

teils in Form von an alte Gemeinden angeschlossenen neuen Pendler-Wohnvierteln, teils als völlig unabhängige neue Siedlungen. Weitere sind im Entstehen; in absehbarer Zeit werden die Wachstumsspitzen Washingtons und Baltimores aufeinander treffen und miteinander verschmelzen. Die gleiche Entwicklung bahnt sich zwischen den anderen Großstädten im atlantischen Küstengebiet weiter nördlich an. Aus der perlenschnurartig angeordneten Städtereihe von Washington über Baltimore, Wilmington (Del.), Philadelphia, Trenton (N.J.), Brunswick (N.J.), der Städtegruppe um Jersey City und New York bis ins südliche Neuengland wird allmählich eine kontinuierliche bandförmige Stadtlandschaft. Doch wird Washington trotz dieser Verschmelzung seinen eigenständigen Charakter bewahren, da es in Funktion und Anlage grundverschieden ist von den anderen Städten des Bandes. Nur schließt es sich damit gebietlich enger an die industriellen Nordoststaaten an, zusammen mit Maryland, das bisher eine Übergangstellung zwischen Norden und Süden innehatte. Der große Hiatus im Landschaftsbild der atlantischen Küstenstaaten liegt schon jetzt am Südrande der Vorstädte Washingtons in Virginia. Von hier bis zum 150 km entfernten Richmond am James River ist der Siedlungscharakter ländlich. Eingestreute kleine Städte dienen als lokale Zentren, besitzen aber keinerlei Ansätze zur Großstadtbildung. Washington wird daher auf lange Zeit hinaus am südlichen Ende des atlantischen Großstadtbandes bleiben.

digen Charakter bewahren, da es in Funktion und Anlage grundverschieden ist von den anderen Städten des Bandes. Nur schließt es sich damit gebietlich enger an die industriellen Nordoststaaten an, zusammen mit Maryland, das bisher eine Übergangstellung zwischen Norden und Süden innehatte. Der große Hiatus im Landschaftsbild der atlantischen Küstenstaaten liegt schon jetzt am Südrande der Vorstädte Washingtons in Virginia. Von hier bis zum 150 km entfernten Richmond am James River ist der Siedlungscharakter ländlich. Eingestreute kleine Städte dienen als lokale Zentren, besitzen aber keinerlei Ansätze zur Großstadtbildung. Washington wird daher auf lange Zeit hinaus am südlichen Ende des atlantischen Großstadtbandes bleiben.

## MORPHOLOGISCHE UND BODENKUNDLICHE BEOBACHTUNGEN IN DER SYRISCH-IRAKISCHEN WÜSTE

*Eugen Wirth*

Mit 3 Abbildungen und 6 Bildern.

### *Geomorphological and pedological observations in the desert of Syria and Iraq*

*Summary:* 1. The Syrian desert is divided into areas with a relatively dense network of well pronounced waddies, and into areas which are practically level, and without drainage and waddies. The areal distribution of these two types of major landforms is independent of the amount of rainfall, the geology and their location as regards local base levels. The explanation lies in Miocene transgressions and is connected with the deposition in the lower part of the former waddi network.

2. The major landforms of the Syrian desert are determined by a number of erosion surfaces of which the origin of some dates back to the Oligocene. The waddies too, at least as far as their upper courses are concerned, also date from that time. Cuestas and scarps are only found in a few places.

3. In the areas of the Syrian desert without drainage many shallow depressions occur, the origin of which is in no way due to tectonic causes. The present shape of these "Khabras" is due to karst drainage and deflation. Wind effect in form of corrosion is negligible; the influence of deflation on the major landforms must, however, not be underestimated.

4. Independent from the amount of precipitation, different types of desert, like rock desert, gravel desert, salt-clay desert, sand-dune desert, and dust desert, are found in close juxtaposition depending on geology and relief. Similarly as with the desert proper the distribution of the different types of desert steppe also depends on conditions of geology and relief rather than those of climate.

5. The different types of desert proper on the one hand and desert steppe and steppe on the other hand are found in the Syrian desert side by side without difference of climate. It is further impossible to establish a clear distinction between a fossil and more humid and a recent more dry form type.

6. In contrast to north Africa lime crusts are found in the Syrian desert in areas with an annual rainfall of 400—600 mm. In areas with an annual precipitation of 100—300 mm. lime crust formations give way to loose soils rich in lime.

7. The loose soils of the dry regions of northern Arabia are not fossil but are still being formed, and originated by weathering in situ. The formation of loose soils is unrelated to the amount of annual precipitation.

8. The formation of lime crusts is furthered by a material of coarse grain and great permeability, and handicapped by a fine grain and impermeable material. Lime crusts, which are most strongly cemented directly on the surface are formed by capillary action of ground water. Where a crusts is formed as a result of evaporation of rain water it is found in the lower soil horizons while the surface consists of very loose, dusty material.

9. Salt as a geomorphologically effective agent of weathering is of little importance in the Syrian desert since nowhere is the annual precipitation much below 50 mm. Under a strong armour plate of desert lacquer one finds everywhere fresh unweathered rocks. The main factor leading to a loosening of the bedding planes and dustiness of the soils is crystallization of calcite.

10. The proportion of dust in the loose soils of the Syrian desert is largely fixed by a thin zone of the surface where it is baked together, or by dust-skin like phenomena. The notorious dust storms of Mesopotamia originate, generally speaking, not so much in the desert than in the ploughed-up irrigated areas.

11. Many of the marginally situated waddies show clearly the formation of Pleistocene terraces. The waddies in the central areas of the desert have a wide gravel bottom, today safe from flooding; the slopes which lead to this gravel bottom are of relatively young appearance. Thus at least one late-Pleistocene period with deposition of gravel and pronounced lateral erosion must be postulated. For recent and sub-recent times a slight linear down-

cutting may be discerned at the most; in the majority of cases there is no change at all.

12. There are many indices which indicate that during the Pleistocene there were periods of cooler as well as more humid climate in the Syrian desert. The increase in precipitation may, however, have been relatively little.

13. Overgrazing has done much damage to the vegetation of the steppes and desert steppes. It may be assumed that this is the reason why the possibilities of grazing and tillage without irrigation have deteriorated since Classical times. There is no need to assume climatic changes to explain this deterioration.

14. The propositions and results enumerated in points 1—13 are only valid for the area of the Syrian desert. It seems that the possibilities of establishing general laws of a geomorphology of deserts on the basis of local observations are strictly limited. Each desert area is in many respects an individuality of its own with its own landforms and its own laws for their formation.

### 1. Überblick

Die Syrische Wüste — von den Arabern *Shamiya* bzw. *Badiet esh Sham* genannt — und die mesopotamische Wüstensteppe, *Djezire*, gehören zu denjenigen Trockenräumen der Erde, die schon sehr früh in den Gesichtskreis des Abendlandes traten. Bereits zur Zeit des Römischen Reiches waren sie von blühenden Oasenstädten gesäumt, und auf gut ausgebauten Karawanenwegen zog ein reger Handelsverkehr durch die Wüstensteppe. Aus der Zeit arabischer und türkischer Herrschaft liegen viele Reiseberichte vor, und von der Fülle der Forschungsreisenden und Entdecker des 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts sei nur *Alois Musil* genannt, der in mehreren Bänden genaue Routenschilderungen seiner Fahrten durch die Syrische Wüste gab<sup>1)</sup>.

Dennoch gehört die *Shamiya* heute zu den im Sinne moderner geographischer Forschung am wenigsten bekannten Wüstenräumen. Viele andere Trockengebiete, die selbst topographisch vor hundert Jahren noch praktisch unbekannt waren, sind inzwischen morphologisch und geologisch eingehend untersucht worden; als ein Beispiel sei hier nur an die Namib in Südwestafrika erinnert<sup>2)</sup>. Über die Syrische Wüste hingegen gibt es nur einige sehr allgemein gehaltene Absätze in Veröffentlichungen von Erdölgeologen (als jüngste Zusammenfassung z. B. das Sammelwerk *The World's Oil Fields*) sowie einen kurzen, aber

wesentlichen Aufsatz von *H. Boesch*, der sich mit einem kleinen Teilraum der *Shamiya* befaßt (1949). Seit dem zweiten Weltkrieg waren nun vor allem die Wüsten Nordafrikas das bevorzugte Studienobjekt deutscher Morphologen, Geologen und Bodenkundler gewesen. Unter Bezug auf die Ergebnisse jener Forschungen seien im folgenden einige Beobachtungen zweier Studienreisen nach Syrien und dem Irak mitgeteilt.

Ein Vergleich der Verhältnisse in der Syrischen Wüste<sup>3)</sup> mit den Ergebnissen jüngster Forschungsreisen in Nordafrika erscheint besonders interessant, weil beide Räume hinsichtlich *Stratigraphie* und *Tektonik* große Ähnlichkeiten aufweisen<sup>4)</sup>. Genau wie die Sahara ist auch die Syrische Wüste Tafelland über einem kristallinen Sockel, im Norden von jungen Kettengebirgen begrenzt. Allerdings ist im Raume der *Shamiya* der Unterbau des Arabischen Blocks nirgends aufgeschlossen. Er liegt jedoch und lag auch in Zeiten von Transgressionen stets relativ nahe der Oberfläche. So macht sich sein Einfluß bei den überlagernden Sedimentserien stark bemerkbar: Die mesozoischen und eozänen Ablagerungen der Wüstentafel, meist Kalksteine und Mergel, sind küstennah und von geringer Schichtmächtigkeit; die Fazies wechselt nach den Seiten zu rasch, man findet viele Schichtlücken und Transgressionssedimente. Auch die tektonischen Verhältnisse sind durch den oberflächennah unterlagernden Arabischen Block beeinflusst: Das Tafelland der *Shamiya* ist relativ starr; die wenigen Wölbungen und Einmuldungen, aus Oberkreide und Alttertiär stammend, sind weit gespannt und zeigen nur selten ein Fallen von mehr als 5 Grad.

Morphologisch besonders bedeutsam wird der kristalline Sockel in der fast allseitig von Stufen umgebenen Senke der *Gaara* (Abb. 1, 2). Hier sind die Sedimentserien noch sehr viel weniger mächtig als in der übrigen *Shamiya* — ein Zeichen für Oberflächennähe des Unterbaus schon zur Zeit der Sedimentation. In Oberkreide und Alttertiär wurde dann das Gebiet der *Gaara* tektonisch aufgebault, was zu einer verstärkten Abtragung und Ausräumung mit Reliefumkehr am Scheitel der Wölbung führte. Die morphologische Senke der *Gaara* stellt also ein geologisches Fenster dar; sie

<sup>1)</sup> *A. Musil*, *Arabia Deserta*, New York 1927; *The Middle Euphrates*, New York 1927; *Palmyrena*, New York 1928 (American Geographical Society, *Oriental Exploration and Studies* No. 2, 3, 4).

<sup>2)</sup> *E. Kaiser*, 1926. Dieses umfangreiche und ausnehmend gründliche Werk ist nicht nur als Regionalstudie, sondern auch als Arbeit zur allgemeinen Morphologie der Trockengebiete von großem Wert. Viele der ganz aktuellen Probleme und Fragestellungen moderner Wüstenmorphologie sind bei *Kaiser* bereits klar erkannt und vorbildlich diskutiert.

<sup>3)</sup> Unter dem allgemein gebräuchlichen, aber nicht ganz korrekten Namen „Syrische Wüste“ seien die Wüstensteppen- und Wüstengebiete im Nordteil der arabischen Halbinsel westlich des Euphrat verstanden. Als angenäherte Grenze gegen Steppe und Agrarland des syrischen „fertile crescent“ mag der Raum zwischen der 200- und 300-mm-Isohyete gelten (siehe Abb. 3).

<sup>4)</sup> Der folgende Überblick über die geologischen Verhältnisse stützt sich im wesentlichen auf die Beiträge von *Lees* und *Baker* in *The World's Oil Fields* sowie auf den Aufsatz von *Boesch* 1949.

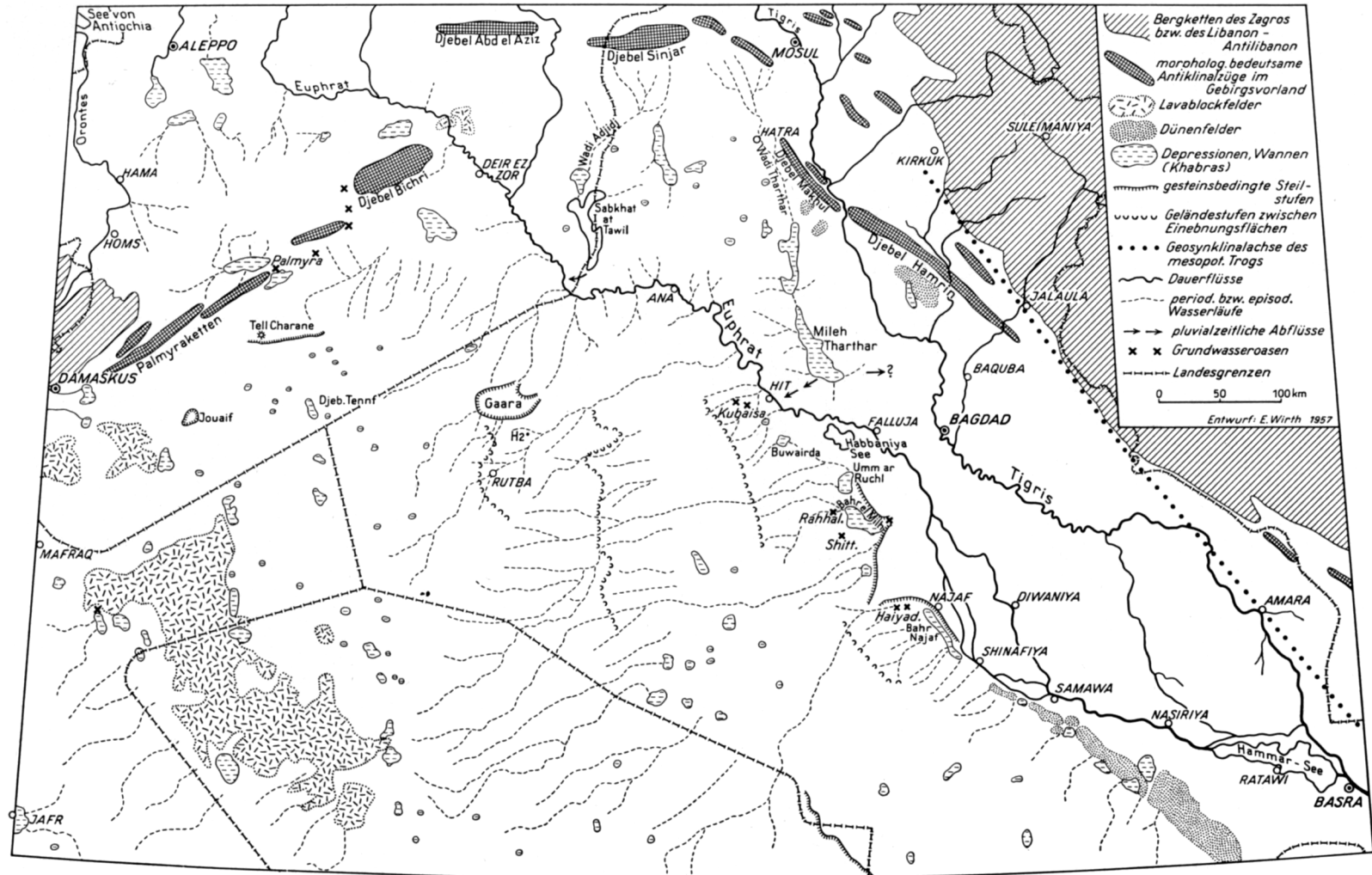


Abb. 1: Shamiya und Djezire — Übersichtsskizze.

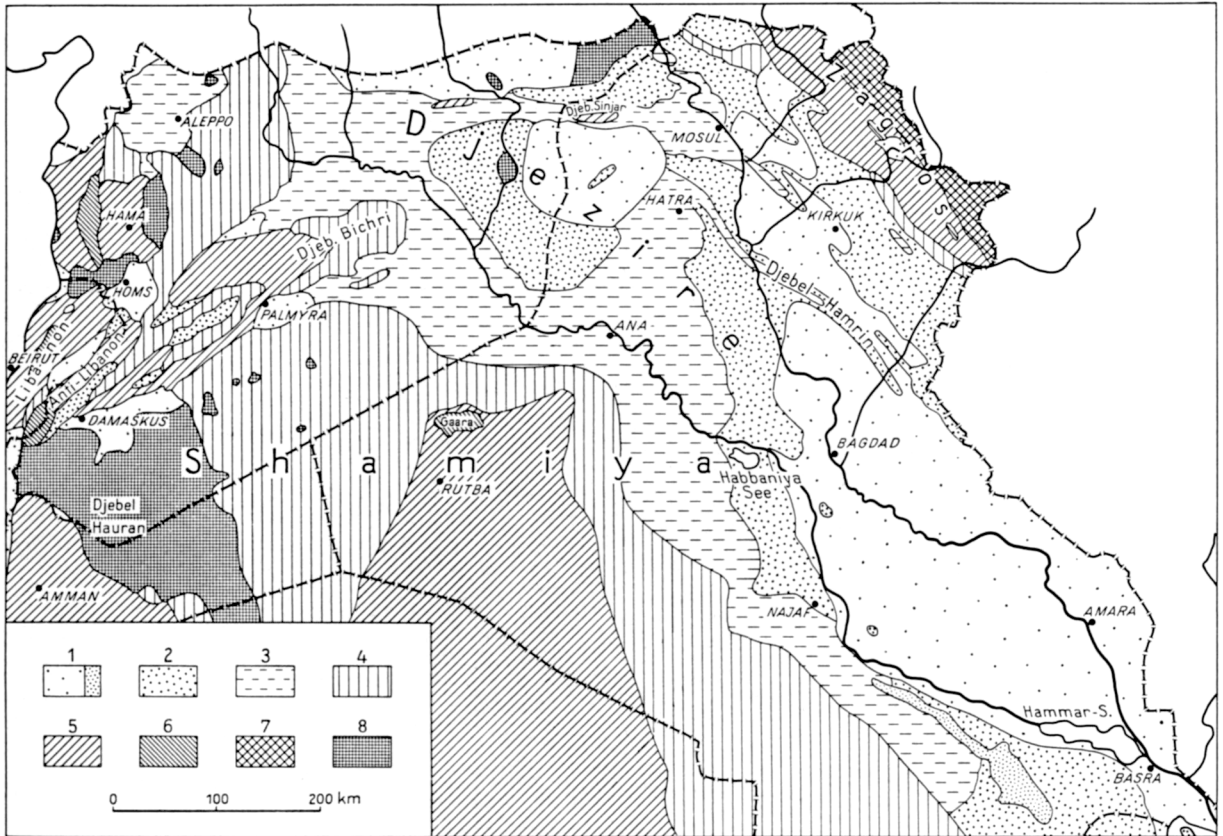


Abb. 2: Geologische Übersichtskarte

1. Quartär/Dünen; 2. Plioz. u. Obermioz.; 3. Mittel- u. Untermioz.; 4. Eozän; 5. Kreide 6. Jura, Trias; 7. Decken des Zagros; 8. jungvulk. Gesteine.

Quellen: A. Souza, Wirtschafts atlas des Irak, Bagdad 1953, S. 23. L. Dubertret, Carte Géologique de la Syrie et du Liban, 1 : 1 Mill., 3. Aufl. 1945. G. S. Blake, Geol. Karte 1 : 1 Mill. in Ionides (Lit. 12), S. 44 (1939).

ist in vieler Hinsicht mit den ägyptischen Oasendepressionen, vor allem mit Baharija, vergleichbar (Pfannenstiel, S. 344, 352 f.). In ihrer tektonischen Anlage aber ist sie durchaus den kristallinen Gebirgen der zentralen Sahara gleichzustellen, auch wenn hier, in der Syrischen Wüste, das Kristallin nicht aufgeschlossen ist.

Im Gegensatz zu den älteren, bis ins Eozän reichenden, epikontinentalen Ablagerungen der Shamiya stehen die jüngeren, mio- und pliopleistozänen, mächtigen Sedimentserien der Geosynklinalen des mesopotamischen Troges. Aus ihnen ist die Djezire, die Wüstensteppe zwischen Euphrat und Tigris, aufgebaut (Abb. 1, 2). Hier (Djebel Makhul, Djebel Sinjar) und am Rande des Syrischen Bogens (Palmyraketten) ebbt die Faltung der benachbarten jungen Gebirge allmählich auf der Sedimentdecke aus. Diese Krustenbewegungen am

Rande der Syrischen Wüste sind wesentlich jünger als die oben genannten Aufwölbungen der zentralen Shamiya. Sie ereigneten sich im Pliozän und setzten sich vor allem im irakischen Gebirgsvorland bis ins Pleistozän und Holozän fort. Im Osten, im Raum des mesopotamischen Troges, sind die Antiklinalen infolge der großen Plastizität mächtiger Sedimentdecken modellartig schön ausgebildet. Im Westen dagegen sind regelmäßige Falten selten; die größere Starrheit des Untergrunds bedingte Bruchtektonik und einen ausgehenden, meist basaltischen Vulkanismus. —

Auch in bezug auf das Klima zeigt die Syrische Wüste große Ähnlichkeit mit den Wüsten Nordafrikas. Die Temperaturen steigen jeden Sommer auf absolute Maxima von 45 bis 50 Grad, während in den Monaten Dezember, Januar und Februar stets mit Frösten gerechnet werden muß. Die

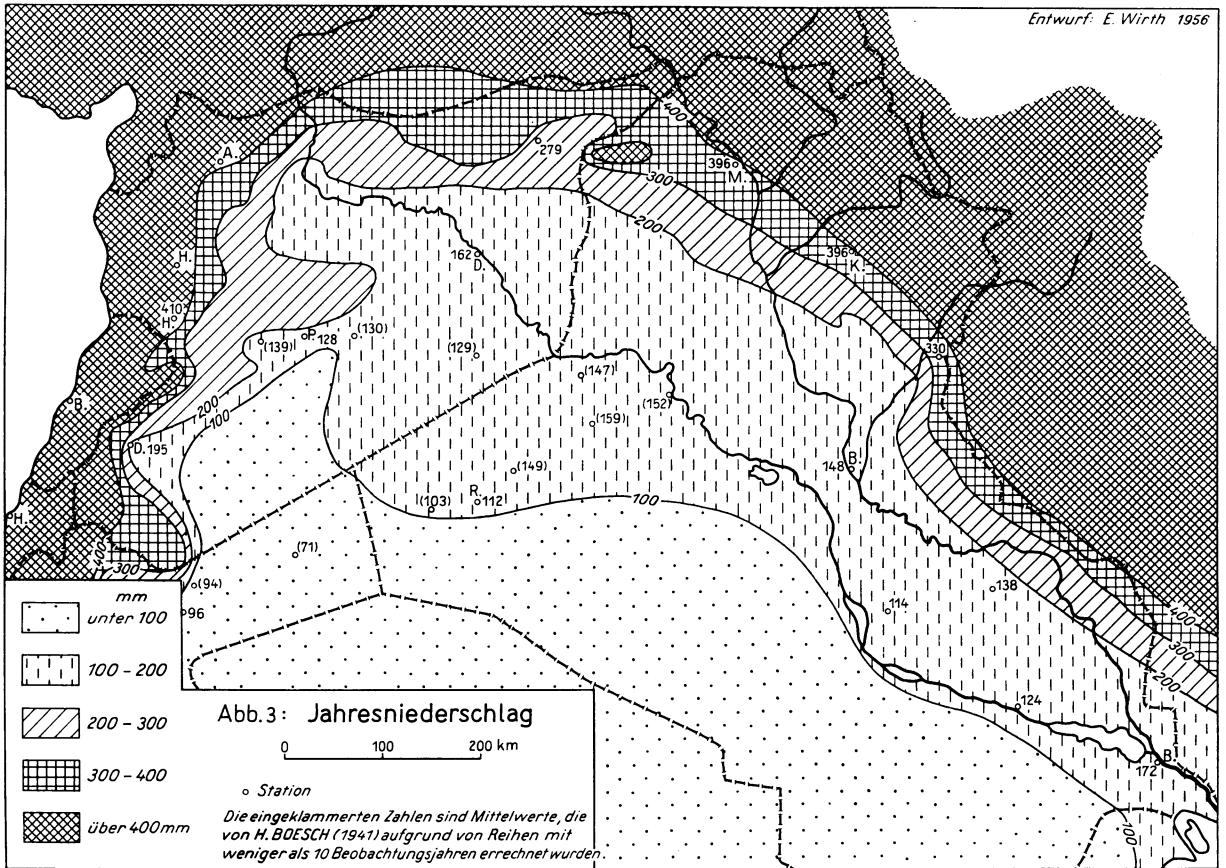
täglichen und jährlichen Temperaturdifferenzen entsprechen ebenfalls den nordafrikanischen Verhältnissen.

Als Beispiel für die Temperaturmaxima und -minima seien die Zahlen von Rutba (637 m ü. M.) genannt (Rutba ist die einzige Station in der Shamiya, die heute über eine lückenlose Beobachtungsreihe von 25 Jahren verfügt): Mittleres tägliches Januarminimum + 1 Grad, mittleres tägliches Augustmaximum 39 Grad, absolutes Januarminimum - 14,4 Grad, absolutes Julimum 46,1 Grad (Statistical Abstract, S. 54, 42). Diese Zahlen liegen um etwa zwei bis drei Grad tiefer, als die Werte anderer Stationen in der Shamiya. Auch das absolute Januarminimum von - 14,4 Grad ist außergewöhnlich niedrig und vermutlich durch die topographische Lage der Meßstation zu erklären, die in einem breiten, tief eingeschnittenen Wadi liegt. Dennoch dürften alle Temperaturwerte in der Syrischen Wüste um einige Grade tiefer liegen, als die Werte vergleichbarer Saharastationen.

Ebenso wie die Temperaturen sind auch Niederschlagshöhe und Jahrgang des Niederschlags durchaus mit den Verhältnissen in den nördlichen Randgebieten der Sahara vergleichbar: Der mittlere Jahresniederschlag beträgt in den trockensten Teilen der Shamiya etwa 50 mm, in den Randgebieten 250 mm; die Niederschläge fallen von

November bis April mit zwei wenig ausgeprägten Maxima. Ein wesentlicher Unterschied besteht allerdings hinsichtlich der Niederschlagsverteilung<sup>5)</sup>, und gerade dies macht die Syrische Wüste als Vergleichsobjekt besonders interessant: In Nordafrika findet man im großen und ganzen ein Abnehmen der Niederschlagsmenge mit zunehmender Entfernung von der Mittelmeerküste bzw. den lokalen Erosionsbasen südlich des Atlas. Auch läßt sich in erster Annäherung feststellen, daß gleichlaufend mit der Niederschlagsabnahme nach den zentralen Gebieten der Sahara hin immer ältere geologische Formationen anstehen. In der Shamiya dagegen liegen die Verhältnisse infolge des im wesentlichen West-Ost gerichteten Verlaufs der Isohyeten anders: Man findet die gleichen

<sup>5)</sup> Siehe Kartenskizze Abb. 3. Die eingetragenen Niederschlagswerte sind nur bedingt miteinander vergleichbar, da teilweise verschieden lange Beobachtungszeiträume zugrunde liegen. Herrn Dr. Kerner vom Seewetteramt Hamburg sei für seine Hilfe bei der Beschaffung neuen Zahlenmaterials vielmals gedankt. Eine genaue Tabelle von 36 irakischen Stationen mit bis 1947/48 reichenden Messungen siehe Kellersohn S. 277.



Niederschlagsmengen nah und fern der Küste, nah und fern der Dauerflüsse und nah und fern der örtlichen Erosionsbasen. Auch laufen die Isohyeten oft quer zu den geologischen Formationsgrenzen; man kann infolgedessen das Verhalten der verschiedensten Gesteine bei gleicher Regenmenge studieren, während geologisch vergleichbare Horizonte in Räumen mit ganz verschiedenen Niederschlagsmengen anstehen. Dadurch wird es aber möglich, den klimatischen Faktor in seiner Wirksamkeit gesondert zu untersuchen und seine Stärke gegenüber den anderen formenprägenden Faktoren abzuschätzen.

Ein weiterer Unterschied der Syrischen Wüste zu großen Teilen vor allem des östlichen Nordafrika liegt darin, daß gerade die Niederschlagsmengen zwischen 300 und 100 mm, deren klimamorphologische Wirkungen bisher noch nicht im einzelnen untersucht wurden (Büdel 1954, S. 74 Anm.), in großen Arealen anzutreffen sind (Abb. 3). Niederschlagsmengen allein haben allerdings für morphologische und geologische Untersuchungen nur eine sehr beschränkte Aussagekraft<sup>6)</sup>. Da aber Temperaturen und Jahresgang der Niederschläge in der Syrischen Wüste nicht wesentlich von den Verhältnissen in Nordafrika abweichen und da die morphologischen und geologischen Beobachtungen der jüngeren Zeit in Nordafrika ebenfalls mit reinen Niederschlagszahlen operieren, ist gerade durch Angabe dieser Werte eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse für beide Räume gewährleistet. —

Wegen der Ähnlichkeit aller klimatisch wirkenden Faktoren nimmt es nicht wunder, daß man, wie in Nordafrika, auch in der Syrischen Wüste als Trockengrenze der Steppe und des Regenfeldbaus etwa die 300-mm-Isohyete angeben kann, während Gebiete mit weniger als 100 mm Niederschlag Vollwüsten sind. Die Wüstensteppe, die die weiten Areale von 100 bis 300 mm Niederschlag einnimmt, hat jedoch einen etwas anderen Bewuchs, als die meisten Wüstensteppen Nordafrikas: Man findet in der Shamiya nur sehr selten hohe Einzel Exemplare von Gräsern, Kräutern und Büschen, die durch größere Zwischenräume fast vegetationslosen, nackten Bodens getrennt sind. Meist ist der Boden mit kümmer-

lichen, kleinen Gräsern und Kräutchen bedeckt, die jedoch wesentlich dichter stehen, wenn sie auch keinen geschlossenen Pflanzenteppich bilden. Kleinräumige Vegetationsanreicherungen findet man vor allem in flachen Senken, in denen etwas Feinmaterial angeschwemmt ist. Kaum merklich höhere Stellen daneben können oft völlig vegetationslos sein.

So ist es nicht immer leicht, scharf zwischen Steppe, Wüstensteppe und Vollwüste zu unterscheiden. Eine solche Unterscheidung und die Feststellung eindeutiger Beziehungen zwischen Niederschlagsmenge und Pflanzendecke wird auch dadurch noch erschwert, daß in der Shamiya die Vegetation durch starke Beweidung vermutlich sehr degradiert worden ist. Die Zerstörung der Pflanzendecke durch Überweidung scheint in vielen Teilen der Steppe und Wüstensteppe so stark zu sein, daß sie allein schon eine Verschlechterung der Weide- und Anbauverhältnisse seit der Antike hinreichend erklären würde.

Die absolute Trockengrenze jeder Vegetation auf topographisch und edaphisch nicht begünstigtem Standort liegt bei 75 bis 100 mm Jahresniederschlag (Zohary). Nach Guest, Boyko, Feinbrun-Zohary und Zohary sind *ARISTIDA PLUMOSA*, *HALOXYLON SALICORNICUM*, *PLANTAGO CORONOPUS* und *OVATA* und *STIPA TORTILIS* die wichtigsten Charakterpflanzen, die in allen Teilen der Syrischen Wüste von Amman und Damaskus bis Bagdad anzutreffen sind. Sie gehören zu den saharo-sindischen Pflanzengesellschaften, die mit weniger als 150 mm Jahresniederschlag auskommen. *ARISTIDA PLUMOSA* leidet besonders stark unter Beweidung, *HALOXYLON SALICORNICUM* ist über weite Strecken der Shamiya die absolut vorherrschende Pflanze. Beide bevorzugen sandige und kiesige Standorte. In den irakischen Wüsten sind auch *POA BULBOSA* und *ASTRALAGUS SPINOSUS* häufig anzutreffen, während *ANABASIS ARTICULATA* und *ZILLA SPINOSA* fast ausschließlich auf die südwestliche Syrische Wüste beschränkt bleiben. In den etwas reichlicher benetzten randlichen Teilen von Shamiya und Djezire (300 bis 150 mm) herrschen die iranotur-anischen Pflanzengesellschaften. *ARTEMISIA HERBA ALBA*, *STIPA TORTILIS* und *POA BULBOSA* müssen hier als die wichtigsten Pflanzen genannt werden. *ARTEMISIA HERBA ALBA* tritt oft in reinen Beständen auf, da sie gegen Beweidung besonders resistent ist. In ackerbaulich genutzten Gebieten sind *ALHAGI MAURORUM* und *PROSOPIS STEPHANIANA* besonders häufig auf Brachfeldern und wüsten, verlassenen Äckern.

## 2. Großformenschatz

In den westlichen und nördlichen Randgebieten der Syrischen Wüste und im Vorland der kurdischen Berge findet man verhältnismäßig junge Oberflächenformen mit recht bewegtem Relief: Schichtrippen und Schichtkämme, Antiklinalen mit abgetragener Scheitelregion, zerschnittene Piedmontglacis, Basaltdecken, kleine Vulkankegel (Bild 1), sowie bei waagrechtlicher Schichtlagerung Tafelberge mit lebhaft vor- und zurückspringenden Stufen (Bild 6). Der Formenschatz der zentralen Teile der Shamiya dagegen ist ganz anders:

<sup>6)</sup> Man hat deshalb versucht, die Wirksamkeit des Niederschlags durch Berechnung von Regenfaktoren, Ariditätsindices usw. genauer festzulegen. Auf solche Berechnungen wurde im Rahmen dieser Arbeit verzichtet. In der Shamiya ist das Netz der Stationen mit genauen Temperaturmessungen noch dünner als das der Stationen mit langjährigen Niederschlagsmessungen. Auch liegen bis heute noch keine zuverlässigen Messungen der wirklichen und möglichen Verdunstung vor. Somit wäre jede Angabe von Regenfaktoren und Ariditätsindices mit einem noch höheren Unsicherheitsfaktor als reine Niederschlagszahlen behaftet.

Ebenheiten und weit gespannte Flächen sind das absolut beherrschende Element; fast alle Formen scheinen reif und sehr alt zu sein. Bei näherer Betrachtung kristallisieren sich hier nun hinsichtlich der Talbildung zwei deutlich voneinander geschiedene Typen des Großformenschatzes heraus: Das eine sind Gebiete mit weiten, praktisch ebenen Flächen, bei denen ein altes Wadinetz heute so völlig abgeschliffen ist, daß man die Tiefenlinien kaum mehr am Relief, sondern nur noch an einer Vermehrung des Feinmaterials und am dichteren Pflanzenwuchs erkennen kann. Zum anderen aber findet man Gebiete mit einem relativ dichten Netz von Trockentälern, die zehn bis fünfzig Meter tief in die umgebende ebene Wüstenfläche eingeschnitten sind und manchmal recht steile Hänge zeigen (Bild 2).

Die räumliche Verteilung dieser beiden Formentypen ist nun völlig unabhängig von der jeweiligen Niederschlagsmenge sowie von der Entfernung zur heutigen oder pluvialzeitlichen Erosionsbasis. In nächster Nähe des Euphrat zum Beispiel, auch auf den höheren Euphratterrassen findet man weite unzerschnittene Flächen, während im innersten Teil der Shamiya überhaupt, im Raume von Rutba und der Gaara, ein System von vielen Wadis mit steilen Hängen nach Norden zieht. Abb. 1 zeigt einen Versuch, die Verbreitung der beiden Formentypen festzulegen<sup>7</sup>. Die anstehenden Sedimentserien von Kreide, Eozän, Unter- und Mittelmiozän sind überall in der Shamiya so ähnlich, daß die Unterschiede auf keinen Fall gesteinsbedingt sein können. Ein Vergleich von Abb. 1 mit der geologischen Skizze Abb. 2 lehrt aber, daß die Grenzen der beiden Formtypen oft ähnlich wie die Grenzen der geologischen Formationen verlaufen.

Die eigenartige Verbreitung dieser beiden Typen des Großformenschatzes wird erklärbar, wenn man das Alter der Oberflächenformen untersucht. Schon auf den ersten Blick liegt es nahe, dem ersten Typ, den praktisch ebenen, wadifreien Flächen, ein hohes Alter zuzuschreiben. Eine genauere Untersuchung bestätigt diese Vermutung. Da die Schichten der Wüstenafel zwischen Rutba und dem Euphrat nach Osten bzw. Nordosten leicht einfallen (Abb. 2), sollte man nach Westen blickende Schichtstufen erwarten. Das Gegenteil ist aber der Fall: Die Oberfläche der Shamiya ist in diesem Raum durch drei Geländestufen gegliedert, die in weitem Abstand voneinander von Nord nach Süd verlaufen und nach Osten abfallen

(Abb. 1). Sie trennen je eine westliche höhere Ebene von einer östlichen tiefer gelegenen. Es handelt sich somit nicht um Schichtflächen oder Landterrassen, sondern um verschiedene Systeme alter Einebnungsflächen.

Nach den Untersuchungen von *H. Boesch* (1949 und frdl. briefl. Mitt.) trennt die etwa 10 km westlich Rutba verlaufende Stufe eine höher gelegene oligozäne von einer tieferen miozänen Peneplain. Bei den weiter im Osten gelegenen Einebnungsflächen bleibt allerdings die Frage noch offen, ob es auf jeden Fall alte Landoberflächen sind; die östlichsten, am tiefsten gelegenen Flächen sind vielleicht durch marine Abrasion des im Miozän mehrmals transgredierenden Meeres entstanden. An Hand von Transgressionssedimenten und Brekzien läßt sich nachweisen, daß die Geländestufen teilweise im späteren Miozän durch Kliffbildung nochmals aktiviert wurden. Dadurch erklärt sich das vielerorts recht markante, unvermittelte Ansteigen von einer Fläche zur anderen.

Wie schon erwähnt, treten gegenüber diesen alten Einebnungsflächen Formen einer Schichtstufenlandschaft ganz zurück. Markante Landstufen sind bei dem häufigen Schichtwechsel und der geringen Mächtigkeit der einzelnen Schichten ohnehin nicht zu erwarten. So wird es verständlich, daß sich ausstreichende widerständige Schichten im Relief kaum abzeichnen. Oft sind sie überhaupt nur an einer starken Anreicherung größerer Gesteinstrümmen im Gebiete des Ausstreichens und einer davorliegenden Zone üppigerer Vegetation zu erkennen.

Die Voraussetzungen für die Konservierung eines alten Reliefs sind nun in der zentralen Shamiya überhaupt sehr günstig: Seit dem frühen Miozän lassen sich keine tektonischen Bewegungen mehr nachweisen, vom Miozän bis zur Jetztzeit herrschte meist ein relativ trockenes Klima und die fast waagrecht gelagerten Kalksteinserien sind außerordentlich widerständig gegenüber der Verwitterung. So überrascht es nicht, daß auch unser zweiter Formtyp, der durch ein kräftig eingetieftes Wadinetz charakterisiert ist, bis ins Alttertiär zurückgeht. Im Gegensatz zu der weit verbreiteten Auffassung, die Wadis des altweltlichen Trockengürtels seien pluvialzeitlicher Entstehung, konnte *H. Boesch* zwingend nachweisen, daß die Trockentäler im zentralen Teil der Shamiya bereits im Oligozän angelegt waren. In ihrem Unterlauf wurden die nach Osten zum Euphrat entwässernden Täler später durch verschiedene miozäne Transgressionen zugeschüttet; meist konnten sich die Wadis aber nach der Regression wieder in ihr altes Bett eingraben (*Boesch* 1949, S. 26).

Der mehrfache Wechsel von Transgression und Regression während des Miozän gibt nun auch eine Erklärung für das Nebeneinander von wadireichen und wadiarmen Räumen in der inneren Shamiya: Die wadireiche Zone im Raume von Rutba und der Gaara ist der Bereich, in dem die oligozän angelegten Wadis durch die von Osten her kommenden Transgressionen nicht mehr zugeschüttet wurden. In Richtung auf den Euphrat folgt dann eine ausgesprochen wadiarme Zone: Die vielen kleinen, weiter westlich angelegten Wadis enden hier; die wenigen großen Wadis dagegen stoßen, teilweise beträchtlich eingetieft, wie Täler von Fremdlingen durch die wadiarme Zone hindurch nach Osten vor, ohne weitere Zuflüsse oder Nebentäler aufzunehmen. Hier wurde das alte oligozäne Entwässerungsnetz durch die miozänen Transgressionen zugeschüttet. Später aber, nach erneutem

<sup>7</sup> Um die Kartenskizze nicht unübersichtlich werden zu lassen, wurde auf eine Einzeichnung der beiden Formentypen mit je eigener Signatur verzichtet. Die sehr verschiedene Dichte der Wadi-Signaturen und die Kennzeichnung der abflußlosen Wannan mögen zur Charakterisierung beider Typen genügen.

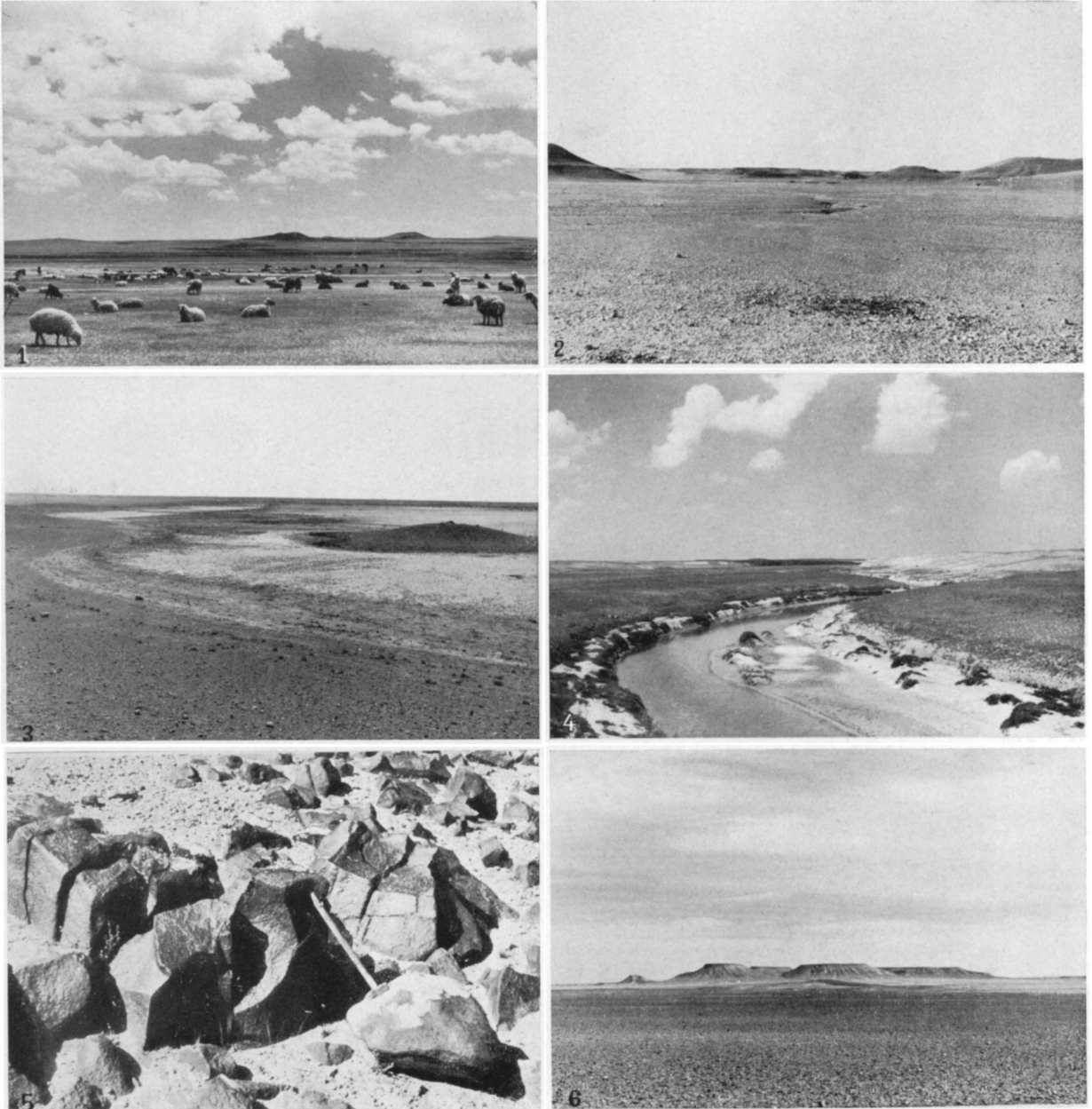


Bild 1: Randliche Shamiya östl. Damaskus mit durch jungen Vulkanismus belebtem Relief.

Bild 2: Wadi Hauran in der zentralen Shamiya.

Bild 3: Khabra in der zentralen Shamiya im Frühjahr.

Bild 4: Wadi Tharthar bei Hatra mit rezentem Wadibett, „Niederterrasse“ und Aufstieg zur älteren Terrasse.

Bild 5: Verwitterungserscheinungen an einem Basaltblockfeld beim Djebel Tennf (Zentrale Shamiya): alte, flechtenüberzogene Bruchflächen mit stark abgerundeten Ecken neben jungen Bruchflächen, die mit Wüstenlack überzogen und von scharfen Kanten begrenzt sind. Zwischen den Blöcken Feinmaterial durch Verwitterung an Ort.

Bild 6: Tell Charane, randliche Shamiya südl. von Palmyra. Jahresniederschlag etwa 80 mm. Eine Bank eozäner Nummulitenkalke als widerständige Deckschicht über Mergeln und Globigerinen-Kalken.



Rückzug des Meeres, hat sich — vermutlich infolge eines trockeneren Klimas — kein Wadinetz mehr ausgebildet. Nur die größten Wadis, die weiter im Westen über ein umfangreiches Einzugsgebiet verfügten, konnten sich erneut eintiefen und ihre Wasser dem Meere zuführen. —

Hart westlich des Euphrat findet sich nun nochmals eine auffällige Teilung in ein westliches wadi-reiches und ein weiter im Osten liegendes wadi-ärmeres Gebiet (Abb. 1). Hier liegen etwas andere Verhältnisse vor: Beide Räume sind durch eine Reihe von morphologischen Senken voneinander getrennt, die am Euphrat bei Hit beginnen und von da an südostwärts über Al Buwairda, Bahr el Milh und Hor Abu Dibis zum Bahr Najaf ziehen, bis sie nördlich von Shinafiya wieder den Euphrat erreichen. Wenige Kilometer westlich dieser Depressionszone liegt parallel dazu eine Reihe von Palmoasen (Kubaisa, Rahhaliya, Shitata und Haiyadiya). Im Raume von Samawa lösen sich die Senken dann nochmals vom Euphrat-ufer und sind von ihm wieder durch dazwischenliegende höhere Flächen getrennt. Hier zieht sich jedoch ein langer, schmaler Streifen von Sanddünen hin, so daß die morphologische Eintiefung nicht mehr so deutlich zutage tritt.

Die Reihe dieser Depressionen verläuft genau im Streichen der Zagros-Ketten; ihre Entstehung hat also sehr wahrscheinlich tektonische Ursachen. Ferner fällt sie auf weite Strecken mit der geologischen Grenze zwischen Lower-Fars- (Mittelmiozän) und Upper-Fars-Schichten (unteres Obermiozän) zusammen (Abb. 2). Als lokale Erosionsbasis fangen die Senken alle von Westen her kommenden Wadis ab. So erklärt es sich, daß wir östlich davon wieder einen fast wadifreien Raum vorfinden. Heute ist die Depressionszone von einer Reihe brackiger oder salziger Seen, Pfannen und Endsümpfe eingenommen. Die oben erwähnten Grundwasseroasen liegen weiter im Westen, wo der nach Osten gerichtete Grundwasserstrom noch nicht versalzt ist. Am Ostrand der Senken steigen die Sandsteine des auflagernden Upper Fars teilweise mit einer markanten, bis 60 m hohen Schichtstufe an (Abb. 1). Deren Formen sind so jung, daß sie auf eine spätleistozäne oder frühholozäne Erosion oder Kliffbildung schließen lassen.

Die Depressionszone westlich des Euphrat ist demnach erst sehr spät, vermutlich postpluvial, abflußlos geworden. Dies gilt auch für die anderen am Rande der Shamiya gelegenen Depressionen: In der Djezire erreichten Wadi Tharthar und Wadi Adjidj im Jungpleistozän den Euphrat (Abb. 1). Heute enden sie in den Salztönwannen des Mileh Tharthar und Sabkhat at Tawil. Im Westen wurde der Abfluß der Ghouta von Damaskus zum Jordan erst durch jungvulkanische Lavaergüsse abgesperrt (Biro-Dresch, S. 253). Diese Senken am Rande der Syrischen Wüste verfügen meist über ein großes Einzugsgebiet. In den tischebenen, wadi-armen Räumen der zentralen Shamiya dagegen ist das jeweilige Einzugsgebiet der abflußlosen Depressionen klein. Man findet eine Vielzahl von

örtlichen Senken, Khabra genannt (Bild 3), die oft dicht beieinanderliegen. Die Leitlinien der Entwässerung, die in die Khabras führen, sind kaum eingeschnitten. Man kann sie mehr an einem Dichterwerden der Vegetation als am Relief erkennen. Hier flossen sicher auch in der Pluvialzeit keine Wadis; der Raum der Khabras war also schon im Pleistozän abflußlos gewesen.

Diese Depressionen der zentralen Shamiya, die mit ganz geringen Hangneigungen fast unmerklich in die Landoberfläche eingesenkt sind, sind im Winter oft mit Regenwasser gefüllt; im Sommer findet man in ihnen polygonal aufreißenden Ton oder Salztön. Manchmal ist der Boden der Khabras aber auch nicht versalzt, sondern von einer recht dichten Vegetation besetzt; das sich im Winter ansammelnde Regenwasser verdunstet also nicht völlig, sondern wird teilweise im Boden gespeichert bzw. nach unten abgeführt. Die Depressionen erinnern in vielem an die Sebkhias und Dayas Nordafrikas; im Gegensatz zu diesen ist ihre Anlage aber nicht durch Tektonik zu erklären. Auch den Pfannen Südafrikas ähneln sie sehr (frdl. mündl. Mitt. von Prof. Knetsch), ohne daß man sie in ihrer Anlage auf alte Flußläufe zurückführen könnte. Eine gewisse Regelmäßigkeit der Anordnung läßt sich höchstens insofern feststellen, als die Khabras recht häufig in Subsequenz-zonen vor ausstreichenden widerständigen Schichten anzutreffen sind.

Die beiden wesentlichen Vorgänge, denen die Khabras ihre Entstehung verdanken, sind Verkarstung und Deflation. Wie bereits erwähnt, sind sie nach heftigen Winterregen viele Tage, oft wochenlang mit Wasser gefüllt. Der Untergrund besteht meist aus Kalken, der Grundwasserspiegel liegt außerordentlich tief, der Boden der Depressionen wird auch durch das eingeschwemmte Feinmaterial nicht absolut wasserundurchlässig<sup>8)</sup> und so ist es verständlich, daß Gesteinslösung und Verkarstung trotz des Trockenklimas kräftig wirksam werden. Im Sommer aber, wenn der Boden der Khabras völlig austrocknet und rissig wird, kommt als zweiter wichtiger Faktor der Austiefung die Deflation (Windabhebung) hinzu. Boesch z. B. ist bei der Berechnung der postpluvialen Austiefung einer Endwanne, in die das Wadi Adjidj mündet, zu ganz beachtlichen Größenordnungen der Deflation gekommen (Boesch 1949, S. 30).

Auch bei der Entstehung der ägyptischen Oasen-depressionen kommt der Windabhebung eine große Bedeutung zu<sup>9)</sup>. Windwirkung durch Korrasion ist für den Großformenschatz allerdings auch in den Trockengebieten der Syrischen Wüste und des Irak völlig unbedeutend — selbst wenn sie durch einzelne bizarre Bildungen manchmal sehr auffällig

<sup>8)</sup> Nach neueren geologischen Gutachten ist selbst der Untergrund der großen Depressionen, die als Wasserspeicher für die Bewässerungsgebiete des Unterirak dienen sollen, nicht wasserundurchlässig.

<sup>9)</sup> Pfannenstiels, S. 381, 402. Die Bemerkung Pfannenstiels dagegen, „der Wind bohrt mit dem Sande die Kessel aus“ (S. 361), dürfte unzutreffend sein. Die Austiefung erfolgt durch Deflation, nicht durch Korrasion.

wird (Sandsteinhöhlen am Djebel Hamrin, Pilzfelsen westlich Najaf). Windabbläsung dagegen hat in Shamiya und Djezire eine nicht zu unterschätzende großmorphologische Wirkung<sup>10</sup>). —

### 3. Wüstenböden

Es gibt kaum ein Gebiet in Shamiya und Djezire, in dem nicht die verschiedensten Wüsten Typen dicht nebeneinander vorkommen können. Irgendeine Gliederung nach der Niederschlagsmenge läßt sich nirgends durchführen: Ob ein Raum 50 oder 250 mm Niederschlag empfängt — überall, wo lokale Zusammenschwemmungsgebiete liegen, findet man polygonal reißenden Salzton, bei ausstreichenden widerständigen Schichten oder Basaltergüssen Steintrümmerswüste, über verwitternden Konglomeraten oder Schottern Kieswüste, an örtlichen Anwehungsgebieten schließlich Staubwüste und große Felder von Sanddünen. Die Verhältnisse liegen also ganz ähnlich wie in der Namib (*Kaiser* Bd. 1, S. 32) oder in der Sahara (*Büdel* 1954, S. 70), und man kann die für die Vollwüste gewonnenen Erkenntnisse auch auf die Wüstensteppe übertragen: Der Formenschatz als Ganzes ist in starkem Maße durch das Klima geprägt; die lokale Ausbildung als Sand-, Kies-, Steinpflaster-, Salzton- oder Staubwüste ist jedoch vorwiegend durch die Gesteinsverhältnisse und das Relief bedingt.

Zu sehr bemerkenswerten Ergebnissen führt nun aber eine andere Frage, nämlich die nach der Verbreitung von Kalkkrusten und Lockerböden. Beobachtungen in der Sahara haben dazu geführt, etwa folgende Gruppierungen nach Niederschlagsmengen aufzustellen:

a) von 150 bis 250 mm Gips- und Kalkkrusten; über 300 mm Roterden (*Knetsch* 1950, S. 54).

b) Kalkkrusten streng an 80 bis 280 mm Niederschlag gebunden. Von 280 bis 400 mm Niederschlag hellgraue bis gelbe kalkhaltige Lehm- und Mergelböden (*Büdel* 1952, S. 111 f.; 1954, S. 72, 75).

c) Kalkkrusten bei heute 100 bis 400 mm Niederschlag anzutreffen (*Mensching* S. 5).

In Analogie zu den nordafrikanischen Verhältnissen sollte man also erwarten, daß in der ganzen nördlichen Syrischen Wüste, die jährlich 100 bis 300 mm Niederschlag empfängt, vorwiegend Kalkkrusten verbreitet sind, während Lockerböden auf die randlichen Gebiete der Shamiya mit über 300 mm Niederschlag beschränkt sein sollten.

Gerade das Gegenteil ist aber der Fall. Vereinzelt sind zwar auch in der Syrischen Wüste Kalkkrusten aufgeschlossen (nach freundlicher brieflicher Mitteilung von Prof. *Boesch* z. B. im Gebiet

des Wadi Hauran südlich und südöstlich von H 2) und anderenorts vielleicht unter den ganz weichen Oberflächenformen unaufgeschlossen verborgen. Wesentlich und ins Auge springend sind jedoch nicht Verkrustungserscheinungen, sondern Lockerböden. Wo immer man auch mit dem Spaten zu graben beginnt — bei Palmyra oder an der syrisch-irakischen Grenze westlich von Rutba, hart östlich Damaskus oder in der Djezire bei Hatra, am mittleren Euphrat oder in der Wüste Jordaniens, an Stellen mit oder ohne Belag von Kies und Steinscherben, in Mulden oder auf den ganz sanften, verschliffenen Kuppen, in der Vollwüste, der Wüstensteppe oder der Steppe, bei anstehender Kreide, Eozän oder Miozän — überall findet man einen leicht zerfallenden, staubreichen Boden, der auf den ersten Blick an lockeren Lehm oder Mergel erinnert.

Die Farbe dieser Lockerböden ist in der Djezire und in der Nähe des Euphrat braunoker, während sie weiter westlich in der zentralen Shamiya in eine beinahe rosaviolette Tönung übergeht. Ein Humushorizont ist höchstens sehr schwach, meist gar nicht ausgebildet. Schon in den obersten, ganz lockeren Schichten sind die Böden stark kalkhaltig. Ab etwa 30 bis 50 cm Tiefe ist der Boden dann durch Kalk leicht verbacken und man findet Kalkkonkretionen, die sehr an unsere Lößkindl erinnern<sup>11</sup>). Beim Anstich mit dem Spaten zeigen die Konkretionen eine weiße Färbung. Stets sind die Kalkanreicherungen aber noch mühelos mit dem Spaten zu durchstechen, meist auch noch mit den Fingern zu zerkrümeln. In Tiefen von 80 cm und darüber gehen die Lockerböden dann mit einem an Steinscherben sehr reichen Bodenhorizont allmählich ins Anstehende über.

In den Gebieten mit Kies- oder Steinscherbenwüste bildet das Wüstenpflaster an der Oberfläche eine starke Anreicherung der größten Bestandteile; vereinzelt sind aber auch im Boden selbst Gerölle bzw. Steinscherben zu finden. In den niederschlagsärmeren Gebieten der zentralen Shamiya sind die Steine des Wüstenpflasters meist gänzlich zu Flinten verkieselt und mit dem Wüstenlack einer dünnen Eisen-Mangankruste überzogen. In tieferen Bodenschichten findet man dann auch zunehmend unverkieselte Kalkscherben. Im Raume zwischen Bagdad und Falluja wie westlich des Hammar-Sees (bei der Bahnstation Ratawi) bilden die Kalkkonkretionen einen sehr lockeren, bröckeligen Kalkstein, der in einer Tiefe von etwa 20 bis 80 cm zum Brennen in Kalköfen abgebaut wird.

Zur Erklärung dieser Lockerböden liegt zunächst die Annahme nahe, es handle sich bei ihnen um Zeugen eines feuchteren Klimas. Sie wären dann mit den feinkörnigen, hellgrauen bis gelben kalkhaltigen Lehmen, Mergeln und Mergelsanden zu parallelisieren, die *Büdel* in Nordafrika und im Sinai beobachten konnte (*Büdel* 1954, S. 83 f.; 1955, S. 107 ff.). Gegen einen solchen Erklärungsversuch sprechen aber gewichtige Gründe, von denen weiter unten noch zu sprechen sein wird.

Daß die Lockerböden aus einer Zeit mit über 280 mm Niederschlag stammten, ist ohnehin wenig wahrscheinlich. Die Wüstengebiete der Shamiya mit unter 100 mm Nieder-

<sup>10</sup>) Siehe auch *Büdel* 1954, S. 67 Anm. 1. Ausführlich und mit sicherem Urteil sind die Probleme der Deflation bereits bei *E. Kaiser* (Bd. 2, S. 221 ff.) diskutiert.

<sup>11</sup>) Ganz ähnliche Erscheinungen konnte jüngst *C. Rathjens* jun. (S. 55) in den nordwestindischen Trockengebieten beobachten.

schlag, in denen wir überall noch die oben geschilderten Böden finden, hatten sicher auch im Pleistozän niemals 280 mm jährlichen Niederschlags (siehe den folgenden Abschnitt: Spuren pleistozäner Feuchtzeiten).

Noch verwickelter werden aber die Verhältnisse durch folgende Tatsache: Wie bereits erwähnt, wurden in Nordafrika Lockerböden vor allem bei jetzigen Jahresniederschlagsmengen von 280 bis 400 mm, Krusten bei solchen von 80 bis 300 mm beobachtet (*Büdel, Mensching, Knetsch*). Die Krusten liegen also in den trockeneren, die Lockerböden in den feuchteren Gebieten. Im Nordteil der arabischen Halbinsel ist es jedoch, überspitzt formuliert, gerade umgekehrt: Die Krusten findet man in den niederschlagsreicheren, die Lockerböden in den niederschlagsärmeren Gebieten. Lokalisiert man nämlich die von *Passarge, Blankenborn, Blanck* (*Blanck*, S. 358—360) und *Behrmann* (1932, S. 321—333; 1936, Abb. 1, 2, 4, 5) in Palästina, Jordanien und Syrien beobachteten und geschilderten Krustenbildungen, dann zeigt sich, daß sie alle in Gebieten mit heute 400 bis 600 mm Niederschlag liegen<sup>12)</sup>. In den trockeneren Räumen der Shamiya und Djezire mit Niederschlägen zwischen 80 und 400 mm dagegen treten Kalkkrusten sehr zurück, während Lockerböden hier weit verbreitet sind.

Um diese eigenartige Umkehrung der Verhältnisse zu erklären, sei daran erinnert, daß ohne die Mitwirkung von kapillar aufsteigendem Grundwasser oder Niederschlagswasser Krustenbildungen nicht möglich sind. Das Niederschlagswasser wird nun in der Syrischen Wüste zu einem erheblichen Teil nicht wieder an die Oberfläche gezogen. Aus den Klimawerten geht eindeutig hervor, daß in der Shamiya in den Monaten mit den meisten Niederschlägen keine ariden Verhältnisse herrschen. Als Beispiel seien wieder die Messungsreihen von Rutba (637 m ü. M.) angeführt (*Statistical Abstract*, S. 46, 42; Beobachtungszeitraum 1930—1955):

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	März	April	Mai
Niederschlagsmenge (mm)	5,0	12,2	22,1	15,5	16,2	14,8	18,4	7,8
Monatsmittel Temp. (Grad)	20,8	14,6	8,6	7,0	9,2	11,4	18,4	23,3
Mittl. tägl. Temp. Maxima (Grad)	29,7	21,6	14,6	13,0	15,7	19,6	25,4	31,8

<sup>12)</sup> Nach *Behrmanns* Beobachtungen (1932, S. 323) sind Krusten unmöglich, wenn der winterliche Regenfaktor unter 30 sinkt. Optimal sind Krusten bei einem winterlichen Regenfaktor von 50 ausgebildet. In Palästina entspricht nun ein winterlicher Regenfaktor von 30 etwa 400 mm Niederschlag, einer von 50 600 mm Niederschlag. *Behrmann* betont ausdrücklich, daß in den trockeneren Gebieten Palästinas mit Niederschlag unter 400 mm keine Krusten mehr auftreten.

In den Monaten November bis März, in denen 72% aller Niederschläge fallen, kann man demnach mit einem vorwiegend nach unten gerichteten Bodenwasserstrom rechnen.

In den heißen Monaten Mai bis Oktober, in denen die Monatsmittel über 21 Grad und die mittleren täglichen Maxima über 29 Grad steigen, fallen insgesamt nur 12% aller Niederschläge, und in den Monaten Juni bis September mit Monatsmitteln über 26 Grad und mittleren täglichen Maxima von über 35 Grad nur 0,3% aller Niederschläge. Im Sommer kann also höchstens die Grundfeuchtigkeit (Definition nach *Kaiser* Bd. 2, S. 178), die sich von der Winterszeit her noch im Boden befindet, an die Oberfläche gezogen werden und dort verdunsten. Dies führt, wie weiter unten gezeigt werden wird, zur Bildung der lößkindl-artigen Kalkkonkretionen. Die 28% des Jahresniederschlags jedoch, die in den warmen und heißen Monaten April bis Oktober fallen, befeuchten im Gegensatz zu den Winterniederschlägen nur noch den obersten Bodenhorizont bis zu einer Tiefe von 5 bis 20 cm. Die Verdunstung dieses Niederschlags bewirkt, wie ebenfalls noch ausgeführt werden wird, keine Verbackung, sondern eine Sprengung des Bodengefüges.

Trotz einer den spärlichen Jahresniederschlag bei weitem übersteigenden möglichen jährlichen Verdunstung kann demnach der Nordteil der arabischen Halbinsel bei Berücksichtigung des Jahresganges von Niederschlag und Temperatur nicht zu den vollariden Gebieten gezählt werden<sup>13)</sup>. Die tatsächliche Verdunstung (Evapotranspiration) ist geringer als der Niederschlag. Das Bodenwasser mit den in ihm enthaltenen gelösten Kalken wird keineswegs wieder restlos an die Oberfläche gezogen. Gerade in den niederschlagsreichsten, kühlen Wintermonaten kann es deshalb von vorneherein nicht zur Bildung von Kalkkrusten durch verdunstendes Niederschlagswasser kommen.

Ein schönes Beispiel für den im ganzen durchaus nach unten gerichteten Bodenwasserstrom bieten auch die Bewässerungsgebiete des südlichen Irak: Versalzung tritt hier nur bei unsachgemäßer Bewässerung auf, durch die der Grundwasserspiegel während der heißen Jahreszeit in den Bereich kapillaren Aufstiegs gehoben wird. Läßt man jedoch versalzte Felder ein Jahrzehnt lang unbebaut und vor allem unbewässert liegen, dann findet hier genau wie in den frisch eingedeichten Poldern Nordwesteuropas eine allmähliche Auswaschung der Salze durch die Winterniederschläge statt. Sie wird natürlich durch die leichte Löslichkeit der Salze sehr gefördert, wäre aber unmöglich, wenn alles Niederschlagswasser wieder verdunstete.

Bodenversalzung im Irak ist also eine Folge von kapillar aufsteigendem Grundwasser. Nach den Beobachtungen von *Behrmann* (1932, S. 325;

<sup>13)</sup> Wegen der großen Unregelmäßigkeit und Spärlichkeit der Winterniederschläge sollte man vielleicht auch nicht von „semiarid“ sprechen. Treffender ist wohl der von *Kaiser* (Bd. 2, S. 243) geprägte Ausdruck „normal-arid“.

1936, S. 131), *Knetsch*<sup>14)</sup> und *Rathjens sen.* (1928, S. 215, 219) sind nun auch die Kalkkrusten in den Wüstensteppen und Wüsten Afrikas nicht in erster Linie klima- bzw. niederschlagsbedingt, sondern vorwiegend von oberflächennahen Grundwasserhorizonten abhängig<sup>15)</sup>. Der Grundwasserspiegel in der Syrischen Wüste liegt aber fast überall so tief, daß eine Krustenbildung durch kapillar aufsteigendes Grundwasser ausgeschlossen ist. Brunnenbohrungen an ganz verschiedenen Stellen der Syrischen Wüste stießen erst in Tiefen von 127, 136, 146, 154, 167 und 273 m auf Wasser (*Ionides*, S. 353 ff.), am Rande der Shamiya bei Deraa liegt der Grundwasserspiegel immer noch 64 m unter der Oberfläche, und selbst das kräftig eingetiefte Wadi Hauran bei Rutba mit seinem großen Einzugsgebiet führt in den Sommermonaten erst in einer Tiefe von 15 m Wasser.

Sobald der Grundwasserspiegel nahe genug der Oberfläche liegt, ist jedoch die Bildung von Kalkkrusten auch im Bereich der Wüstensteppen Nordarabiens ohne weiteres möglich. Am Westrande des Djebel Hamrin zwischen Baquba und Jalaula z. B. findet sich ein Feld von niedrigen Sanddünen, das auf alluviale Tone aufgesetzt ist; die jährliche Niederschlagsmenge mag etwa 200 m betragen. Die Oberfläche dieser Dünen ist nun in einer Mächtigkeit von 20 bis 40 cm durch eine mäßig feste Kalkkruste verbacken, die sich mit dem Spaten noch leicht teilen läßt. Das ganze Dünenfeld aber liegt auf bewässertem Alluvialland; dadurch befindet sich das Grundwasser auch im Bereich der Sande so nahe der Oberfläche, daß es kapillar emporgezogen werden kann.

Eine Dünnschliffanalyse dieser Dünenande, die Prof. Kubierna liebenswürdigerweise vorgenommen hatte, zeigte stark gerundete Mineralkörner mit absolutem Überwiegen einer Korngröße. Einige wenige tonige Gemengteile verursachten eine leichte Anfärbung. Überraschenderweise bestand der Sand ausschließlich aus Kalkkörnchen, nicht aus Quarz. Das rein kalkige Ausgangsmaterial hat sicher wesentlich zur Entstehung der Kruste mit beigetragen.

Neben der Oberflächennähe des Grundwassers und dem Kalkgehalt des Materials hat in unserem Beispiel zweifellos auch die Korngröße der Dünenande zur Krustenbildung entscheidend beigetragen. Die Art des Gefüges eines Lockerbodens kann nämlich Krustenbildungen wesentlich erleich-

tern bzw. erschweren. Allgemein gültige Trocken- und Feuchtgrenzen lassen sich deshalb für Kalkkrusten wohl überhaupt nicht aufstellen. Je nach Bodenmaterial wird man zu ganz verschiedenen Werten kommen (*Kubierna*, frdl. mündl. Mitt.).

Nach *E. Kaiser* findet man Krusten vor allem im Bereich von Sanden, Kiesen und Finglomeraten, die durch ihre grobe Struktur das Wasser leicht auf- und absteigen lassen (*E. Kaiser* Bd. 2, S. 306). Oft kann man die Meinung hören, daß Dünenfelder besonders selten von Kalkkrusten überzogen sind. Dies ist dann aber nicht durch die Korngröße der Dünenande, sondern durch die Kalkfreiheit reiner Quarzsande zu erklären. Auch in Nordafrika sind Kalkkrusten vorwiegend auf Schutthalden, Piedmontglacis, Sanddünen und Geröllflächen beschrieben worden. Sehr feinkörnige Böden und Staubablagerungen dagegen halten das einmal in sie eingedrungene Wasser hartnäckig fest; sie geben es nur schwer nach unten an den Grundwasserspiegel oder nach oben zur Verdunstung wieder ab (*Kaiser* Bd. 2, S. 178), und so liegt es an der feinen Struktur der Böden in der Syrischen Wüste, daß auch in den heißen Monaten die vom Winter her in der Tiefe gespeicherte Grundfeuchtigkeit nicht restlos an die Oberfläche gezogen wird und dort verdunstet. —

Doch wie sind nun die Lockerböden der Djezire und Shamiya entstanden? Die mikromorphologische Untersuchung der eingebrachten Bodenproben<sup>17)</sup> gibt die Antwort. Ein Lockerboden aus der Djezire, 30 km südwestlich von Hatra, sei als typisches Beispiel für fast alle Böden der nordarabischen Trockengebiete genommen:

Die Probe zeigt einen stark verstaubten Wüstenstaubboden. Einige fein verteilte Tonsubstanzen sind vorhanden; sie sind nirgends dicht zusammengelagert. Ein kleines Bruchstück zeigt Braunlehmcharakter. Eisenhydroxyd kommt sowohl geflockt wie peptisiert vor. Neben wenigen scharfkantigen Quarzbruchstücken finden sich kleine, etwas gerundete Splitterchen des tertiären Kalksteins, der das Ausgangsmaterial der Bodenbildung gewesen ist, neben sehr kleinen Kristallen von rekristallisiertem Calcit. Das Material ist im Prozeß der Verstaubung und Lockerung begriffen; daneben finden sich aber auch Stücke mit leichter Zementierung. Die ganze Bodenprobe zeigt eine Mischung von vielem recht verschiedenem Material, die aber wohl schon während der Bildung des Kalksteins bzw. Mergels erfolgt war, der dann später zu dem Boden verwitterte. —

Auf der Grundlage dieses Befunds sei zunächst erörtert, ob es sich bei den Lockerböden der Shamiya und Djezire nicht um lößähnliche Ablagerungen handeln könnte, wie sie *Rathjens* in Tripolitanien beobachtet hat (*Rathjens sen.*, 1928). Der starke Kalkgehalt der Böden und die Einlagerung von Kalkkonkretionen scheinen für eine solche Annahme zu sprechen. Es bestehen aber schon rein äußerlich zwei wesentliche Unterschiede zu den von *Rathjens* beschriebenen Vorkommen: In Tripolitanien ist die Lößdecke im Durchschnitt 10 bis 30 Meter mächtig, ja sie erreicht Mächtigkeiten bis zu 80 m. Etwaige Steineinlagerungen sind in klar abgesetzten Horizonten sortiert. In der Syrischen Wüste dagegen ist der Boden im Durchschnitt nur 1 m mächtig und völlig regellos von vereinzelten Geröllen und Steinscherben durchsetzt. Ferner sind die von *Rathjens* beschriebenen Lößvorkommen Tripolitaniens auf die volle Steppe und die Regenfelddaugebiete beschränkt. In der Shamiya dagegen finden sich die Locker-

<sup>14)</sup> *Knetsch* 1937, S. 185. Dieser Aufsatz von *Knetsch* stützt sich vorwiegend auf Untersuchungen in Südafrika; die dortigen Verhältnisse scheinen denen in der Syrischen Wüste sehr ähnlich zu sein. Später (1950) glaubt *Knetsch*, auf Grund von Beobachtungen in Libyen doch eine Beziehung zwischen Kalkkrusten und Niederschlag aufzeigen zu können (siehe oben).

<sup>15)</sup> Auch *F. Jäger*, der im Gegensatz zu den jüngeren Untersuchungen in Algerien Kalkkrusten in Gebieten mit 100 bis 500 mm jährlichen Niederschlag festgestellt hat, betont, daß in den trockeneren Räumen (100 bis 250 mm) die Kalkkrusten vorwiegend längs der Flußbetten auftreten (S. 41).

<sup>17)</sup> Prof. *Kubierna* hatte die große Freundlichkeit, von den Bodenproben Dünnschliffe herzustellen und diese zu untersuchen. Die folgende Bodenanalyse stützt sich ganz auf seine Ausführungen. Auch an dieser Stelle sei Prof. *Kubierna* für seine Hilfe vielmals gedankt.

böden auch in vegetationsloser Vollwüste mit unter 80 mm Niederschlag. Hier stand selbst in einer feuchteren Pluvialperiode kaum genügend Vegetation, um äolische Sedimente zum Absetzen zu zwingen.

Auch die Analyse der Dünnschliffe spricht gegen die Lösstheorie. Die Rundung der kleinen Bruchstücke des ursprünglichen Kalksteins ist nicht durch Transport, sondern durch chemische Verwitterung bewirkt. Die im Boden vereinigten recht verschiedenartigen Materialien sind ebenfalls nicht durch äolische Verfrachtung zu erklären. Sie sind bereits bei der Bildung des ursprünglichen Gesteins zusammengekommen. Dagegen liegt es durchaus im Bereich der Möglichkeit, daß die zum Teil sehr mächtigen Decken von lehm- und mergelartigen Sedimenten in den Mulden und Talungen des reichlicher benetzten kurdischen Piedmont teilweise vom Wind abgelagert wurden.

Es handelt sich bei den Lockerböden der nördlichen arabischen Halbinsel also nicht um angeschwemmtes oder angewehtes Material, sondern das Feinmaterial hat sich durch Verwitterung an Ort gebildet. Da der Untergrund meist aus Kalken besteht, findet man viele Restprodukte von Kalksteinverwitterung. Den wesentlichsten Anteil an der Bodenbildung dürften aber die vielen leicht verwitterbaren Ton- und Mergelzwischenlagen haben, die in allen geologischen Formationen der Wüstentafel anzutreffen sind.

Bei Annahme einer durchschnittlichen Verwitterungstiefe von 1 cm pro Jahrtausend (nach *Ionides* S. 105 ein Durchschnittswert für die Steppen Jordaniens) fiel der Hauptanteil an der Bildung der heute teilweise mehr als 1 m mächtigen Lockerböden zweifellos ins Pleistozän. Trotzdem sind die Böden nicht fossil. Die mikromorphologische Untersuchung der Bodenproben läßt keinen Klimawechsel erkennen. Ohne qualitative Abwandlung hat sich die Bodenbildung vom Pleistozän bis heute fortgesetzt.

Die Dünnschliffe zeigen zwar vereinzelt Teilchen von Braunlehm- und Rotlehmmaterial. Diese waren aber als Ausgangsmaterial bereits bei der Bildung des tertiären Kalksteins vorhanden. Im übrigen ist ein Nebeneinander von Flockung und Peptisation des Eisenhydroxyds gerade für Wüstenböden charakteristisch (*Kubiena*, Frdl. mündl. Mitt.).

Auch die Gliederung der Bodenprofile in einen oberen, etwa 30 cm mächtigen völlig lockeren Horizont und einen darunter liegenden mit häufigen Kalkkonkretionen und leichter Verbackung kann nicht durch das Begriffspaar fossil — rezent erklärt werden. Beide Horizonte sind auch heute noch in Bildung begriffen — ihre Bildung ist sogar eng aneinander gebunden. Nach *Kubiena* verursacht ein sehr rascher und starker Wechsel zwischen Trocken und Feucht in Trockengebieten auch ohne jede Mitwirkung von Salz (Chloriden) eine Verstaubung des Bodens. Bei einem solchen raschen Wechsel erfolgen die Kalkausscheidungen aus dem verdunstenden Bodenwasser sehr schnell. Es bilden sich deshalb nur ganz kleine Calcitkristalle und dies führt zu einer Sprengung des Bodengefüges.

Gerade die obersten Bodenschichten der Shamiya und Djezire erfahren nun im Frühjahr und Herbst einen solch raschen und intensiven Wechsel zwischen Befeuchtung und Austrocknung, wenn sofort nach einem Regenguß wieder die Sonne auf sie herabbrennt. Deshalb ist der obere Horizont ein in Verstaubung begriffener, völlig lockerer Boden. Die tieferen Horizonte dagegen werden in den wärmeren Monaten von geringen Niederschlägen überhaupt nicht mehr befeuchtet; Grabungen nach solchen Regen zeigten wiederholt, daß das Wasser nur 5 bis 20 cm tief eingedrungen war. Auch geben sie die vom Winter her gespeicherte und nach den starken Regenfällen aufgenommene Feuchtigkeit nur sehr langsam wieder ab. Unter diesen Bedingungen führt das auskristallisierende Kalziumkarbonat weniger zu einer Lockerung als zu einer Verfestigung des Gefüges: Es bilden sich die Kalkkonkretionen des tieferen Bodenhorizonts.

Daß unter — in ihrer Beschaffenheit noch unbekannt — optimalen Bedingungen die Konkretionen des tieferen Horizonts zu einer travertinartigen Kalkkruste werden können, ist sehr wahrscheinlich, wenn dafür auch noch kein konkretes Beobachtungsmaterial vorliegt. Selbst der „Konkretionenhorizont“, der zwischen Bagdad und Falluja als bröckeliger Mergelkalk abgebaut wird, ist von einer kompakten Kalkkruste noch weit entfernt. Die Dünnschliffanalyse durch *Kubiena* zeigte hier kleine Bruchstücke des miozänen Kalksteins, die durch Auskristallisation von Calcit ziemlich weitgehend verbacken waren. Daneben war an anderen Aggregaten aber immer noch eine Lockerung des Gefüges durch kleine Kristallite zu erkennen. Auch durch den Tongehalt des Materials bewirkte Sprünge waren zu sehen.

Die Analyse der Bodenproben hat also auch auf die Frage nach der Entstehung von Kalkkrusten nochmals ein neues Licht geworfen. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß neben einem starken Kalkgehalt des Ausgangsgesteins eine gewisse Grobkörnigkeit der Sedimente die Bildung von Kalkkrusten sehr erleichtert. Ein nahe der Oberfläche befindlicher Grundwasserspiegel führt zur Oberflächenverkrustung, bei der die obersten Horizonte am stärksten verkittet sind. Eine Krustenbildung durch wieder verdunstendes Niederschlagswasser dagegen würde — entgegen der Definition von R. Coque — zu einer Verkittung gerade der tieferen Bodenhorizonte führen. Wenn niederschlagsbedingte Krusten heute an der Oberfläche anstehen, hat vermutlich eine Abspülung des auflagernden Lockermaterials stattgefunden. Die meisten Krustenbildungen sind heute wohl fossil<sup>18)</sup>. Rezente Kalkkrusten ließen sich in Shamiya und Djezire nur an Stellen beobachten, die für die Krustenbildung besonders günstige Voraussetzungen bieten. —

<sup>18)</sup> Nach frdl. briefl. Mitt. von Prof. *Boesch* haben auch die von ihm in der Shamiya beobachteten Kalkkrusten ein wahrscheinlich sehr hohes Alter.

Im Gegensatz zur ägyptischen Wüste, zur libyschen Wüste und zu den Kernwüsten Chiles sinkt die Niederschlagsmenge in der Shamiya kaum irgendwo unter den Wert von 50 mm pro Jahr. Dies hat zur Folge, daß die Wirkung der leicht löslichen Salze (Chloride) auf die Verwitterung sehr zurücktritt. Mit Ausnahme der Salztonebenen in Endwannen sind Salzausscheidungen kaum zu finden. Auch Salzsprengung infolge Hydratation tritt ganz zurück. Beim Aufschlagen findet man die Gesteine unter dem Wüstenlack stets frisch und unverwittert; ein Mürbewerden und Zerfallen des Gesteins unter einem harten Panzer von Wüstenlack war nirgends festzustellen.

Aus diesen Gründen kann man streng genommen bei der Syrischen Wüste nicht von einer Staubwüste im Sinne von *Mortensen* (1930, S. 466 ff.; 1950, S. 807) sprechen, wie sie in extrem trockenen Kernwüstengebieten infolge von Salzsprengung auftritt. Die Bodenanalysen zeigten jedoch schon, daß durch die Wirkung einer „Calcisprengung“ auch die Böden von Shamiya und Djezire neben einer starken Beimengung von gröberen Teilchen einen hohen Anteil Staub enthalten. Dieser Staub ist, ähnlich wie in den Kernwüsten Chiles, auch in der Wüstensteppe der Shamiya weitgehend festgelegt. Zwar ist der Irak wegen seiner Staubstürme vor allem im Frühjahr und Herbst berührt. Das Nährgebiet der Staubstürme ist aber nicht die Wüste und Wüstensteppe, sondern vorwiegend das mit dem Pflug umgebrochene Alluvialland.

Verläßt man während eines solchen Sturms die Agrargebiete und fährt weit in die Wüstensteppe hinaus, dann wird man sich meist bald einer völlig reinen, klaren Luft erfreuen können. Die meteorologische Statistik erhärtet diese Beobachtung: Die Wüstenstation Rutba zählt ebenso wie die Stationen im kurdischen Piedmont jährlich im Durchschnitt 4 bis 6 Tage mit Staubsturm. Im Gegensatz dazu stehen die Stationen der Bewässerungsgebiete: Bagdad hat 21 Tage, Basra 16 Tage, Diwaniya 14 Tage und Nasiriya gar 29 Tage pro Jahr mit Staubsturm (Statistical Abstract, S. 47 ff.).

Die Festlegung des Staubes in der Syrischen Wüste erfolgt allerdings weniger durch ein Pflaster von Geröllen oder Steinscherben. Diese bedecken die Oberfläche meist nur sehr lückenhaft, so daß dazwischen überall noch der Untergrund herausieht. Die obersten Bodenschichten sind aber etwa  $\frac{1}{2}$  cm tief ganz leicht verbacken und dadurch gegen Deflation weitgehend geschützt. Wo sich an der Leeseite von Grasbüscheln und Kräutern Zwergdünen von Feinsand und Staub abgesetzt haben, sind diese Bildungen von einer nur wenige Millimeter dicken, stark kalkhaltigen, bei Berührung leicht zerfallenden Staubhaut geschützt, die durchaus mit den von *Mortensen* (1930, S. 467, 473 f.) beschriebenen Erscheinungen vergleichbar ist.

Im Frühjahr findet man über der Staubhaut oft eine ganz junge, wenige Millimeter mächtige unverfestigte Decke äolischen Feinsands mit Rippelmarken. Die Staubhaut der Shamiya scheint sich also bei starkem Taufall oder leichtem Nieselregen jedesmal neu zu bilden und von nur kurzer Lebensdauer zu sein. Dennoch bietet sie im Frühjahr einen gewissen Schutz gegenüber der Wirkung des Windes.

Bei stärkerer mechanischer Beanspruchung werden Verbackungszone und Staubhaut natürlich aufgerissen. So zieht auch in der Syrischen Wüste wie in den anderen Trockengebieten der Erde hinter allen Karawanen und Kraftwagen eine riesige Staubwolke einher. Vor allem im Sommer, wenn Niederschläge und Taubildung aufhören und die Oberfläche völlig austrocknet, genügen auch schon stärkere Winde zum Abheben des Staubes. Über Stellen von örtlich besonders starker Erwärmung lassen sich dann kleine Tromben beobachten, die den Staub mit in die Höhe wirbeln. Inwieweit eine solche Windabhebung morphologisch wirksam werden kann, wurde oben bereits diskutiert. —

#### 4. Spuren pleistozäner Feuchtzeiten

Auf Grund von jüngeren Untersuchungen kam *H. Bobek* in einem sehr interessanten Aufsatz (1953/54) zu dem Ergebnis, daß es im iranischen Hochland während der pleistozänen Pluvialzeiten zwar kühler, aber vermutlich sogar etwas trockener gewesen sei als heute. *Bobek* wirft nun die Frage auf, inwieweit sich diese Feststellung auch auf den nördlichen Teil der arabischen Halbinsel übertragen läßt. Zweifellos ist ihm darin zuzustimmen, daß wir uns das Zweistromland und die Syrische Wüste zur Eiszeit nicht als Waldländer vorstellen dürfen (*Bobek*, S. 19 f.). Wohl aber könnten während etwaiger Pluvialzeiten die Wüstengebiete der Shamiya Halbwüste, die Wüstensteppen Steppen gewesen sein<sup>19</sup>. Man findet nämlich in der Syrischen Wüste eine ganze Anzahl von Erscheinungen, die darauf schließen lassen, daß es hier im Pleistozän nicht nur kühlere, sondern auch niederschlagsreichere Perioden als heute gegeben hat<sup>20</sup>. Die Beobachtungen, die eine solche Annahme berechtigt erscheinen lassen, sind folgende:

<sup>19</sup> Auch *Bobek* hält es nach frdl. briefl. Mitteilung für möglich, daß die Syrische Wüste während der „Pluvialzeiten“ etwas höhere Niederschläge hatte und daß die Grenze zwischen den in den Kaltzeiten ozeanisch beeinflussten westlichen und den hochkontinentalen östlichen Gebieten erst im Raume des Zagros-Gebirges lag.

<sup>20</sup> Über die nacheiszeitliche Klimaentwicklung in der Syrischen Wüste lassen sich dagegen heute wohl noch kaum genaue Angaben machen. Der Aufsatz von *Butzer* (1957) ist m. E. als Versuch sehr interessant und verdienstvoll. Es steht jedoch zu befürchten, daß man bei einer anderen Interpretation und Auswahl des sehr spärlichen Beobachtungsmaterials auch zu ganz abweichenden Ergebnissen kommen könnte. Mit einiger Sicherheit läßt sich nur sagen, daß auch im Irak wie im Iran Anzeichen einer frühholozänen Trockenzeit vorhanden sind. An mehreren Stellen im Vorland des Djebel Hamrin finden sich z. B. spät- und postpleistozäne Dünenfelder, die heute durch einen lückelosen Bewuchs mit Gräsern und Kräutern festgelegt sind. In diese Trockenzeit würde dann auch vermutlich der größte Anteil der nachgewiesenen postpleistozänen Deflation fallen.

a) Die Analyse des Großformenschatzes hat bereits gezeigt, daß die Wadis der Shamiya nicht pluvialzeitlicher Entstehung, sondern sehr viel älter sind. Dies schließt nicht aus, daß die Formen im einzelnen während des Pleistozän merklich umgeprägt wurden. Schon die Tatsache, daß selbst völlig trocken liegende, inaktive Wadis heute noch streng gleichsinniges Gefälle aufweisen, spricht für höhere Abflußwerte in der jüngeren geologischen Vergangenheit (anders die Flußläufe der Namib, die heute kein gleichsinniges Gefälle mehr haben; *Kaiser* Bd. 2, S. 410). Darüber hinaus sind aber auch ältere Schotterbetten und niederterrassenähnliche Bildungen weit verbreitet.

Die Wadis der Djezire und der randlichen Shamiya z. B., die über ein etwas regenreicheres Einzugsgebiet verfügen, zeigen gut ausgeprägte junge Terrassen. Man findet meist das heute aktive Wadi als ein nur wenige Meter breites, ein bis drei Meter eingetieftes Kiesbett, das in einer breiten, oft von Regenfeldern eingenommenen Talauwe mäandriert (Bild 4). Die ganz ebenen, heute weitgehend hochwasserfreien Flächen der Talauwe erinnern stark an die Niederterrasse unserer mitteleuropäischen Flüsse. Ihr Untergrund besteht aus Schottern, Sanden und Lehmen von einigen Metern Mächtigkeit. Von dieser „Niederterrasse“ führt eine gut abgesetzte Stufe mit relativ steilem Gefälle zu einer höheren, noch breiteren Terrasse, die dann mit ganz sanftem, flachem Anstieg in das Niveau der umgebenden Wüstensteppenfläche übergeht. In ein solches Wadital münden viele kleine Seitentäler, in denen die Erosion heute nicht mehr aktiv ist; die Talsohle ist dicht mit Vegetation besetzt. Die meisten dieser Trockentäler münden auf das Niveau der „Niederterrasse“; nur die größten unter ihnen sind mit einer kleinen aktiven Schotterrinne in diese eingeschnitten und auf das Bett des heutigen Wadis eingestellt.

In den breiten Waditälern der zentralen Shamiya zeigt sich ein ähnliches Bild. Die weite, ebene Talsohle ist über dem Anstehenden mit wenige Meter mächtigen Gerölllagen angefüllt. In den größten Wadis findet man wieder relativ steile Hänge und ein kümmerliches, kaum eingetieftes rezentes Wadibett (Bild 2). Die Hänge der kleineren Wadis dagegen haben ganz abgeschliffene Formen; die Tiefenlinie dieser Täler ist mit Vegetation besetzt und man kann keine Anzeichen rezenter fluvialer Erosion mehr finden.

Der vorstehend beschriebene Formenschatz der großen Waditäler deutet darauf hin, daß die vorpleistozän angelegten Wadis während einer Periode des jüngeren Pleistozän ein breites, aktives Schotterbett hatten, das die Hänge durch kräftige Seitenerosion steil hielt. Diese Periode muß nicht nur eine Zeit stärkerer Schuttanlieferung, sondern auch vermehrter Wasserführung gewesen sein. Im unmittelbaren Gebirgsvorland kann starke Aufschotterung auch durch vermehrte Schuttanlieferung allein ohne Veränderung der Abflußmenge erklärt werden. Wadis jedoch, die geringes Gefälle haben, in deren Einzugsbereich keinerlei Berge oder auch nur Hügel liegen und die viele hundert Kilometer vom nächsten Gebirge entfernt verlaufen, können die oben geschilderten Schotterterrassen nur bei einer merklich gesteigerten Wasserführung gebildet haben. Holozän folgte dann

bei den Wadis, die über ein großes oder niederschlagsreiches Einzugsgebiet verfügten, nochmals eine bescheidene Tiefenerosion.

Die Wirkung von Akkumulation, verbunden mit Seitenerosion während des jüngeren Pleistozän und geringer linienhafter Tiefenerosion im Holozän läßt sich auch im Vorland des Djebel Sinjar nachweisen. Hier wirkten in einer Zeit des jüngeren Pleistozän Seitenerosion und flächenhafte Aufschüttung so stark, daß eine sanft auslaufende Ebene entstand. In dieses Piedmontglacis wurden dann holozän kleine Wadis eingeschnitten, die V-Tälchen von etwa 3 m Tiefe und 5 m Breite bilden.

Im Gegensatz zu den Wadis der Djezire und den breiten, mächtigen Wadis der Shamiya stehen die kleineren Trockentäler der zentralen Syrischen Wüste, die nur ein sehr begrenztes Einzugsgebiet haben. Ihre stark denudierten Hänge machen es wahrscheinlich, daß bei ihnen auch im Pleistozän kein Schotterbett mit merklicher Seitenerosion tätig war. Die Niederschlagszunahme während der Pluvialzeiten scheint also ein begrenztes Maß nicht überschritten zu haben.

Eine genaue Datierung der Waditerrassen in Shamiya und Djezire ist heute noch nicht möglich. Auch läßt sich noch nicht sagen, ob die Schotterbetten und Terrassen der Wadis aus Perioden einer Klimaänderung (zu Beginn oder am Ende einer Pluvialzeit) stammen, oder ob sie im wesentlichen während des Höhepunkts einer Feuchtzeit gebildet wurden<sup>21)</sup>.

b) Auch Verwitterungserscheinungen an Basaltblöcken in der zentralen Shamiya sprechen für einen jüngeren Klimawechsel. Ein jungpliozänes oder altpleistozänes Lavafeld beim Djebel Tennf z. B. besteht aus Basaltblöcken jeder Größe, zwischen denen sich bereits überall Lockerboden durch Verwitterung an Ort angesammelt hat. Auf Schritt und Tritt findet man Zeichen modellartig schöner Kernsprünge ganz verschiedenen Alters (Bild 5): Teilweise haben die Blöcke stark abgerundete Ecken und offensichtlich sehr alte Bruchflächen, die mit Flechten und einer weichen weißen Verwitterungsrinde überzogen sind. Die Stellen jüngerer Kernsprünge dagegen zeigen scharfe Kanten und frische Bruchflächen mit einem Überzug von metallisch glänzendem Wüstenlack.

Nach den Untersuchungen von *Rathjens* und *v. Wissmann* in Südarabien braucht Wüstenlack auf Basalt zu seiner Bildung einen Zeitraum in der Größenordnung von eintausend Jahren<sup>22)</sup>. So liegt die Annahme nahe, daß die Verwitterung unter heutigen Klimabedingungen zu einem Überzug mit Wüstenlack führte, während die weiche, weiße Verwitterungsrinde und die Abrundung der Ecken einer niederschlagsreicheren Verwitterungsperiode angehören<sup>23)</sup>.

<sup>21)</sup> Über einen Versuch *Zemlers* zur Datierung jung- und postpleistozäner Terrassen in Jordanien siehe *Troll* S. 60.

<sup>22)</sup> *Rathjens-v. Wissmann* S. 168 ff. Die Behauptung von *Capot-Rey* (S. 44), Wüstenlack würde sich unter heutigen Klimabedingungen nicht mehr bilden, ist wohl unzutreffend.

<sup>23)</sup> Verf. verdankt Prof. *Knetsch* den freundl. Hinweis, daß die von ihm einem niederschlagsreicheren Verwitterungszyklus zugeschriebenen Abrundungsformen auch durch rezente Gesteinsverwitterung in Salzlösung erklärt werden könnten. Die örtliche Lage vieler Blöcke im Basaltfeld schließt jedoch in dem angegebenen Falle eine Einwirkung von Salzlösungen mit großer Wahrscheinlichkeit aus.

Auch die überraschend starke Bodenbildung zwischen den Blöcken läßt es wahrscheinlich erscheinen, daß seit der Eruption Perioden mit einer stärkeren Verwitterungsleistung am Werk gewesen sind. —

c) An vielen Stellen von Shamiya und Djezire findet man Zeugen einer starken Verkarstung. Die mächtigen Bänke des burdigalen Euphratkalks beiderseits von Anah z. B. zeigen Formen von Karstlösung, Schratten und Höhlenbildung in einem Ausmaße, wie man es sonst nur von wesentlich niederschlagsreicheren Gebieten kennt; am Wadi Tharthar bei Hatra sind die hier anstehenden Gipse von großen tiefen Spalten und Dolinen zernarbt. Auch die Depressionen der Khabras scheinen, wie bereits erwähnt, mit durch Karstlösung entstanden zu sein (Bild 3). Nun ist zwar Verkarstung, vor allem in Gips, theoretisch selbst bei Niederschlägen zwischen 100 und 200 mm pro Jahr möglich. Im allgemeinen tritt jedoch in den Trockengebieten Verkarstung von Kalk erst bei Jahresniederschlägen von über 250 mm auf. So liegt es doch nahe, die stark ausgeprägten Karsterscheinungen in Shamiya und Djezire einer niederschlagsreicheren Klimaphase zuzuordnen. —

d) Es wurde bereits erwähnt, daß Wadi Tharthar und Wadi Adjidi heute in abflußlosen Depressionen enden. Beide Endwannen besitzen aber einen älteren Ausfluß nach Süden (Fig. 1). Die Wadis hatten also während einer Pluvialzeit eine stärkere Wasserführung, die es ihnen ermöglichte, zumindest zur Hochwasserzeit den Euphrat zu erreichen. —

e) Alle unter a bis d aufgeführten Beobachtungen in Shamiya und Djezire lassen sich durch Annahme einer verhältnismäßig bescheidenen Zunahme der Niederschläge während einer Zeit des jüngeren Pleistozän erklären. In den Bergketten Kurdistans dagegen, die die Wüstensteppe der nördlichen arabischen Halbinsel im Nordosten begrenzen, waren die Wirkungen kühlerer und niederschlagsreicherer Perioden des Pleistozän sehr viel tiefgreifender gewesen. Ganz willkürlich seien einige Beispiele herausgegriffen:

Überall in der Zone der Vorketten wie in den zentralen metamorphen Gebirgspartien, finden sich komplizierte Folgen von Einebnungsflächen und Schotterterrassen; Hangsysteme und Piedmontglacis sind vielfältig ineinander verschachtelt; alte Terrassenleisten, Hangschuttdecken, Hangfragmente und Einebnungsflächen prägen das gesamte Formenbild in sehr viel stärkerem Maße, als dies bei den Alpen der Fall ist. Im Raume von Rayat, vor allem am Nordabfall der Bergkette südlich des Marana-Tals, zeugen gut ausgebildete Kare in 2700 bis 3300 m Höhe und Moränen von pleistozäner Vergletscherung. Die eiszeitliche Schneegrenze lag bei 2600 bis 2700 m (Dagegen im Hohen Atlas nach Wiche, S. 17. 32, bei 3300 bis 3600 m); in Höhen über 1800 bis 2000 m finden sich überall Zeichen einer starken Solifluktion. Am Nordwesthang der Pira Magrun im Tal von Suleimaniya lagern die Trümmer eines gewaltigen pleistozänen Bergsturzes über einer etwa 40 m mächtigen Gehängebrekzie; diese ist nur im Liegen-

den der Bergsturztürme erhalten, außerhalb des Bergsturzbereichs aber durch die Seitenerosion breiter Schotterkegel wieder völlig weggeräumt worden; letztere sind heute zu Konglomeraten verbacken, in die ein kleines rezentes Schotterbett eingetieft ist.

Im Raume von Ruwanduz haben die Flüsse Rubar i Margasive und Rubar i Ruwanduz mächtige, tiefe Schluchten eingegraben, bis oben hin aufgeschottert und dann wieder völlig ausgeräumt; in Verbindung damit lassen sich Flußlaufverlegungen nachweisen. Schließlich findet man, vielfältig mit dem klimatisch bedingten Formenschatz verzahnt, Zeichen einer jungen pleistozänen und holozänen Tektonik. All diese Beispiele sind ein eindeutiger Beweis dafür, daß im Pleistozän mehrfach wechselnd völlig andere Verhältnisse von Verwitterung, Abtragung, Erosion und Akkumulation geherrscht haben. Es sei jedoch einer späteren Arbeit vorbehalten, genauer auf diese morphologischen Probleme des irakischen Kurdistans einzugehen. —

f) Abschließend bliebe noch die Frage zu klären, ob sich auch im allgemeinen Formenstil der Syrischen Wüste Anzeichen einer pleistozänen Feuchtzeit finden lassen.

Die auf die Wüstenfläche aufgesetzten Inselberge und Reste alter Tafeln zeigen überall ein ganz sanft auslaufendes Gehänge (Bild 6); auch die Hänge der alten Wadis laufen ganz allmählich auf die Talsohle aus. Die Böschungen sind konkav; ein scharfer Fußknick ist nirgends zu finden, auch nicht in Gebieten mit nur 50 bis 100 mm jährlichen Niederschlags (Bild 6). Die widerständigen Deckschichten an den Rändern der Wadis, Tafelberge und Basaltergüsse zerfallen an Ort und Stelle in kleinere Blöcke, die ohne jeden Weitertransport liegen bleiben, bis sie ganz aufbereitet sind. Manchmal erinnern nur noch weich geformte Hügel aus Feinmaterial daran, daß hier einmal die harte Bank eines Tafelberges aufgearbeitet wurde. Wo, wie am mittleren Euphrat, kräftige Tiefenerosion des Hauptflusses die Nebenwadis zu jungem Einschneiden zwang, zeigen diese im Längsprofil überall da markante Knickpunkte, wo widerständige Schichten gequert werden.

All diese Formelemente findet man nun auch in den Formtypen wieder, die *Büdel* für Steppe und Wüste beschreibt (1952, S. 110—121; 1954, S. 73, 77). Eine Unterscheidung zwischen Formenstil der Wüstensteppe und Steppe einerseits und Formenstil der Wüste andererseits läßt sich jedoch in der Shamiya nicht mehr durchführen. Elemente beider Formtypen kommen im selben Raum nebeneinander vor<sup>24</sup>. Dieses Nebeneinander ist aber keine Vergesellschaftung von fossilen Elementen des einen Formenstils mit rezenten des anderen. Viele der oben genannten Formen sind zwar pleistozänen Ursprungs. Mit Ausnahme der unter a) genannten Erscheinungen in den Wadis hebt sich

<sup>24</sup>) Dasselbe gilt, wenn man versucht, die Shamiya in die von Kaiser aufgestellten Formtypen normal-arid — vollarid — extremarid einzuordnen (Kaiser Bd. 2, S. 243, 248 f.). Da in der Syrischen Wüste während mindestens dreier Monate humide Verhältnisse herrschen, wäre sie nach Kaiser dem normalariden Typ zuzuordnen. Man findet in ihr aber auch Deflationslandschaften, die nach Kaiser auf den extrem-ariden Raum beschränkt sein sollen, und viele Erscheinungen von Verkiesselung, die für normal- bis extrem-aride Verhältnisse charakteristisch sein sollen.



jedoch nirgends ein andersartiger, rezenter Formungstypus von ihnen ab. —

#### Literatur

- W. *Behrmann*, Beobachtungen am Rande der Wüste, G. Z. 38 (1932) S. 321 ff, 399 ff.
- W. *Behrmann*, Kalk-Krusten in Palästina und am Nordrande der Sahara, Natur und Volk 66 (1936) S. 126—132.
- Birot-Dresch*, La Méditerranée et le Moyen Orient, 2. Band, Coll. Orbis, Paris 1956.
- E. *Blanche*, Krustenböden, in: Handbuch der Bodenlehre Band III, 1930.
- H. *Bobek*, Klima und Landschaft Irans in vor- und frühgeschichtlicher Zeit, Geogr. Jahresbericht aus Österreich XXV (1953/54).
- H. *Boesch*, Das Klima des Nahen Ostens, Vierteljahrschr. der Nat. Forsch. Ges. in Zürich 86 (1941), S. 8 ff.
- H. *Boesch*, Beiträge zur Morphologie des Nahen Ostens, Ecol. Geol. Helvetiae XLII (1949) S. 23 ff.
- H. *Boyko*, A new plant-geographical subdivision of Israel (as an example for Southwest-Asia), Vegetatio V—VI (1954), S. 309 ff.
- J. *Büdel*, Bericht über klima-morpholog. und Eiszeit-Forschungen in Nieder-Afrika, Erdkunde VI (1952), S. 104 ff.
- J. *Büdel*, Sinai . . . als Beispiel für die allgemeine klimatische Wüstenmorphologie, Mortensen-Festschrift, Bremen 1954, S. 63 ff.
- J. *Büdel*, Reliefgenerationen und plio-pleistozäner Klimawandel im Hoggar-Gebirge, Erdkunde XI (1955), S. 100 ff.
- K. W. *Butzer*, Late Glacial and Postglacial Climatic Variations in the Near East, Erdkunde XI (1957), S. 21 ff.
- R. *Capot-Rey*, Recherches récentes . . . en Morphologie Désertique, in: La Géogr. Franç. au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, Paris 1953.
- R. *Coque*, Morphologie et crôte dans le Sud-Tunisien, Ann. Géogr. 1955 No. 345 (September 1955).
- Feinbrun-Zohary*, A geobotanical Survey of Transjordan, Bull. of the Research Council of Israel Vol. 5 D (1955) No. 1.
- E. *Guest*, Notes on plants and plant products with their colloquial names in Iraq, Baghdad 1933.
- M. G. *Ionides*, Report on the Water Resources of Transjordan and their Development, London 1939.
- F. *Jäger*, Trockengrenzen in Algerien, P. M. Erg.heft 223, Gotha 1936.
- E. *Kaiser*, Die Diamantenwüste Südwest-Afrikas, Berlin 1926.
- H. *Kellersohn*, Die Landwirtschaft im Irak, Erdkunde VII (1953), S. 276 ff.
- G. *Knetsch*, Beitrag zur Kenntnis von Krustenbildungen, Zschr. deutsche Geol. Gesellschaft 89 (1937), S. 177 ff.
- G. *Knetsch*, Beobachtungen in der libyschen Sahara, Geol. Rundschau 38 (1950), S. 40 ff.
- H. *Mensching*, Das Quartär in den Gebirgen Marokkos, P. M. Ergänzungsheft 256, Gotha 1955.
- H. *Mortensen*, Die Wüstenböden, in: Handbuch der Bodenlehre Band III, 1930.
- H. *Mortensen*, Das Gesetz der Wüstenbildung, Universitas 5, Heft 7 (1950), S. 801 ff.
- M. *Pfannenstiel*, Die Entstehung der ägyptischen Oasen-depressionen (Das Quartär der Levante Teil II), Akademie der Wiss. u. der Liter. in Mainz, Math.-Natwiss. Klasse, Jahrgang 1953 Nr. 7.
- C. *Rathjens sen.*, Löss in Tripolitanien, Zschr. Ges. Erdkunde Berlin 1928, S. 211 ff.
- Rathjens-Wissmann*, Vorislamische Altertümer, Abh. der Hamburger Univers. aus dem Gebiet der Auslandskunde, Hamburg 1932.
- C. *Rathjens jun.*, Physisch-geogr. Beobachtungen im nordwestindischen Trockengebiet, Erdkunde XI (1957) S. 49 ff.
- C. *Troll*, Bericht über erdwissenschaftliche Forschung, Jahrb. der Akad. der Wiss. und der Liter. Mainz 1956, S. 57 ff.
- K. *Wiche*, Klimamorphologische und talgeschichtliche Studien im M. Goungebiet, Mitt. Geogr. Ges. Wien 95 (1953), S. 4 ff.
- M. *Zohary*, A Vegetation Map of Western Palestine, Journ. of Ecology vol. 34, No. 1. Febr. 1947, S. 1 ff.
- The World's Oil Fields: The Eastern Hemisphere* (The Science of Petroleum VI, Teil 1), London 1953.
- Government of Iraq, Ministry of Economics, Statistical Abstract 1955, Baghdad 1956.

## BERICHTE UND KLEINE MITTEILUNGEN

### DAS ZIEL DER GROSSEN REISE ALEXANDER VON HUMBOLDTS

Hanno Beck

*The aim of Alexander von Humboldt's great expedition*

*Summary:* The introduction to this paper is devoted to the importance of a stage of preparation in the history of travel. From the middle of the 18th century onwards the value of a thorough preparation became increasingly recognized; the voyages of *Bougainville*, *Cook* and *Malaspina* were as equally well prepared as the travels of *Carsten Niebuhr*, *Peter Simon Pallas* and *Samuel Georg Gmelin*. *Humboldt* in his youth was well acquainted with expeditions, but so far it has not been possible to establish whether he had any well-defined aim for his journey for which he carried out thorough preparations. Thus the question which is posed in this paper is first and foremost: "Did *Humboldt* have a particular aim for which he prepared himself accordingly?"

During 1796—97 *Humboldt* made the acquaintance of the brothers *Keutsch*, medical students from the then Danish island of St. Thomas in the West Indies. They

studied at Jena and *Humboldt* collaborated with them and planned to accompany them to the West Indies in order to commence his investigations there. He then prepared himself extremely thoroughly for his journey, particularly by means of published material and generally by intensified scientific studies and frequent practice in the use of the best surveying instruments at his disposal. Before 1799 this kind of preparation was without a parallel.

In 1797 *Humboldt* spent the months of August to October in Vienna where, in *Nikolaus Jacquin* and *Franz Boos* he got to know two of the most important Austrian West Indies travellers. It was then that *Humboldt* realised that the three Austrian expeditions which had been sent to the West Indies during the period from 1755—88, mainly to enrich the plant collection of the botanical gardens of Schönbrunn, had been amongst the most important undertakings in the history of travel. In the botanical gardens of Schönbrunn he was able to study a great number of West Indian plants.

These facts show that *Humboldt* had a clear aim for his journey, which was suggested by the brothers *Keutsch*, and further influenced by the facilities for study in Vienna, then the largest German metropolis. Only his preparations