

Einiges über Löß-Vorkommen in Tunesien

VON KARL BRUNNACKER, Köln

Mit 3 Abbildungen und 1 Tabelle

Zusammenfassung. In Tunesien wurden bekannte Löß-Vorkommen (Matmata) bestätigt, andere (in der Küstenzone) sind zu streichen. Im westtunesischen Bergland neu gefundene Lager entsprechen faziell und im Aufbau sehr weitgehend denen SE-Spaniens. Die groben, kalkarmen Löss im Bereich Gabes—Matmata liegen an der Trockenheitsgrenze mediterraner Löß-Verbreitung (heute rd. 200 mm Jahresniederschlag). Bei Gabes leitet ein tirsoider Boden die Folge der letzten Kaltzeit ein. Ein braunlehmartiger Boden beschließt sie in Westunesien. Dieser Braunlehm ist etwas älter als ein tirsoider Boden, der in den Übergang zur Nacheiszeit gestellt wird. Solche Befunde deuten auf Steigerung der pedologischen Aktivität (abgesehen von den Interstadialen in feuchteren Räumen) infolge jeweils humiderer Bedingungen in diesen Übergangszeiten. Hingegen waren die Äquivalente unserer letzten Warmzeit und Kaltzeit durch relativ trockene Bedingungen ausgezeichnet. Prinzipiell wiederholen sich damit die nördlich des Mittelmeeres gefundenen Verhältnisse und ergänzen diese noch etwas hinsichtlich des Überganges zur Nacheiszeit.

Summary. In Tunisia known loess-occurrences (Matmata) were confirmed, others (in the coastal region) should be cancelled. Recently found sites in the mountain region of W. Tunisia correspond visually as well as structurally very much to those of SE-Spain. The coarse loesses with low chalk content in the region of Gabes—Matmata are located close to the dryness limit of mediterranean loess-incidence (Today ca 200 mm of annual precipitation). Near Gabes a tirsoid soil introduces the sequence of the last low-temperature period. A Braunlehm concludes it in W. Tunisia. This brown Soil is somewhat older than a tirsoid soil, which represents the transition to the Postglacial. Such findings indicate an increase of pedological activity (if one neglects the Interstadials in the more humid areas) owing to temporarily more humid conditions during these transition periods. On the other hand, the equivalents of our last warm and cold periods were distinguished by relatively dry conditions. In principal, the conditions observed in the North of the Mediterranean are repeated here and somewhat supplemented as far as they represent the transition to the Postglacial.

Bei meinen bisherigen Untersuchungen über mediterrane Löß-Vorkommen wurde ein Überblick hinsichtlich der West—Ost-Differenzierung nördlich des Mittelmeeres angestrebt (BRUNNACKER 1969). Naheliegender war es zur Vervollständigung der paläogeographischen Situation Nordafrika einzubeziehen; denn es hatte sich gezeigt, daß die Verschiedenheiten in der Profilausprägung der Einzelgebiete letztlich (also unter selbstverständlicher Berücksichtigung des Relief-Faktors) ebenso wie die Löß-Grenze gegen Trockengebiete hin in Zusammenhang mit dem jeweiligen Grad der Aridität des Raumes stehen. Um zu solchen Fragen erste Hinweise zu bekommen, wurde Tunesien kurz befahren, wiederum dankenswert von der DFG unterstützt. Da zumindest in überschaubarer Zeit die an sich vorgesehenen anschließenden Detailuntersuchungen nicht zur Durchführung kommen, mag es gerechtfertigt sein, einige Befunde zu erläutern. Dies schließt nicht aus, daß in petrographische und pedologische Folgearbeiten früherer Geländeuntersuchungen auch Material aus Tunesien einbezogen sein wird. Die Molluskenfauna hat wie bei anderen Gelegenheiten V. LOŽEK freundlicherweise bestimmt.

Abgesehen von Andeutungen über lößartige Gesteine in Nordafrika (vgl. Zusammenstellung bei SCHEIDIG 1934) stammen die ersten und bislang einzigen genaueren Hinweise von RATHJENS (1928). Seine Angaben über den Löß in Tripolitanien wurden durch SCHWEGLER (1944) vor allem für die Küstenzone Tunesiens erweitert.

1. Verbreitung und Profilaufbau

Die Deckschichten bestehen bei Matmata aus grobkörnigem Deluviallöß. In dieser Ausbildung liegen sie in der westlichen Verlängerung der durch RATHJENS (1928) gefun-

denen Lager. Von Matmata ziehen sie zur Küste bei Gabes und gehen dabei zunehmend in Schwemmlöß über.

Ferner wurde im Bergland Westtunesiens, in einem weiten Hochtal südlich le Kef, Deluviallöß neu gefunden. Dazu kommen einige problematische Vorkommen entlang dem Medjerda-Tal, so südlich Souc el Arba, und südwestlich Tunis.

Die Lössе von le Kef schließen sich bezüglich Körnung und Kalkgehalt an die SE-Spaniens an (BRUNNACKER & LOŽEK 1969). Molluskenreste scheinen darin in Tunesien manchmal etwas häufiger vorhanden zu sein. Auch der innere Aufbau der Deckschichten entspricht sowohl bei Matmata - Gabes wie bei le Kef dem aus dem trockeneren Spanien und Anatolien gewohnten Bild: An der Basis leiten dünne Geröll- oder Schuttlagen ein. Darüber folgt bis einige Meter mächtiger Deluviallöß, dem allerdings die aus dem Hochland von SE-Spanien bekannten Nässe-Einwirkungen fehlen. Dieser Löß wird durch einen Boden beschlossен. Gebietsweise, so im westtunesischen Bergland, können mehrere derartige Decken übereinander folgen.

Des öfteren besteht das Liegende der Decken aus fluviatilen Lagern, die — soweit aufgeschlossen bzw. erhalten — im Hangenden durch einen rötlichbraunen Boden mit relativ hartem Kalkanreicherungshorizont oder mit Gipsausscheidungen an der Untergrenze beschlossен werden. Da solche Basisbildungen wenigstens in der Küstenzone nicht selten feinsandig entwickelt sind, ist deren Verwechslung mit dem ausgesprochen groben Löß bei Matmata und in Libyen durch SCHWEGLER (1944) durchaus verständlich.

Die Böden im Deluviallöß südlich von le Kef und bei Matmata können von der Profilmorphologie her, ebenfalls wie in Spanien und im anatolischen Bergland, als Kalkbraunerden in dem Sinne bezeichnet werden, wie für SE-Spanien dargelegt wurde (BRUNNACKER & LOŽEK 1969). Daß sich somit darin, zumindest vorerst, keine genetische Bewertung versteckt, sollte beim derzeitigen Stand unserer Kenntnisse zu erläutern unnötig sein.

Orientierungsweise einige Daten zur Körnung und zum Kalkgehalt der Lössе in Tunesien: Ohne Berücksichtigung von Wechsellagerungen von Löß mit Flugsand u. dgl. erreichen in Mitteleuropa die größten Lössе Medianwerte bis etwa 0,035 mm ϕ , während die Flugsande mit Medianwerten bei 0,12, insbesondere aber erst bei 0,15 mm ϕ einsetzen. Die Körnungslücke zwischen Löß und Flugsand wird durch den Löß im Neretva-Tal mit Medianwerten bis 0,045 mm ϕ wie durch Flugsande am Eisernen Tor mit Medianwerten ab 0,11 mm ϕ etwas verkleinert. Interessanterweise liegt nun die Körnung des Lössеs von Matmata und Gabes in dieser verkleinerten Lücke mit Medianwerten um 0,05—0,072 mm ϕ . Dennoch wird man das Material gemäß Position im Gelände wie Profilaufbau eher noch als Löß denn bereits als Flugsand ansprechen. Die Kalkgehalte liegen bei Matmata und Gabes mit 12—17 % relativ niedrig. Hingegen fügen sich die Kalkgehalte des Deluviallössеs bei le Kef mit 45—60 % wie auch dessen Körnung in die in SE-Spanien gefundene Verteilung ein.

1.1 Südlich le Kef

Als bezeichnend für das westtunesische Bergland kann nachfolgendes Profil gewertet werden:

Profil „le Kef“ (Abb. 1)

Etwa 20 km südlich le Kef, etwa 600 m NN, in Wadi aufgeschlossen.

Mittlerer Jahresniederschlag: etwa 500 mm

Mittlere Jahrestemperatur: etwa 16,0° C

Dauer der Dürrezeit: etwa 4 Monate (nach WALTER & H. LIETH 1960).

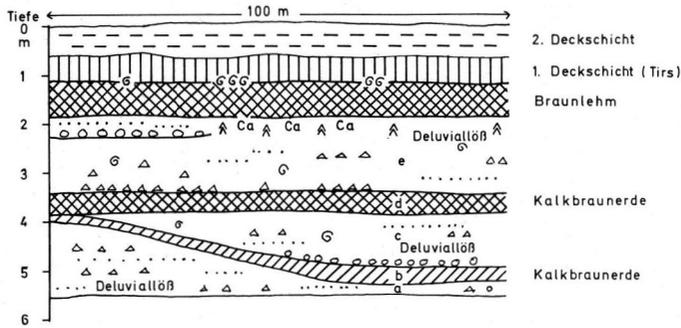


Abb. 1. Profil „le Kef“

Nr.	Tiefe in cm	
	0— 60	Brauner, feinsandiger Lehm
	— 90	humushaltiger, schwarzer, bröckeliger, feinsandiger, schluffiger, toniger Lehm
	—115	schwarzer, humushaltiger, brockiger, feinsandiger, schluffiger Lehm, Kalk-Ausscheidungen auf den Bodenkörpern, Anreicherung von Molluskenschill entlang der Basis
	—185	braunroter, prismatischbrockiger, feinsandiger, schluffiger Lehm
	—210	rotbrauner, lehmiger Feinsand (bis 50 cm dick), seitlich z. T. durch Kalkanreicherungshorizont vertreten
	—225	hellgraubrauner, sandiger Kies
e	—345	hellgraugelber, feinsandiger Schluff, kalkreich, mit Molluskenschalen, unten bis 10 cm dicke Schutt-Schmitzen
d	—385	rötlichbrauner, feinsandiger, schluffiger Lehm, kalkreich, prismatischbrockig
c	—485	hellbrauner, feinsandiger, schluffiger Lehm, kalkreich, an der Basis bis 15 cm dicke Schotterlage
b	—520	sehr schwach humushaltiger, brauner, feinsandiger, toniger Lehm, prismatischbrockig, kalkreich
a	—550	hellbrauner, feinsandiger, schluffiger Lehm, kalkreich

Deutung:

Nr.	Tiefe in cm	
	0— 60	Kolluviale Deckschicht (2. Deckschicht)
	— — —	
	—115	tirsoider Boden aus kolluvialer Decke (1. Deckschicht)
	— — —	
	—185	braunroter Mediterranboden (Typ Kitros)
	—210	Kalkanreicherungshorizont des hangenden Bodens
	—225	Kieslage
	— — —	Erosionsdiskordanz?
e	—345	Deluviallöß
	— — —	
d	—385	rötlichbrauner Boden (Kalkbraunerde)
c	—485	Deluviallöß
	— — —	
b	—520	brauner Boden, schwach humushaltig (Kalkbraunerde)
a	—550	Deluviallöß

Im Löß von le Kef wurden kleine *Helicellinae*, ferner *Rumina decollata* und eine *Helix*-Art festgestellt. Diese Gemeinschaft, die ergänzender Aufsammlungen im Gelände wie weiterer Untersuchungen bedarf, steht der „kaltzeitlichen“ Fauna von Gabes (s. unten) näher als der dort im umgelagerten Material eines tirsoiden Bodens gefundenen warmklimatischen Fauna (nach LOŽEK).

Auf die generellen Ähnlichkeiten mit den Profilen in SE-Spanien zwischen Granada und Velez Rubio wurde verwiesen. Eine genauere zeitliche Einstufung der tieferen Glie-

der ist allerdings kaum möglich. Hingegen sind der braunrote Boden (115—185 cm Tiefe) und die beiden ihn überlagernden Deckschichten von ausnehmendem Interesse. Der rötliche Boden entspricht dem als „Mediterranboden vom Typ Kitros“ beschriebenen Profilbild eines Braunlehms, der nach mikromorphologischem Befund (H. J. ALTEMÜLLER) eine sehr komplexe Genese hinter sich hat (vgl. BRUNNACKER u. Mitarb. 1969). Er ist also durch erheblich kräftigere Verwitterung gekennzeichnet als die tiefer im Aufschluß eingeschalteten, genetisch aber vorerst noch viel problematischeren Kalkbraunerden.

Die über dem Braunlehm folgende 1. Deckschicht, die synsedimentär zum tirsoiden Boden umgeformt wurde, muß älter sein als die römische Besiedlung des Landes (gemäß darauf errichteten Bauwerken). Die 2. Deckschicht dürfte hingegen in Zusammenhang mit anthropogenen Eingriffen stehen. Beide Deckschichten hat Bos (1971) auch in etwas nördlicheren, humiderem Bereich in vergleichbarer Ausprägung gefunden. Er stuft die ältere davon in das frühe Holozän, was sich mit unserer Auffassung etwa deckt. Der liegende braunlehmartige Boden müßte sich demnach im (ausgehenden?) Spätglazial unserer mitteleuropäischen Terminologie gebildet haben. Dafür ist allerdings Vorbedingung, daß an der Basis des tirsoiden Bodens keine wesentlichere Schichtlücke vorhanden ist. Gemäß der weiten Verbreitung solcher Unterlagerung des Tirs-Bodens durch einen Braunlehm in den Hochlandsbecken zwischen Thala und le Kef sollte der enge zeitliche Kontakt gesichert sein. Insgesamt ergibt sich daraus eine Einstufung des Braunlehms in den oberen Abschnitt des Soltanien (= Würm-Kaltzeit). In Marokko wird übrigens im nämlichen Zeitabschnitt die Flugsandbildung an der Küste durch einen zumindest makromorphologisch einigermaßen vergleichbaren Boden abgelöst (BEAUDET, MAUREL & RUELLAN 1967).

Offen bleibt vor allem der klimatische Hintergrund der Bildung der 1. Deckschicht und deren Umformung in einen tirsoiden Boden. Solche Tirse kommen in Tunesien z. B. im Becken von Beja (wenn auch ohne Unterlagerung durch einen Braunlehm), südlich Tabarka, bei le Kef (s. oben) und gegen Süden hin in zunehmend trockeneren Bereichen flächig vor. Daran fügt sich, mit freilich anderer Zeitsellung, der nachfolgend behandelte Fund von Gabes. Ergänzend können aus dem europäischen Bereich die ihrer Ausbildung nach zugehörigen, wengleich zumeist als Schwarzerden bezeichneten Humuszonen der beginnenden Würmeiszeit, sowie subrezente Bildungen gleicher Art angeführt werden.

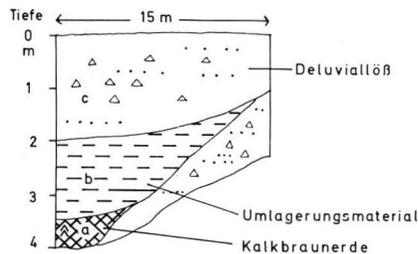


Abb. 2. Profil „Matma“

Es ist schon bemerkenswert, wieweit die heutige Parabraunerde (ohne Berücksichtigung durch jüngste Störungen) und die interglazialen Parabraunerden in Europa verbreitet sind; denn sie werden erst an der N-Grenze des mediterranen Raumes abgelöst. Und demgegenüber reicht die räumliche und zeitliche und damit letztlich auch klimatische Spannweite tirsoider Böden noch weit hinaus, nämlich bis zum Rand der ariden Subtropen und selbst südlich davon noch vorkommend. Vorbedingung für ihr Auftreten scheint allerdings Position in einer Reliefdepression mit Einspülungen kalkhaltiger oder wenigstens basenreicher tonig-schluffiger Komponenten zu sein (BRUNNACKER 1970). Wenn-

gleich also dieser Bodentyp über die verschiedensten Klimazonen hinweggreift, so ist er doch an Bedingungen gekoppelt, die flächige Verspülungen bei einer die Humusbildung begünstigenden Umwelt erlauben.

1.2 Matmata

Der in einem kleinen Becken im Bergland von Matmata vorkommende relativ grobe Deluviallöß ist bis etwa 5 m mächtig erschlossen.

Profil „Matmata“ etwa 400 mm NN (Abb. 2)

Mittlerer Jahresniederschlag: etwa 240 mm

Mittlere Jahrestemperatur: 18,9° C

Dauer der Dürrezeit: etwa 7 Monate

Nr. Tiefe in cm

c	0—200	Hellbrauner, grobschluffiger bis schluffiger Feinsand, mit dünnen Schuttschmitzen, kalkhaltig, mit etwas Molluskenschill
b	—350	rötlichbrauner, grobschluffiger bis schluffiger Feinsand, mit dünnen Schuttschmitzen, kalkhaltig
a	—400	rötlichbrauner, grobschluffiger bis schluffiger, lehmiger Feinsand, schwach kalkhaltig, z. T. Kalkpigmente

Die Basis des Profils wird durch einen Boden aus Verschwemmungsmaterial gebildet, der (mit dem üblichen Vorbehalt) als rötliche Kalkbraunerde bezeichnet wird. Der Boden ist an dieser Stelle weit über das übliche Maß hinaus sekundär mit kleinen Kalkkonkretionen durchsetzt. Darüber folgt durch Verschwemmung umgelagertes Bodenmaterial und schließlich Deluviallöß.

Vorkommen der geschilderten Ausbildung ziehen als lückige, einige Meter mächtige Decke entlang der S-Grenze der Löß-Verbreitung bis gegen Gabes, wobei im Unterschied zu anderen mediterranen Löß-Vorkommen, abgesehen von denen des Neretva-Tales, die Körnung verhältnismäßig grob, aber dennoch gut sortiert ist.

Der Deluviallöß im Raum Matmata—Gabes läßt sich hinsichtlich des einfachen Profilaufbaues, also abgesehen von der Körnung und dem Kalkgehalt, am ehesten mit Vorkommen westlich Murcia vergleichen, mit denen er außerdem die Position entlang der Trockenheits-Grenze der mediterranen Löß-Verbreitung gemein hat (= heute 200 mm Niederschlagslinie).

1.3 Ergebnis

Die eigenen bisherigen von Löß-Vorkommen, damit verbundenen Paläoböden und Molluskenfaunen ausgehenden Befunde im nordmediterranen Raum lassen sich auf Tunesien übertragen, wobei für die letzte Kaltzeit prinzipielle Gesichtspunkte bestätigt werden (BRUNNACKER 1969), nämlich:

1. Sie war allgemein durch eine kräftige Temperaturdepression gekennzeichnet.
2. Gegenüber den heutigen Bedingungen hat relativ trockenes Klima vorgelegen, wobei der Hauptniederschlag im Winter gefallen ist.
3. Anfangs herrschten (relativ gesehen) feuchtere, später trockenere Verhältnisse vor.
4. Die regional-klimatische Situation auf Grundlage des Profilaufbaues verhält sich analog heutigen Klima-, insbesondere Niederschlagsdaten bzw. ist abhängig vom jeweiligen Grad der Aridität.

Damit sind im mediterranen Raum im Großablauf der letzten Kaltzeit gegenüber dem nördlich angrenzenden periglazialen Bereich keine Unterschiede grundsätzlicher Art vorhanden; denn selbstverständlich muß dabei von Differenzierungen abgesehen werden,

die im Süden jeweils durch allgemein wärmeres Klima und durch Winterniederschlag bedingt sind. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß gegen aridere Räume hin die Niederschläge zunehmend unregelmäßiger verteilt sind und auch früher waren.

Solche Befunde fügen sich in die neueren Ergebnisse anderer Arbeitsrichtungen ein, so der Pollenanalyse (z. B. WIJMSTRA 1969 u. a., zusammengefaßt bei FRENZEL 1967, BEUG 1968, v. d. HAMMEN, WIJMSTRA & ZAGWIJN 1971), der Schneegrenzdepression (MESSERLI 1967), und der Geomorphologie (BOS 1971, ROHDENBURG 1970).

2. Gesamtgliederung

Die obige Zusammenstellung beschränkt sich auf einige Beobachtungen über lößartige Gesteine und Böden und führt damit die im nordmediterranen Raum begonnene Sammlung entsprechender Befunde weiter; denn man sollte sich schließlich darüber im klaren sein, daß die Diskussion der jungquartären Klimaentwicklung im mediterranen Raum und in den anschließenden ariden Subtropen und damit des Pluvialproblems nur auf der Grundlage einer Feinstratigraphie möglich sein wird. Diese wiederum kann nur von den Vorstellungen ausgehen, welche seinerzeit für Mitteleuropa entwickelt wurden. Deren Veränderungen müssen schrittweise gegen wärmere Klimazonen hin verfolgt werden — eine Auffassung, die offensichtlich derzeit noch nicht allgemeinere Anerkennung finden kann.

2.1 Äquivalente des Frühglazials der letzten Kaltzeit

Eine Sonderstellung innerhalb der oben behandelten Abfolge bei Matmata nimmt ein Profil nächst Gabes ein. Während im mediterranen Bereich bislang keine eindeutigen Entsprechungen der Humuszonen gefunden werden konnten, die im periglazialen Raum örtlich den Beginn der letzten Kaltzeit einleiten, wurde ausgerechnet im südlichsten Löß-Gebiet ein derartiges Profil angetroffen.

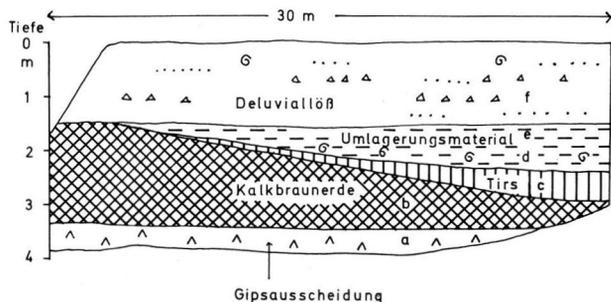


Abb. 3. Profil „Gabes“

Profil „Gabes“ (Abb. 3)

Etwa 7 km von Gabes entfernt an der Straße nach Matmata, etwa 20 m NN, im Straßeneinschnitt am Rande eines Wadi aufgeschlossen.

Mittlerer Jahresniederschlag: 175 mm

Mittlere Jahrestemperatur: 19,3° C

Zahl der Dürremonate: 12

Nr.	Tiefe in cm	
f	0—150	Hellbrauner, nach oben hellgraubrauner, feinsandiger, lehmiger Schluff, kalkhaltig
e	—180	schwach humushaltiger, graubrauner, feinsandiger, lehmiger Schluff, schwach kalkhaltig

d	—235	humushaltiger, dunkelbraungrauer, bröckeliger, lehmiger Feinsand, schwach kalkhaltig, mit Molluskenschalen
c	—285	humushaltiger, dunkelgrauer, prismatischbrockiger, lehmiger Feinsand, mit zahlreichen feinen Rhizosolenien, schwach kalkhaltig (z. T. pigmentartig angereichert)
b	—345	brauner, schwach rötlicher, schluffiger, schwach lehmiger Feinsand, schwach bröckelig, mit Nadelstichporen, kalkhaltig
a	—380	hellbraungrauer Feinsand, leicht durch Gips verfestigt (in Pigmenten konzentriert), mit cm-großen Rostschlieren

Deutung:

Nr.	Tiefe in cm	
f	0—150	Deluviallöß (Unterteilung nicht möglich)
e	—180	Umlagerungsmaterial des Liegenden mit Beimengung von Deluviallöß
d	—235	Umlagerungsmaterial (verschwemmt) des liegenden Bodens
— — — — —		
c	—285	tirsoider, schwarzerdeähnlicher Boden
— — — — —		
		Erosionsdiskordanz (schwach)
b	—345	rotbrauner Lehm
a	—380	Gipsanreicherungs-horizont, rostfleckig, zum hangenden Boden gehörig, leicht verfestigt

Die Unterlage des Bodens b/a wird, entsprechend den Verhältnissen in der näheren Umgebung, weitflächig durch eine feinkörnige, fluviatile Schüttung gebildet. Daraus hat sich der rotbraune Boden vom Typ der Kalkbraunerde (oder -Vega?) (b) gebildet. Getrennt durch eine schwache Erosionsdiskordanz folgt darüber Verschwemmungsmaterial, das in eine tirsoide Bodenbildung einbezogen wurde (c). Neubelebung der Umlagerung hat diesen Boden erfaßt und sein Material ebenfalls in der kleinen Reliefdepression zusammengeschwemmt — jedoch, ohne sichtbare weitere pedogenetische Überprägung (d). Darauf folgt Übergang zum hangenden Deluviallöß (e) und derselbe schließlich in typischer Ausbildung (f).

Würde dieses Profil im einstigen Periglazialbereich gefunden werden, würde man es bedenkenlos dahin interpretieren, daß der tirsoide Boden in den Anfang einer Kaltzeit, und zwar der Geländedeposition nach der letzten, gehört. Für das Profil von Gabes scheint es jedoch höchst zweifelhaft die Korrelation im Detail so weit zu treiben, zumal der letzt-interglaziale Strand hier nicht erfaßt ist. Er soll im heutigen Meeressniveau liegen (GOBERT 1961).

Schließlich ist im Umlagerungsmaterial des tirsoiden Boden (d) eine zumindest weitgehend autochthone mediterrane Großschneckenfauna mit *Eobania vermiculata* vertreten, die als warmzeitlich angesprochen werden könnte. Aber auch dieser Befund spricht letztlich unter Berücksichtigung der geographischen Breite eigentlich nur dafür, daß hier in den Anfangszeiten des Soltanien noch relativ warme und gegenüber heute (jahreszeitlich) etwas feuchtere Bedingungen gegeben waren. Im Deluviallöß darüber treten nur kleine Molluskenformen auf, bes. *Helicellinae*, die eine Kaltzeit repräsentieren dürften (nach LOŽEK).

2.2 Äquivalente des Spätglazials der letzten Kaltzeit

Der den Deluviallöß von le Kef im Hangenden abschließende braunlehmartige Boden deutet auf wieder etwas feuchtere Bedingungen in der ausgehenden letzten Kaltzeit und vielleicht auch noch in der frühen Nacheiszeit. Hier ist somit eine ähnliche klimatische Situation mit etwas humideren Bedingungen gegeben wie am Beginn dieser Eiszeit.

2.3 Vergleiche

Das für diese Schilderung sicherlich interessanteste Vergleichsprofil liegt rd. 30 km nördlich Gages, aufgeschlossen im Qued el Akarit, einige Kilometer von der heutigen Küste entfernt. Die Angaben über diese Fundstelle werden von R. COQUE (1962) und GOBERT (1961) übernommen. Eigene Beobachtungen waren bei unserem Besuch 1970 wegen der Veränderungen durch Starkregen im Vorjahr zu sehr beeinträchtigt (vgl. Tab. 1):

Tabelle 1
Gegenüberstellung besprochener Profile aus Tunesien

	Gages	Qued Akarit	le Kef
Jungholozän	flächiger Abtrag	Flugsand, lokal, Umlagerungen	lineare Erosion 2. Deckschicht
Altholozän —Spätglazial		Deckschicht = tirsoider Boden, lokal	1. Deckschicht = tirsoider Boden
		Rötung und Gipskruste, weitflächig	Braunlehm
höherer Teil der letzten Kaltzeit	Deluviallöß	fluviale Bildungen, weitflächig	Deluviallöß, unterteilt durch Kalkbraunerden
tieferer Teil der letzten Kaltzeit	Verschwemmungs- horizont	nächst Quelle humose Bildungen	
	tirsoider Boden, lokal		
	geringe Einschneidung		
	Kalkbraunerde (oder -vega)		

Am Wadi-Rand sind Ablagerungen erschlossen, die das Glacis 2 aufbauen. An ihrer Basis ist eine Wechselfolge von grauen und anmoorigen schwarzen Tonen vorhanden. Sie werden als Sumpfablagerungen infolge artesischer Süßwasseraustritte gedeutet, wie sie in der Nachbarschaft auch heute vorkommen. Die oberste 60 cm dicke graue Schicht führt Moustérien mit einem Knochenlager von Großsäugern. In den grauen Lagen finden sich Wasserschnecken, wobei vielleicht *Truncatellen* auf etwas salzigeres Milieu deuten. Ferner wurden darin gefunden *Helix* sp. und *Rumina* sp. und schließlich *Macularia niciensis* FÉR., die heute in Nordafrika fehlt und in den Seealpen bis 1500 m NN und in Ligurien bis 2200 m NN hinaufgeht. In den schwarzen Lagern tritt *Alexias* sp. reichlicher auf. Sie lebt unter Krautvegetation feuchterer Hänge. Bei den Pollen sind solche von Chenopodiaceen weitaus dominant. Insgesamt deutet sich darin für die weitere Umgebung eine, z. T. versalzene Kräutersteppe an, die nicht grundsätzlich von der heutigen verschieden war. Unter Einbezug der Molluskenreste zeigt sich ein weniger heißer und weniger feuchter Lebensraum als derzeit, wobei die Küste weiter entfernt war.

Eine entsprechende Kulturschicht, an Tropfsteinen mit C¹⁴ datiert, ist älter als rd. 46 000 b.p. (HEY 1961).

Über solchen lokalen Bildungen folgt in weiter Verbreitung eine im Untersuchungsgebiet etwa 4 m mächtige gelbliche Folge tonig-sandigen Lehms mit gelegentlichen Einschaltungen von Geröllschnüren. (Diese Decke ist nach unseren Beobachtungen relativ san-

dig entwickelt.) Nach oben nimmt sie rötliche Färbung an und ist etwas stärker verfestigt. Darin wurden an der genannten Fundstelle nach GOBERT (1961) einzelne auf Atérien deutende Werkzeuge gefunden. Oben ist in einer lokalen Eintiefung der Decke ein bis 50 cm dickes dunkles, verdichtetes Material vorhanden. In diesem oberen Niveau häufen sich Artefakte der Lamellen-Industrie und Molluskenreste (*Leucochora candissima*).

Die Folge wird durch eine wiederum weit verbreitete bis 1 m dicke Gipskruste abgeschlossen, auf der noch Lamellen-Artefakte liegen. Gelegentlich wird die Kruste von jüngsten rötlichen äolischen Feinsanden überdeckt. Darin finden sich *Helix*-Arten entsprechend der heutigen Fauna.

Die erwähnte Lamellen-Industrie ist nach GOBERT (1961) älter als das Capsien und wird in das Spätglazial eingestuft.

Für die Zeit, die etwa unserem Hochglazial entspricht, werden relativ kalt-trockene Bedingungen gemeldet (so u. a. für die Cyrenaika durch HEY 1961). Keinesfalls läßt sich aber wegen der Gipskruste auf anhaltende aridere Bedingungen schließen. Vielmehr sind solche Bildungen in diesem Fall spätestens gegen Ende der Ablagerungen der Sedimente des Glacis 2 im Zusammenhang mit einer Art Grundwasser-Schwankungsbereich (i.w.S.) und etwas oberhalb davon gebildet worden. Sie sind keinesfalls als eindeutige Oberflächenkruste arider Bedingungen vorstellbar (vgl. dazu MENSCHING 1964, ZIMMERMANN 1963). Im zeitlichen Ablauf müssen sich demnach wieder relativ feuchtere Bedingungen eingestellt haben, wie sie neuerdings auch südlich des Aurès-Gebirges erwähnt werden (WILLIAMS 1970). Der humideren Phase im Spätglazial könnte ferner ein erneuter Anstieg des Tschad-Seespiegels gegen 12000 b.p. nach SERVANT, SERVANT, DELIBRIAS & FAURE (1969, weitere Literatur bei ROHDENBURG 1969) entsprechen.

Eine vergleichende Übersicht der behandelten Profile bringt Tab. 1. Darin wird davon ausgegangen, daß bei le Kef jeweils etwas feuchtere und in der Umgebung von Gabes trockenere Verhältnisse vorgelegen haben.

3. Intensivierungsphasen der Pedogenese

Die Besonderheiten des tunesischen Raumes wurden, soweit bei der Orientierungsreise erfaßbar, anhand der Profile von Gabes und le Kef erläutert: Für Mitteleuropa ist, wie gewohnt, das Aktivitätsmaximum der Pedogenese (abgesehen von der in ihrer vollen Tragweite noch immer diskutierten „spätglazialen“ Einleitung) in den Warmzeiten zu sehen. Demgegenüber verlagert sich diese Aktivierung innerhalb der mediterranen Zone gegen südlichere, aridere Räume hin auf den Übergang und in den Anfang sowie schließlich auch in den Ausgang der Kaltzeiten (bzw. der letzten Kaltzeit). Bei dieser zeitlich-räumlichen Verschiebung vollzieht sich zudem ein Wandel von braunlehmartigen Böden in feuchteren Gebieten zu „Kalkbraunerden“ udgl. in trockeneren Räumen. Entsprechende Typen und regionale Verteilung derselben können übrigens auch in Interstadialen gefunden werden.

Es wird damit für die verschiedenen mediterranen Zonen unterstellt, daß in den Warmzeiten in feucht-warmen Bereichen die Pedogenese durchgängig wirksam war und lediglich die Übergangszeiten zunehmend einbezogen wurden. Gegen trockenere Räume hin machen sich, pedogenetisch gesehen, diese Übergangszeiten gleichsam zunehmend selbständiger, während die zwischenliegende Warmzeit an pedogenetischer Wirksamkeit verliert.

Insgesamt trennen damit gegen aridere Räume hin Phasen mit intensivierter Pedogenese jeweils einen warmen Abschnitt, entsprechend den heutigen Bedingungen, von einem relativ kühleren Abschnitt mit ebenfalls trockeneren Verhältnissen. Letzterer wird

nördlich der Alpen durch Kaltklima vertreten. Das Modell von ROHDENBURG (1970) hinsichtlich der morphologischen Stabilitätszeiten mit geförderter Pedogenese sollte sich auf diese Zwischen- bzw. Übergangszeiten beschränken, für die der Begriff „Pluvialzeit“ noch am ehesten mit einer gewissen Berechtigung — wenngleich auch nicht in der ursprünglichen Definition — beibehalten bleiben kann.

Wenn sich solche Überlegungen, denen freilich noch weiter sehr sorgfältig nachgegangen werden muß, erhärten lassen, dann würde dies bedeuten, daß sich die Asymmetrie des wärmzeitlichen Klimaverlaufes, bedingt durch die relativ rasche Wiedererwärmung am Ende, mit zunehmender Entfernung von den großen Vergletscherungszentren etwas ausgleicht.

Die bisherigen Vorstellungen über die Pluvialzeiten der ariden Subtropen wurden weitgehend durch geomorphologische Erwägungen insbesondere über die Wirksamkeit fluviatiler Vorgänge, bestimmt. Neuerdings werden diese durch pedogenetische Aspekte modifiziert (vgl. dazu BEAUDET, MAURER & RUELLAN 1967). In diesem Beitrag werden hingegen die Wechselbeziehungen zwischen Löß- und Bodenbildung, aus anderen Räumen hereingetragen, zur Grundlage paläoklimatischer Erwägungen gemacht: Das regionale Bild wird damit im arideren mediterranen Raum infolge pedogenetischer Steigerungsphase am Anfang und Ausgang der letzten Eiszeit ziemlich differenziert. Diese Steigerungen sind wohl nicht (nur) Folge bereits oder noch relativ niedriger Temperaturen, sondern auch relativ humiderer Bedingungen. Dazwischen liegt der Hauptabschnitt der letzten Kaltzeit mit weiterer Temperaturdepression und allgemein reduzierten Niederschlägen. Pluviale Erscheinungen in dessen Sedimentbild werden insbesondere vorgetauscht als Fernwirkungen der Vorgänge, die sich in Bergländern bei herabgedrückten, relativ humideren Höhenstufen (und damit verbundener Arealausweitung derselben — vgl. SE-Spanien) abspielten.

4. Schrifttum

- BEAUDET, G., MAURER, G. & RUELLAN, A.: Le Quaternaire Marocain, Observations et hypothèses nouvelles. — *Revue Géograph physique et Géol. dynamique*, **9**, 269—310, Paris 1967.
- BEUG, H.-J.: Probleme der Vegetationsgeschichte in Südeuropa. — *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **80**, 682—689, 1968.
- BOS, R. H.: Quaternary Evolution of a Mountainous Area in N. W. Tunisia — a geomorphological and pedological Analysis. — *Publ. Fysisch-geogr. en bodenkundig Lab. Univ. Amsterdam*, Nr. 9, Amsterdam 1971.
- BRUNNACKER, K.: Affleurements de Loess dans les Régions Nordméditerranéennes. — *Revue Géogr. physique et Géol. dynamique*, **11**, 325—334, Paris 1969.
- : Zwei Lößprofile extremer Klimabereiche Bayerns. — *Geol. Bavarica*, Nr. 65, 195—206, München 1970.
- BRUNNACKER, K., ALTEMÜLLER, H.-J. & BEUG, H.-J.: Das Profil von Kitros in Nordgriechenland als Typusprofil einer mediterranen Lößprovinz. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **20**, 90—110, Öhringen 1969.
- BRUNNACKER, K., BASLER, Dj., LOŽEK, V., BEUG, H.-J. & ALTEMÜLLER, H.-J.: Zur Kenntnis der Löss im Neretva-Tal. — *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.* **132**, 127—154, Stuttgart 1969.
- BRUNNACKER, K. & LOŽEK, V.: Löß-Vorkommen in Südostspanien. — *Z. Geomorph., N. F.* **13**, 297—316, Berlin - Stuttgart 1969.
- COQUE, R.: La Tunisie présaharienne. — Paris 1962.
- FRENZEL, B.: Die Klimaschwankungen des Eiszeitalters. — Braunschweig 1967.
- GOBERT, E. G.: La préhistoire dans la zone littorale de la Tunisie. — *Quaternaria*, **6**, 271—307, Roma 1961.
- HAMMEN, T. v. d., WIJNSTRA, T. A. & ZAGWIJN, W. H.: The Floral Record of the Late Cenozoic of Europe. — *The Late Cenozoic Glacial Ages*, 391—424, New Haven and London 1971.
- HEY, R. W.: The Quaternary and Palaeolithic of Northern Libya. — *Quaternaria*, **6**, 435—449, Roma 1961.
- MENSCHING, H.: Zur Geomorphologie Südtunesiens. — *Z. Geomorph., N. F.*, **8**, 424—439, Berlin 1964.

- MESSERLI, B.: Die eiszeitliche und die gegenwärtige Vergletscherung im Mittelmeerraum. — *Geograph. Helvetica*, **22**, 105—228, Bern 1967.
- RATHJENS, C.: Löß in Tripolitanien. — *Z. Ges. Erdkd.*, 1928, 211—228, Berlin 1928.
- ROHDENBURG, H.: Hangpedimentation und Klimawandel als wichtigste Faktoren der Flächen- und Stufenbildung in den wechselfeuchten Tropen an Beispielen aus Westafrika, besonders aus dem Schichtstufenland Südost-Nigerias. — *Gießener Geogr. Schr.*, H. 20, 57—152, Gießen 1969.
- : Morphodynamische Aktivitäts- und Stabilitätszeiten statt Pluvial- und Interpluvialzeiten. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **21**, 81—96, Öhringen 1970.
- SCHEIDIG, A.: Der Löß und seine geotechnischen Eigenschaften. — Dresden u. Leipzig 1934.
- SCHWEGLER, E.: Bemerkungen zum Vorkommen von Löß im libyschen und tunesischen Gebiet. — *N. Jb. Min. etc., Mh. Abt. B* 1944, 10—17, Stuttgart 1944.
- SERANT, M., SERVANT, S., DELIBRIAS, G. & FAURE, H.: Les formations lacustres des basses regions du Tschad au Quaternaire superieur et recent. — VIII^e Congr. INQUA Paris 1969 — *Résumés des Communications*, S. 296, Paris 1969.
- WALTER, H. & LIETH, H.: Klimadiagramm-Weltatlas. Jena 1960.
- WIJMSTRA, T. A.: Palynology of the first 30 Metrs of a 120 M deep sections in northern Greece. — *Acta Bot. Neerl.*, **18**, 511—527, 1969.
- WILLIAMS, G. E.: Piedmont sedimentation and late Quaternary chronology in the Biskra region of northern Sahara. — *Z. Geomorph., Suppl.*, **10**, 40—63, Berlin - Stuttgart 1970.
- ZIMMERMANN, H.: Zur Kenntnis des Quartärs der südtunesischen Schottregion. — *Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich*, **2**, 1963.

Manusk. eingeg. 29. 9. 1971

Anschrift des Verf.: Prof. Dr. K. BRUNNACKER, Geolog. Inst. der Univ., 5 Köln, Zülpicher Str. 49.