafel XXIII. Blick auf Wadi Hof und den Tafelrand im Norden von Punkt 16 aus.

Gleichzeitig sei das berücksichtigt, was 71b zeigt. Auf Abb. 71b blickt man von Punkt 15 nach NW. über den Osthang der Qurntafel auf die Reilschlucht (o). Die auf diese zugehende Rinne des Wadi Hof ist in eine braune Ebene eingeschnitten (links von n). p ist die Metternich-Höhe. Der Caroliahügel liegt schon außerhalb der Photographie. Auf Tafel XXIII, Abb. 72 sieht man von Punkt 14 nach Norden. l ist der „Versunkene Hügel“, dahinter liegt die Platte des Ochsenrückens (m), auf der Ebene des Hof-Grabens aber ziehen 2 helle Abflußrinnen durch die alte dunkle Hamada. Der Caroliahügel liegt verdeckt in der Tiefe. In die helle Abflußfläche des Wadi Hof sind kleinere Rinnen eingeschnitten. Die braune Hof-Ebene (r) durchziehen zahlreiche, von dem Tafelrand im N kommende Rinnsale.

Dieser Tafelrand, der übrigens auf 71a am weitesten nach W reicht, läßt die alte braune Hamadaböschung noch gut erkennen. Einige mächtige Bankmassen treten als lange Linien hervor, helle Abschürfungen sind zahlreich. Die braune Hamada bedeckt die Hänge der Taleinschnitte; diese sind also älter als jene. Bemerkenswert ist, daß die hellen Abschürfungsflächen und die dunklen Hamadaflächen übereinander liegende, parallel zu den Bänken streichende Bänder bilden. Man kann deutlich erkennen, in welchem Umfang die Abtragung der braunen Oberfläche eingetreten ist.

#### d) Der Südrand der Qurntafel.

Von hier wurde der Rückweg angetreten. Es ging über die ebene Tafel, die freilich von Tausenden von Löchern durchwühlt ist — Ausgraben der Gipskruste. Bei Punkt 17 wurde der Rand der Meinardusbucht erreicht. Zwischen Punkt 17 und 18 stammen folgende 6 Aufnahmen.

Punkt 17, Abb. 73, Tafel VII. Der Zirkus am Punkt 17 des Qurn. Man blickt aus W. auf den Zirkus bei Punkt 17. Die Stufe oben aus der Gruppe E, die Hauptstufe aus D, die unteren Gehänge über dem Talboden aus C. Die Zirken a und b, sowie die Vorsprünge  $c-c^1-c^2$  sind deutlich, ebenso die Kantenbank d. Es tritt die Erscheinung deutlich hervor, daß die Rückwände der Zirken von altem Schutt entblößt sind, die Sporne aber noch die alte, glatte, dunkle Böschung zeigen. An der Stirn des Vorsprungs c ist der Beginn einer Nische erkennbar. Die Flachböschung C und der Talboden werden von zahlreichen Rillen zerschnitten. Möglicherweise ist kolluvialer Schutt hier angehäuft

worden, aber die braune Hamada über diesen Massen zeigt, daß er nicht vor kurzem entstanden ist.

Die Abbildungen 76—78 gehören zusammen. Abb. 76 zeigt 3 Vorsprünge a, b, c. Vorsprung c ist auf Abb. 77, Vorsprung b auf Abb. 78 genauer dargestellt.

Punkt 17/18, Abb. 74, Tafel VII. Dreiecksnische am Südrand des Qurn zwischen den Punkten 17 und 18. Die Rückwand der Dreiecksnische ist gebankt (Schichtfugen) und besitzt unten an der Spitze eine kurze Schlitznische (a), aus der augenscheinlich Wasser subterran ausgetreten ist und die Rinne b geschaffen hat. Eine durch von oben herabgekommenes Wasser entstandene Rinne ist bei c deutlich. Die Flanken der Kegel an den Nischenflügeln verhalten sich verschieden. d hat noch die alte Schuttdecke, d<sup>1</sup> nicht mehr; der geschichtete Gesteinskern ist hier links oben von d deutlich. e ist ein Zungenhöcker, der die ursprüngliche Lage der alten braunen Oberfläche anzeigt. Unterhalb b und auch vorn, z. B. bei f, sind in den Wasserrillen Schlammkrusten deutlich erkennbar.

Punkt 17/18, Abb. 75, Tafel VII. Unterer Teil einer Dreiecksnische in der D-Gruppe zwischen Punkt 17 und 18. An der Rückwand des Zirkus fällt die geschichtete Wand oben und die glatte Flachböschung unten auf. Schichtfugen und beginnende Schlitznischen sind deutlich. Auf dieser sind bei a—a Schlammkrusten deutlich mit Schuttstücken über Gesteinsbänken. Auch über c treten Bänke aus dem Schutt heraus. b ist ein vereinzelter loser Zungenkegel, der letzte Rest eines solchen. Er allein trägt noch die alte braune Schuttdecke. Der Gesteinskern des Kegels ist auch deutlich. Vorn die aus dem Zirkus herauskommende Abflußrinne mit kolluvialem Brei und Schutt.

Punkt 17/18, Abb. 76, Tafel VII. Blick nach O. am Tafelrand des Qurn entlang. Drei Vorsprünge a—b—c fallen an dem Tafelrand auf. Die Abtragung befindet sich in verschiedenen Stadien. Oben auf der Tafelfläche liegt die braune Hamada. Bei a eine helle glatte Böschung, auf der Bänke gerade schon sichtbar werden; unter einer Bank liegen aber Nischen, aus denen Abflußrinnen herauskommen. e—e sind Reste von Zungenkegeln mit brauner Schuttschicht. Bei d erkennt man, daß die Platte am Fuß der Tafel unter dünner Schuttlage aus Kalkbänken besteht. f ist ein bis zur halben Höhe heraufsteigender Zungenkegel mit alter brauner Oberfläche, f<sup>1</sup> und f<sup>2</sup> steigen zu der hohen Wand der Nische b herauf. Die Verhältnisse bei b und c zeigen die folgenden Aufnahmen.

Punkt 17/18, Abb. 77, Tafel VII. Der Vorsprung c am Qurn zwischen Punkt 17 und 18 der D-Gruppe. Außerordentlich schön sind erkennbar die Kantenbank c, die klobig und knollig ist, die gesimste Rückwand der Nische, der Aufbau des Vorsprungs aus Kantenbank, Flachböschung mit spärlichen Resten der alten braunen Schuttdecke, die Wände von Dreiecks- und Sägenischen mit Gesimsen und tiefen Hohlkehlen, die Reste der hellen Zungenkegel, in denen die Gesteinsbänke unter Schlammkrusten (e) örtlich erkennbar sind. Der alte braune Schutt war einst auf dem Zungenkegel a vorhanden (gestrichelte Linie) und bildete mit der Böschung a<sup>1</sup> auf dem Vorsprung einst eine glatte braune Flachböschung. Die Rinnsale im Vordergrund sind in die Kalkschlamm-Schutrinden eingeschnitten. Bei d Reste des braunen Schuttes.

Punkt 17/18, Abb. 78, Tafel XXIII. Die Nische b Abb. 76 am Qurn. Sichtbar sind Vorsprung b und c. Sehr deutlich ist die alte braune Schuttdecke auf b, die gesimste Wand und die Reste der Zungenkegel, deren Bänke nur lückenhaft von dünner Schutt- und Schlammdecke überzogen sind (d-d). In einigem Abstand von der Wand beginnt die Bedeckung der Zungenkegel mit dunkelbraunem Schutt. Die Schlammkrusten und -flächen, Rinnsale auf den hellen Böschungen sind im Vordergrund sehr gut zu beobachten. Der stufenförmige Aufbau der Zungenkegel und ihre Erniedrigung unter der Schuttdecke (f) sind sichtbar, auch ihr seitliches Herabrutschen an den Hängen der Wasserrisse. Bemerkenswert ist folgendes. Die braune Schuttdecke zwischen b und der Steilwand unten ist glatt und scheinbar unverletzt. Nur einige Bänke werden sichtbar. Die gebankte Wand zeigt wohl Schichtfugen, aber keine Schlitznischen. Nur unter der obersten, von braunem Schutt noch fast bedeckten Dachbank e-e<sup>1</sup> treten Schlitznischen auf. Es ist sehr wohl möglich, daß unter der Dachbank e-e<sup>1</sup> das Wasser subterran austritt und die Schlitznischen hat entstehen lassen. Die Schuttmassen im Vordergrund sind nur scheinbar aus mächtigem Schutt aufgebaut, in Wirklichkeit liegt unter dünner Decke der anstehende Kalk. Ganz vorn ist eine mit Steinen erfüllte Schlammkruste deutlich erkennbar.

### C. Ergebnisse.

Die Bedeutung der hier gebrachten Feststellungen gehen weit über den Rahmen des Untersuchungsgebietes hinaus. Östlich des

Niles herrschen in der ganzen Wüste ähnliche Bedingungen für die Ausgestaltung in der Gegenwart wie in jenen. Auch die Diluvialzeit dürfte dort in ähnlicher Weise verlaufen sein, also die Vorzeitformen ebenfalls ähnliche sein. Demgemäß wird man sagen müssen, daß eine Erkenntnis der Abtragungsbedingungen in der Heluanwüste für die ganze sandfreie Wüste östlich des Niles Geltung haben dürfte. Da aber die Zeit der Beobachtungen ungenügend ist, wird es sich nicht um eine definitive Lösung, wohl aber um eine Fixierung der Probleme handeln. Das gesammelte, mit Photographien belegte Beobachtungsmaterial ist jedenfalls unter allen Umständen wichtig.

### 1. Vorzeitformen.

Die wichtigste und umfassendste Feststellung ist die des Vorhandenseins einer alten, mit braunem Hamadaschutt bedeckten Landfläche. Sie beherrscht heute noch das Bild, und alle wesentlichen, größeren Oberflächenformen gehören dieser alten Landfläche an. Bezüglich ihres Alters gibt es einen festen Anhaltspunkt. Die Längsstufe, die das Kulturgebiet des Niltales einfaßt, gehört der alten Landfläche an. Diese Längsstufe ist aber diluvialen Alters. Also ist man berechtigt zu sagen: Die alte braune Landfläche hat diluviales Alter. Die Frage nach verschiedenen Eiszeiten = Pluvialzeiten anzuschneiden, ist hier nicht möglich. Eine solche Erörterung setzt eine genaue geologische Kartierung der diluvialen und älteren Ablagerungen voraus, und eine solche fehlt z. Z. noch.

Welche Oberflächenformen sind nun Bestandteile der alten braunen Landfläche?

Vorzeitformen sind alle größeren Formen: Die Schichttafel des Ostens, die großen vorgeschobenen Tafeln wie El Qurn, El Allaua und das Volkens Plateau. Vorzeitformen sind die Schichtstufenebenen und -hänge zwischen dem Zug der größeren Tafelstöcke und dem Niltal, die kleinen Inseln von Tafel-, Platten- und Hügelform, sowie die zwischen ihnen liegenden Abtragungsfächen. Vorzeitformen sind die großen Wadis mit ihrer Einstellung auf die diluviale Niltalerrasse. Aber auch die Erosionsformen der Tafelränder sind alt, also die großen Buchten, die kleinen Wandzirken und selbst die kurzen Schluchten. Auch die Schluchten der Schichtstufenflächen, von denen viele mit einem Zirkus blind enden und vielleicht noch von obenher von einem Netzwerk von Rinnsalen Zufluß erhalten — z. B. im Werner- und

Meinardus-Tal — sie alle gehören der alten braunen Landfläche an. Unter dem Schutz der braunen Hamada liegen auch die an sich geringen, wenig mächtigen kolluvialen Schuttansammlungen als Vorzeitformen.

Also fast das ganze heutige Relief, selbst an sich unbedeutende Erhebungen, Einschnitte, Gehängeschluchten, sind mit der braunen Schuttdecke überzogen, gehören der alten diluvialen Landfläche an. Wie diese alte Landfläche sich gebildet hat — unter welchen landschaftlichen Bedingungen — soll zunächst nicht erörtert werden.

## 2. Jetztzeitformen.

Die heutigen Formen und Vorgänge kann man hinsichtlich ihrer Verbreitung z. T. leicht feststellen. Wo die braune Landfläche zerstört ist, wo helle Kalk- und Mergelwände, helle Schuttmassen, helle Wasserrisse sie zerfetzt haben, darf man Abtragung unter den heutigen Bedingungen annehmen. Allein so einfach liegen die Dinge nicht. Unter der braunen Hamada arbeiten chemische Kräfte, und zwischen den hellen und dunkelbraunen Flächen gibt es mancherlei Übergänge: dunkelbraun — braun — hellbraun — bräunlich — gelblichweiß — weiß. Im Landschaftsbilde treten diese Nuancen allenthalben hervor.

### a) Verwitterungserscheinungen.

In erster Linie sei die Bräunung der Gesteine genannt — die Patina, die Schutzrinde, die Eisen-Mangan-Rinden. Die chemischen Vorgänge interessieren hier nicht, wohl aber die Frage nach der Entstehung dieser Bräunung in der Gegenwart und nach der Schnelligkeit des Vorganges. Daß sich in geschichtlichen Zeiten manche altägyptischen Denkmäler gebräunt haben, ist sicher. Die 30 Jahre alte Inschrift auf dem Schweinfurth-Stein am Kasr es Ssagha war im Jahre 1914 merklich dunkler als die frisch angeschlagenen Stellen (es ist weißer Sandstein). Aber der Vorgang vollzieht sich augenscheinlich sehr langsam. Nun findet man — die Aufnahmen haben es gezeigt — nicht selten auf heutigen Abtragungsflächen, z. B. auf Nischenwänden, leicht gebräunte, oft im Abplatzen begriffene Schalen. Daraus geht hervor, daß auch der Vorgang der Abschuppung langsam verläuft — noch langsamer als der der Bräunung.

Die Abschuppung ist überall auf anstehendem Gestein festzustellen. Augenscheinlich ist das Ausblühen von Salzen bei der Abhebung beteiligt; denn man findet unter den im Abspringen

begriffenen Plättchen häufig Salze. Über die Mechanik der „Salzsprengung“ herrscht noch keine Klarheit. Auch ein Abstauben, d. h. ein Zerfall der Gesteinsoberfläche in Kalkstaub, scheint eine große Rolle zu spielen; darauf weisen die Ansammlungen von Staub und Plättchen hin, die auf den Gesimsbänken liegen.

Die Salzirinden sind ferner hier zu nennen; d. h. die Verkittung der abgefallenen Verwitterungsmassen mit Salz. Diese Verkittung erfolgt in einer weniger als 1 mm dicken Rinde. Mit dem Finger kann man sie unschwer zerstoßen, und darunter liegt der lose Staub.

Während diese chemischen Vorgänge offen zutage treten, vollziehen sich andere unter der braunen Hamada.

Der Salzstaubboden. Eins der wichtigsten Ergebnisse der Untersuchungen in der ägyptischen Wüste war die Feststellung, daß unter der Hamadafläche überall ein durch Tiefenverwitterung entstandener Salzstaubboden liegt. Hierüber sind bereits die Untersuchungen von BLANCK veröffentlicht worden. Der Salzstaubboden, der z. T. rein feinstaubig ist, z. T. zersetzte eckige Gesteinsstücke von ganz verschiedener Größe enthält, erreicht ca. 10—50 cm Mächtigkeit. Die Farbe im Heluaner Gebiet ist meist oben gelbbraun bis schwarzbraun, unten weiß. Das Weiß fällt vor allem auf, während das Braun mit dem der Hamada übereinstimmt. Über die Geschwindigkeit, mit der sich dieser Salzstaubboden bildet, ist nichts bekannt. Man darf aber wohl annehmen, daß der Vorgang langsam vor sich geht, d. h. daß in einem Jahrzehnt die Zunahme der Zersetzung des Gesteins kaum erkennbar ist.

Über die Ursachen der Umwandlung der Farbe von der Oberfläche nach der Tiefe ist nichts bekannt. Da der Salzstaubboden oben braun, unten weiß ist, dürfte mit zunehmendem Alter eine Färbung stattfinden.

Gipskrusten liegen unter der Hamada der Ebenen, und zwar vor allem auf den hohen Tafelflächen. Sie sind nicht näher untersucht worden. Die Hochflächen sind weithin durchwühlt und die ursprünglichen Verhältnisse stark umgewandelt worden. Sie sollen allmählich nachwachsen. Wir kommen am Schluß noch einmal auf sie zurück.

#### b) Abtragungserscheinungen.

Ohne auf Kräfte und Vorgänge Rücksicht zu nehmen, seien zunächst die Abtragungsformen einmal festgestellt. Um einen klaren Überblick zu gewinnen, sei folgende Gliederung gewählt: Erscheinungen der Abtragung auf Schichtstufenebenen, auf Ha-

mada-Flachhängen, auf Hamada-Steilhängen, auf Gesteins-Steilhängen, ferner Nischen und große Wadis. Damit können die wichtigsten Abtragungserscheinungen in geordneter Form behandelt werden.

Auf Hamada-Schichtstufen treten flache und breite Rinnsale auf, wie z. B. im Wernertal. Das abfließende Wasser hat die dünne Schuttdecke z. T. zerstört und den Felsboden freigelegt. Die Hänge der Rinnsale sind flach und lassen gelegentlich den hellen Salzstaubboden erkennen. Reste der Schuttdecke als loses Geröll oder als Inseln liegen auf und zwischen den Rinnsalen. Die im Walthertal befindlichen Pilzfelsen sind ganz einzeln dastehende Gebilde. Sie liegen auf der Sohle des Wadis, und ihr Fuß wird von dem Hochwasser bespült. Ihre Modellierung mit heraustretenden Bänken und Schichtfugen ist aber sicher unabhängig von dem Hochwasser; Verwitterung und Salzsprengung haben hier gewirkt.

Auf Hamada-Flachhängen sind ebenfalls Rinnsale, die ins Auge fallen. Namentlich im Bereich der mit brauner Schuttdecke geschützten kolluvialen Massen am Fuß der Stufen sind sie zu finden. Der Querschnitt hat niemals Kerbtal- oder Sohlentalform, sondern stets Muldenform, als wäre der Schutt abgerutscht oder hinabgewandert, und wenn man an die Salzstaubschicht denkt, wird man sich solchen Vorgang unschwer vorstellen können. Der Boden der Mulden ist mit Steinen oder Schlammkrusten bedeckt.

Auf Hamada-Steilhängen finden sich mancherlei verschiedene Abtragungserscheinungen. Da sind einmal die Rinnsale zu nennen. Sie sind stets ganz flach, oft schwer erkennbar, durchdringen nur die dünne Schuttdecke und münden oft in die Flügel der Nischen ein oder sammeln sich zu Abflußrinnen auf der Flachböschung vor der Stufe. Eine andere Form sind die flächenhaften Abschürfungen auf den Zirkuswänden. Sie haben meist Dreiecks- oder Trapezform, die dadurch zustande kommt, daß Rinnsale zusammenfließen. Indem diese Abspülungen des Schuttes sich verbreitern, entstehen helle Gesteinsflächen mit immer dünner und spärlicher werdenden braunen Streifen, d. h. den Resten der braunen Hamadadecke. Schließlich bildet das helle Gestein eine geschlossene Fläche. Auf dieser treten Bänke und Schichtfugen hervor, oder sie sind glatt.

Gesteinshänge mit hellen Schlammkrusten finden sich auf stärker abgetragenen Hängen. Man sieht, wie der Kalkschlamm herabgeflossen ist, manchmal schubweise übereinander.

Die Schlammkrusten zerplatzen leicht, blättern auf und fallen herunter.

Gesteinswände mit Schichtfugen entwickeln sich aus glatten Gesteinswänden — das kann man auf der Rückwand der Nischen oft erkennen. Auf dieser platzen Schuppen und Schalen ab, und indem die widerstandsfähigen Bänke langsamer zerfallen, bilden sich Schichtfugen und vorspringende Bänke. Der Prozeß geht nun weiter. Es entstehen Gesimse mit aufgelagertem Staub und Schuppen, die von der darüber liegenden Bank stammen. Der Schutt ist durch eine Salzrinde verkittet und wird nicht fortgeweht. Es muß aber doch Kräfte geben, die ihn beseitigen und die Erweiterung der Schichtfugen ermöglichen.

Die Schichtfugen sind offensichtlich die Ausgangsform für die Schlitznischen. Diese entstehen durch Erweiterung und Vertiefung jener. Allein noch wichtiger ist die Entwicklung von Schlitznischen unter einer dicken Bank. Gewöhnlich tritt letztere frei zu Tage, zuweilen ist sie aber noch von der braunen Schuttdecke verhüllt, und trotzdem ist der Schlitz entstanden. Es dürfte also die arbeitende Kraft unter der Bank von Innen nach Außen gerichtet gewesen sein, keinesfalls hat sie von oben nach unten gewirkt.

Klar ist das Verhältnis zwischen Schlitz- und Trapeznischen. Die Schlitznische erweitert sich nach den Seiten und nach unten zu einer Dreiecksnische. Gleichzeitig weicht die Hinterwand zurück, und zwar schneller als die Dachbank und unten schneller als oben. Infolgedessen kommt es — wohl nicht immer, aber gewöhnlich — zu einer Konkavwölbung der Hinterwand unter der Dachbank. Die Erosion nach unten pflegt bis zu einer dicken festen Bank herabzugehen, — zu der Basisbank oder Sohlenbank. Die Nischen verlängern sich seitlich durch Erosion, und zwar erfolgt diese Verlängerung in der Weise, daß ein stumpfkegeliger Einschnitt unter der Dachbank in das Gestein hinein entsteht. Man kann also eine spitze Flügelbucht zwischen der Rückwand und den Gesteins-Flügelkegeln unterscheiden. Es ist wichtig hervorzuheben, daß diese Flügelkegel nicht aus herabgefallenem Schutt, sondern aus anstehendem Gestein bestehen. Sie sind durch seitliches Wachsen der Nischenflügel aus dem Hangestein durch Erosion herausmodelliert worden und nur mit einer dünnen Schuttlage bedeckt. Die seitliche Erweiterung der Dreiecksnischen erfolgt also unter erosiver Vergrößerung der Flügelbuchten. Vielleicht hängt mit diesem Vorgang das Einmünden von Rinnsalen in die Ecken der Flügelbuchten zusammen, d. h. fließendes

Wasser erweitert die Nischenflügel. Allein häufig fehlen solche Rinnsale. Stets dagegen gibt es eine oder mehrere Abflußrinnen aus der Nische heraus. Wichtig und auffallend ist ferner, daß die Rückwand nicht nach innen in der Richtung senkrecht zur Dachbankante, sondern der Kante dieser Bank parallel zurückweicht.

Indem zwei Dreiecksnischen seitlich unter Verlängerung der Flügelbuchten und unter Abtragung der Flügelkegel zwischen Dach- und Sohlenbank sich verlängern, entsteht schließlich durch Vereinigung beider eine W-förmige Nische. Wenn unter einer Dachbank zahlreiche Dreiecksnischen liegen, kommt infolge Vereinigung der Flügelbuchten ein ganzes System von W-Nischen — eine Sägenische — zustande. Zwischen den Abflußeinschnitten der W- und Sägenischen bleiben Zungenkegel stehen. Sie entstehen aus den Flügelkegeln der sich vereinigenden Nischen. Auch dieser erliegt der Abtragung; ein Zungenhöcker ist oft als letzter Rest noch zu beobachten. Ist auch dieser verschwunden, so ist die Trapeznische fertig. Je nach der Zahl der vereinigten Dreiecksnischen ist die Trapeznische kurz oder lang. Eine Trapeznische könnte sich auch aus einer einzigen Dreiecksnische unter Verbreiterung der Abflußöffnung über der Sohlenbank entwickeln. Diese Entstehung ist bei wenig langen Nischen vielleicht häufig eingetreten.

Eine Abart der gewöhnlichen Nischen sind die Konvexnischen. Sie liegen auf der gerundeten Spitze eines Vorsprunges. Die Rückwand der Nische paßt sich der Rundung des Vorsprunges an. Sonst sind die Verhältnisse die gleichen, wie bei gewöhnlichen Nischen mit gerader Rückwand.

Wichtig ist die Art, wie die Flügel- und Zungenkegel abgetragen werden. Diese werden nämlich nicht in der uns gewohnten Weise durch Zerschneidung, Abspülung, Zusammenbrechen und Abrutschen der entstehenden Leisten und Rücken beseitigt, sondern sie sinken mit glatter Oberfläche unter der braunen Hamadadecke zusammen. Sie verkleinern sich ohne die äußere Form zu verändern. Dieser ganz eigenartige Vorgang würde mit dem nicht gerade kurzen und flüssigen, aber m. E. bezeichnenden Ausdruck „Subhamadaschwund“ wieder zu geben sein. Der Kürze wegen sei hier von „Schwund“ gesprochen. Also die Zungenkegel werden durch „Schwund“ erniedrigt. Die braune Hamadadecke bleibt lange erhalten, rutscht langsam, ohne den Zusammenhang zu verlieren, seitlich herab, wird dünner und dünner, zerfällt aber schließlich, löst sich in Fetzen, in einzelne Gerölle auf.

0  
↑ = Scu

Wenn auf einem solchen hohen Abhang mehrere starke Bänke in weicheren Mergelkalken liegen, kommt es oft zu der Ausbildung ganzer Etagen von Nischen der verschiedensten Formen übereinander. An solchen Nischenhängen kann man regelmäßig folgendes feststellen. Die Schuttbedeckung ist oben am stärksten, und die schuttbedeckten Formen zeigen auffallende Abrundung. Die Nischen sind oben am kleinsten und zahlreichsten, desgleichen die Wasserrillen zwischen den Zungenkegeln. Die tiefer gelegenen Etagen weisen in steigendem Maße größere, aber spärlichere Nischen und Rillen auf. Am Fuß des Hanges ist die Zahl am geringsten, die Dimensionen am größten. Gleichzeitig nimmt mit dem Herabsteigen die Schuttentblößung der Hänge zu. Oben sind sie dunkelbraun, nach unten hin werden sie immer fleckiger und heller und zerschnittener. Abtragung und Erosion sind also auf den Höhen am geringsten und wachsen nach unten hin.

Wir wollen nun noch einige Einzelheiten, die sich bei der Nischenerosion zeigen, kurz betrachten. In den Flügelbuchten tritt die sich verbreiternde Rückwand als glatte Fläche heraus. Nach der Mitte hin entwickeln sich Schichtfugen unter Abplatzen von Staub und Schalen und ferner selbst Schlitznischen. An manchen Stellen kann man beobachten, daß in der Mitte der Nische die Modellierung der Rückwand oben kräftiger ist als unten. Das würde dafür sprechen, daß jene auf den oberen Teilen der Rückwand früher als auf den unteren eingesetzt hat, und eine solche zeitliche Aufeinanderfolge würde der Vorstellung entsprechen, daß die Nischen durch Erweiterung nach den Seiten und unten hin entstanden sind. Eine andere, für die Mechanik des „Schwundes“ wichtige Erscheinung ist die Entwicklung von Schlammzungen auf der Rückwand der Nischen und auch an sonstigen Gesteinswänden — Wadi Rished! — von obenher. Der Schlamm stammt aus der über der Dachbank liegenden Hamadadecke, ist über die Dachbank gelaufen und dann nicht etwa von dieser herabgefallen, sondern auf der Rückwand herabgeflossen — trotz der Konkavwölbung! Er muß also sehr zähflüssig gewesen sein. Dieser Schlamm ist seiner ganzen Beschaffenheit nach nichts anderes als der Salzstaubboden unter der Hamada; er muß aus dem Staubboden über der Dachbank stammen.

Die Lage der Übergangsregion. Wie erwähnt, kann man auf hohen Stufenhängen feststellen, daß die Entfernung der braunen Schuttdecke und die Zerschneidung der alten Landfläche von der Höhe nach dem Fuß zunimmt. Wie steht es nun mit den niedrigen Platten, die in der Zone zwischen der diluvialen

Niltal-Längsstufe und den hohen Tafeln im Osten liegen? Hier muß man feststellen, daß die Abtragung auf ihnen weit energischer gewirkt hat als auf den hohen Stufenhängen. Die Ränder der niedrigen Platten sind durchweg heller und von dem braunen Schutt entblößter als die der hohen Stufen. Auch die Zerschneidung ist dichter. Wo die braune Schuttdecke noch auf den Hängen liegt, kann man folgende auffallende Feststellung machen. Der normale Querschnitt durch die Bodenschicht der Hamada zeigt das braune Pflaster in brauner Salzschlammkruste über braunem Salzstaub. Dann folgt der braune steinige und schließlich der weiße steinige Salzstaubboden. Diese Verhältnisse findet man auf ebenen Hamadaflächen und auf hohen Stufenhängen mit dicker Schuttdecke. Auf den Hängen der niedrigen Platten in der Übergangsregion dagegen, liegt unter der dünnen braunen Schuttlage sofort der helle weiße; es fehlt also der braune Salzstaubboden. Auch kann man sehen, daß die Mächtigkeit des weißen Salzstaubes wechselt. Wo augenscheinlich die Abtragung am stärksten gewirkt hat, wo die braune Schuttlage dünn und durchsichtig ist, da ist auch die Salzstaubschicht dünn und oft genug schimmert sie durch und tritt auf dem Boden flacher Wasserrillen an die Oberfläche.

Auf den Hängen der niedrigen Platten der Übergangsregion kann man aber auch folgendes feststellen. Die Gehänge sind bereits ein ganzes Stück — 10, 20, 30 und vielleicht noch mehr Meter — zurückgewichen. Die Nischen haben sich tief in die Hänge eingefressen. Die braune Schuttböschung ist nur noch auf Zungenkegeln erhalten, die losgelöst dastehen und oft nur noch kleine Höcker bilden. Den Stufenhang aber bilden weiße Kalkmergel, die mit einer hellen, steinigen Schlammkruste überzogen — gleichsam „überkleistert“ — sind. Ja, es kann die Abtragung soweit fortgeschritten sein, daß von Zungenhügeln und brauner Landfläche überhaupt nichts mehr zu sehen ist — so auf dem Abhang der „Drei Gleichen“. Da stehen helle Kalkmergelwände mit Schichtfugen und Schlitznischen an, überzogen von einer weißen Schlammkruste, der man es ansieht, daß sie als zäher Brei herabgeflossen ist, z. T. in Schüben übereinander. Solche Schlammkrusten sind manchmal zerfetzt und augenscheinlich teilweise zerstört worden.

Also die niedrigen Platten zeigen eine energischere Zerstörung der alten braunen Landfläche und ein intensiveres Zurückweichen der Wandflächen als die hohen Stufen und zwar unter Entfernung zuerst der braunen,

dann der weißen Salzstaubschicht. Wo der Hang soweit zurückgewichen ist, daß die braune Landfläche mit ihrer Verwitterungsschicht längst abgetragen worden ist, überzieht eine Kalkschlammkruste das anstehende Gestein. Voraussetzung für solche Ausbildung ist aber augenscheinlich, daß von der Hamada der Plattenoberfläche Salzstaubboden und Hamadadecke nicht herabwandern und keinen Ersatz für die ausgeschlammten Massen bringen können.

Die niedrigen Platten der Übergangszone sind es also, auf denen sich „Gesteinshänge ohne Hamadadecke“ finden, und auf denen eine besondere Art der Abtragung im Gange ist.

Wandzirken. Die Wandzirken sind unzweifelhaft alte d. h. diluviale Bildungen. Die heutigen Zerstörungen bestehen hauptsächlich in der Entfernung des Oberflächenschuttes. Diese Abschürfungen sind ganz oberflächlich und bilden spitze Dreiecke, die an der Kantenbank mit breiter Basis beginnen und nach unten spitz zulaufen. Sie stehen manchmal deutlich mit von oben herabkommenden Spülrinnen in Verbindung. Auffallend ist, daß auf den entblößten Wandstücken die Entwicklung von Schichtfugen und Schlitznischen zurücktritt und die von Dreiecksnischen selten ist. Etagensysteme von Nischen wurden in Wandzirken nicht beobachtet.

Die großen Wadis. Die heutigen Abtragungerscheinungen in den großen Wadis wären nun noch zu besprechen. Es wird aber zweckmäßig sein, hier bereits auf die früheren Erosions- und Aufschüttungsformen kurz hinzuweisen. Die Täler zeigen die charakteristischen Formen der Flußerosion: Windungen mit Gleit- und Prallhängen, Querstufen, die durch feste Bankmassen verursacht sind, Längsstufen aus Schuttablagerungen und anstehendem Gestein. Diese Schuttmassen gleichen nicht denjenigen dauernd fließender Flüsse, d. h. es handelt sich nicht um gut abgerollte Schotter, Sandschichten und Tonablagerungen, sondern um murenähnlicher Massen aus allen Korngrößen. Die Gesteinsblöcke sind eckig bis kantenbestoßen, Sand- und Kieslagen zeigen Schichtung; tonige Massen liegen zwischen dem groben Schutt. Die älteste und mächtigste Schuttablagerung geht in die breite diluviale Schuttstufe des Niltales über und wird von der gleichen braunen Hamada bedeckt. Diese älteste Schuttablagerung bildet die hohen und geschlossenen Längsstufen der großen Wadis, und deren braune Hamada geht in die der Stufenhänge über. Das Vorhandensein der Längsstufe zeigt, daß eine Ansräumung stattgefunden haben muß, und zwar ist die Erosionsrinne — das zeigt der Gesteinssockel des Talhanges unter dem Schutt

— in das anstehende Gestein eingeschnitten worden, mindestens stellenweise. Es folgt eine zweite, weit geringere Anschüttung. Diese bildet eine „Niederterrasse“. Die Hänge der „Hauptterrasse“ und die Oberfläche der Niederterrasse sind braun gefärbt. Diese Braunfärbung muß jünger sein als die der diluvialen braunen Landfläche der Berge; sie ist auch nicht so intensiv.

Diese murenähnlichen Massen sind wohl mit den „Fanglomeraten“ der Amerikaner identisch — ein Wort, das E. KAISER in die deutsche Literatur eingeführt hat. Diese groben Schuttmassen unterscheiden sich durchaus von dem an nur dünnen Gesteinsplättchen reichen Schlamm des „Kolluviums“.

In die Niederterrasse und in die breiten Talsohlen sind nun die heutigen Wasserrinnen eingeschnitten, meist wohl nur einige Dezimeter, seltener ein und mehr Meter. Die Breite beträgt einige Meter bis einige hundert Meter. So ist im Wadi Risched örtlich in breiter Fläche der Felsboden kahl gefegt; nur Reste des groben Schuttes sind als Einzelblöcke oder Schuttinseln erhalten geblieben. Die heutigen Rinnsale fallen durch ihre helle Farbe und durch das Auftreten von Zwergsträuchern auf. Auch folgende Tatsache dürfte im allgemeinen festzustellen sein: Die Größe der Blöcke nimmt von der Diluvialzeit bis zur Gegenwart ab. Die Hauptterrasse hat die größten Blöcke, die der Niederterrasse sind erheblich kleiner, der Schutt in den heutigen Rinnen ist kleinstückig, d. h. im allgemeinen nur faustgroß.

An den Prallhängen kann man nicht selten Unterschneidung des Fußes feststellen; es sind sogar tiefe, schichtfugenartige Spalten entstanden.

### c) Kräfte und Abtragungsvorgänge in der Gegenwart.

Nunmehr kommen wir zu der Frage, welche Kräfte die vorhandenen Formen haben entstehen lassen. Dabei können wir uns nicht oft und eindringlich genug vor Augen halten, daß die vorhandenen Abtragungs- und Aufschüttungsformen — namentlich erstere — kaum jemals einer einzigen Kraft, sondern fast stets der kombinierten Wirkung mehrerer Kräfte ihre Entstehung verdanken. Zunächst wollen wir die einzelnen, hier in Frage kommenden Kräfte betrachten, dann ihre Zusammenarbeit. Diejenigen Kräfte und Vorgänge, die am leichtesten zu verstehen und mit Bestimmtheit festzustellen sind, sollen zuerst betrachtet werden.

### α) Abschuppung und Staubbildung.

Dieser Vorgang ist allenthalben erkennbar und zwar unter Beteiligung der ausblühenden Salze. Wie diese wirken, ist nicht ganz klar, jedenfalls ist eines sicher: Salze sind unter den Schuppen abgedrückt und scheinen diese abzuheben. In Algerien, wo die Gesteine keine Salze ausblühen lassen<sup>10)</sup>, beobachtet man selten oder nie die in Ägypten so überaus charakteristische, mit Salzausblühen verbundene Abschuppung. Man darf also wohl von „Salzsprengung“ reden, wenn dieser Vorgang auch nicht ohne weiteres verständlich ist. Vielleicht kombiniert er sich mit der „Temperatursprengung“.

Jedenfalls es findet Abschuppung statt und außerdem — vielleicht auch eine Folge der „Salzsprengung“ — ein Abstauben der Gesteinsflächen. Durch diesen Vorgang ist die Ansammlung von Kalkstaub und -plättchen auf den Gesimsen der Schichtfugen leicht verständlich. Die Ansammlung solcher feiner, leicht zerstörbarer Schuttmassen auf den Gesimsen zeigt, daß an solchen Stellen abtragende Kräfte fehlen bzw. langsamer arbeiten als die Verwitterung.

WALTHER hat die „Schattenverwitterung“ besonders betont. Im Schatten hielte sich länger die Feuchtigkeit, und deshalb könnte dort die Zerstörung der Felsen unter dem Einfluß der feuchten Salze besonders kräftig sein. Die Pilzfelsen seien so zu erklären, desgleichen Aushöhlungen in Felsen u. a. m. Ohne zu der Frage der Schattenverwitterung grundsätzlich Stellung zu nehmen, sei nur auf das für unser Gebiet Feststellbare hingewiesen.

Würde die Schattenverwitterung in unserem Gebiet eine Rolle spielen, so würde die Salzsprengung in den Nischen und auf der N.-Seite der Stufen ganz besonders energisch sein. Das ist aber anscheinend nicht der Fall; Unterschiede zwischen Schatten und Sonnenlage fielen jedenfalls nicht auf.

Die Geschwindigkeit der Abschuppung festzustellen, würde der Pilzfelsen im Walthertal ermöglichen. Man müßte die gesamte abgefallene Masse nach Gewicht bestimmen. Der seit dem letzten Hochwasser abgefallene Schutt wäre damit bekannt.

### β) Verkittungsringen.

Entsprechend der Anhäufung von feinstem Staub und dünnster

10) Am Rocher de Sel, Algier, wo es in gewissen tertiären Gesteinen an infiltriertem Salz nicht fehlt, findet tatsächlich Abschuppung mit Salzausblühen statt.

Plättchen müßte der Wind eine gewaltige Arbeit verrichten können, wenn nicht Staub und Plättchen durch eine weniger als millimeterdicke Rinde verkittet würden. Diese Rinde ist an sich gegen Druck nicht widerstandsfähig; der Finger durchstößt sie, ohne einen Widerstand zu fühlen. Allein der Sturm fegt machtlos über sie hinweg.

Solche dünnsten Verkittungsrinden beginnen in den Salzsteppen. In den Algerischen Hochsteppen sind sie auf den dortigen feinen Rotlehm, die die Niederungen über Kalkkrusten mehr oder weniger zu bedecken pflegen, entwickelt. Sie sind es, die dort auch bei starkem Wind die Staubfreiheit der Luft bedingen — nur die Wege ziehen sich als Staubschlangen durch die Zwergstrauchsteppenebenen. Die Tritte meines Maultieres waren bei Wind von Staubentwicklung begleitet. Die Verkittungsrinde fehlt auch in Ägypten nirgends und besteht wohl aus den leichtlöslichen Salzen der Alkalien und alkalischen Erden —  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  lassen sich herauschmecken, Soda wird auch nicht fehlen,  $\text{CaSO}_4$  und  $\text{CaCO}_3$  aber vielleicht zurücktreten. Eine solche Zusammensetzung würde die überaus rasche Bildung der Rinde erklären. Nur bei einer schnellen Bildung kann es überhaupt zu einer Anhäufung des Staubes auf windexponierten, vorspringenden Bänken kommen. So sind die oberen Stufen der windumbrausten Stufenpyramide von Sakkara hoch bedeckt von dem Staub, der aus den Lehmziegeln entsteht. Es muß der Staub also durch hygroskopische Salze befestigt werden, bevor ein heftiger Wind sie fortbläst. Nach persönlicher Mitteilung von Prof. RANGE dürfte der Namib die Verkittungsrinde fehlen. Tatsächlich wird sie von E. KAISER aus dieser Wüste nicht erwähnt. Vielleicht läßt der starke Taufall dieser feuchten Küstenwüste keine Verkittungsrinde zu, weil der Tau die Salze fortwährend auflöst. Deswegen tritt die Verkittungsrinde wohl auch in dem an sommerlichen Tau Nächten überreichen Palästina kaum in Erscheinung.

Äußerlich ähnelt übrigens die Salz-Verkittungsrinde der Trockengebiete der „Austrocknungsrinde“, die im Frühling die Feinerde unserer Gärten zu überziehen pflegt und die häufig von den emporwachsenden Gräsern u. a. Pflänzchen von der Unterlage abgelöst wird und mehrere Millimeter hoch als dünnes Häutchen emporgehoben werden kann, bis dieses zerfällt.

Welches auch Entstehungsart, chemische Zusammensetzung und Entstehungstempo der Verkittungsrinde sein mag, ohne sie bleibt das Fehlen der Windabtragung in der sandlosen Wüste von Heluan unverständlich.

## γ) Der Wind.

Von den in Frage kommenden Kräften konnte nur eine in voller Tätigkeit beobachtet werden: der Wind. Mit erheblicher Stärke (4—5 Bft) fegte er am 9. Januar 1914<sup>11)</sup> über die Ebenen und durch die Täler. Im Jahre 1925 erlebte ich im Wadi Hof einen kurzen, aber stürmischen Chamsin. Zuerst füllte sich die Luft mit feinem Dunst, dann setzte für eine Stunde der heiße Sturm ein. Wir lagen auf einem Gesims im Bereich des Prallhanges (Abb. 6) auf dem abgefallenen Staub und Schutt. Wenn die Deflation wirksam gewesen wäre, wir hätten sie spüren müssen. Nichts rührte sich. Die Kraft des Sturmes war nicht imstande, die dünne Salzrinde zu zerstören. In der sandhaltigen Wüste westlich des Niltales dagegen fliegt schon bei leichtem Wind der Staub, und bei kräftigem Wind entsteht ein Staubmeer. Auf eine mögliche Wirksamkeit des Windes in der Heluanwüste soll später noch hingewiesen werden.

Sobald Sand vorhanden ist, wird die papierdünne Verkittungsrinde zerstört, und der Wind kann das trockene staubförmige Material aufwirbeln und abblasen. Dann kommt die „Deflation“ J. WALTHERS, das einfache „Abblasen“, tatsächlich zur Geltung. Daher der so auffallende Gegensatz zwischen der staubfreien „arabischen“ Wüste östlich des Niles und dem Staubmeer der „libyschen“ Seite im Westen! Auch mit Verkittungsrinde würde in der überall sandhaltigen Namib der Wind abtragend wirken, weil jene vom Sand zerstört wird. Doch gibt es noch eine Möglichkeit, daß auch in sandfreien Wüsten der Wind abblasend wirken konnte.

## δ) Deflation nach Regen.

Tonige mergelige Schlammmassen werden, wenn ausgetrocknet und hart geworden, vom Wind nicht angegriffen, im Gegensatz zum trockenen Sand und Staub: in unserem Wüstengebiet kommt die Verkittungs-Salzrinde als Hindernis hinzu. Nasser Ton- und Mergelschlamm werden dagegen fortgeblasen. Kleine Partikel fliegen davon, und Fetzen bleiben zurück. Im Rheintal oberhalb des Bodensees hat man solche Schlammabwehung beobachtet. Ich selbst sah, daß eine wohl 1 cm dicke Schlammschicht über groben Schottern in einem Arm der Donau unterhalb Dürrenstein in einer stürmischen Nacht fortgeblasen wurde, sodaß am Morgen nur noch Fetzen übrig geblieben waren. Vielleicht könnten heftige Winde

11) Im Mai 1914 war er wohl noch stärker.

nach Regen in der Heluanwüste die Schlammkrusten fortblasen; ob das aber geschieht, und ob dieser Vorgang, der doch nur selten und nur für kurze Zeit — nämlich bis zum Eintrocknen und der Entwicklung der Salzrinde — währen könnte, wirklich Bedeutung besitzt, könnte nur durch unmittelbare Beobachtungen entschieden werden. Eins ist jedenfalls sicher: auf der alten braunen Landfläche wirkt der Wind keinesfalls; das Abwehen des Schlammbreis könnte höchstens auf hellen, von der Geröllschicht entblößten Kalkhängen, z. B. der „Drei Gleichen“, im Bereich der Schlammkrusten stattfinden. Das Wasser müßte also vorgearbeitet haben.

ε) Das abfließende Wasser.

Gelegentlich fallen in der Wüste Regenmassen von großer Dichte, strichförmig, aber energisch. Die Wirkung der Regenmassen erblickt man allenthalben.

Das oberflächlich abfließende Wasser hat unzweifelhaft die Rinnsale, z. B. auf den Kolluviumflächen, mit Prall- und Gleithängen entstehen lassen. Daß nach heftigen Regen aus den Nischen Wasser herausfließt, daß es in dünnen Adern auf der Hamada der Hänge rinnt, daß es die kolluvialen Flachböschungen in zahlreichen Bächlein quert und auf der Oberfläche der Stufen in breiten Wasserflächen abfließt, die am Rande der nächsten Stufe angekommen als Wasserfälle in Zirkusschluchten hinabstürzen und dann den Unterlauf der Wadis erfüllen, läßt sich auf Schritt und Tritt erkennen. Das darf man als sicher annehmen. Im Bereich der hohen Tafeln stürzt es die Querstufen der Wadis herab, strudelt am Fuß der Stufe Kessel in dem Boden aus und läuft dann in zahlreiche Arme aufgesplittert, der nächsten Querstufe oder dem Niltal zu. Das Wasser ist vermutlich mit einer Menge von Schlamm und Steinen erfüllt, sicher ist jedenfalls, daß eine Schlammkruste zurückbleibt, wenn es schließlich verdunstet.

Wo die Mergelkalke anstehen, d. h. wo keine braune Hamada mit Salzstaubboden das Gestein verhüllt, wie z. B. an den „Drei Gleichen“ und an vielen Stellen der Stufenhänge in der Übergangsregion, ist die weiße Kalkschlammkruste zu finden. Mehr oder weniger steiniger Kalkbrei ist auf den Hängen herabgeflossen, hat sie überkleistert, und einzelne Breischübe sind übereinander geflossen. Dieses eingetrocknete Breipflaster ist oft zerfetzt, nur in Resten erhalten und wie der abgefallene Kalkstaub durch Salz oberflächlich verkittet. Diese mit hellem Kalkschutt erfüllten Schlammkrusten sind dort, wo die braune Hamada fehlt, die ge-

wöhnliche Bekleidung der Gesteine; sie spielen also bei der Abtragung eine große Rolle.

Im Bereich der braunen Hamada müssen die Regen aber ganz anders wirken. Die Vorgänge sind hier nicht so klar zu erkennen; jedenfalls kann man aber folgendes sagen. Es muß nach Regen Schlambewegung stattfinden, ohne daß die Kontinuität des Steinpflasters gestört, ohne daß die Steine gerollt werden. Folgender Vorgang erscheint der wahrscheinlichste zu sein. Im Querschnitt erkennt man, daß das Steinpflaster in einer Schlammkruste von brauner Farbe liegt. Darunter befindet sich der lose steinige Salzstaub. Die Schlammkruste war einmal ein von Wasser durchränkter Brei. Die Schlammzungen auf der Rückwand von Nischen und auf der Prallwand im Wadi Risched beweisen ein Breifließen innerhalb der Hamada ohne Zerstörung des Steinpflasters. Es muß also der Brei zwischen und vielleicht auch unter den Steinen in langsamer Bewegung sein und so abfließen. Ein solcher Vorgang müßte zur Folge haben, daß der Salzstaubboden — ein Anhäufungsprodukt langsamer chemischer Verwitterung — allmählich entfernt wird, während das Steinpflaster, ohne zerrissen zu werden, tiefer sinkt. Ein solcher Vorgang würde die Schlammzungen erklären, er würde aber auch erklären, daß dort, wo das Steinpflaster locker und dünn geworden ist, wo augenscheinlich die Abtragung bereits erheblich ist, so auf den Hängen der Platten im Bereich der Übergangszone — die obere braune Lage des Salzstaubbodens fehlt. Sie ist bereits ausgeschlammmt worden und das braune Steinpflaster liegt auf der tieferen weißen Staubschicht. Ist auch diese verschwunden, so müßte der braune Schutt auf dem Kalk liegen, allein bei solcher Lagerung wird er augenscheinlich fortgeschwemmt und die hellen Kalkschlammkrusten überziehen die Hänge.

Bei solchem Vorgang wäre auch der langsame „Schwund“ der Zungenkegel, der allmähliche Verlust der braunen Decke und deren Herabrutschen auf den Flanken der Zungenkegel verständlich.

Die hier geschilderten Erscheinungen des Breifließens könnte man nennen: a) Oberflächen-Breifließen, b) Zwischen-Pflaster-Breifließen, c) Unter-Pflaster-Breifließen<sup>12)</sup>. Man wird diese Namen nicht in einer Darstellung gebrauchen, aber um die drei Vorgänge zu präzisieren, ist ihre Festlegung wohl am Platz.

Ebenso wie von dem Breifließen wird man von der subterranean Erosion nur auf Grund direkter Beobachtungen bei

12) Subkutanes Breifließen genannt in den Düsseldorfer Vorträgen S. 60.

Wolkenbrüchen eine klare Vorstellung gewinnen. Subterrane Erosion würde am leichtesten die Erscheinungen an Schichtfugen, Schlitznischen, Dreiecksnischen, Konvexnischen erklären, desgleichen die tiefen Schichtfugen an der Wand der „Wasserfälle“, d. h. der Querstufen in Flußbetten. Namentlich Nischen, in deren Flügelbuchten keine Rinnsale münden, aus denen aber doch Rinnsale herauskommen, können kaum anders als durch subterranean austretendes Wasser erklärt werden. Genaue Aufnahmen über die Lagerung der Schichten — ganz geringe Neigungen wären schon bedeutsam — über Klüfte und namentlich unmittelbare Beobachtungen nach Wolkenbrüchen könnten die Frage zur Entscheidung bringen und vielleicht auch die auffallende Lage der Konvexnischen auf der Spitze von Vorsprüngen erklären. Auffallend ist auch, daß die Bildung von Schichtfugen, Schlitz- und Dreiecksnischen im Bereich der Wandzirken entschieden zurücktritt.

Die Tatsache, daß die niedrigen Platten der Übergangsregion z. T. die stärkste Abtragung aufweisen, verlangt nach einer Erklärung. Es ist nicht wahrscheinlich, daß die Regen auf den niedrigen Platten der Übergangsregion energischer als auf den hohen Tafelhängen wirken, die Ursache muß eine andere sein. Die Stufenflächen der Übergangsregion zeigen in großem Umfange die Spuren flächenhaft wirkenden Wassers. Solche Spülwasser erodieren den Fuß der Platten. Das sahen wir an dem Riegel zwischen Werner- und Meinardus-Bucht. Am Fuß der Drei Gleichen ist die Unterschneidung des Fußes durch das abfließende Wasser deutlich, demgemäß liegt der Gedanke nahe, daß die starke Abtragung der Platten auf die Unterschneidung durch das abfließende Wasser zurückzuführen ist. An manchen Stellen kann man sehen, wie die braune Landfläche sich sofort dort einstellt, wo die Spülfläche den Fuß der Platte verläßt. Auch das ist an dem N.-Rande der Engel-Höhe erkennbar. An den großen Tafeln fällt solche Einwirkung fort.

#### ξ) Zusammenfassung.

Die vorhandenen Erosions- und Denudationsformen sind zum größten Teil sicherlich unter dem Einfluß mehrerer Kräfte entstanden. Es ist nicht schwer, die Vereinigung von Verwitterung mit Abschuppung und Abstäubung, die Wirkung des rinnenförmig abfließenden Wassers, des Breifließens, der subterranean Erosion bei der Entstehung der Nischen — dieser wichtigsten Form der Zerstörung der alten Landfläche auf den Stufenhängen — sich vorzustellen. Freilich bleiben noch mancherlei Unklarheiten, so

die Herausarbeitung der Flügelbuchten und der glatten Rückwand der Nischen, die Konkavwölbung der Rückwand, der Schwund der Zungenkegel und Flügelkegel unter der Schuttdecke, das Herunterlecken der Schlammzungen. Das Eine ist jedenfalls sicher, die Abtragungsvorgänge in der Heluanwüste sind ganz anders geartet, wie J. WALTHER sie darstellt. Unmöglich kann der Wind die Nischen herausgearbeitet haben, unmöglich kann er bei der Entstehung der Wadis eine Rolle gespielt haben, selbst die Pilzfelsen im Walthertal dürften auf sein Wirken kaum hinweisen. Hätte er den Stiel durch Fortblasen des abplatzenden Materials entstehen lassen, es hätte sich nicht der abgefallene Schutt und Staub am Fuß des Stiels anhäufen können. Dieser bleibt aber liegen, bis das nächste Hochwasser ihn fortspült.

Bezüglich des Tempos der Abtragungsvorgänge kann man Bestimmtes nicht sagen. Auf manchen Mergelkalken scheint die Salzsprengung einigermaßen schnell zu arbeiten, d. h. jährlich eine gewisse Menge Staub und Schuppen entstehen zu lassen. Anderswo (z. B. Abb. 29) verläuft die doch sicherlich langsam verlaufende Bräunung der Gesteinsoberfläche immer noch schneller als das Zurückweichen der Rückwand von Nischen. Das Unter- und das Zwischen-Pflaster-Breifließen kann nur sehr langsam erfolgen, soll die Hamadadecke erhalten bleiben. Dasselbe gilt auf den Stufen von der Erniedrigung der breiten Spülflächen, die noch mit Hamadaschutt über dünner Salzstaubschicht bedeckt sind (Wernertal nahe dem Walthertal, Abb. 33).

Für die Langsamkeit der abtragenden Vorgänge gibt es übrigens einen bündigen Beweis. Hat die alte braune Landfläche diluviales Alter — und ihre Identität mit der diluvialen Längsstufe des Niltales ist sicher — so hat sich die vorhandene Zerstörung der braunen Hamada seit der Diluvialzeit vollzogen. In Anbetracht der Tatsache, daß die Oberfläche jedes Vegetationsschutzes bar ist, sind die Zerstörungen keinesfalls als umfangreich zu bezeichnen. Doch wenden wir uns nun noch der Frage zu, wie die Vorzeitformen erklärt werden könnten.

### 3. Die Erklärung der Vorzeitformen.

Eine Erklärung der Oberflächenformen im Großen setzt eine gute geologische Kartierung des Untersuchungsgebietes und seiner Umgebung voraus. Diese Bedingung erfüllt für Heluan BUXTORFS Karte (Taf. X). Ferner dürfte man sich bei einem Versuch, unser Gebiet morphologisch zu bearbeiten, nicht auf dasselbe beschränken,

sondern ganz Ägypten berücksichtigen. Nicht nur das Eozän, sondern ganz besonders das Oligozän und das jüngere Tertiär. Man denke an den Urnil und die aus den paläontologischen Resten hervorgehenden Klimaänderungen. Denn es kommt nicht nur auf den geologischen Aufbau aus Formationen und auf die Tektonik an, sondern gerade Klimaänderungen sind für die Ausgestaltung der Länder wichtig. Lautet doch das morphologische Grundgesetz: Zeiten der Klimaänderungen und des Wechsels der angreifenden und schützenden Faktoren nach Zahl und Intensität sind die Zeiten lebhaftester Ausgestaltung. Von diesem Gesichtspunkt betrachtet, waren auch die diluvialen Klimaschwankungen von entscheidender Bedeutung für unser Gebiet.

Wie steht es nun mit den geologischen Grundlagen für eine morphologische Untersuchung Ägyptens? In großen Zügen kann man sich wohl von dem Aufbau Ägyptens ein Bild machen, allein für eine Enthüllung der Vorzeitgeschichte genügen unsere Kenntnisse nicht. Vor allem fehlt eine auch nur einigermaßen klare Vorstellung von dem Diluvium. Wohl hat BLANKENHORN eine Gliederung des Niltaldiluviums versucht, aber es gibt keine Kartierung von ihm, und noch weniger wissen wir von dem Anschluß der diluvialen Talbildungen der Schichttafelwüste an das Niltaldiluvium. Unter diesen Umständen wäre es zwecklos, sich an eine morphologische Deutung der Vorzeit heranzumachen; nur einige Gesichtspunkte aufzustellen ist man berechtigt.

In der Diluvialzeit hatte Ägypten höhere Niederschläge. Demgemäß liegt der Gedanke nahe, einen Blick auf die Umgebung Ägyptens zu werfen, d. h. auf Gebiete mit Steppen- und Hartlaubwaldecharakter, also Palästina. Um diesen Vergleich durchführen zu können, wurde 1925 die Reise nach Palästina unternommen. Das Ergebnis war folgendes.

Entsprechend den höheren Niederschlägen hat Palästina Kalkkrusten, während Ägypten mit Gipskrusten überzogen ist. Die Kalkkrusten überziehen, vollgespickt mit eckigem Gesteinschutt, Gipfel und Hänge wie eine Breimasse. Die Rücken und Gipfel sind gerundet. In der Wüste Juda treten auf den Hängen Wandzirken auf, die durchaus an die Wandzirken der Heluanwüste erinnern. Auch die Wadis, die die palästinensischen Gebirge durchziehen, gleichen den Wadis unserer Gegend. Es fehlt Palästina die braune Patinierung, die an ein weit trockeneres Klima gebunden sein dürfte. Auffallend ist nun ferner folgende Feststellung. Die Kalkkruste, die übrigens in Palästina bereits Vorzeit-

form sein dürfte, ist nur in den westlichen feuchteren Teilen der Wüste Juda zu finden. Sie verschwindet nach Osten gegen das Tote Meer hin, und zwar zerfällt sie; anfangs sind noch Schollen vorhanden, dann verschwinden auch diese. Anschließend an solche Beobachtung könnte im Helnangebiet folgender Vorgang eingetreten sein.

Zunächst einmal die Feststellung, daß der Kreidekalkstein Palästinas und die Eozän-Kalke Ägyptens so verschieden sind, daß die Verschiedenheit der Formen — Tafelform in Ägypten — nicht auffallend ist. Aber trotz der Tafelform ist doch die Abrundung deutlich und die braune Schuttdecke sieht gerade so wie die weiße Kalkkruste Palästinas wie eine Teigmasse aus. Es wäre denkbar, daß die Berge der Heluanwüste in der Diluvialzeit mit einem „Kalkkrustenteig“ überzogen waren, daß aber mit der Ausbildung des Wüstenklimas die Kalkkruste zerfiel — wie in der östlichen Judawüste — und daß dann die Entwicklung der heutigen braunen Hamada und des Salzstaubbodens sich vollzog.

Ganz unklar sind z. Z. die Bedingungen der Gipskrustenbildung auf den Hochflächen und deren Verbreitung. Zur Untersuchung dieser Frage ist das Heluangebiet ganz ungeeignet, weil dort die Hochflächen nach Gips durchwühlt sind; Loch liegt an Loch, und ursprüngliche Verhältnisse wird man wohl erst in entlegeneren Gebieten finden. Es ist denkbar, daß auf den Hochflächen, wo die Gipskrusten liegen bzw. gelegen haben, eine ursprüngliche Kalkkruste unter dem Einfluß des Wüstenklimas in eine Gipskruste umgewandelt worden ist. Chemisch wäre der Vorgang recht wohl möglich.

Die Kolluvien auf den Stufenflächen, die sicherlich von den Stufenhängen stammen, könnten auf die Entfernung der zerfallenen Kalkkruste der Hänge zurückgeführt werden. Aber alles ist hypothetisch, genaue Untersuchungen fehlen.

Die so auffallenden Formen wie Wandzirken, Trichtertäler, die langen schmalen Zungenrücken der Ostseite der Qurntafel, die weiten Stufenflächen mit den Inselbergen der niedrigen Platten in der Übergangsregion zu erklären, fehlt auch noch jede Grundlage; ohne Kenntnis, mindestens der diluvialen Ablagerungen und der diluvialen Klimaänderungen, darf man sich an solche Fragen nicht heranwagen. Ein solcher Versuch wäre dazu verurteilt, ein Phantasiegemälde zu schaffen, und ein solches — mag es auch noch so reizvoll und sensationell sein — gehört nicht in eine nüchterne wissenschaftliche Abhandlung.

---

### Literaturverzeichnis.

1. BLANCK-PASSARGE: Die chemische Verwitterung in der ägyptischen Wüste. Abh. aus dem Gebiet d. Auslandskunde, Bd. 17, Hamburg 1925.
2. BLANKENHORN: Geologie Ägyptens, Berlin 1901.
3. — Ägypten, Handbuch der regionalen Geologie VII, 9. 1921.
4. HUME: A preliminary report on the Geology of the eastern desert of Egypt. Cairo 1907.
5. — The principles and objects of Geology with special reference to the Geology of Egypt by Hume, Cairo 1911.
6. — Geology of Egypt, Vol. I. Cairo 1925.
7. KAISER und BEEK: Die Wassererschließung in der südlichen Namib Südwestafrikas. Halle 1919.
8. KAISER, E.: Kaolinisierung und Verkieselung als Verwitterungsvorgänge in der Namibwüste Südwestafrikas. Leipzig 1923.
9. — Neue topogr. und geol. Karten der südl. Namib Südwestafrikas. Berlin 1925.
10. — Die Diamantenwüste Südwestafrikas. Berlin 1926.
11. — Der Bau der südl. Namib. Fragen und Probleme der Geologie der Wüsten. München 1926.
12. — Über Wüstenformen, insbesondere in der Namib Südwestafrikas. Düsseldorf Beiträge, Breslau 1927.
13. — Morphogenetische Ergebnisse auf Reisen während des Krieges in Südwestafrika. Ztschr. d. Dtsch. Geol. Ges. 1930.
14. — Der Grundsatz des Aktualismus in der Geologie. Ztschr. d. Dtsch. Geol. Ges. 1931.
15. KAYSER, E.: Lehrbuch der allg. Geologie, Bd. I. S. 300 ff. Stuttgart 1923.
16. LAWSON, A. C.: The petrographic designation of alluvial fan formations. (Univ. of California Publications. Bull. Dep. of Geol. 7).
17. PASSARGE: Geomorphologische Probleme aus der Sahara. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1907.
18. — Abtragung in den Steppen und Wüsten Algeriens. Geogr. Ztschr. 1909.
19. — Grundlagen der Landschaftskunde Bd. III. S. 335 ff. Hamburg 1920.
20. — Die geologische Wirkung des Windes — in Salomon, Grundzüge der Geologie, Bd. I. Stuttgart 1924.
21. — Die Ausgestaltung der Trockenwüsten im heißen Gürtel. Düsseldorf Beiträge, Breslau 1927.
22. — Die Wirkung des Windes. Handbuch der Bodenlehre, Bd. I. Berlin 1929.

23. PECHÜEL-LÖSCHE: Zur Kenntnis des Hererolandes. Ausland 1886. Bd. 59.
  24. SCHWEINFURTH: Die Umgebung von Heluan als Beispiel der Wüsten-Denudation. Karte entworfen von G. Schweinfurth 1 : 30 000 1895/96.
  25. SUPAN-OBST: Grundzüge der physischen Erdkunde. Bd. II. S. 222 ff. Berlin 1930.
  26. WALTHER: Die Denudation der Wüste. Abh. Kgl. Sächs. Ges. d. Wissenschaften, 27. Band d. Math. Kl. 16. 1891.
  27. — Über Laterite in Westaustralien. Ztschr. d. Geol. Ges. 1915.
  28. — Das Gesetz der Wüstenbildung. Leipzig 1924.
  29. ZITTEL: Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Libyschen Wüste. Palaeontographica Bd. XXX.
-

## II. Die morphologischen Klimafaktoren in der Wüste bei Heluan.

Von WILHELM MEINARDUS.

Aus den Beobachtungen und Untersuchungen PASSARGES, die den Gegenstand der voraufgehenden Abhandlung bilden, ergibt sich mit voller Klarheit eine Bestätigung der Anschauung, daß in einem tektonisch wenig gestörten Gebiet, wie es die Wüste bei Heluan ist, die Ausgestaltung der Oberflächenformen und ihre Weiterentwicklung im Wesentlichen auf Klimakräfte zurückzuführen ist. Es wird daher nützlich sein, der voraufgehenden Darstellung eine Übersicht über die morphologisch wirksamen Klimafaktoren anzuschließen und bestimmtere, zahlenmäßige Werte dafür anzugeben. Meteorologische Beobachtungen im Wüstengebiet von Heluan stehen allerdings nicht zur Verfügung, aber das Klima in der Wüste von Heluan läßt sich hinsichtlich seiner morphologischen Bedeutung nach der zusammenfassenden Darstellung von L. J. SUTTON auf Grund der fünfzehnjährigen Beobachtungsreihe Heluans (1906—1920) gut beurteilen<sup>1)</sup>. Das dortige Observatorium liegt ungefähr 25 km südlich von Kairo, nordöstlich der Stadt Heluan auf einem Vorsprung der Erhebungen, die das Niltal am rechten Ufer begleiten. Der Fluß ist etwa 5 km davon entfernt und das von ihm bewässerte Kulturland etwa 3 km. Nach Nordosten hin steigen die Berge bis zu 300 m an.

Die geographischen Koordinaten des Observatoriums Heluan sind  $\varphi = 29^{\circ} 52'$  N.Br.,  $\lambda = 31^{\circ} 20'$  ö. L. v. Gr.,  $H = 116$  m.

Von den morphologisch wirksamen Klimafaktoren sollen nacheinander die Temperatur, die Feuchtigkeit, die Regenfälle, die Verdunstung und der Wind behandelt werden. (Vergl. die Tabelle am Schluß.)

---

1) L. J. SUTTON, The Climate of Heluan. Phys. Dept. Paper Nr. 20. Cairo 1926.

### 1. Die Temperatur.

Die Temperaturverhältnisse werden in erster Linie durch die Ein- und Ausstrahlung bestimmt. Da die Bewölkung und der Wasserdampfgehalt der Luft gering sind, ist die Strahlung durch diese Elemente wenig behindert. Dazu kommt die Vegetationslosigkeit der Wüste.

Die geographische Breite von Heluan bedingt es, daß die mögliche Sonnenscheindauer im Laufe des Jahres zwischen 10 und 14 Stunden bleibt. Die in Heluan registrierte wirkliche Sonnenscheindauer beträgt, bei der geringen Bewölkung (2.3) und der großen Zahl vollkommen wolkenloser Tage, im Winter 71%, im Sommer 91%, im Jahr 82% der möglichen. Die Steilheit der Sonnenstrahlung läßt sich dadurch kennzeichnen, daß die Sonnenhöhe mittags vom 21. März bis 23. September größer als 60° ist und am 21. Juni 83.6° beträgt. Wegen der steilen Lage der Tageskreise der Sonne sind vor allem die Ost- und Westseiten der Berge und Täler stark bestrahlt, weniger die Südseite, außer im Winter.

Infolge dieser Umstände sind die Temperaturschwankungen des Bodens und der Luft zwischen Tag und Nacht besonders groß. Die unperiodische Tagesschwankung ist im Dezember 10.3°, im Juli 14.9°. Im mittleren Jahresverlauf schwankt die Lufttemperatur zwischen 13.0° im Januar und 27.8° im Juli um das Jahresmittel von 21.2°. Das mittlere absolute Maximum des Jahres fällt auf Juni (42.2°), das mittlere absolute Minimum auf Januar (4.1°). Der Höchstwert der Temperatur war am 16. Juni 1915 46.3°, der niedrigste am 26. Januar 1907 1.6°. Temperaturen von mehr als 40° kommen gelegentlich auch schon im April vor und auch noch im Oktober.

Lufttemperaturen unter dem Gefrierpunkt sind in Heluan anscheinend bisher nicht beobachtet worden, wohl aber in der Umgebung von Kairo. So bei Kairo am 4. und 5. Februar 1880 — 2.0°, in Gise im Dezember 1905 — 4.0°<sup>2)</sup>. In Kairo kann es gelegentlich zu Reifbildungen kommen. Am 2. Februar 1858 hatte sich in Alt-Kairo nachts eine 2 mm dicke E isrinde auf stehendem Regenwasser gebildet, und Reif bedeckte die Vegetation wie mit Schnee<sup>3)</sup>. Dieses Beispiel läßt vermuten, daß die Bodentemperatur unter dem Einfluß nächtlicher Ausstrahlung wohl noch öfter unter den Gefrierpunkt sinken kann. Aber es scheint mir angesichts der anderen morphologischen Wirkungen des Klimas nicht berechtigt

2) Meteor. Z. 1908, S. 459 und SUTTON, Climate of Heluan, S. 24.

3) J. HANN, Das Klima von Kairo. Österr. Meteor. Z. Bd. VII, 1872, S. 68.

anzunehmen, daß etwa Spaltenfrostwirkungen eine nennenswerte Rolle im Gebiet von Heluan spielen. Es wird ja auch in der Regel das Wasser fehlen, das zu einer solchen Wirkung gehört.

In Heluan werden regelmäßig um 14<sup>h</sup> Beobachtungen an einem Schwarzkugelthermometer in vacuo gemacht. Sie erlauben eine Abschätzung der größten Wirkungen, welche die Sonnenstrahlung auf günstig exponierte Stellen ausüben kann, und sind daher auch von morphologischem Interesse. In den Monaten April bis September sind öfter Strahlungstemperaturen von über 70° vorgekommen, die höchste am 25. April 1907 (75.0°). Im Durchschnitt liegen die Schwarzkugeltemperaturen um 14<sup>h</sup> 28° über der gleichzeitigen Lufttemperatur und 40° über dem mittleren täglichen Minimum der Lufttemperatur. Da letzteres gewöhnlich um 6<sup>h</sup> eintritt, so ergibt sich in den Vormittagsstunden eine durchschnittliche stündliche Strahlungstemperaturerhöhung von 5°. Dies gibt einen ungefähren Anhalt für die Stärke der Beanspruchung der Gesteine unter dem täglichen Wechsel der Temperaturen.

Die Tagesschwankung der Temperatur schwächt sich mit der Tiefe im Boden rasch ab. Nach Beobachtungen von C. B. WILLIAMS östlich von Assiut war vom 3.—10. August 1922 die tägliche Lufttemperaturschwankung 11—13°. In Kalksteinschutt betrug sie in 1 cm Tiefe 35—39°, in 5 cm 18—20°, in 10 cm 12—13°, in 18 cm 5.7°, in 28 cm weniger als 2°<sup>4)</sup>. — In welcher Weise sich der tägliche Temperaturgang in der Luft und im Boden abspielt, kann auch aus folgenden, einer längeren Reihe entnommenen Beobachtungen ersehen werden, die ich bei einem Standquartier in der Wüste bei Schellal südöstlich von Assuan in einem sandigen Granitgrusboden gemacht habe.

Die Oberflächentemperatur wurde mit einem Thermometer gemessen, dessen Gefäß gerade vom Boden bedeckt war. Die Tagesschwankung der Lufttemperatur in 1.5 m Höhe sind 17°, an der Oberfläche 45°, in 2 cm Tiefe nur noch 30 bis 35°, in 5 cm 20—23°, in 10 cm 10°, in 20 cm 3—4° C.

1914	Luft	Oberfl.	2 cm	5 cm	10 cm	20 cm	Oberfl.	Bew.	Wind (Bft.)
29. Jan. 7 <sup>h</sup>	6.6	5.4	6.5	9.8	15.0	20.2	Min. 1.5	1	N 0-1
14 <sup>h</sup>	23.8	44.7	39.8	32.6	24.0	20.7	Max. 46.5	0	WNW 1-2
21 <sup>h</sup>	17.5	15.2	18.2	21.8	24.2	23.7	Ampl. 45.0	0	C 0
30. Jan. 7 <sup>h</sup>	7.2	5.8	6.4	11.3	16.4	21.0	Min. 2.6	0	C 0
28. Febr. 7 <sup>h</sup>	17.2	15.9	16.0	17.6	20.8	25.4	Min. 10.6	3	C 0
14 <sup>h</sup>	35.2	54.0	49.9	41.8	31.8	26.2	Max. 54.0	1	WSW 2
21 <sup>h</sup>	25.2	24.5	27.1	30.0	31.4	29.2	Ampl. 44.6	1	C 0

4) W. F. HUME, Geology of Egypt, Vol. I, S. 19. Survey of Egypt, Cairo 1925.

1914	Luft	Oberfl.	2 cm	5 cm	10 cm	20 cm	Oberfl.	Bew.	Wind (Bft.)
1. März	7 <sup>h</sup>	21.0	19.5	19.7	21.3	24.2	26.8	Min. 16.1	10 SE Chamsin
	14 <sup>h</sup>	37.6	>53	50.4	41.8	31.6	26.9	Max. >53	2 SE 3-4
	21 <sup>h</sup>	31.5	30.3	31.4	33.1	32.9	29.8	Ampl. >37	10 C, NW 1
2. März	7 <sup>h</sup>	25.5	25.3	25.8	26.8	28.3	28.8	Min. 23.5	9 C, NW 1 Regen- tr. n.

So werden die Oberflächenschichten des Bodens und Gesteins den stärksten Spannungen ausgesetzt, was zu einer Lockerung des Bodens und einer Aufsplitterung und Abschuppung der Gesteine führen muß.

Die geschilderten täglichen Lufttemperaturschwankungen vollziehen sich in Heluan mit einer großen Regelmäßigkeit tagaus tagein fast das ganze Jahr hindurch. Somit müssen die Wirkungen sich im Laufe der Zeit summieren. Dazu kommen aber unperiodische Temperaturänderungen, die für den Gesamteffekt vielleicht noch bedeutsamer werden. Sie treten am stärksten im Frühjahr auf, wenn der Chamsin weht. Die heißen, trockenen südlichen Winde, die ihn einleiten, werden gewöhnlich durch den Einbruch kalter, feuchter nordwestlicher Winde auf der Rückseite einer im Norden vorüberziehenden, aus der Libyschen Wüste kommenden Depression abgelöst. So drehte am 2. April 1922 in Kairo der Wind um 16<sup>h</sup> in wenigen Minuten von S auf NW und wuchs dabei zu Sturmesstärke an (um 17.30<sup>h</sup> 25 m/s). Dabei sank die Lufttemperatur innerhalb von 2 Stunden von 34 auf 20°. In Gise stieg die relative Feuchtigkeit gleichzeitig in einer Stunde von 15 auf 70% und später auf 80%. Bemerkenswert ist, daß vor dem Windwechsel ein heißer, trockener Staubsturm die Luft erfüllte, daß aber mit dem Einsetzen des Nordweststurmes kein Staub mehr aufgehoben wurde und der Himmel aufklarte, obgleich der Nordwestwind größere Stärke hatte als der vorhergehende Südwind. Ein anderes Beispiel: Am 24. April 1917 stieg die Temperatur in Heluan bei SSE von 23.3° auf 39.0°; die relative Feuchtigkeit war nur 13%. Auch nachts herrschte noch ein heißer, trockener Sturm, sodaß die Temperatur nicht unter 31.6° sank (normales nächtliches Minimum 14.1°). Das Tagesmittel der Temperatur war am 25. April 34.9°, das Maximum 43.8° und die Strahlungstemperatur um 14<sup>h</sup> 75.0°. Beim Umspringen des Windes auf N fiel die Temperatur in der Nacht zum 26. April auf 20.0°. Die relative Feuchtigkeit war im Tagesmittel am 25. 14%, am 26. April 55%.

Diese Beispiele, die sich noch beliebig vermehren ließen, zeigen, daß unperiodische Temperaturschwankungen von beträchtlicher Höhe

die morphologische Wirkung der normalen täglichen Schwankungen wohl übertreffen können. Im Sommer sind die Witterungsverhältnisse sehr viel stetiger als im Frühjahr, da atmosphärische Störungen nur selten auftreten und die normale nordwestliche Luftströmung unterbrechen. Näheres hierüber im Kapitel Wind.

## 2. Die Luftfeuchtigkeit.

Zu den charakteristischen Merkmalen des Wüstenklimas in der Umgebung Heluans gehört die große Trockenheit der Luft. Im Jahresdurchschnitt beträgt die relative Feuchtigkeit nur 50%, im Dezember 60, im Mai 39%. Weit bedeutender ist die Tageschwankung, die der Temperaturperiode entgegengesetzt verläuft. Sie beträgt im Januar 26%, im Juli 53%. In diesem Monat bewegt sie sich durchschnittlich zwischen 81% um Sonnenaufgang und 28% um Mittag.

Die unperiodischen Schwankungen sind wie bei der Temperatur in der Chamsin-Periode am bedeutendsten. Mit den heißen Süd- und Südostwinden kommen sehr niedrige Werte der relativen Feuchtigkeit vor, die Tagesmittel liegen häufig unter 10%. Das beobachtete niedrigste Tagesmittel war bei ESE am 6. Mai 1913 6% bei einer Tagestemperatur von 28.4° (Maximum 36.2°) und einem Dampfdruck von nur 2,1 mm. Am niedrigsten war die relative Feuchtigkeit an diesem Tage um 21<sup>h</sup> und am folgenden um 3<sup>h</sup> mit 1% und der Dampfdruck mit 0,2 mm. Am 13. Juli 1913 lag die Luftfeuchtigkeit von 10–12<sup>h</sup> bei 1%, der Dampfdruck bei 0,2 mm, und die Höchsttemperatur betrug 42.9°, die Strahlungstemperatur um 14<sup>h</sup> 72° C.

Sobald der Wind auf NW dreht, tritt mit starker Abkühlung eine bedeutende Erhöhung der relativen Feuchtigkeit und des Dampfdrucks ein.

Der Dampfdruck zeigt eine jährliche Periode mit einem Maximum im August (13.0 mm) und einem Minimum im Februar (6.0). Die tägliche Schwankung wächst von Januar (0.9 mm) zum Juli (5.9 mm) mit der Temperatur. Daß er starken unperiodischen Schwankungen unterliegt, ergibt sich aus dem Vorigen.

Das Sättigungsdefizit macht eine ähnliche Jahresschwankung durch wie der Dampfdruck: im Januar 4.6, im Juli 16.4 mm; das Jahresmittel beträgt 10.7. In den Chamsin-Perioden kann das Sättigungsdefizit Werte von mehr als 30 mm erreichen. Am 20. März 1901 um 16<sup>h</sup> betrug es sogar 46 mm bei einer Lufttemperatur von 37° und einer relativen Feuchtigkeit von 2%. Der Taupunkt muß ungefähr bei –20° gelegen haben. Ähnliche Fälle

sind auch sonst vorgekommen, sie beweisen, daß die Austrocknung in der Wüste in der Regel so groß ist, daß die etwa vorhandene Feuchtigkeit des Bodens rasch aufgezehrt wird. (Siehe Kapitel Verdunstung).

Andererseits fehlt es aber in der Nähe des Niltals auch nicht ganz an Tagen mit Nebel und Taufall. Naturgemäß kommen diese Kondensationsformen bei der starken Temperaturperiode und Einstrahlung nur in den nächtlichen Frühstunden vor und verschwinden sehr bald nach Sonnenaufgang. Am Observatorium zu Heluan werden diese Erscheinungen in den Wintermonaten und auch noch im Frühjahr gelegentlich beobachtet. Aber man darf mit W. F. HUME (a. a. O. S. 150) annehmen, daß sie weiter ostwärts in der Wüste zu den größten Seltenheiten gehören und daher auch nicht für chemisch-morphologische Vorgänge verantwortlich gemacht werden dürfen.

Etwas anderes ist es, den Feuchtigkeitsgehalt der Luft, der nie ganz fehlt, für die Salzverwitterung, die in der Wüste von Heluan nach den obigen Ausführungen PASSARGES eine wichtige Rolle spielt, in Anspruch zu nehmen. Die hygroskopischen Salze der Gesteine vermögen der Luft auch Feuchtigkeit zu entziehen, wenn sie vom Sättigungszustand weit entfernt ist.

### 3. Die Regenfälle.

Nach den Beobachtungen von 1904—1924 beträgt die jährliche Niederschlagshöhe in Heluan 37 mm, die an 11 Niederschlagstagen (von >0.1 mm) meistens zwischen November und Mai fallen. Die Regendichte (Menge an einem Regentag) ist demnach 3.4 mm. Ähnliche Werte gelten für die nördlicher gelegenen Orte Gise (28 mm, 10 Tage, 2.8 mm), Abbasije (32 mm, 14 Tage, 2.2 mm), Sues (26 mm, 7.5 Tage, 3.5 mm). An der Mittelmeerküste sind die Regen nicht nur reichlicher und häufiger, sondern durchschnittlich auch heftiger: Port Said 83 mm an 18 Tagen, Regendichte 4.6 mm; Alexandria 204 mm an 42 Tagen, Regendichte 4.9 mm.

Südlich von Heluan hören die regelmäßigen Niederschläge so gut wie ganz auf. Die dortigen meteorologischen Stationen wie Beni Suef, Minya, Assiut, Assuan, Wadi Halfa und Meroë haben im langjährigen Durchschnitt 0.0 mm Niederschlag. Sie gehören also zu den extremsten Trockengebieten der Erde. Bekanntlich schließt das nicht aus, daß in langen Zeitabständen auch dort noch Regen vorkommen<sup>5)</sup>.

5) Vgl. Beispiele bei W. F. HUME, a. a. O. S. 84 ff.

Heluan liegt noch gerade an der Grenze des Gebietes, in welchem die westöstlich ziehenden Depressionen des Mittelmeeres im Winter oder auch die aus der Libyschen Wüste kommenden im Frühjahr Niederschläge verursachen können. Der Sommer (Juni-September) ist dagegen so gut wie ganz regenlos, obgleich dann die Winde stetig vom nur 200 km entfernten Mittelmeer kommen. Aber sie haben keinen Auftrieb und werden von Westwinden schon in 2—3 km Höhe überweht<sup>6)</sup>. So fällt die größte Monatsmenge durchschnittlich auf Januar (10 mm = 26 % der Jahressumme). Dezember und Februar haben zusammen nur 11 mm (30 %), März und April desgleichen; der Rest von 14 % verteilt sich auf Mai, Oktober und November. Die morphologischen Wirkungen der Regenfälle konzentrieren sich demgemäß vorwiegend auf die kühlere Jahreshälfte.

Wichtiger sind aber vom morphologischen Standpunkt aus betrachtet die Tagesmaxima des Niederschlages (s. Tabelle). In allen Monaten übertreffen die Tagesmaxima die durchschnittlichen Monatsmengen. Der absolut höchste Wert in der ganzen Beobachtungsreihe (37.3 mm) überstieg sogar noch die mittlere Jahresmenge. Ähnliches gilt für die Stationen Gise (absolutes Tagesmaximum 34.4 mm), Abbasije bei Kairo (35.5 mm) und Sues (31.0 mm)<sup>7)</sup>.

Immerhin sind so starke Regenfälle selten, wie daraus hervorgeht, daß in den 21 Beobachtungsjahren nur an 19 Tagen Regen von > 10 mm und davon nur an 7 Tagen, d. h. jedes dritte Jahr einmal, > 20 mm fielen. Von einer stetigen morphologischen Wirkung der Niederschläge kann also keine Rede sein. Dagegen werden die seltenen, konzentrierten Regenfälle umsomehr ihre Spuren hinterlassen.

So füllen sich auch bekanntlich die sonst trockenliegenden Haupt- und Nebenwadis gelegentlich mit Wasserfluten, und zwar ist das meistens in Frühjahrsmonaten der Fall im Gefolge von Depressionen, die im N von Heluan vorüberziehen. Das Abkommen einer Wasserflut im Wadi Abu Schuscha bei Heluan am 14. April 1895 ist schon von PASSARGE erwähnt (S. 38). L. J. SUTTON berichtet über schwere Regenfälle, die vom 19.—21. April 1909 andauerten und das absolute Tagesmaximum (37.3 mm) der ganzen Periode lieferten. Der Witterungsbericht des Observatoriums sagt,

6) L. J. SUTTON, The upper currents of the atmosphere in Egypt and the Sudan. Phys. Dept. Paper Nr. 17. Cairo 1925.

7) Climatological normals for Egypt and the Sudan. Phys. Departm. Public. Cairo 1922.

daß für gewöhnlich schlechtes Wetter vom W komme, aber in diesem Falle scheine die Depression von S heraufgezogen zu sein. Denn an allen Stationen bis Wadi Halfa hinauf sind um diese Zeit Gewitter mit heftigen Regen vorgekommen. „Große Wassermassen flossen aus der östlichen Wüste in den Nil, erhöhten seinen Wasserstand und verfärbten sein Wasser. Beschädigungen von Häusern und Fluren wurden aus dem Deltagebiet berichtet.“ Das Wadi Hof war in diesem Falle von einem breiten Wasserlauf eingenommen, der Sand und Schlamm transportierte.

Auch in Kairo ist es schon häufig zu starken Überschwemmungen gekommen, wenn heftige Regengüsse auf das benachbarte, von Trockentälern zerschnittene Mokattam-Plateau fielen. So ereignete sich am 17. Januar 1919 bei Kairo eine ungewöhnliche Flut durch einen starken Regenfall von 45 mm. Eine große Wassermasse ergoß sich von den östlich gelegenen Höhen westwärts und überschwemmte das Gelände zwischen Kairo und Heliopolis. Die elektrische Bahn mußte außer Betrieb gesetzt werden, weil in den Bahneinschnitt bei Kubbe etwa 15000 cbm Sand und Schlamm zusammengeschwemmt waren. Wie lokal solche Regenmengen auftreten, zeigte sich am 10. Mai 1923 als nach einem einstündigen Regen wieder bei Kairo große Schuttmassen zusammengeschwemmt wurden. An diesem Tage fielen in Kairo 23 mm, in Heluan an der Südgrenze der Störung nur 6 mm.

Abgesehen aber von solch vereinzelt seltenen Vorkommnissen sind die Regenfälle, welche die Jahressumme zusammensetzen, meistens wenig ergiebig. Von den 11 Niederschlagstagen mit  $>0.1$  mm sind nur 7 mit  $>1.0$  und nur 2 mit  $>5$  mm. Aus den Meteorological Reports der Jahre 1913—17 und 1924, die ich zur Hand habe, ist folgendes zu entnehmen. Die Zahl der Tage mit Regen verschiedener Stufenwerte war im Jahresdurchschnitt:

Regentropfen	$>0.1$	$>1.0$	$>3.0$	$>5.0$ mm
15.8	11.0	8.0	4.1	2.1 Tage.

Die höchste Tagesmenge des Niederschlags war in diesen 6 Jahren 25.8; dann folgen Tagesmengen von 13.9, 12.6 usw. Bemerkenswert ist, daß die Zahl der Tage mit Regentropfen (16) größer ist als die Zahl der Tage mit meßbarem Niederschlag. Das trifft auch für andere Wüstenstationen zu, so für Kairo, wo im Durchschnitt der Jahre<sup>8)</sup> 1887—1898 jährlich 29 Tage mit unmeßbarem Regen 20 Tagen mit  $\geq 0.1$  mm Regen gegenüberstanden.

8) Meteor. Z. 1908, S. 460.

Die jährliche Periode der Regentage ist aus der Tabelle zu ersehen, ebenso die der Regendichte, die abweichend von der Regenperiode ihre höchsten Werte im Frühjahr hat.

Die in Heluan und seiner Umgebung fallenden Niederschläge sind also meistens von sehr geringer Intensität. Am häufigsten kommt es nur zum Fall von Regentropfen und ganz geringen Mengen, die gewiß viel zu klein sind, um auf dem ausgetrockneten Boden Wasseradern bilden zu können. Vielmehr wird der schuttbedeckte Boden das spärliche Naß, soweit es nicht sofort der Verdunstung anheimfällt, leicht in sich aufnehmen können. Auf diese Weise kann auch eher als bei heftigen Regen die Bodenfeuchtigkeit genährt werden. Ihr weiterer Verbleib richtet sich ganz nach den lokalen Bedingungen, die durch die Beschaffenheit des Gesteins, durch die Gestalt und Neigung des Bodens und die Zirkulationsmöglichkeiten im Boden gegeben sind. Wahrscheinlich sind es aber gerade diese geringen Niederschläge, die den Vorgang der chemischen Verwitterung im Boden und Gestein bedingen und fördern.

Die unperiodischen Niederschlagsschwankungen sind durch folgende Daten charakterisiert. Die Jahresmengen haben in der 21 jährigen Beobachtungsreihe zwischen 91.1 mm (1908) und 8.3 mm (1905) geschwankt. Wenn man der Regenperiode entsprechend die Jahre von Juli bis Juni rechnet, ergeben sich Schwankungen zwischen 94.0 und 8.1, das sind 260 bzw. 22% des Normalwertes. Das nasseste Jahr ergab 11 bis 12 mal soviel Regen wie das trockenste, eine für Wüstengegenden bezeichnende Erscheinung. Nach Stufenwerten der Jahresmengen geordnet ist die Anzahl der Jahre (von Juli bis Juni) folgende:

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	1	4	3	4	3	4	—	—	—	1.

Man sieht, daß der erwähnte Höchstbetrag von 94.0 mm den zweithöchsten (58.2) weit überschritten hat; andererseits steht dem Minimalwert (8.1) eine Reihe von Werten zwischen 11 und 14 mm nahe.

Man kann nach dem Vorgang von E. BIEL auch die mittlere Abweichung der Jahresmengen vom Durchschnittswert als Maß für die unperiodischen Schwankungen wählen. Sie beträgt  $\pm 16.9$  mm = 47% der normalen Jahresmenge. Für Abbasîje ist nach BIEL der Wert 50%, für Alexandria aber bezeichnenderweise nur 21%. Es gibt also Jahre, in denen fast gar kein Regen fällt, aber auch die regenreichsten Jahre sind in Anbetracht der Trockenheit der Luft und der Größe der Verdunstung geringwertig.

Auch die Niederschlagshäufigkeit unterliegt großen Schwankungen: in den beiden trockensten Jahren gab es nur je 5 Tage mit meßbarem Niederschlag; in 2 nassesten dagegen je 17 Tage. Sie konzentrieren sich meist auf die Wintermonate, wenn die Mittelmeerdepressionen im N. vorüberziehen, aber es kommen selbst im Winter häufiger gänzlich niederschlagslose Monate vor. Das ist noch mehr der Fall von März bis Mai, und im Juni ist in 21 Jahren nur einmal Regen gefallen (1.9 mm).

Aus alledem ergibt sich, daß es im Gebiet von Heluan zu bedeutenderen erosiven Wirkungen des fließenden Wassers nur in langen Zwischenräumen kommen kann. Zur Ausgestaltung der heute vorhandenen ausgeprägten Erosionalform der Wadis müssen also lange Zeiträume und sogar feuchtere Klimacharaktere der Vorzeit angenommen werden. Dagegen sind die Wirkungen geringer Regenmengen, die mehr chemischer als physikalischer Natur sein können, häufiger. Der Wechsel von feucht und trocken begünstigt die Salzverwitterung in den obersten Schichten. Eine nachhaltige Durchfeuchtung des Bodens und die Bildung eines allgemeinen Grundwasserhorizonts ist ausgeschlossen. Es kann nur episodisch zur Bewegung und Ausschlammung von Salzmehl- und Breimassen und zur weiteren Ausgestaltung von Nischen kommen, wie es PASSARGE in seiner Einzelbeschreibung dargetan hat.

#### 4. Die Verdunstung.

Daß die Verdunstung bei den niedrigen Werten der relativen Feuchtigkeit und den hohen Temperaturen außerordentlich stark sein muß, wird durch die Verdunstungsmessungen an einem Wildschen Evaporimeter in Heluan bestätigt. Das Instrument ist, wie üblich, in einer Thermometerhütte aufgestellt und befindet sich daher in einer den wirklichen Verhältnissen nicht entsprechenden Lage. Aber durch vergleichende Messungen mit der Verdunstung an offenen Wassertanks im Nil bei Assuan hat sich ein Reduktionsfaktor ermitteln lassen, der wenigstens ungefähr die richtigen Verdunstungswerte für eine Wasserfläche abzuleiten gestattet. Man hat die Wild'schen Werte mit 0.74 zu multiplizieren, um die Werte zu erhalten, die von einer Wasserfläche von 1 qm Oberfläche verdunsten würden. Die Ergebnisse sind in der Tabelle auf S. 111 angegeben. Die jährliche Periode ist sehr stark ausgeprägt: im Winter würden 198, im Frühling 503, im Sommer 663 und im Herbst 406 mm verdunsten können. Die Jahressumme, 1770 mm, würde die jährliche Niederschlagsmenge fast um das 50-fache übertreffen. In der jährlichen Periode der Verdunstung

fällt auf, daß das Maximum schon im Juni, das Minimum im Dezember auftritt. Das entspricht auch den Eintrittszeiten der Extreme der Windgeschwindigkeit, von der ja die Verdunstung abhängt. Auch das Sättigungsdefizit hat dieselbe Periode und läßt auch noch eine andere Beziehung zur Verdunstungsperiode erkennen, nämlich die Tatsache, daß nach dem Juni-Maximum von Juli bis September sowohl Verdunstung wie Sättigungsdefizit verhältnismäßig groß sind.

Wenn auch die Verdunstung im Winter am kleinsten, die Regenmenge am größten ist, so wird diese im Durchschnitt auch dann noch von jener weit übertroffen. So gibt es auch nur wenige Tage im Jahre, an denen die Regenmengen durch die Verdunstung nicht eine erhebliche Einbuße erleiden. Die Regenwirkung auf die morphologischen Vorgänge wird dadurch entsprechend vermindert.

### 5. Der Wind.

Die Ergebnisse der 15 jährigen Windbeobachtungen zu Heluan (1906—1920) zeigen während des ganzen Jahres vorherrschende Richtungen aus dem nördlichen Quadranten. Am stetigsten sind diese von Juni bis September (94—96 %); im Jahresdurchschnitt entfallen auf sie 76 %. Im Winter ist die Richtung häufiger auch aus dem südlichen Quadranten (31—33 %) im Zusammenhang mit den schon öfter erwähnten Mittelmeerdepressionen. Winde aus diesen Richtungen kommen aus den südlichen und südwestlichen Wüstengebieten und sind daher im Winter meist kalt, im Frühjahr aber sehr warm und trocken. Die vom linken Nilufer kommenden Westwinde sind sehr selten, von Dezember bis Mai 6—10 %, von Juni bis Oktober 1—3 %. Diese Tatsache ist wohl insofern von morphologischer Bedeutung, als Sandwehen aus dem Bereich der Libyschen Wüste, wenn überhaupt, nur selten in das von Natur sandfreie Gebiet von Heluan herüberkommen können. Dagegen haben die überwiegenden Winde aus dem nördlichen Quadranten, die vom Meere kommen und über das Kulturland des Nildeltas streichen, überhaupt keine Gelegenheit, nennenswerte Mengen von Trübungen auf diesem Wege aufzunehmen. Erst die Mokattam-Berge und das östlich anschließende Wüstengebiet könnte Material für diese Winde liefern.

Die Stärke der Luftbewegung wird in Heluan mit einem Schalenanemometer (Kew Model) in 20 m Höhe über dem Boden gemessen. Die Registrierungen sind daher in dem Sinne beeinflusst, daß sie höhere Werte ergeben als in Bodennähe, wo der Wind seine morphologische Wirksamkeit ausübt. Die folgenden

Angaben bedürfen daher einer zahlenmäßigen Reduktion, wenn man ihre morphologische Wirkung veranschlagen will. Einen ungefähren Anhalt hierfür geben die von G. HELLMANN diskutierte Beobachtungen an der Funkstation Nauen (1912—16)<sup>9)</sup>. Nach seiner Formel würde dort die Windgeschwindigkeit in 20 m Höhe 4.9, am Boden 3.0 m/s sein. Messungen mit einem kleinen Handanemometer (Fueß) ergaben mir am 9. Januar 1914 in der Wüste von Heluan folgende Vergleichswerte:

	10 <sup>h</sup> 25	11 <sup>h</sup> 35	13 <sup>h</sup> 35	15 <sup>h</sup> 10	Mittel
2 cm über dem Boden	5.2	6.1	5.6	5.3	5.6 m/s
170 cm „ „ „	6.6	8.0	9.9	9.0	8.4 m/s.

Die Zunahme der Windgeschwindigkeit nach oben war also doch sehr beträchtlich: das Verhältnis der Mittelwerte ist 2:3. Nach den Registrierungen in Heluan war das Tagesmittel an dem Beobachtungstage 6.3 m/s. Der um 8<sup>h</sup>40 aufgelassene Pilotballon zeigte in 130 m Höhe über N.N. 10 m/s aus S 30° W, in 500 m Höhe 13 m/s aus S 40° W an. Man wird also wohl die registrierten Werte als Höchstwerte anzusehen haben, aber man ist zur Beurteilung der Windverhältnisse allein auf sie angewiesen.

Die Windstärke zeigt eine ausgeprägte jährliche Periode: das Maximum (5.6 m/s) im Juni, das Minimum (3.7) im Dezember und Januar; das Jahresmittel ist 4.7 m/s. Bedeutender als die Jahreschwankung (1.9) ist die tägliche Schwankung der Windgeschwindigkeit. Die ruhigste Zeit fällt ungefähr auf die Stunde des Sonnenaufganges, wenn auch die Temperatur ihren niedrigsten Stand erreicht und eine stabile Lagerung der Luftschichten stattfindet. Die höchsten Werte der Windgeschwindigkeit treten im Winter zwischen 14 und 16<sup>h</sup>, in den anderen Jahreszeiten aber auffallenderweise und vermutlich lokal bedingt erst um 21<sup>h</sup> auf. Die mittlere tägliche periodische Schwankung erreicht ihr Maximum im Mai und Juni (4.8 m/s), ihr Minimum im Dezember (2.2). Die Neigung zu Turbulenzen und Trombenbildung muß daher in den späten Nachmittagsstunden der Frühjahrs- und Sommermonate am größten sein und dabei durch die sehr hohen Temperaturen und geringen Feuchtigkeiten der Luft um diese Zeit besonders begünstigt werden.

Vom morphologischen Standpunkte interessieren besonders die einzelnen Höchstwerte der Windgeschwindigkeit. Leider werden aber in den Meteorological Reports von Aegypten für

9) G. HELLMANN, Meteor. Z. 1917, S. 281 f.

Heluan nur die Tagesmittel mitgeteilt<sup>10)</sup>. Die höchsten Monatswerte liegen durchschnittlich zwischen 7 und 10 m/s, die absoluten Maxima zwischen 9 und 13. Das absolut höchste Tagesmittel der Windgeschwindigkeit war in der 15jährigen Reihe 13.2 m/s am 12. Oktober 1919 bei steifem Nordostwind und klarem Himmel. Nur an 14 Tagen des ganzen Zeitraumes lag das Tagesmittel über 11 m/s, so daß ein solches nur in jedem Jahr einmal vorzukommen pflegt.

Einzelne Stundenmittel gehen natürlich noch weit über die Tageswerte hinaus. Nach SUTTON waren die Stundenhöchstwerte am 2. April 1922 24.2 und am 7. Mai 1910 23.6 m/s.

Die unperiodischen Schwankungen der Windstärke halten sich, wenn man die Monatsmittel der verschiedenen Jahrgänge vergleicht, in merkwürdig engen Grenzen: die mittleren Abweichungen der Monatsmittel liegen zwischen  $\pm 0.2$  und  $\pm 0.7$  m/s. Es herrschen also, im ganzen gesehen, recht stabile Verhältnisse in den Windstärken mit ihrer ausgeprägten jährlichen Periode, ein Zeichen für die in tropischen Gebieten weniger wechselnden allgemeinen Luftdruckverhältnisse.

Von besonderem Interesse sind die Staubstürme (dust storms), die, wie SUTTON angibt, bei Windgeschwindigkeiten von mehr als 40 km/h (11.1 m/s) auftreten können. Am häufigsten sind sie im Frühling während der sog. Chamsin-Periode, wenn bisweilen trockene heiße Südwinde wehen. Auch im Winter kommen Südwinde vor, aber sie sind kalt (kalte Chamsine)<sup>11)</sup>. Nach einer von 1915—23 geführten Statistik kommen jährlich im Durchschnitt 14 Staubstürme vor, davon je 2 im März und April, weniger in den beiden Monaten vorher und nachher und im Oktober; im Sommer sind sie selten. Sie kommen meist aus dem südlichen Quadranten und die Windgeschwindigkeit kann Werte bis über 20 m/s erreichen, so am 2. April 1922.

Daß bei diesen Staubstürmen auch Sandmassen befördert werden könnten, steht außer Zweifel. Aber umso bemerkenswerter ist es, daß sich in der Wüste von Heluan keine nennenswerten Sandablagerungen finden, ganz im Gegensatz zu den auf der andern Seite des Nils gelegenen Gebieten, in denen Sandtriften und Dünenbildungen und -wanderungen zu den typischen Erscheinungen

10) Leider entsprechen die Veröffentlichungen der meteorologischen Beobachtungen und Registrierungen des Observatoriums von Heluan nicht dem internationalen Schema, das stündliche Werte vorschreibt.

11) Vgl. L. J. SUTTON: A barometric depression of the Khamsin Type. Phys. Depert. Paper Nr. 10. Cairo 1923.

gehören. Dieser Gegensatz, der durch die Beobachtungen von PASSARGE und mir bezeugt werden kann, entspricht, wie aus den Darstellungen der kompetentesten Wüstenforscher in Ägypten hervorgeht, der Tatsache, daß westlich des Nils in den miozänen Ablagerungen im N der Libyschen Wüste der Ursprung sandigen Materials gesucht werden muß, während auf der Ostseite des Nils diese Zone fehlt<sup>12)</sup>.

Außer den erwähnten Staubstürmen kommen im Gebiet von Heluan kleinere Staubtromben (sand devils) vor, in denen Sand oder Staub um eine vertikale oder geneigte Achse rotiert. Sie sind bei ruhigem Wetter in der wärmeren Jahreszeit sehr häufig und wandeln einzeln oder zu mehreren durch die Wüste, wobei der Staub weit über 100 m hochgehoben werden kann.

Die morphologische Wirkung der Staubstürme und -wirbel scheint nach den Beobachtungen, die PASSARGE gewonnen und diskutiert hat, nicht erheblich zu sein, was auch von anderer Seite entgegen früheren Anschauungen behauptet wird. Es ist vor allem zu bedenken, daß der Schuttmantel der Hamada die Windwirkung lahmlegt. Nur wo eine Verletzung der Schuttdecke stattfindet, kann aus der darunter liegenden Salzstaubschicht Material aufgenommen werden. Auch sonst scheint die Windwirkung beschränkt zu sein, weil sich Salzkrusten bilden, die das lose Material verkitten. Bei diesem Vorgang spielt die Verdunstung und die damit bewirkte Salzkonzentration eine wichtige Rolle. Die Wirkung des vom Winde fortgetragenen feinen Staubes mag aber wohl in einer Polierung und Glättung der Oberfläche bestehen.

Die Bildung von Salzschruppen und ihre Anhäufung in Nischen und Hohlkehlen scheint ebenfalls darauf hinzudeuten, daß die Windwirkung, auch die Deflation, von geringer Bedeutung ist. Auf einen Umstand kann man noch hinweisen, der ebenfalls einer nachhaltigen Wirkung der Staubstürme im sandfreien Gebiet nicht günstig ist. Die Staubmassen werden gewöhnlich in der heißen Tageszeit aufgewirbelt und können daher durch die dann stattfindenden starken vertikalen Konvektionsströmungen in größere Höhen hinaufgetragen werden. Über dem Boden selbst finden daher nicht so konzentrierte Staubtransporte statt. Bei den bodennäheren Sandtriften ist das anders, sodaß die Wirkung auf die entstehenden Hindernisse umso kräftiger sein kann.

Es wurde schon erwähnt, daß bei den Chamsinen ein scharfer Windwechsel von S nach NW stattfindet, sobald die Luftdruck-

. 12) W. F. HUME, Geology of Egypt. Vol. I. S. 74. Cairo 1925.

depression im N vorüberzieht und die Luftdruckkurve ihren tiefsten Stand erreicht. Mit dem Einbruch der kalten Luftmassen wird die Luft in der Regel sehr rasch von Staub gesäubert (s. o. S. 96), sodaß auch hierdurch die etwaige Wirksamkeit des Windes eng begrenzt wird.

Im Gefolge von Staubstürmen finden an geschützteren Stellen, so auch in den Poren des Bodens und Gesteins Staubablagerungen statt, die wegen ihres Salzgehalts dazu beitragen können, die Vorgänge der Salzverwitterung zu unterstützen.

### 6. Die Klimafaktoren in der Pluvialzeit.

Da aus der PASSARGE'schen Darstellung der Oberflächenformen in der Wüste von Heluan hervorgeht, daß gewisse Erscheinungen den Charakter von Vorzeitformen haben, die auf ein feuchteres Klima hinweisen, so mag noch mit einigen Worten auf die Frage eingegangen werden, welche klimatischen Verhältnisse in der Diluvialzeit in diesem Gebiete geherrscht haben können.

Es ist wohl anzunehmen, daß in der Diluvialzeit infolge der weiten Ausdehnung der nordeuropäischen Eisdecke die vorherrschend westöstlich wandernden Depressionen im Mittelmeergebiet häufiger eine südlichere Bahn eingeschlagen und daher wenigstens in Unterägypten einen stärkeren Einfluß auf das Klima gehabt haben als heute. Das würde besonders für den Winter und Frühling zutreffen müssen, da in diesen Jahreszeiten die Depressionen auch heute häufig ihre südlichste Bahn (über das Nildelta) einschlagen<sup>13)</sup>.

Die Folge davon mußte sein, daß die Niederschläge in Unterägypten in der Pluvialzeit häufiger und ergiebiger waren als heute, aber auch damals vorwiegend in dieselben, kälteren Jahreszeiten fielen. Die sommerliche Luftdruckverteilung wird dagegen in dem fraglichen Gebiet kaum eine andere gewesen sein, sodaß auch die stetigen, trockenen Nordwinde (Etesien) in der Pluvialzeit über Ägypten geweht haben. Wahrscheinlich wird allerdings ihre Stärke wegen der damaligen größeren Temperaturgegensätze zwischen niederen und höheren Breiten erheblicher gewesen sein. Dies konnte aber kaum ein Anlaß dafür sein, daß die Trockenheit im Sommer wesentlich gemindert war. Mithin liegt kein Grund vor, anzunehmen, daß die jährliche Niederschlagsperiode in Unterägypten eine andere war wie heute. Sie war nur wesentlich aus-

13) Vgl. die Übersicht der Bahnen für die einzelnen Monate nach J. I. CRAIG in W. F. HUME, *Geology of Egypt*, Vol. I. Taf. VII.

geprägter durch die Verstärkung der Regenfälle in der kälteren Jahreshälfte.

So haben stärkere Niederschläge häufiger und wirksamer als heute eine Durchflutung und damit eine Ausgestaltung und Ausräumung der Trockentäler bewirken können. Ob die Zahl der schwächeren Niederschläge sich ebenfalls vermehrt hatte, was besonders für die Frage der Durchfeuchtung und Fließfähigkeit des Bodens, der Grundwasserbildung, der Salzverwitterung und -Kristallisation von Bedeutung sein konnte, läßt sich nicht bestimmt behaupten, ist aber kaum zu bezweifeln.

Die geschilderte Änderung der atmosphärischen Situation mußte im Winter auch eine Vermehrung der Luftfeuchtigkeit, und der Bewölkung, also auch eine Verminderung der Ein- und Ausstrahlung zur Folge haben. Dasselbe dürfte auch für den Sommer zutreffen, falls, wie wahrscheinlich gemacht, die Passatwinde eine größere Stärke gehabt und also auch eine größere Feuchtigkeitsmenge vom Mittelmeer aus landeinwärts getragen haben. Mit diesen Änderungen im Zustand der Atmosphäre mußte eine Abschwächung der täglichen und jährlichen Temperaturperiode verbunden sein. Daher werden die hiervon abhängigen Vorgänge der mechanischen Verwitterung, der trockenen Bodenversetzungen und der Austrocknung des Bodens herabgemindert worden sein.

#### Zusammenfassung.

Eine graduelle Bewertung der morphologischen Wirksamkeit der einzelnen klimatischen Elemente in der Wüste von Heluan führt zu folgenden Ergebnissen.

Die stärksten und sichtbarsten Wirkungen gehen von den zwar seltenen, aber sehr intensiven Regenfällen aus. Sie bewirken deutliche erosive Vorgänge, Schuttbewegungen und -ablagerungen, besonders stark in den größeren Trockentälern, die den Regenfluten als Sammeladern dienen. Auch die Zerrung der Gehänge und die Anlage von flachen Erosionsrinnen auf den Hamadaflächen gehen auf die episodischen starken Regenfälle zurück. Daß, nach gewissen morphologischen Merkmalen zu urteilen, die Talbildung schon in einer weit zurückliegenden Zeit begonnen hat und heute nur langsame Fortschritte macht, steht mit der auch sonst gut begründeten Annahme einer diluvialen Pluvialzeit in Einklang.

Die Ausgestaltung der Kleinformen des Reliefs (Nischen- und Schuttfächerbildung, mechanische und chemische Verwitterungser-

scheinungen im Zusammenhang mit Salzen usw.) wird wahrscheinlich durch die relativ häufigeren sehr schwachen Regenfälle besonders begünstigt und mitbestimmt. Denn bei diesen kann das Wasser, soweit es nicht sofort verdunstet, was allerdings zu einem erheblichen Betrag der Fall sein muß, leichter als bei Platzregen, die die Poren des Bodens verstopfen, in diesen eindringen. Dort wo das Sickerwasser der oberflächlichen Verdunstungszone entzogen ist, wird es sich länger halten oder je nach den örtlichen Verhältnissen auch nach Austrittsstellen fortbewegen. Die Langsamkeit der Bewegung und der dadurch bedingte längere Aufenthalt im Boden sichern ihm eine erhöhte chemische Wirksamkeit. Diese ist allgemein durch die hohen Temperaturen ohnehin begünstigt.

Ob die von PASSARGE in ihrer Verbreitung und Bedeutung erkannte Salzmehlschicht unter der Gesteinsdecke ein Produkt der heutigen Klimafaktoren ist, bleibt wegen der mangelnden Kenntnis ihrer Bildungsbedingungen noch eine offene Frage. Es ist aber wahrscheinlich, daß die klimatischen Verhältnisse der Vorzeit wegen der größeren Durchfeuchtung des Bodens dafür günstiger waren als heute<sup>14)</sup>.

Die mechanische Verwitterung der Gesteine wird gewiß durch die großen Temperaturschwankungen periodischer und unperiodischer Art gefördert. Doch scheint der Gesteinszerfall und die Schuttbildung hinter den Wirkungen des fließenden Wassers zurückzubleiben. Sonst müßte sich mehr Verwitterungsschutt auf den Hamadaflächen und an den Talhängen finden. Die Abtragung überwiegt hier offenbar die Schuttbildung.

Der morphologischen Wirksamkeit des Windes fällt in der Wüste von Heluan nach den Ausführungen PASSARGES nur eine untergeordnete Rolle zu, weil es an Sand fehlt. Die besonders im Frühjahr vorkommenden Staubstürme und Wirbel scheinen in ihrer Wirkung durch das schützende Steinpflaster der Hamada und durch Salzkrusten, die sich unter der Einwirkung der Verdunstung aus aufsteigenden Lösungen bilden, beschränkt. Wegen der pulverigen Beschaffenheit des Staubes mag seine wirbelnde Bewegung wohl eine Glättung und Politur der Bodenflächen bewirken. Ein indirekter Einfluß kann davon ausgehen, daß salzhaltiger Staub in Bodenporen und Gesteinsfugen hineingelangt und dadurch die Vorgänge der Salzverwitterung fördert.

14) Vgl. E. BLANCK und S. PASSARGE, Die chemische Verwitterung in der ägyptischen Wüste. Abhdlg. Hamb. Universität Bd. 17. Hamburg 1925, S. 99, 103.

Klimatabelle von Heluan<sup>15)</sup>.

$\varphi = 29^{\circ} 52' N. Br., \lambda = 31^{\circ} 20' \ddot{O}. L. v. Gr., H = 116 m.$

	Lufttemperatur												Luftfeuchtigkeit						Sonne Dauer %	
	Wahre Mittel		Mittl. Tages- Min.		Mittl. tägl. Ampl. unperiod.		Mittlere absolute Max.		Absolute Min.		Ampl.		Period. Ampl.		Druck mm		Sätt. Def.			Bewöl- kung
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.		
Januar	18.0*	8.1*	18.6	8.1*	10.5	25.1*	4.1*	21.0	29.4	1.0*	27.8	26*	29	6.3	0.9*	6.3	4.6*	4.1	70*	
Februar	14.2	8.8	20.2	8.8	11.4	27.4	5.0	22.4	82.1	2.7	29.4	52	29	6.0*	1.1	6.3	6.3	3.7	72	
März	17.2	11.1	23.9	11.1	12.8	32.1	6.4	25.7	38.5	3.4	35.1	46	35	6.8	1.9	7.8	7.8	3.1	79	
April	20.9	14.1	28.4	14.1	14.8	38.6	9.0	29.6	43.8	5.7	38.1	42	37	7.7	2.4	11.8	11.8	3.2	77	
Mai	24.3	17.1	31.9	17.1	14.8	40.9	12.6	28.3	46.0	10.9	35.1	39*	41	9.7	3.5	15.7	15.7	2.3	84	
Juni	26.9	19.7	34.6	19.7	13.0	42.2	16.4	25.8	46.3	14.4	31.9	41	47	9.7	5.0	16.4	16.4	0.6*	90	
Juli	27.8	20.9	35.3	20.9	12.8	39.9	18.8	21.1	42.9	16.0	26.9	53	53	11.9	5.9	16.3	16.3	0.7	90	
August	27.6	21.3	34.7	21.3	11.8	39.1	19.1	20.0	42.0	17.2	24.8*	52	52	13.0	5.6	14.6	14.6	0.8	91	
September	25.5	19.7	32.0	19.7	10.8	37.8	16.9	20.9	41.2	14.6	26.6	55	48	12.5	4.2	12.1	12.1	0.7	92	
Oktober	23.3	17.9	29.5	17.9	9.7	35.3	14.4	20.9	39.8	10.4	29.4	54	41	11.0	8.2	10.7	10.7	1.8	87	
November	19.3	14.3	25.1	14.3	10.8	31.5	9.4	22.1	37.6	5.7	31.9	56	38	9.1	1.8	7.1	7.1	2.7	82	
Dezember	14.7	9.9	20.2	9.9	10.3*	25.7	6.2	19.5*	28.8*	3.6	25.2	60	33	7.8	1.0	5.0	5.0	4.1	70*	
Jahr	21.2	15.3	27.9	15.3	10.4	43.1	9.6	39.5	46.3	1.6	44.7	50	39	9.0	2.8	10.7	10.7	2.3	82	
Amplitude	14.8	13.2	16.7	13.2	4.6	17.1	15.0	10.1	17.5	15.6	13.3	21	27	7.0	5.0	11.8	11.8	3.5	22	

	Niederschlag					Verdunstung (reduziert)			Wind m/sek.
	Höhe mm	Tages- Max. mm	Regentage		Regen- dichte	täglich mm	monatl. mm	%	
			> 0,1 mm	> 1,0 mm					
Januar . . . . .	9.7	26.0	2.8	1.6	3.5	2.04	63	3.6	3.7*
Februar . . . . .	5.5	7.8	2.6	1.6	2.1	2.62	73	4.1	4.1
März . . . . .	6.3	25.8	1.4	0.9	4.5	3.91	121	6.8	4.9
April . . . . .	4.6	37.3 <sup>15)</sup>	0.5	0.4	9.2	5.54	166	9.4	5.2
Mai . . . . .	1.5	12.6	0.3	0.1	5.0	6.96	216	12.2	5.5
Juni . . . . .	0.1	1.5	0.1	—	—	7.92	238	13.4	5.6
Juli . . . . .	—	—	—	—	—	7.29	226	12.8	5.1
August . . . . .	—	—	—	—	—	6.43	199	11.2	4.8
September . . . . .	—	—	—	—	—	5.54	166	9.4	5.1
Oktober . . . . .	1.0	7.5	0.3	0.2	3	4.72	146	8.3	5.0
November . . . . .	2.7	12.3	0.9	0.7	3.0	3.12	94	5.3	4.2
Dezember . . . . .	5.5	21.6	2.1	1.2	2.6	2.00*	62*	3.5*	3.7*
Jahr . . . . .	36.9	37.3 <sup>15)</sup>	11.0	6.7	3.4	4.84	1770	100.0	4.7
Amplitude . . . . .	9.7	—	—	—	—	5.92	176	9.9	1.9

15) Lufttemperatur, Feuchtigkeit, Bewölkung, Sonnenscheindauer, Wind 1906—20, Schwarzkugeltemp. 1910—20, Sättigungsdefizit 1904—10, Niederschlag 1904—24, Verdunstung 1904—20. — Unter „Differenz“ steht links die Differenz zwischen mittlerer Schwarzkugeltemperatur und Lufttemperatur um 14h, rechts die Differenz des abs. Max. der Schwarzkugeltemperatur und des absoluten Minimums der Lufttemperatur in dem betr. Monat. Letztere Differenz gibt das Höchstmaß der Schwankungen der überhaupt beobachteten Temperaturen für jeden Monat an. Daß die Lufttemperaturen aus den Jahren 1906—1920, die Schwarzkugeltemperaturen aus 1910—1920 abgeleitet sind, spielt für den Vergleich keine besondere Rolle.

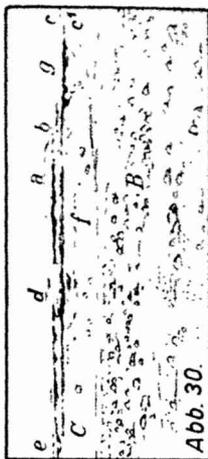
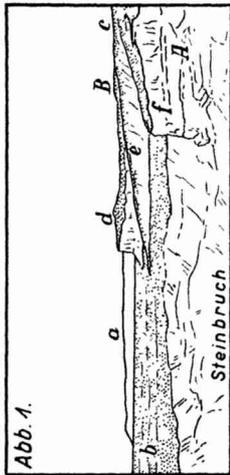
16) Größte Menge in 24 Stunden 43.2 mm vom 19. April 1909 20h bis 20. April 20h.



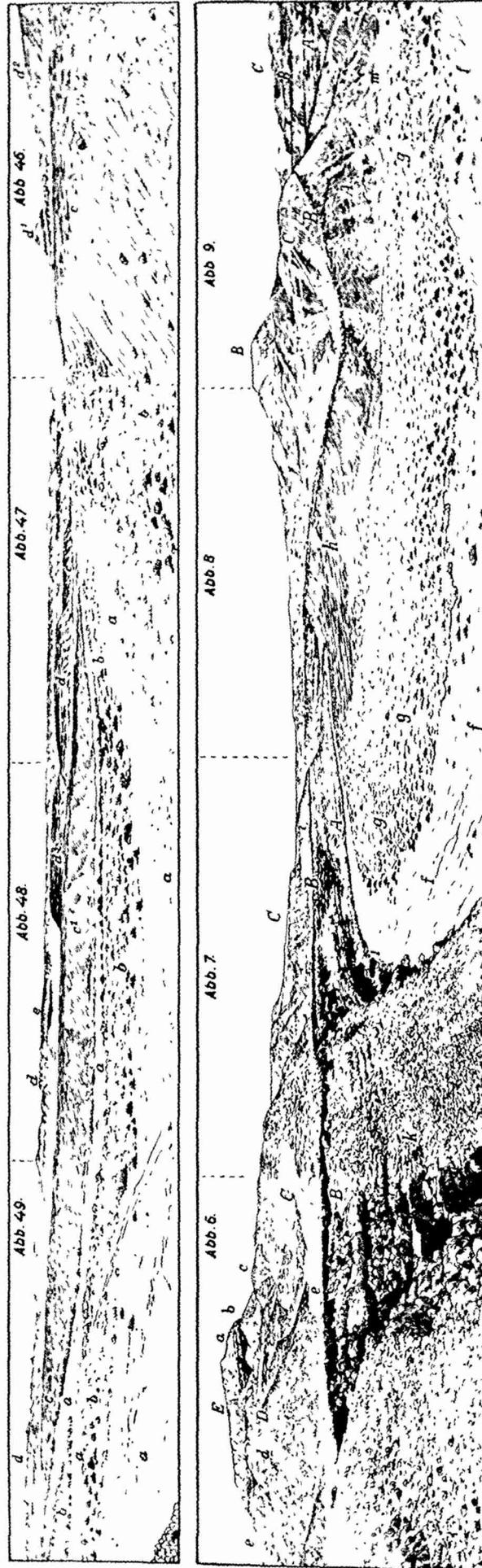
**Tafel I.**

(Zeichnungen nach Photographien.)

- Abb. 1. Steinbruch bei Heluan (S. 9).
- Abb. 2. Der östliche Rand der Tafel bei Punkt 3 (S. 10).
- Abb. 3. Der NW-Abfall des El Qurn bei Punkt 7 (S. 11).
- Abb. 10. Westhang der Reilsschlucht unterhalb des Zirkus bei Punkt 11 (S. 17).
- Abb. 11. Der Zirkus der Reilsschlucht (S. 18).
- Abb. 20. Wandstück unterhalb des Zirkus im Sclatertal mit Gesimsen, Hohlkehlen und Schattdecke (S. 33).
- Abb. 21. Ein Stück der Westwand unterhalb des Zirkus des Sclatertals mit Gesimsen und Hohlkehlen (S. 34).
- Abb. 29. Konvexnische an einer Tafellecke bei Punkt 3 (S. 39).
- Abb. 30. Tafelrand bei Punkt 4 beim Walthertal (S. 40).







(Zeichnungen nach Photographien.)

Abb. 6—9. Panorama in Wadi Hof (S. 15).

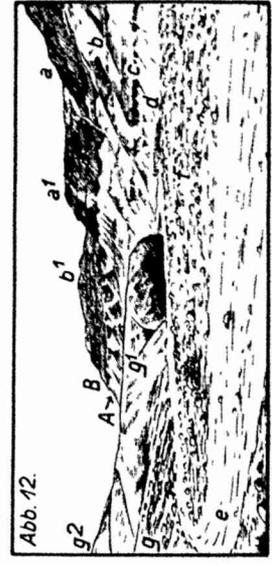
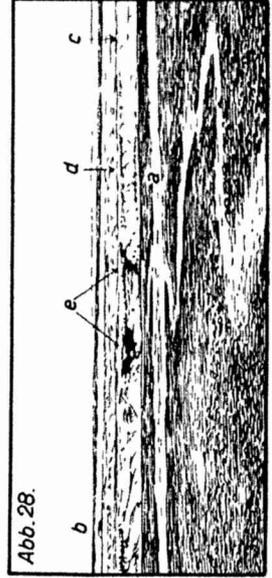
Abb. 46—49. Panorama in Wadi Rischid (S. 51).



**Tafel III.**

(Zeichnungen nach Photographien.)

- Abb. 12. Das Wadi Hof gegenüber der Einmündung der Selaterschlucht (von S.O. gesehen) bei Punkt 16 (S. 20).
- Abb. 16. Der Zirkus der Selaterschlucht, aus der Entfernung gesehen (S. 30).
- Abb. 17. Der Zirkus des Selatertals (S. 31).
- Abb. 22. Der Ausgang des Dofiertals, vom Wadi Hof aus gesehen, mit der ersten Zirkusstufe (S. 35).
- Abb. 23. Ein Stück der Ostwand des Wadi Dotier zwischen beiden Zirkusstufen (S. 35).
- Abb. 28. Blick von Punkt 2 über die Hamada nach Süden (S. 38).

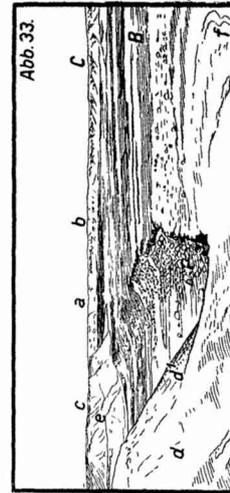
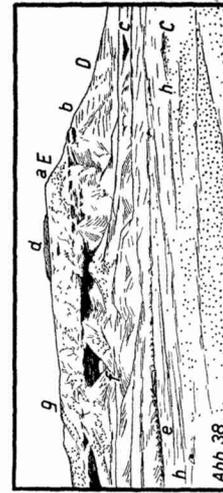
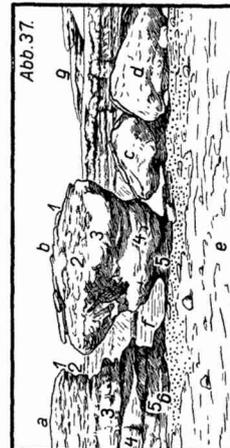
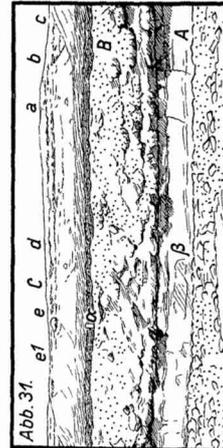
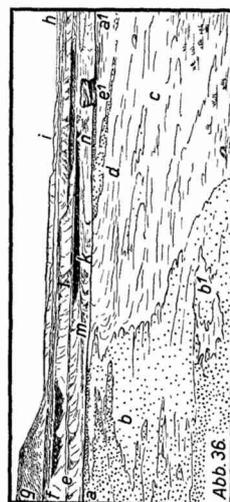




**Tafel IV.**

(Zeichnungen nach Photographien.)

- Abb. 18. Der Zirkus der Solaterschlucht (S. 32).
- Abb. 26. Der Boden der Hamada bei Punkt 1 (S. 38).
- Abb. 31. Wernertal nördlich des Walthertales bei Punkt 5 (S. 41).
- Abb. 33. Das Wernertal in der Gegend von Punkt 6 (S. 42).
- Abb. 34. Abtragungerscheinungen auf dem Südosthang des Wernertales (S. 43).
- Abb. 35. Abschuppende Mergelkalkwand mit Flachböschung nahe Abb. 34 (S. 44).
- Abb. 36. Blick über das Walthertal von Punkt 8 in westlicher Richtung (S. 44).
- Abb. 37. Die Pilzfelsen im Walthertal (S. 45).
- Abb. 38. Blick auf den Nischenberg bei Punkt 9 aus Osten (S. 46).

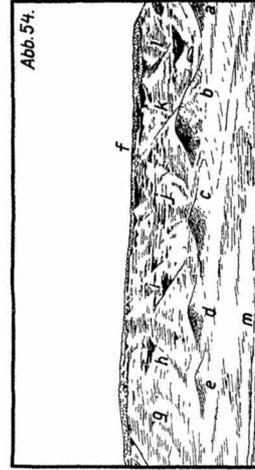




**Tafel V.**

(Zeichnungen nach Photographien.)

- Abb. 39. Die Nische f des Nischenberges am Punkt 9 (S. 46).
- Abb. 40. Der linke Flügel der f-Nische (S. 47).
- Abb. 41. Nischen auf dem Westhang des Wadi Risched (S. 48).
- Abb. 42. Prallhang auf dem Westhang des Wadi Risched (S. 49).
- Abb. 44. Die Westseite des Wadi Risched zwischen Punkt 11 und 12 (S. 51).
- Abb. 52. Tafelrand in der Nähe von Punkt 14 (S. 53).
- Abb. 53. Nische und Zungenkegel am Nordrand der Tafel, Engelhöhe bei Punkt 15 (S. 53).
- Abb. 54. Nische und Zungenkegel an der N-Ecke der Engelhöhe bei Punkt 16 (S. 54).
- Abb. 55. Der westlichste der drei „Gleichen“ bei Punkt 17 (S. 54).

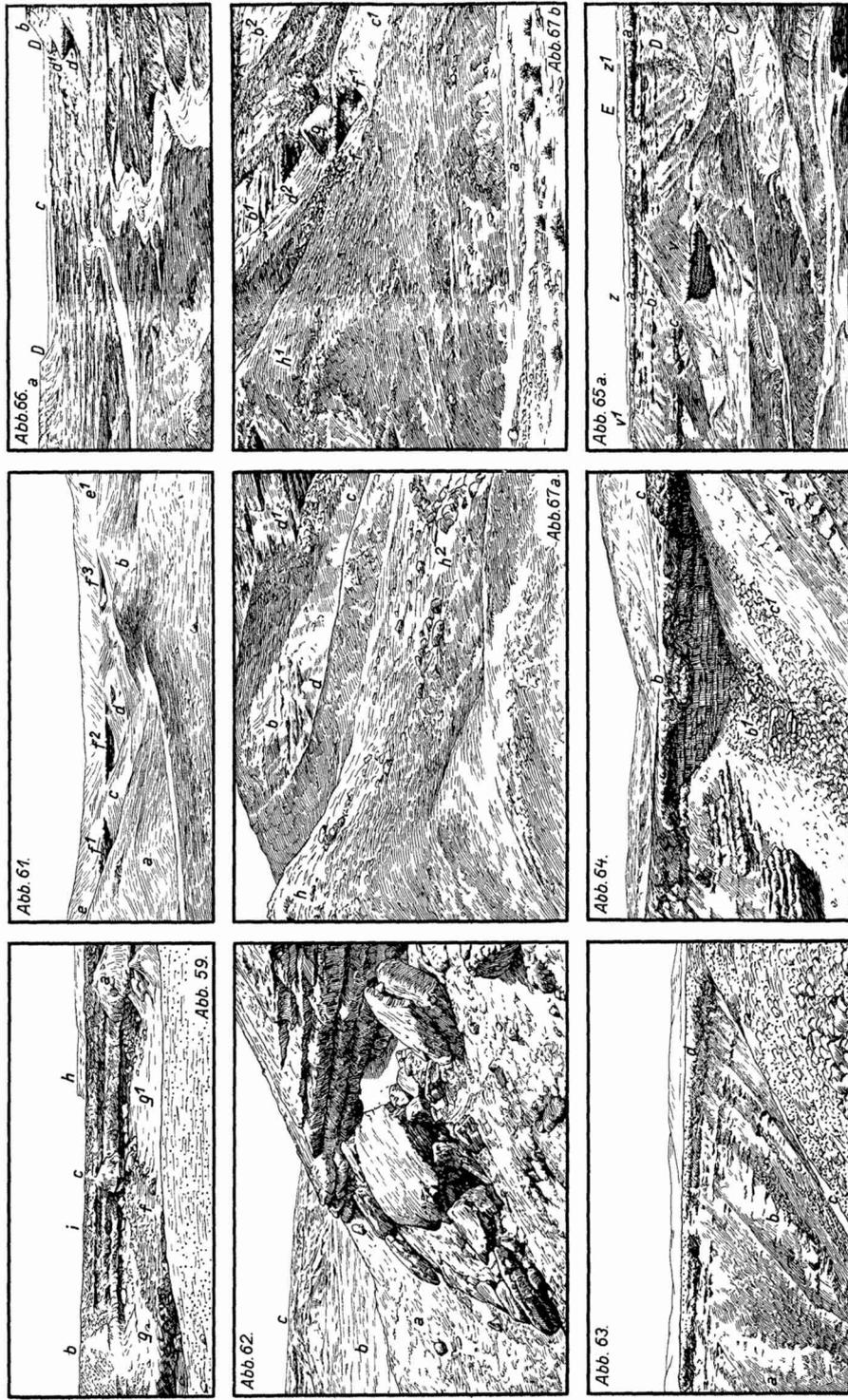




**Tafel VI.**

(Zeichnungen nach Photographien.)

- Abb. 59. Die Talzirken bei Punkt 3 (S. 57).
- Abb. 61. Schlitznischen in einem Hügel zwischen Werner- und Meinardus-Tal bei Punkt 4 (S. 59).
- Abb. 62. Nische an der Westecke des Albdille-Plateaus bei Punkt 5 (S. 61).
- Abb. 63. Zirkus am Nordhang der Albdille-Tafel bei Punkt 6 (S. 61).
- Abb. 64. Dreiecksnische am Rand der Albdille-Tafel bei Punkt 7 (S. 62).
- Abb. 65a. Konvexe Dreiecksnische am Südhang der El Qurn-Tafel gesehen an Punkt 8 (S. 62).
- Abb. 66. Blick nach Westen über die Meinardus-Bucht von Punkt 11 aus (S. 64).
- Abb. 67a und b. Schattthang mit Abschürfungen und Nischen im Suarez-Tal (S. 64).

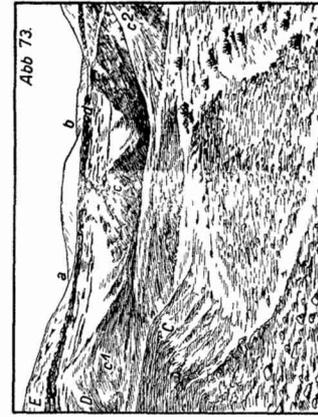
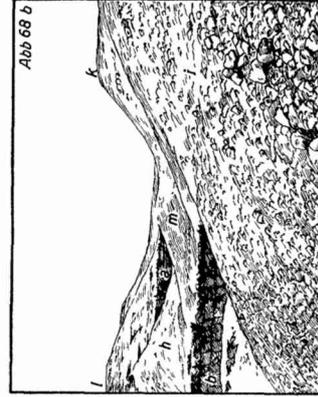
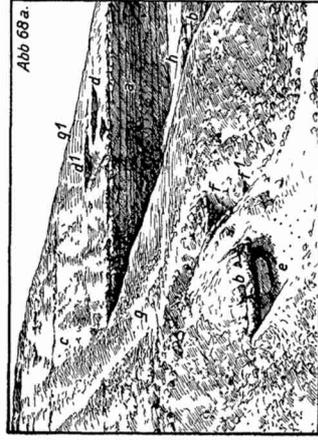




**Tafel VII.**

(Zeichnungen nach Photographien.)

- Abb. 68 a und b. Trapeznische im Suareztal (S. 65).  
 Abb. 69 a und b. Doppelnische mit Zungenhöcker zwischen den beiden ursprünglichen Nischen (S. 66).  
 Abb. 73. Der Zirkus am Punkt 17 des Qurn (S. 69).  
 Abb. 74. Dreiecksnische am Südrand des Qurn zwischen den Punkten 17 und 18 (S. 70).  
 Abb. 75. Unterer Teil einer Dreiecksnische in der D-Gruppe zwischen Punkt 17 und 18 (S. 70).  
 Abb. 76. Blick nach O. am Tafelrand des Qurn entlang (S. 70).  
 Abb. 77. Der Vorsprung c am Qurn zwischen Punkt 17 und 18 der D-Gruppe (S. 71).







1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100





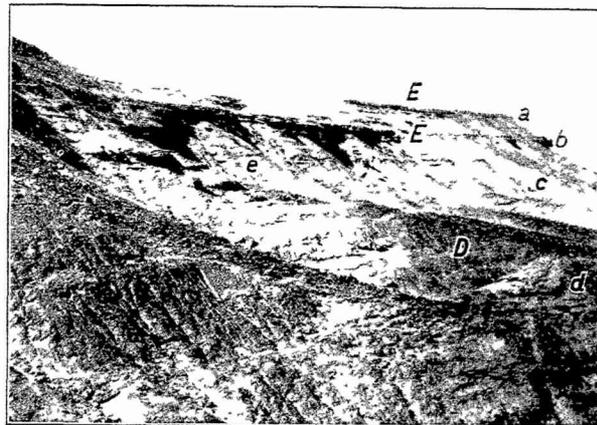


Abb. 4. Der NW-Rand des El Qarn bei Punkt 8 (S 14).

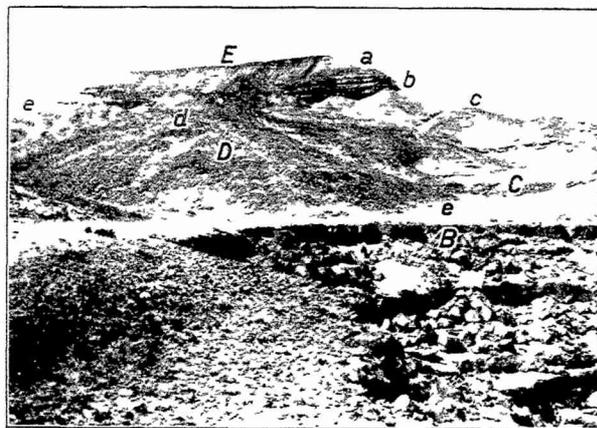


Abb. 5. N-Ecke des NW-Abfalls des El Qarn bei Punkt 9 (S 14).



Abb. 13. Schuttstufe im Wadi Hof unterhalb des Doflertales bei Punkt 21 (S. 21).



Abb. 15\*. Die linke Ecke der großen Dreiecksnische auf Abb. 15, Taf. XIII, (S. 24).



Abb. 15 Ostwand des Schatertales zwischen Zinkus und Mündung bei Punkt 17 (S. 22).



Abb. 14. Ostliche Talwand im Scoterial bei Punkt 16 (S. 22)



Abb. 25. Seitenschicht auf dem östlichen Talhang der Dofferschicht unterhalb des Zirkus II, am Punkt 23 (S. 37).



Abb. 19. Das Strudeloch am Fuß der Zirkusstufe im Sclatertal (S. 34).

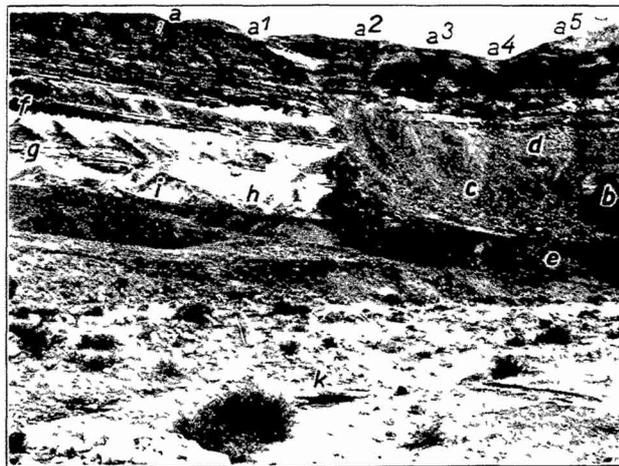


Abb. 24. Ostliche Talseite in der Doflerschlucht zwischen Zirkusstufe II und III. Punkt 23



Abb. 27. Der Boden der Hamada bei Punkt 2 südlich Wadi Schuscha (S. 38)

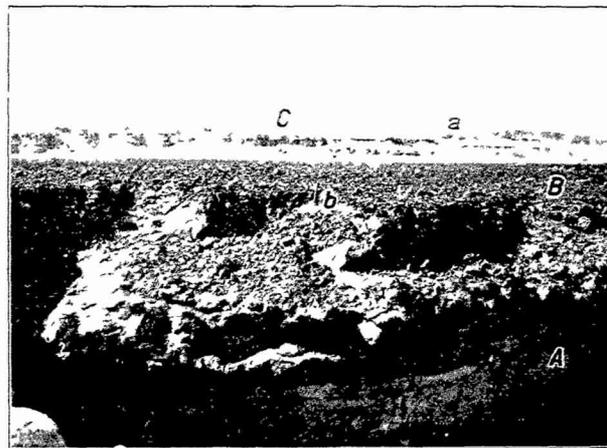


Abb. 32. Das Wernertal bei Punkt 5 (S. 41).

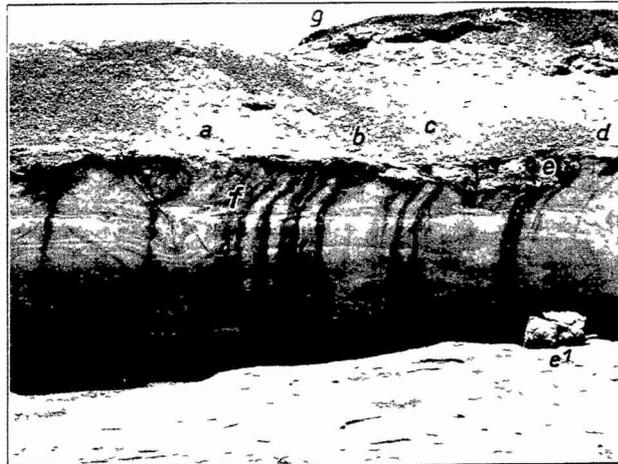


Abb 43. Prallhang an der Westseite des Wadi Risched bei Punkt 11 (S. 49)

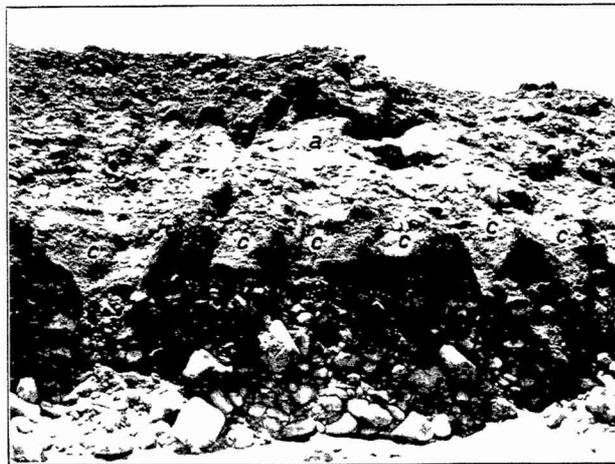


Abb 45. Langsstute im Wadi Risched zwischen Punkt 11 und 12 (S. 51).

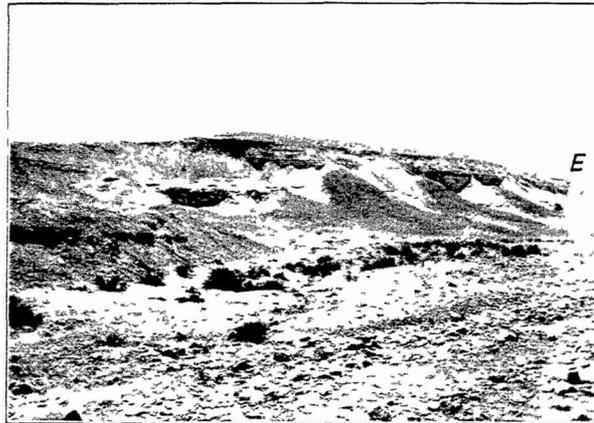


Abb. 50 Nordostrand der Platte der Engelhöhe bei Punkt 13 (S 53).



Abb. 51 Nordrand der Tafel der Engelhöhe bei Punkt 14 (S 53).

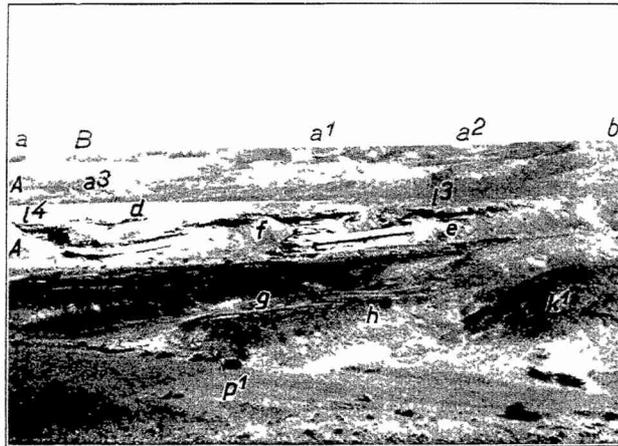


Abb. 56. Das Wernertal unterhalb der Stufe bei Punkt 2 (linkes Bild) (S. 56)



Abb. 57. Das Wernertal unterhalb der Stufe bei Punkt 2 (rechtes Bild) (S. 56)

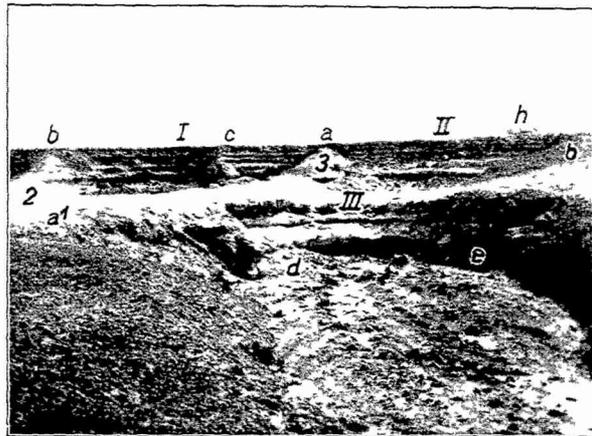


Abb. 58. Die Talzirken im Wernertal bei Punkt 3 (S. 57)



Abb. 60. Die Talzirken im Wernertal bei Punkt 3 (S. 58)

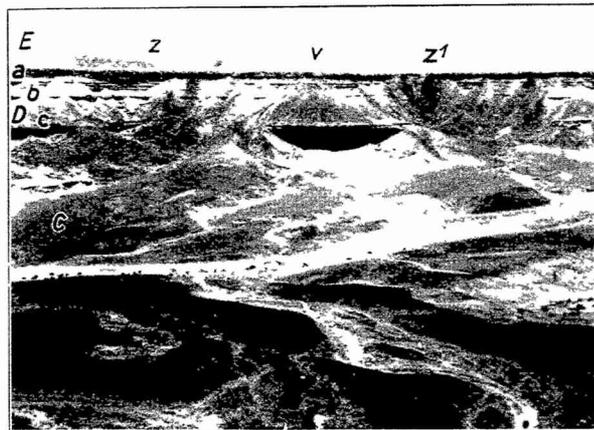


Abb. 65 b. Konvexe Dreiecksnische am Südhang der El Qurn-Tafel, von Punkt s gesehen (S. 62).

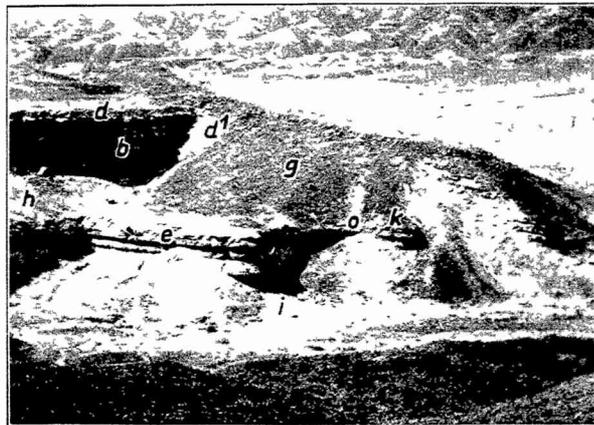


Abb. 70 Die rechte Seite der Doppelnische Abb. 65 im Suarez-Tal (S. 67)

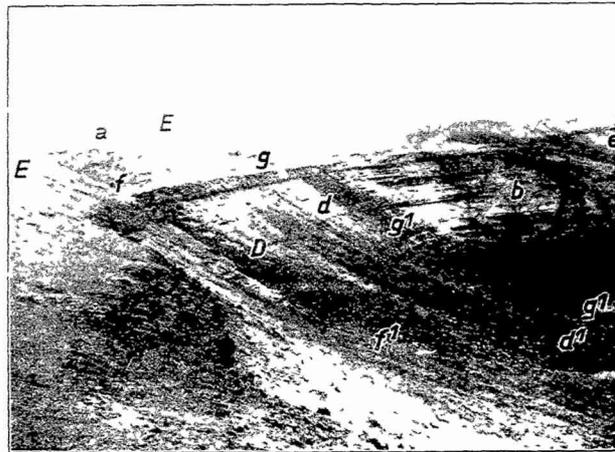


Abb. 71 a. Der Zirkus bei Punkt 15 am Osthang der Qurntafel (linkes Bild) (S. 67).

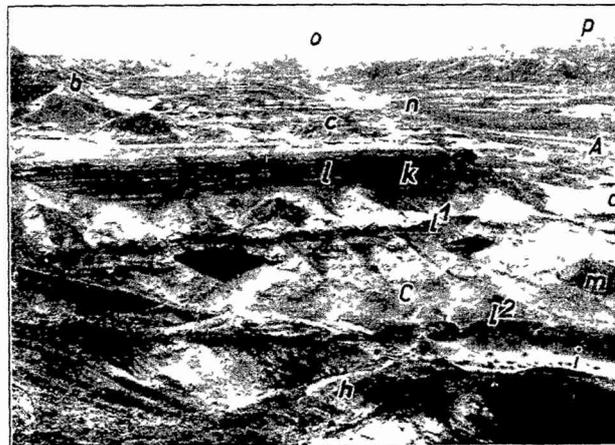


Abb. 71 b. Der Zirkus bei Punkt 15 und der Blick über den Ostabfall der Qurntafel (S. 67).

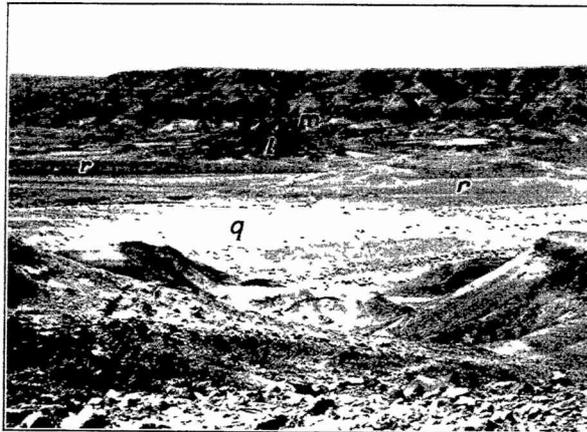


Abb. 72. Blick auf Wadi Hof und den Tafelrand im Norden, von Punkt 16 aus (S. 69)

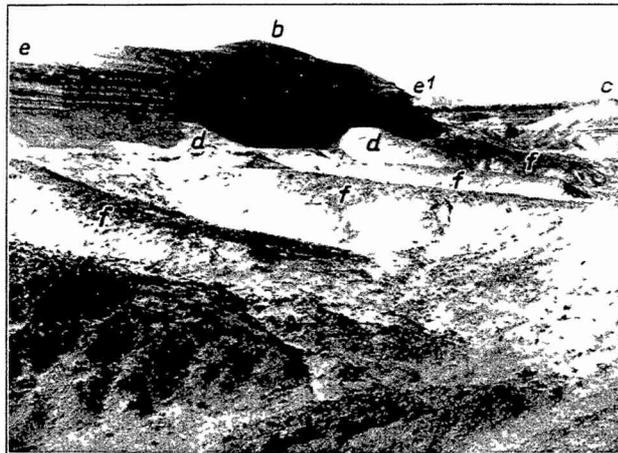


Abb. 73. Der Sudrand der Qurn-Tafel zwischen Punkt 17 18 (S. 71).



**Abhandlungen  
der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen**

**Mathematisch-Physikalische Klasse / Neue Folge**

aus dem Gebiet der

**FACHGRUPPE V: GEOGRAPHIE UND GEOPHYSIK**

- II. Bd. Nr. 1. **Wiechert, Emil**, Theorie der automatischen Seismographen. 4°. (128 S.) 1903. 9,50 RM.
- III. Bd. Nr. 5. **Linke, Franz**, Luftpotelektische Messungen bei 12 Ballonfahrten. Mit 4 Tafeln. 4°. (30 S.) 1904. 7 RM.
- V. Bd. Nr. 1. **Kohlschütter, Ernst**, Ergebnisse der Ostafrikanischen Pendelexpedition v. J. 1899 u. 1900. I. Mit 16 Taf. u. 8 Fig. i. Text. 4°. (VIII u. 229 S.) 1907. 31 RM.
- V. Bd. Nr. 5. **Gerdien, Hans**, Untersuchungen über die atmosphärischen radioaktiven Induktionen. Mit 4 Tafeln. 4°. (74 S.) 1907. 8,50 RM.
- VII. Bd. Nr. 1. Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. I. Das Samoa-Observatorium von **Hermann Wagner**. Mit 9 Tafeln. 4°. (70 S.) 1908. 7 RM.
- VII. Bd. Nr. 2. Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. II. Die meteorologischen Registrierungen der Jahre 1902—1906 von **Otto Tetens** und **Franz Linke**. Mit 3 Taf. u. 25 Fig. 4°. (139 S.) 1908. 14,50 RM.
- VII. Bd. Nr. 3. Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. III. Die Brandungsbewegungen des Erdbodens und ein Versuch ihrer Anwendung in der prakt. Meteorologie. Von **Franz Linke**. Mit 3 Taf. 4°. (58 S.) 1909. 6 RM.
- VII. Bd. Nr. 4. Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. IV. Das Klima von Samoa. Von **Otto Tetens** und **Franz Linke**. Mit 7 Fig. u. 3 Taf. 4°. (114 S.) 1910. 12 RM.
- VIII. Bd. Nr. 3. **Schwarzschild, Karl** u. **Dziewulski, Wladyslaw**, Bestimmung der Polhöhe von Göttingen und der Deklinationen von 375 Zenithsternen mit der hängenden Zenithkamera. Mit 9 Fig. im Text und 1 Taf. 4°. (III u. 43 S.) 1911. 3,50 RM.
- VIII. Bd. Nr. 5. **Kohlschütter, Ernst**, Ergebnisse der Ostafrikanischen Pendelexpedition in den Jahren 1899 und 1900. II. Mit 4 Taf. u. 5 Fig. i. Text. 4°. (VI und 101 S.) 1912. 13 RM.
- IX. Bd. Nr. 1. Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. V. **Linke, Franz**, und **Angenheister, Gustav**, Die erdmagnetischen Registrierungen der Jahre 1905—1908. Mit 9 Tafeln und 4 Figuren im Text. 4°. (VI, 52 u. CXXXIX S.) 1911. 24 RM.
- IX. Bd. Nr. 2. Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. VI. **Angenheister, Gustav**, Die luftelektrischen Beobachtungen am Samoa-Observatorium 1906, 1907, 1908. Mit 3 Tafeln und 8 in den Text gedruckten Figuren. 4°. (III u. 43 S.) 1911. 6 RM.
- IX. Bd. Nr. 3. Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. VII. **Wegener, Kurt**, und **Hammer, Max**, Die luftelektrischen Beobachtungen am Samoa-Observatorium 1909 bis Mai 1911. Mit 2 Tafeln. 4°. (31 S.) 1912. 4,50 RM.
- IX. Bd. Nr. 4. Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. VIII. **Wagner, Gotthold**, Zusammenstellung der Barometer-Beobachtungen von Samoa aus den Jahren 1903—1908 zur Bestimmung der Gezeitenbewegungen der Atmosphäre. Mit 8 Figuren. 4°. (48 S.) 1913. 4,50 RM.
- IX. Bd. Nr. 5. Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. IX. **Wegener, Kurt**, Die erdmagnetischen Beobachtungen im Jahre 1909 und 1910. Mit 3 Tafeln. 4°. (15 u. LI S.) 1923. 14,50 RM.

- IX. Bd. Nr. 6. **Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen.** X. **Angenheister, Gustav**, Die erdmagnetischen Beobachtungen im Jahre 1911. Mit 2 Tafeln. 4°. (9 und XXII S.) 1923. 3,50 RM.
- XI. Bd. Nr. 1. **Prey, Adalbert**, Darstellung der Höhen- und Tiefenverhältnisse der Erde durch eine Entwicklung nach Kugelfunktionen bis zur 16. Ordnung. Mit 2 Tafeln. Gr.-8°. (32 S.) 1922. 4 RM.
- XII. Bd. No. 1. **Mortensen, Hans**, Der Formenschatz der nordchilenischen Wüste. Mit 9 Tafeln und 45 Figuren. Gr.-8°. (VIII und 191 S.) 1927. 18 RM.

---

In den „**Nachrichten**“ **Mathematisch-Physikalische Klasse** **1932 und 1933** sind aus der Fachgruppe V bisher erschienen:

- Witte, L.**, Beiträge zur Berechnung der Geschwindigkeit der Raumwellen im Erdinnern. 3 RM.
- Brinkmann, R.**, Über fossile Inselberge. —,50 RM.
- Berroth, A.**, Über die Messung der Variation der Schwere durch Sonne und Mond unter Berücksichtigung der dynamischen Meereszeiten. 3 RM.
- Jung, H.**, Über Erdbebenwellen. IX. Die Schattenwirkung des Erdkerns für die seismischen Raumwellen. 2 RM.
-