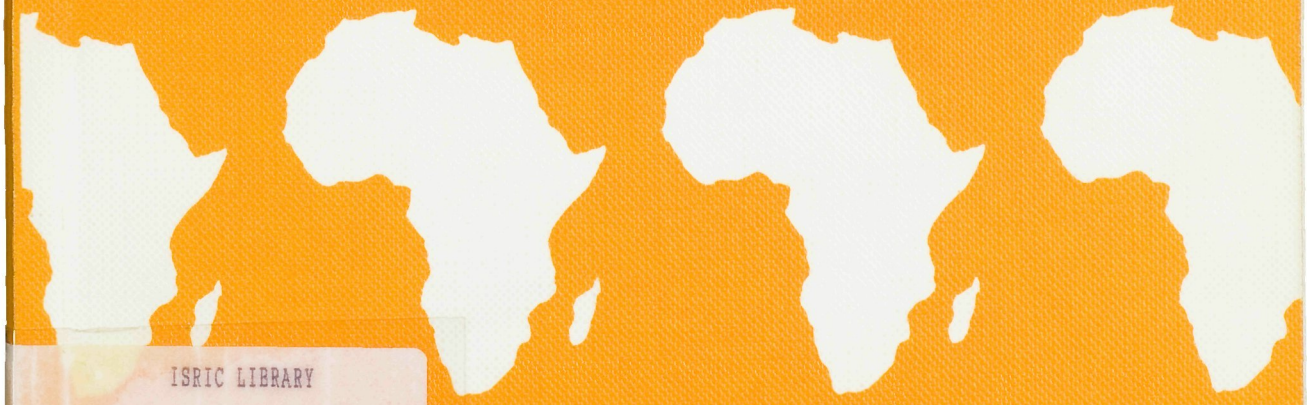
AFRIKA-KARTENWERK

Beiheft N 4

Rainald Brechtel
Wilhelm Rohmer

Bodenkunde - Nordafrika

(32°-37°30′N, 6°-12°E)



ISRIC LIBRARY
XF - 80.02
Wageningen
The Netherlands

GEBRÜDER BORNTRAEGER · BERLIN · STUTTGART

AFRIKA-KARTENWERK N 4

AFRIKA-KARTENWERK Serie N, Beiheft zu Blatt 4

ISM - WAGENINGEN
country :
subject :
scale :
map ref. :
libr. ref. :
ISRIC LIBRARY
XF
80.02
Wageningen, The Netherlands

Scanned from original by ISRIC – World Soil Information, as ICSU World Data Centre for Soils. The purpose is to make a safe depository for endangered documents and to make the accrued information available for consultation, following Fair Use Guidelines. Every effort is taken to respect Copyright of the materials within the archives where the identification of the Copyright holder is clear and, where feasible, to contact the originators. For questions please contact soil.isric@wur.nl indicating the item reference number concerned.

capia lumen
7790

ISN 8230

AFRIKA-KARTENWERK

Herausgegeben im Auftrage der Deutschen Forschungsgemeinschaft
Edited on behalf of the German Research Society
Edité au nom de l'Association Allemande de la Recherche Scientifique
von / by / par Ulrich Freitag, Kurt Kayser, Walther Manshard,
Horst Mensching, Ludwig Schätzl, Joachim H. Schultze †

Redakteure, Assistant Editors, Editeurs adjoints: Gerd J. Bruschek, Dietrich O. Müller

Serie, Series, Série N
Nordafrika (Tunesien, Algerien)
North Africa (Tunisia, Algeria)
Afrique du Nord (Tunisie, Algérie)
Obmann, Chairman, Directeur: Horst Mensching

Serie, Series, Série W
Westafrika (Nigeria, Kamerun)
West Africa (Nigeria, Cameroon)
Afrique occidentale (Nigéria, Cameroun)
Obmänner, Chairmen, Directeurs: Ulrich Freitag, Walther Manshard

Serie, Series, Série E
Ostafrika (Kenya, Uganda, Tanzania)
East Africa (Kenya, Uganda, Tanzania)
Afrique orientale (Kenya, Ouganda, Tanzanie)
Obmänner, Chairmen, Directeurs: Ludwig Schätzl, Joachim H. Schultze †

Serie, Series, Série S
Südafrika (Moçambique, Swaziland, Republik Südafrika)
South Africa (Mozambique, Swaziland, Republic of South Africa)
África do Sul (Moçambique, Suazilândia, República da África do Sul)
Obmann, Chairman, Director: Kurt Kayser

GEBRÜDER BORNTRAEGER · BERLIN · STUTTGART

AFRIKA-KARTENWERK

Serie N: Beiheft zu Blatt 4
Series N: Monograph to Sheet 4
Série N: Monographie accompagnant la feuille 4

N 4

Redakteur, Assistant Editor, Editeur adjoint: Gerd J. Bruschek

Rainald Brechtel und Wilhelm Rohmer

Bodenkunde — Nordafrika (Tunesien, Algerien) 32° — 37° 30′ N, 6° — 12° E

Pedology — North Africa (Tunisia, Algeria)

Pédologie — Afrique du Nord (Tunisie, Algérie)

Bodenkunde

Mit 10 Figuren und 33 Profilen sowie Summary und Résumé

1980

GEBRÜDER BORNTRAEGER · BERLIN · STUTTGART

Für den Inhalt der Karte und des Beiheftes sind die Autoren verantwortlich.

Gedruckt im Auftrage und mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft sowie mit Unterstützung (Übersetzungskosten) durch das Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ).

© Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn-Bad Godesberg 1980
Publishers: Gebrüder Borntraeger, Berlin · Stuttgart
Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des auszugsweisen Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe und der Herstellung von Mikrofilmen, vorbehalten
Umschlagentwurf: G. J. Bruschek, D. O. Müller
Satz und Druck: H. Heenemann GmbH & Co, D-1000 Berlin 42 — Printed in Germany

ISBN 3 443 28302 0

Inhalt

Inhalt V
Verzeichnis der Figuren V
Verzeichnis der Profile VI
Contents VII
List of Figures VII
List of Profiles VIII
Table des matières IX
Table des figures IX
Index des profils X

1 Überblick über das Kartierungsgebiet, Methoden der Bodenanalyse und Kartierungsunterlagen 1

2 Beschreibung der Böden 2

2.1 Mesomediterranes Gebiet — Niederschlag > 700 mm. Die kalkfreien bzw. kalkarmen Böden der nördlichen Küstenregion 2
2.1.1 Humussilikatböden 3
2.1.2 Lithochrome rote Böden und Roterden 4
2.1.3 Lockere Küstensande 5
2.2 Mesomediterranes Gebiet mit langer Trockenzeit — Niederschlag 500—700 mm 6
2.2.1 Schwarze Pararendzinen (Vertisole) 6
2.3 Thermomediterranes Gebiet — Niederschlag 300—500 mm 7
2.3.1 Umgelagerte kalkhaltige Terra rossa 7
2.3.2 Braune und graubraune mediterrane Karbonatböden 8
2.4 Xerothermomediterranes Gebiet — Niederschlag 100—300 mm 10
2.4.1 Hellbraune kalkhaltige Halbwüstenböden und Kalkrohböden 11
2.4.2 Steinreiche braune Halbwüstenböden 13
2.5 Arides Wüstenrandgebiet — xerothermales Gebiet — Niederschlag < 100 mm 14
2.5.1 Sandwüsten- und Kieswüstenböden 14
2.6 Böden der Täler und Senken 15
2.6.1 Braune Kalkvega 15
2.6.2 „Borowina" und „Smonitza" 17
2.7 Salz- und Salz-Alkali-Böden 18

3 Bodenkundliche Studien im Beispielgebiet Medjerdatal 21

3.1 Umgelagerte mediterrane Roterde 23
3.2 Brauner mediterraner Karbonatboden 24
3.3 Vertisol 25
3.4 Umgelagerte kalkhaltige Terra rossa 26
3.5 Brauner humusarmer Karbonatboden 27

4 Beispielgebiet Djebel es Souda 28

5 Beispielgebiet Chott el Djerid-Djebel Sidi bou Helal 33

Literaturverzeichnis 43
Karten- und Luftbilderverzeichnis 44
Summary 47
Résumé 57

Verzeichnis der Figuren

Fig. 1: Bodenartendiagramm eines Salzbodens am Rande des Sebkhet es Sedjoumi 21
Fig. 2: Blick vom Djebel Sidi Khalif nach E 28

Fig. 3: Skelettreicher Halbwüstenboden östlich des Djebel Sidi Khalif 33
Fig. 4: Tiefgründiger Halbwüstenboden auf mio-pliozänem Kalk im Gebiet Djebel es Souda 34
Fig. 5: Salz-Alkali-Boden südlich des Djebel es Souda 35
Fig. 6: Flugsandhügel am Rande des Chott el Djerid 36
Fig. 7: Profilreihe Chott el Djerid-Djebel Sidi bou Helal 37
Fig. 8: Sandhügelzone mit Djebel Sidi bou Helal im Hintergrund 37
Fig. 9: Salzboden in der hügelfreien Randzone der Oase Tozeur mit einem Grundwasserspiegel in 1,20 m Tiefe 38
Fig. 10: Salzboden mit Salzkruste am Chott el Djerid 42

Verzeichnis der Profile

Profil 1: Boden auf Granit bei Herbillon, Nordalgerien 3
Profil 2: Humussilikatboden auf Basalt, Nordwesttunesien 3
Profil 3: Lithochromer roter Boden südöstlich von Tunis 4
Profil 4: Lithochromer roter Boden im Nordwesten Tunesiens 5
Profil 5: Flugsand bei Tabarka 5
Profil 6: Schwarze Pararendzina (Vertisol) bei Béja 6
Profil 7: Umgelagerte kalkhaltige Terra rossa bei Medjez el Bab 7
Profil 8: Brauner mediterraner Karbonatboden, Nordtunesien 8
Profil 9: Brauner mediterraner Karbonatboden, Ostalgerien 9
Profil 10: Kalkrohboden, Zentraltunesien 11
Profil 11: Hellbrauner Halbwüstenboden, Mitteltunesien 12
Profil 12: Äolisch verlagerter Boden, Südtunesien 13
Profil 13: Rohboden am Djebel es Souda 13
Profil 14: Gipshaltiger Halbwüstenboden, Chott el Djerid 14
Profil 15: Kalkvega bei Medjez el Bab 15
Profil 16: Kalkvega in Ostalgerien 16
Profil 17: „Borowina" bei Béja 17
Profil 18: Auenboden südwestlich von Annaba, Algerien 17
Profil 19: Salzboden östlich von Kairouan 19
Profil 20: Salzboden südlich von Kairouan 20
Profil 21: Umgelagerte mediterrane Roterde bei Tébourba 23
Profil 22: Brauner mediterraner Karbonatboden bei Medjez el Bab 24
Profil 23: Vertisol am Rande des Medjerdatales 25
Profil 24: Umgelagerte kalkhaltige Terra rossa bei Tébourba 26
Profil 25: Brauner humusarmer Karbonatboden bei Medjez el Bab 27
Profil 26: Skelettboden am Djebel Sidi Khalif 29
Profil 27: Steinreicher Halbwüstenboden am Djebel Sidi Khalif 29
Profil 28: Tiefgründiger rotbrauner Halbwüstenboden am Djebel Sidi Khalif 30
Profil 29 a—h: Halbwüsten- und Salz-Alkali-Böden am Djebel Sidi Khalif 31
Profil 30: Flugsandhügel am Rande des Chott el Djerid 36
Profil 31: Salzboden am Rande der Oase Tozeur (Solontschak) 39
Profil 32: Solontschak am Rande des Chott el Djerid 40
Profil 33: Solontschak am Rande des Chott el Djerid 41

Contents

List of Figures VII
List of Profiles VIII

1 General Introduction to the Mapping Area, Methods of Soil Analysis and Mapping Material 1

2 Description of the Soils 2

2.1 Mesomediterranean Zone — Rainfall > 700 mm. The non-calcic or low-calcic soils in the northern coastal region 2
2.1.1 Humus silicate soils 3
2.1.2 Lithochromic red soils and red earth 4
2.1.3 Loose coastal sands 5
2.2 Mesomediterranean Zone with Long Dry Period — Rainfall 500—700 mm 6
2.2.1 Black pararendzinas (vertisols) 6
2.3 Thermomediterranean Zone — Rainfall 300—500 mm 7
2.3.1 Transposed calcareous terra rossa 7
2.3.2 Brown and greyish-brown Mediterranean carbonate soils 8
2.4 *Xerothermomediterranean Zone* — Rainfall 100—300 mm 10
2.4.1 Light brown, calcareous semi-desert soils and calcareous virgin soils 11
2.4.2 Stoney, brown semi-desert soils 13
2.5 Arid Desert Periphery — Xerothermal Zone — Rainfall < 100 mm 14
2.5.1 Sandy-desert soils and gravelly-desert soils 14
2.6 Soils of the Valleys and Hollows 15
2.6.1 Brown calcic soil (vega) 15
2.6.2 „Borowina" and „Smonitza" 17
2.7 Saline and Saline-Alkali Soils 18

3 Pedological Studies Using the Medjerda Valley as an Example Area 21

3.1 Transposed Mediterranean red earth 23
3.2 Brown Mediterranean carbonate soil 24
3.3 Vertisol 25
3.4 Transposed terra rossa 26
3.5 Brown carbonate soil deficient in humus 27

4 The Example Area of Djebel es Souda 28

5 The Example Area of Chott el Djerid-Djebel Sidi bou Helal 33

Bibliography 43
List of maps and aerial photographs 44
Summary 47
Résumé 57

List of Figures

Fig. 1: Soil-texture diagram of a saline soil at the edge of the Sebkhet es Sedjoumi 21
Fig. 2: View from Djebel Sidi Khalif looking E 28
Fig. 3: Skeleton semi-desert soil east of Djebel Sidi Khalif 33
Fig. 4: Deep semi-desert soil on Mio-Pliocene limestone in the Djebel es Souda area 34
Fig. 5: Saline-alkali soil south of Djebel es Souda 35
Fig. 6: Mounds of aeolian sand at the edge of the Chott el Djerid 36
Fig. 7: Series of profiles Chott el Djerid-Djebel Sidi bou Helal 37

Fig. 8: Zone of sand hills with Djebel Sidi bou Helal in the background 37
Fig. 9: Saline soil in the level peripheral zone of the Tozeur oasis with a groundwater table at a depth of 1.20 m 38
Fig. 10: Saline soil with saline crust at the Chott el Djerid 42

List of Profiles

Profile 1: Soil on granite near Herbillon, North Algeria 3
Profile 2: Humus silicate soil on basalt, Northwest Tunisia 3
Profile 3: Lithochromic red soil southeast of Tunis 4
Profile 4: Lithochromic red soil in Northwest Tunisia 5
Profile 5: Aeolian sand at Tabarka 5
Profile 6: Black pararendzina (vertisol) near Béja 6
Profile 7: Transposed calcareous terra rossa at Medjez el Bab 7
Profile 8: Brown Mediterranean carbonate soil, North Tunisia 8
Profile 9: Brown Mediterranean carbonate soil, East Algeria 9
Profile 10: Calcareous virgin soil, Central Tunisia 11
Profile 11: Light brown semi-desert soil, Central Tunisia 12
Profile 12: Soil moved by wind, South Tunisia 13
Profile 13: Virgin soil at Djebel es Souda 13
Profile 14: Gypsiferous semi-desert soil, Chott el Djerid 14
Profile 15: Calcic soil of valleys and hollows (vega) at Medjez el Bab 15
Profile 16: Calcic soil (vega) in East Algeria 16
Profile 17: „Borowina" at Béja 17
Profile 18: Brown vega southwest of Annaba, Algeria 17
Profile 19: Saline soil east of Kairouan 19
Profile 20: Saline soil south of Kairouan 20
Profile 21: Transposed Mediterranean red earth at Tébourba 23
Profile 22: Brown Mediterranean carbonate soil at Medjez el Bab 24
Profile 23: Vertisol at the edge of the Medjerda valley 25
Profile 24: Transposed calcareous terra rossa at Tébourba 26
Profile 25: Brown carbonate soil deficient in humus at Medjez el Bab 27
Profile 26: Skeleton soil at Djebel Sidi Khalif 29
Profile 27: Stoney semi-desert soil at Djebel Sidi Khalif 29
Profile 28: Deep, reddish-brown semi-desert soil at Djebel Sidi Khalif 30
Profile 29 a—h: Semi-desert and saline-alkali soils at Djebel Sidi Khalif 31
Profile 30: Mounds of aeolian sand at the edge of the Chott el Djerid 36
Profile 31: Saline soil at the edge of the oasis of Tozeur (solontschak) 39
Profile 32: Solontschak at the edge of the Chott el Djerid 40
Profile 33: Solontschak at the edge of the Chott el Djerid 41

Table des matières

Table des figures IX
Index des profils X

1 Aperçu de la zone d'étude, méthodes d'analyse du sol et documents pour le levé cartographique 1

2 Description des sols 2

2.1 Région mésoméditerranéenne — précipitations > 700 mm. Les sols non-calcaires ou bien pauvres en calcaire de la région côtière du nord 2
2.1.1 Sols humo-silicatés 3
2.1.2 Sols rouges lithochromiques et terres rouges 4
2.1.3 Sables meubles de la région côtière 5
2.2 Région mésoméditerranéenne avec une longue période sèche — précipitations entre 500 et 700 mm 6
2.2.1 Pararendzines noires (vertisols) 6
2.3 Région thermoméditerranéenne — précipitations entre 300 et 500 mm 7
2.3.1 Terre rouge calcaire déplacée 7
2.3.2 Sols carbonatés méditerranéens bruns et gris-bruns 8
2.4 Région xérothermoméditerranéenne — précipitations entre 100 et 300 mm 10
2.4.1 Sols semi-désertiques brun-clair et sols vierges calcaires 11
2.4.2 Sols semi-désertiques bruns, riches en pierres 13
2.5 Région limitrophe du désert — région xérothermique — précipitations < 100 mm 14
2.5.1 Sols du désert de sable et sols du désert de gravier 14
2.6 Sols des vallées et des dépressions 15
2.6.1 Sol calcaire brun des bas-fonds humides des vallées (vega) 15
2.6.2 „Borovina" et „Smonitza" 17
2.7 Sols salins et alcalino-salins 18

3 Etudes pédologiques dans la zone prise en exemple: Vallée de la Medjerda 21

3.1 Sol rouge méditerranéen déplacé 23
3.2 Sol carbonaté méditerranéen brun 24
3.3 Vertisol 25
3.4 Terre rouge calcaire méditerranéenne déplacée 26
3.5 Sol carbonaté brun, pauvre en humus 27

4 Région prise en exemple: Djebel es Souda 28

5 Région prise en exemple: Chott el Djerid-Djebel Sidi bou Helal 33

Bibliographie 43
Index des cartes et des photographies aériennes 44
Résumé 57

Table des figures

Fig. 1: Diagramme de la texture d'un sol salin au bord de la Sebkha es Sedjoumi 21
Fig. 2: Vue du Djebel Sidi Khalif vers l'Est 28
Fig. 3: Sol semi-désertique riche en squelettes, à l'Est du Djebel Sidi Khalif 33
Fig. 4: Sol semi-désertique très profond, sur calcaire du miopliocène dans la région du Djebel es Souda 34
Fig. 5: Sol alcalino-salin au Sud du Djebel es Souda 35
Fig. 6: Colline de sable éolien au bord du Chott el Djerid 36
Fig. 7: Série de profils du Chott el Djerid — Djebel Sidi bou Helal 37

Fig. 8: Région de collines de sable avec le Djebel Sidi bou Helal en arrière plan 37
Fig. 9: Sol salin dans la zone limitrophe, sans collines, de l'oasis de Tozeur avec un niveau de la nappe phréatique de 1,20 m de profondeur 38
Fig. 10: Sol salin avec croûte saline au Chott el Djerid 42

Index des profils

Profil 1: Sol sur granit près de Chetaibi (Herbillon), Algérie du Nord 3
Profil 2: Sol humo-silicaté sur basalte, Tunisie du Nord-Ouest 3
Profil 3: Sol rouge lithochromique au Sud-Est de Tunis 4
Profil 4: Sol rouge lithochromique dans le Nord-Ouest tunisien 5
Profil 5: Sable éolien près de Tabarka 5
Profil 6: Pararendzine noire (vertisol) près de Béja 6
Profil 7: Terre rouge calcaire méditerranéenne déplacée près de Medjez el Bab 7
Profil 8: Sol carbonaté méditerranéen brun, Tunisie du Nord 8
Profil 9: Sol carbonaté méditerranéen brun, Algérie de l'Est 9
Profil 10: Sol vierge calcaire, Tunisie Centrale 11
Profil 11: Sol semi-désertique brun clair, Tunisie Centrale 12
Profil 12: Sol transporté par le vent, Tunisie du Sud 13
Profil 13: Sol vierge au Djebel es Souda 13
Profil 14: Sol semi-désertique gypseux, Chott el Djerid 14
Profil 15: Sol calcaire brun des bas fonds humides des vallées (vega) près de Medjez el Bab . . 15
Profil 16: Sol calcaire brun des bas fonds humides des vallées (vega) en Algérie de l'Est 16
Profil 17: „Borovina" près de Béja 17
Profil 18: Sol du lit majeur au Sud-Ouest d'Annaba, Algérie 17
Profil 19: Sol salin à l'Est de Kairouan 19
Profil 20: Sol salin au Sud de Kairouan 20
Profil 21: Sol rouge méditerranéen déplacé près de Tébourba 23
Profil 22: Sol carbonaté brun méditerranéen près de Medjez el Bab 24
Profil 23: Vertisol au bord de la vallée de la Medjerda 25
Profil 24: Terre rouge calcaire méditerranéenne déplacée près de Tébourba 26
Profil 25: Sol carbonaté brun, pauvre en humus, près de Medjez el Bab 27
Profil 26: Sol squelettique au Djebel Sidi Khalif 29
Profil 27: Sol semi-désertique, riche en pierres, au Djebel Sidi Khalif 29
Profil 28: Sol semi-désertique rouge-brun, très profond, au Djebel Sidi Khalif 30
Profils 29 a—h: Sols semi-désertiques et alcalino-salins au Djebel Sidi Khalif 31
Profil 30: Colline de sable éolien au bord du Chott el Djerid 36
Profil 31: Sol salin au bord de l'oasis de Tozeur (solontchak) 39
Profil 32: Solontchak au bord du Chott el Djerid 40
Profil 33: Solontchak au bord du Chott el Djerid 41

1 Überblick über das Kartierungsgebiet, Methoden der Bodenanalyse und Kartierungsunterlagen

Das Kartierungsgebiet umfaßt den nördlichen und zentralen Teil Tunesiens sowie den östlichen Teil Algeriens. Die Böden dieser Gebiete werden geprägt durch die klimatischen Faktoren der Landschaftsräume, die sich vom Mittelmeergebiet mit mediterran-humider Klimaform über semiaride Küstenregionen und semiaride Steppenlandschaften bis zu den Halbwüsten bzw. Wüstengebieten im Süden erstrecken. Hinzu kommt als bodenbildender Faktor das Ausgangsgestein. Die Bodenbildung wird im wesentlichen von Kalkgesteinen und im Norden von Sandsteinformationen und magmatischem sowie metamorphem Gestein bestimmt (CASTANY 1951, BÉTIER 1951—1952). Als sehr wesentlicher Faktor ist der Einfluß des Menschen auf die Vegetation und damit auf die Böden zu nennen, die infolge geringer Bedeckung starken Umlagerungen unterliegen.

Neben den Feldforschungen war es notwendig, die vorhandenen bodenkundlichen Arbeiten und Bodenkarten von Tunesien und Ostalgerien zu sichten und mit den eigenen Beobachtungen und Bodenaufnahmen zu vergleichen. Zur Bezeichnung der Bodentypen wurde, soweit möglich, das Klassifizierungssystem von KUBIENA (1953) angewendet. Dies macht eine Aufteilung der nach der französischen Systematik bezeichneten Kartierungseinheiten notwendig. Z. B. wurde „sol rouge méditerranéen", (COINTEPAS 1966 und HAMZA 1963) in „umgelagerte kalkhaltige Terra rossa" und „lithochrome rote Böden und Roterden" (GRAČANIN 1960) unterteilt. Nicht verlagerte Terra rossa auf Kalk wurde im Untersuchungsgebiet nicht gefunden. Schwach verlagerte Terra rossa konnte auf kleiner Fläche zwischen Tébourba und Djedeida festgestellt werden.

Der Begriff „Rendzina" beschränkt sich nur auf die eigentlichen Humuskarbonatböden, während er in der französischen Einteilung (NOVIKOFF, ROEDERER et al. 1959) weiter gefaßt ist und auch die humusarmen braunen Karbonatböden auf Kalken und Mergeln des tiefer gelegenen Hügellandes im mesomediterranen Bereich mit längerer Trockenzeit einschließt.

Soweit möglich, wurde eine Trennung zwischen braunen (Kalkvega) und schwarzen („Borowina") kalkhaltigen Alluvialböden vorgenommen. Letztere sind nicht identisch mit dem marokkanischen Tirs.

Im Gegensatz zu französischen Arbeiten wurde das Vorherrschen von wenig entwickelten Rohböden auf Mergeln und Kalken besonders berücksichtigt.

Salz- und Salz-Alkali-Böden wurden zusammengefaßt dargestellt. Eine eingehende Differenzierung dieser Böden wurde in zahlreichen Untersuchungen über Salzflora und Boden von NOVIKOFF (1961) vorgenommen. Im Rahmen vorliegender Kartierungsarbeit war eine Abgrenzung der verschiedenen Salz- und Salz-Alkali-Böden nach ihrer Versalzungsform nicht möglich.

Im Feldvergleich wurden die Kartierungseinheiten mit den Analysenergebnissen und den Profilaufnahmen abgestimmt. Herrn Prof. Dr. SCHÖNHALS gilt unser Dank für seine wertvollen Hinweise im Gelände in bezug auf Typenbezeichnung und Interpretation der Böden.

Die Bodentypen im ostalgerischen Untersuchungsgebiet zeigen keine Besonderheiten gegenüber den tunesischen Bodentypen. Als einschlägiges Schrifttum seien die bodenkundlichen Arbeiten von DURAND (1954), BOULAINE (1961), VAGELER (1955), GAUTIER (1939), SCHIFFERS (1960) und HESKE (1943) erwähnt.

2 Beschreibung der Böden

Im folgenden sind die Böden der einzelnen Kartierungseinheiten der Karte AFRIKA-KARTENWERK, Serie N Nordafrika (Tunesien, Algerien), Blatt 4, Bodenkunde, 1:1 000 000 beschrieben und an Hand von Beispielen erläutert.

Die in den Profilbeschreibungen angegebenen Farbwerte nach MUNSELL (1954) beziehen sich auf den feuchten Boden. Bei den Profilbeschreibungen von AGAFONOFF (1936) waren leider keine Kornverteilungen angegeben worden. Die Arbeiten von NOVIKOFF, ROEDERER et al. (1959) enthielten in dieser Richtung ebenfalls nur wenige Anhaltspunkte. Nur in „Les sols d'Algérie" von DURAND (1954) sind ausführliche Angaben über Bodenarten und Kornverteilungen zu finden, welche Vergleiche mit den von uns untersuchten Böden erlaubten. Allerdings sind von DURAND (1954) die Tongehalte mit der Spindelmethode ermittelt worden, während wir mit der KÖHNschen Pipettmethode (M. KÖHN 1928) arbeiteten. Die Bodenproben wurden zuvor mit „*Calgon*" dispergiert (L. JUNG & ROHMER 1966). Die bei den Bodenbeschreibungen angeführten Prozentanteile beziehen sich auf folgende Größenordnungen:

Ton	< 0,002	mm Korndurchmesser
Schluff	0,002—0,06	mm Korndurchmesser
Feinsand	0,06 —0,2	mm Korndurchmesser
Grobsand	0,2 —2,0	mm Korndurchmesser.

Die Gehalte an bodenorganischer Substanz wurden nach RAUTERBERG & SANDHOFF (1951) bestimmt.

Zur Bestimmung der Kalziumkarbonatanteile diente die gasvolumetrische CO_2-Bestimmung nach SCHEIBLER (1951). Die elektrische Leitfähigkeit (Gesamtsalzkonzentration) sowie die speziellen Analysen der Salz- und Salz-Alkali-Böden wurden nach L. A. RICHARDS (1954) durchgeführt. Die Kationenaustauschkapazität (A. K.) wurde nach MEHLICH (1948) bestimmt.

2.1 Mesomediterranes Gebiet — Niederschlag > 700 mm. Die kalkfreien bzw. kalkarmen Böden der nördlichen Küstenregion (s. Legende II. 8, II. 9 und II. 10)[1]

In diese Kartierungseinheit fallen einmal die Humussilikatböden der Gebirgslagen, zum anderen pseudovergleyte und podsolierte Böden, bei denen es sich größtenteils um Relikte und lockere Küstensande handelt.

[1] Hinweis auf die Kartierungseinheiten auf Blatt 4, Bodenkunde, der Serie N Nordafrika (Tunesien, Algerien) des AFRIKA-KARTENWERKES im Maßstab 1:1 000 000.

2.1.1 Humussilikatböden

Als Beispiel für die Humussilikatböden der nördlichen Gebirgslagen sind Profilbeschreibung und Analysenergebnisse eines Bodens (s. *Legende II. 9*) auf Granit bei Herbillon, Nordalgerien, angeführt (s. *Profil 1*).

Profil 1 Boden auf Granit bei Herbillon, Nordalgerien

Geographische Daten

Lage: 37° 4'N, 7° 22'E; 180 m ü. d. M., 18 % Gefälle nach NE unter Korkeichenwald, etwa 900 mm Niederschlag im Durchschnitt.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_h	0—10	dunkelbrauner (10 YR 3/3) grusiger lehmiger Sand, humos, krümeliges Gefüge, hohe Aggregatstabilität, stark durchwurzelt
A_v	10—20	hellbrauner (10 YR 6/3) grusiger schluffiger Sand, polyedrisches Gefüge, gute Durchwurzelung
C_v	> 20	Granitverwitterung (Zersatz)

Analysendaten

Horizont	A_h	A_v		A_h	A_v
Tiefe (cm)	0—10	10—20		0—10	10—20
Ton (%)	8,5	6,6	$CaCO_3$ (%)	0,0	0,0
Schluff (%)	37,6	32,0	organische Substanz (%)	2,43	0,60
Feinsand (%)	20,8	21,3	A. K. (mval/100 g Boden)	12,0	n. b.
Grobsand (%)	33,1	40,1			

Der zweite in diese Gruppe gehörende Boden ist ein Humussilikatboden (s. *Legende II. 9*) auf Basalt aus dem humiden Gebiet Nordwesttunesiens (s. *Profil 2*).

Profil 2 Humussilikatboden auf Basalt, Nordwesttunesien

Geographische Daten

Lage: 37° 8'N, 9° 27'E; 400—500 m ü. d. M., Nordwesthang, südlich des Sedjenaneflusses, 23 % Gefälle, dichte mediterrane Macchie, durchschnittlicher jährlicher Niederschlag 800—1 000 mm.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_h	0—12	dunkelbrauner (10 YR 4/3) schluffiger Lehm, sehr steinreich, humos, krümeliges Gefüge, gut durchwurzelt, durchlässig, auf Basalt anstehend
C_v	> 12	Basaltzersatz

Analysendaten

Horizont	A_h		A_h
Tiefe (cm)	0—12		0—12
Ton (%)	26,0	$CaCO_3$ (%)	0,0
Schluff (%)	43,1	organische Substanz (%)	7,35
Feinsand (%)	19,8	A. K. (mval/100 g Boden)	25,2
Grobsand (%)	11,1		

Da diese Böden meist nicht landwirtschaftlich genutzt werden, sind sie durch Macchie oder Korkeichenwald bei mittlerem bis hohem Humusgehalt gut gegen Erosion geschützt.

2.1.2 Lithochrome rote Böden und Roterden (s. Legende II. 8)

Zu einer besonderen Kartierungseinheit in dieser Region gehören die kalkfreien bzw. kalkarmen roten Böden auf saurem rotem Sandstein, Sanden und auf Roteisenstein. In Anlehnung an GRAČANIN (1960, S. 1—19) wurden sie als „lithochrome rote Böden und Roterden" bezeichnet. Diese Böden verdanken ihre Färbung dem Ausgangsgestein. Auch ihre Textur ist weitgehend vom Gestein bestimmt.

Das erste Profil dieser Gruppe wurde südöstlich von Tunis aufgenommen (s. *Profil 3*).

Profil 3 Lithochromer roter Boden südöstlich von Tunis

Geographische Daten

Lage: 36° 37'N, 10° 19'E; 470 m ü. d. M., am Westhang des Djebel Ressas mit 8 % Gefälle unter Macchie. Etwa 700 mm Niederschlag im Durchschnitt.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_l	0—14	roter (2,5 YR 5/6) sandiger Lehm, schwach humos, polyedrisches Gefüge, mittlere Aggregatstabilität, gut durchwurzelt, durchlässig
AC_v	14—31	roter (2,5 YR 4/6) lehmiger Sand, polyedrisches Gefüge, geringe Aggregatstabilität, gut durchwurzelt, durchlässig
C	> 31	roter weicher Sandstein

Analysendaten

Horizont	A_l	AC_v		A_l	AC_v
Tiefe (cm)	0—14	14—31		0—14	14—31
Ton (%)	16,3	14,1	$CaCO_3$ (%)	3,6	0,0
Schluff (%)	35,6	25,9	organische Substanz (%)	0,75	0,43
Feinsand (%)	28,1	30,4	A. K. (mval/100 g Boden)	n. b.	n. b.
Grobsand (%)	20,0	29,6			

Die Erodierbarkeit dieser Böden kann je nach Ausgangsmaterial sehr verschieden sein. So zeigt der nächste, auf Roteisenstein gebildete Boden dieser Gruppe auf Grund des etwa doppelt so hohen Tonanteils eine wesentlich höhere Resistenz gegen Erosion.

Ein weiterer, auf Roteisenstein gebildeter lithochromer roter Boden wurde im Nordwesten Tunesiens am Nordhang des Djebel Abiod, in den Randgebirgen des Sedjenaneflusses (s. *Profil 4*) aufgegraben.

Profil 4 Lithochromer roter Boden im Nordwesten Tunesiens

Geographische Daten

Lage: 36°58'N, 9°5'E; 350 m ü. d. M., 26 % Gefälle, Korkeichenvegetation, durchschnittlicher jährlicher Niederschlag 800—1 000 mm.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_1	0—12	dunkelroter (2,5 YR 3/6) sandiger Lehm, polyedrisches Gefüge, hohe Aggregatstabilität, gute Durchwurzelung, geringe Durchlässigkeit
C	> 12	Roteisenstein

Analysendaten

Horizont	A_1		A_1
Tiefe (cm)	0—12		0—12
Ton (%)	38,5	$CaCO_3$ (%)	0,0
Schluff (%)	33,1	organische Substanz (%)	0,88
Feinsand (%)	12,3	A. K. (mval/100 g Boden)	13,3
Grobsand (%)	16,1		

Der geringe Anteil an organischer Substanz ist durch die Hanglage mit starkem Gefälle bedingt. Geringe Mengen Kaolinit und Illit sind neben röntgenamorphem Material vorhanden (s. *Legende II. 8*).

2.1.3 Lockere Küstensande (s. Legende II. 10)

Die lockeren Küstensande, vorwiegend kalkfreie Flugsande, sind in einer besonderen Kartierungseinheit zusammengefaßt. Ein Flugsand aus dem Dünengebiet östlich von Tabarka zeigte folgende Zusammensetzung (s. *Profil 5*).

Profil 5 Flugsand bei Tabarka

Geographische Daten

Lage: 36°57'N, 8°47'E; 20 m ü. d. M., um 1 200 mm Niederschlag, Dünengebiet östlich von Tabarka.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A	0—10	kräftig gelber (7,5 YR 7/8) Sand, keine Eisenverkittung, Einzelkorngefüge, locker

Analysendaten

Horizont	A		A
Tiefe (cm)	0—10		0—10
Ton (%)	4,6	$CaCO_3$ (%)	0,0
Schluff (%)	8,2	organische Substanz (%)	0,11
Feinsand (%)	53,7	A. K. (mval/100 g Boden)	0,0
Grobsand (%)	33,5		

Diese kalkfreien Sande kommen in größeren geschlossenen Gebieten östlich Annaba bis Cap Rosa, im Gebiet von El Kala vereinzelt, östlich von Tabarka in größerer Ausdehnung, im Gebiet von Cap Serrat und Rass El Koran wiederum vereinzelt, bei Menzel Djemil, bei Soliman, Zaouiet-Azmour, Grombalia und Nabeul in größeren Flächen vor. Da sie meist keine oder nur geringe Vegetation tragen, werden sie vom Wind stark verlagert und wechseln daher sehr in ihrer Mächtigkeit (s. *Legende II. 10*).

2.2 Mesomediterranes Gebiet mit langer Trockenzeit — Niederschlag 500—700 mm (s. Legende I. 7)

In diese Region fallen die Vertisole (s. *Legende I. 7*). Dies sind im Hügel- und Bergland vorkommende dunkle, meist schwarze, tonreiche, mittel- bis tiefgründige Humuskarbonatböden auf Mergel und Kalkmergelkonglomeraten, welche gegen Erosion durch Wasser relativ resistent sind. Sie entstanden in Tunesien vor allem im Gebiet von Béja und nördlich Téboursouk, daneben aber auch in den Randgebirgen des Medjerda bei Toukabeur und in Algerien in der Umgebung von Constantine.

2.2.1 Schwarze Pararendzinen (Vertisole, s. Legende I. 7)

Das hier beschriebene Profil wurde nördlich von Béja ausgewählt (s. *Profil 6*).

Profil 6 Schwarze Pararendzina (Vertisol) bei Béja

Geographische Daten

Lage: 36°45'N, 9°12'E; 230 m ü. d. M., auf einem mit Weizen bestellten Westhang mit 21 % Gefälle, 626 mm Niederschlag im Jahresdurchschnitt.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_p	0—19	schwarzer (2,5 YR 2/0) toniger Lehm, stark kalkhaltig, plastisch, in trockenem Zustand krümelig, gut durchwurzelt

AC 19—45 dunkelgraubrauner (10 YR 4/2) toniger Lehm, sehr stark kalkhaltig, plastisch, polyedrisches Gefüge, mittlere Durchwurzelung

Analysendaten

Horizont	A_p	AC		A_p	AC
Tiefe (cm)	0—19	19—45		0—19	19—45
Ton (%)	42,6	43,7	$CaCO_3$ (%)	53,19	64,17
Schluff (%)	46,6	48,2	organische Substanz (%)	1,75	1,03
Feinsand (%)	8,9	6,9	A. K. (mval/100 g Boden)	14,03	10,03
Grobsand (%)	1,9	1,2			

Die Kornverteilung kann bei diesen Böden sehr unterschiedlich sein und ist weitgehend von wechselnder Härte und Körnung des Muttergesteins abhängig. Wahrscheinlich handelt es sich um ehemals über längere Perioden bewaldete Flächen, auf denen eine starke Humusbildung vor sich gehen konnte. Typisch für diesen Boden ist der dominierende Montmorillonitanteil neben wenig Kaolinit in der Tonfraktion. Röntgenamorphes Material fehlt.

2.3 Thermomediterranes Gebiet — Niederschlag 300—500 mm

(s. Legende I. 3, I. 4 und I. 6)

Neben der meist umgelagerten kalkhaltigen Terra rossa (s. *Legende I. 6*) gehören die mitteltiefgründigen braunen und graubraunen mediterranen Karbonatböden sowie deren flachgründige Reste auf Kalk, Kalkmergel und Mergel in diese Gruppe (s. *Legende I. 4*). In der Kartierungseinheit „Hellbraune, braune und graubraune mediterrane Karbonatböden" (s. *Legende I. 3*) kommen auch kleine Flächen von Terra rossa-Resten sowie Kalk- und Mergelrohbodenflecken vor. Die umgelagerte, kalkhaltige Terra rossa ist verbreiteter als die echten kalkfreien, unverlagerten Formen auf Kalkstein. Sie kommen vor allem in den Hügellagen des Medjerdatales und seiner Umgebung, im Bereich des Miliane, des Siliana und im Bereich von Cap Bon vor. Hier sei ein Profil aus dem benachbarten Hügelland des mittleren Medjerdatales beschrieben (s. *Profil 7*).

2.3.1 Umgelagerte kalkhaltige Terra rossa (s. Legende I. 6)

Profil 7 Umgelagerte kalkhaltige Terra rossa bei Medjez el Bab

Geographische Daten

Lage: 36°43'N, 9°40'E; 70 m ü. d. M., Relief: fast eben, Kolluvium, Vegetation: Getreide-Brache, durchschnittlich 408 mm jährlicher Niederschlag.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_p	0—20	braunroter (10 YR 4/6) toniger Lehm, polyedrisches Gefüge, hart, gut durchwurzelt, hohe Plastizität, unscharfer Übergang zu:
B_v	20—40	rotem (10 YR 4/8) tonigem Lehm mit polyedrischem Gefüge, schwach durchwurzelt, dicht gelagert, hohe Plastizität

Analysendaten

Horizont	A_p	B_v		A_p	B_v
Tiefe (cm)	0—20	20—40		0—20	20—40
Ton (%)	27,5	29,2	$CaCO_3$ (%)	23,3	23,5
Schluff (%)	49,4	48,6	organische Substanz (%)	3,3	2,8
Feinsand (%)	15,4	14,8	A. K. (mval/100 g Boden)	16,70	17,96
Grobsand (%)	7,7	7,4			

Der Boden lagerte sich meist an Unterhängen und in Senken ab. Er enthält viel Illit und Kaolinit neben Quarz und röntgenamorphem Material in der Tonfraktion.

Eine weit größere Verbreitung als die umgelagerte kalkhaltige Terra rossa haben jedoch in diesem Bereich die braunen bis graubraunen mediterranen Karbonatböden, welche auch offenbar unter dem heutigen Klima noch stärker in Bildung begriffen sind (s. *Profil 8*).

2.3.2 Braune und graubraune mediterrane Karbonatböden (s. Legende I. 3 und I. 4)

Ein typisches Beispiel ist der hier untersuchte Boden von Fondouk Choucha, Nordtunesien, auf miozänem Kalk. In Verbindung mit diesen mitteltiefgründigen Böden kommen räumlich begrenzt auch tiefgründige Erosionsaufschüttungen am Hangfuß und Rohböden an den Oberhängen vor.

Profil 8 Brauner mediterraner Karbonatboden, Nordtunesien

Geographische Daten

Lage: 36° 43'N, 10° 18'E; 43 m ü. d. M., junge Olivenanlage, in fast ebener Lage, Niederschlag um 400 mm.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_p	0—12	brauner (7,5 YR 6/4) kalkreicher, sandiger Lehm, polyedrisches Gefüge, mittlere Durchwurzelung
A_v	12—40	brauner (7,5 YR 6/4) kalkreicher, sandiger Lehm, polyedrisches Gefüge, mittlere Durchwurzelung, mittlerer Kalksteinanteil
C	> 40	miozäne Kalke

Analysendaten

Horizont	A_p	A_v		A_p	A_v
Tiefe (cm)	0—12	12—40		0—12	12—40
Ton (%)	17,2	20,0	$CaCO_3$ (%)	29,13	32,35
Schluff (%)	34,2	32,2	organische Substanz (%)	1,86	1,43
Feinsand (%)	38,1	37,3	A. K. (mval/100 g Boden)	6,28	5,45
Grobsand (%)	10,5	10,5			

In der Tonfraktion ist viel Montmorillonit neben Kaolinit, kein Illit und Vermikulit sowie röntgenamorphes Material enthalten.

Ein weiterer mediterraner Karbonatboden in Unterhanglage wurde zwischen Duvivier und Laverdure in Ostalgerien untersucht (s. *Profil 9*).

Profil 9 Brauner mediterraner Karbonatboden, Ostalgerien

Geographische Daten

Lage: 36°26'N, 7°50'E; 230 m ü. d. M., an einem Südhang mit 18 % Gefälle, der mit Weizen bestellt ist. Um 500 mm Niederschlag.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_p	0—20	dunkel-gelblichbrauner (10 YR 4/4) toniger Lehm, krümeliges Gefüge, mittlere Durchwurzelung
A_v	20—50	kräftig brauner (7,5 YR 5/6) toniger Lehm, polyedrisches Gefüge, mittlere Durchwurzelung
AC	50—80	sehr hellbrauner (10 YR 8/4) schluffiger Lehm, hoher Mergelanteil
C	> 80	Mergelkonglomerat

Analysendaten

Horizont	A_p	A_v	AC		A_p	A_v	AC
Tiefe (cm)	0—20	20—50	50—80		0—20	20—50	50—80
Ton (%)	41,5	43,3	21,6	$CaCO_3$ (%)	36,55	36,34	76,88
Schluff (%)	42,1	41,2	63,4	organische			
Feinsand (%)	10,0	6,5	5,5	Substanz (%)	2,03	1,65	0,20
Grobsand (%)	6,4	9,0	9,5	A. K. (mval/			
				100 g Boden)	14,48	12,44	5,06

Böden dieser Ausbildung zeigen eine sehr viel niedrigere Aggregatstabilität gegenüber Wasserangriff als die mediterranen Roterden auf Kalk und die Vertisole, obwohl die

Schluffanteile hier etwas niedriger als bei diesen liegen. Sie sind in hohem Maße anfällig gegen Bodenerosion.

Sowohl die braunen mediterranen Karbonatböden als auch die kalkhaltigen umgelagerten Roterden neigen zur Ausbildung von Kalkkrusten in unterschiedlicher Tiefe. An den Hängen entstehen vorwiegend laminare Krusten unter flachgründigen Böden, die durch Verdunstung von kalkreichem Sickerwasser entstehen, welches sich z. B. auf dicht geschlämmten Mergeln zum Hangfuß hin bewegt. Die einzelnen Lamellen zeigen annähernd gleiche Härte. In ebenen Lagen entstehen kompakte Krusten, welche meist an der Basis weicher sind als an der Oberfläche. Auch diese Krustenformen sind wohl auf Kalkzufuhr durch Sickerwasser zurückzuführen, wie auch ROHDENBURG & SABELBERG (1969 a) annehmen. Die Entstehung dieser Kalkkrusten auch ohne das Vorhandensein einer Verdichtung erklären diese mit der Luftkissentheorie von B. MEYER & MOSHREFI (1969). Hier kommt es nach unserer Ansicht zu einer langsamen Ausflockung bereits im feuchten Zustand. Je kalkreicher die Lösung, um so gröber die Ausflockung und um so weicher wird die entstehende Kruste.

Wenn nur wenig Kalk gelöst ist, entsteht feinkörnigere und dichtere Kalkabscheidung, welche zu härteren Krustenlagen führt.

Da bei der Krustenbildung ein Abschluß nach oben hin erfolgt, ist eine Entstehung durch kapillaren Aufstieg kalkreichen Wassers und Verdunstung nicht denkbar, da durch diesen Abschluß keine weitere kapillare Förderung mehr erfolgen könnte. Lediglich die seltener auftretenden Knollenkrusten könnten auf diese Art gebildet werden. Hier kommt es zur Akkumulation kalkreicher Lösung um bevorzugte Kerne. In Tiefen von einem Meter und mehr sind kompakte und laminare Krusten zur besseren Speicherung von Niederschlagswasser erwünscht. Flachgründigere Krusten behindern jedoch die Wurzelausbreitung vor allem in Rebanlagen. Bei Inkulturnahme werden diese Krusten von Raupen, die mit Spezialmeißeln ausgerüstet sind, gebrochen und von Hand abgetragen.

Die umgelagerte Terra rossa findet sich häufig unter Aufschüttungen von braunem mediterranem Karbonatboden am Hangfuß. Dies zeigt deutlich, daß erstere gebildet und abgetragen wurde, bevor der braune mediterrane Karbonatboden enstand und aufgeschüttet wurde. KUBIENA (1953) und KLINGE (1957) nehmen eine Bildung der Terra rossa im Mittelmeerraum während des Mio-Pliozäns an, während ROHDENBURG & SABELBERG (1969 b) in der Provinz Alicante, Spanien, und an der Südküste Mallorcas unverlagerte rote Bildungen auf pleistozänen Sedimenten fanden und als Bildung der trocken-warmen Interglazialzeiten ansprachen. Es wurde im Untersuchungsbereich nur in einem Fall eine umgelagerte Terra rossa auf einer quartären Terrasse gefunden, die jedoch nicht dort gebildet war. Vorwiegend kam sie auf mio-pliozänen, zum Teil auch auf mesozoischen Kalken, dem heutigen Relief angepaßt, vor.

2.4 Xerothermomediterranes Gebiet — Niederschlag 100—300 mm
(s. Legende I. 2 und I. 5)

In diesem Bereich überwiegen bei niedrigerer Gesamtniederschlagsmenge und längerer Trockenzeit die physikalischen Verwitterungsvorgänge gegenüber chemischen, für die nur kurze Zeiten zur Verfügung stehen. Charakteristisch ist der niedrige Tongehalt dieser

Böden. Bedingt durch das Ausgangsgestein sind diese Böden fast alle $CaCO_3$-haltig. Äolische Verlagerung dominiert hier gegenüber der Bodenerosion durch Wasser. Skelettböden und anstehender Fels sind stärker verbreitet als in den nördlichen Zonen und entstehen vorwiegend auf Gebirgs- und Randgebirgslagen, welche extrem starker Erosion ausgesetzt sind. In den Steillagen ist auch in den niederschlagsreicheren Gebieten keine oder nur unbedeutende Bodenentwicklung zu erwarten.

Unter der Kartierungseinheit „Rohböden auf Kalken, Kalkkonglomeraten, Mergel und Gips" sind die flachgründig verwitterten Böden der Hügel- und Randgebirgszonen der xerothermomediterranen und der Randwüstengebiete zu verstehen, die im heutigen Klima keiner weiteren Entwicklung unterworfen sind (s. *Legende I. 2*).

2.4.1 Hellbraune kalkhaltige Halbwüstenböden und Kalkrohböden
(s. Legende I. 5)

Als Beispiel für diese Kartierungseinheit sei ein Rohboden auf weichem mio-pliozänem Schichtkalk aus dem xerothermomediterranen Bereich (Faid, Zentraltunesien) beschrieben (s. *Profil 10*).

Profil 10 Kalkrohboden, Zentraltunesien

Geographische Daten

Lage: 35°2'N, 9°40'E; 325 m ü. d. M., an einem Südwesthang mit 11 % Gefälle, extensives Weideland, durchschnittlich 200 mm Niederschlag.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
AC	0—20	gelbbrauner (10 YR 5/8) lehmiger Sand, pulvrig, schwach durchwurzelt
C	> 20	weicher mio-pliozäner Schichtkalk

Analysendaten

Horizont	AC		AC
Tiefe (cm)	0—20		0—20
Ton (%)	13,1	$CaCO_3$ (%)	25,1
Schluff (%)	37,9	organische Substanz (%)	0,78
Feinsand (%)	32,0	A. K. (mval/100 g Boden)	0,0
Grobsand (%)	17,0		

Der Tonanteil ist hier bereits in dem Kalk selbst enthalten und wurde nicht bei der Verwitterung gebildet. Die hohen Sandgehalte sind typisch für diese Böden. Wenn Vegetationsschutz fehlt, sind sie in hohem Maße anfällig gegen Erosion durch Wasser.

Die Verbreitung dieser Böden beginnt vorwiegend auf der Linie Sousse-Kasserine und erstreckt sich bis in die Wüstenrandgebiete, jedoch ist der Übergang fließend.

Ein typisches Profil dieser Halbwüstenböden wurde in der Nähe des Djebel Sidi Khalif näher untersucht. Hellbrauner kalkhaltiger Halbwüstenboden (s. *Legende I. 5*), obere Schicht z. T. äolisch verlagert, Mitteltunesien, Höhe Sbeitla-Sfax, östlich des Djebel Sidi Khalif (s. *Profil 11*).

Profil 11 Hellbrauner Halbwüstenboden, Mitteltunesien

Geographische Daten
Lage: 35°5'N, 9°45'E; 220 m ü. d. M., eben mit extensivem Getreideanbau, um 200 mm Niederschlag.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_p	0—20	hellbrauner (10 YR 4/3), $CaCO_3$-haltiger, toniger Sand, schwach krümelig, niedrige Aggregatstabilität, mittlere Durchwurzelung, steinfrei, niedrige Kationenaustauschkapazität
C_1	20—50	hell gelbbrauner (7,5 YR 5/4) lehmiger Sand, schwach krümelig, sehr niedrige Aggregatstabilität, schwache Durchwurzelung, steinfrei, niedrige Kationenaustauschkapazität
C_2	50—80	hell gelbbrauner (10 YR 6/4) lehmiger Sand, dichtgelagert, leicht zerfallend, sehr schwach durchwurzelt, sehr niedrige Kationenaustauschkapazität

Analysendaten

Horizont	A_p	C_1	C_2		A_p	C_1	C_2
Tiefe (cm)	0—20	20—50	50—80		0—20	20—50	50—80
Ton (%)	13,7	16,3	7,9	$CaCO_3$ (%)	14,1	16,0	2,7
Schluff (%)	10,9	14,9	8,8	organische			
Feinsand (%)	26,9	39,0	56,0	Substanz (%)	n. b.	n. b.	n. b.
Grobsand (%)	48,5	29,8	27,3	A. K. (mval/ 100 g Boden)	5,16	5,24	1,43

Der in 20—50 cm Tiefe etwa doppelt so hohe Tongehalt gegenüber dem bei 50—80 cm deutet darauf hin, daß einerseits eine geringe Tonbildung durch Klimaeinfluß, andererseits jedoch keine Toneinwaschung stattfand. Der hohe Grobsandanteil vor allem des Oberbodens läßt darauf schließen, daß äolisch kein oder nur wenig Material aufgeweht wurde. Die Röntgenuntersuchung zeigte nur sehr geringe Mengen an Illit und Montmorillonit, dagegen sehr viel Kaolinit und röntgenamorphes Material neben Quarz. Dies ist ein typisches Zeichen für geringe Bodenentwicklung in diesem Gebiet (Burosem).

Ein typisch äolisch verlagerter Oberboden (s. *Legende I. 5*) der gleichen Kartierungseinheit aus der Gegend von Médénine zeigt folgendes Bild (s. *Profil 12*).

Profil 12 Äolisch verlagerter Boden, Südtunesien

Geographische Daten
Lage: 33°20'N, 10°31'E; 140 m ü. d. M., fast eben, keine Vegetation, durchschnittlicher jährlicher Niederschlag um 200 mm.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_i	0—12	hellrötlich-gelber (5 YR 6/6) Sand, schwach durchwurzelt, Einzelkornstruktur, mehlartig fließend, sehr gute Durchlässigkeit

Analysendaten

Horizont	A_i		A_i
Tiefe (cm)	0—12		0—12
Ton (%)	2,5	$CaCO_3$ (%)	3,65
Schluff (%)	2,8	organische Substanz (%)	n. b.
Feinsand (%)	93,2	A. K. (mval/100 g Boden)	n. b.
Grobsand (%)	1,5		

Die Kornverteilung dieses Bodens zeigt, daß hauptsächlich Material der Fraktion Feinsand (0,06—0,2 mm) verlagert wird. Grobsandanteile werden seltener und vorwiegend rollend über kurze Strecken transportiert.

2.4.2 **Steinreiche braune Halbwüstenböden** (s. Legende I. 2)

In den Gebirgslagen der xerothermomediterranen und teilweise auch thermo- und mesomediterranen Zone haben sich steinreiche Rohböden auf Kalken, Konglomeraten, Mergeln, Gips und Schuttmaterial gebildet (Syrosem).

Der hier untersuchte Rohboden stammt aus dem ariden Halbwüstenbereich des Djebel es Souda (s. *Profil 13*).

Profil 13 Rohboden am Djebel es Souda

Geographische Daten
Lage: 35°7'N, 9°30'E; 325 m ü. d. M., an einem Südwesthang mit 11 % Gefälle, extensives Weideland, um 200 mm Niederschlag durchschnittlich.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_i	0—12	gelbbrauner (10 YR 5/6) lehmiger Sand, einige Kalkbrocken, pulvrig, schwach durchwurzelt
C	> 12	mio-pliozäner Schichtkalk

Analysendaten

Horizont	A_1		A_1
Tiefe (cm)	0—12		0—12
Ton (%)	10,1	$CaCO_3$ (%)	35,7
Schluff (%)	27,9	organische Substanz (%)	0,38
Feinsand (%)	42,3	A. K. (mval/100 g Boden)	n. b.
Grobsand (%)	19,7		

2.5 Arides Wüstenrandgebiet — xerothermales Gebiet — Niederschlag < 100 mm (s. Legende I. 5, IV. 14 und IV. 15)

Im ausgesprochen extremen ariden Wüstenrandgebiet wurde südöstlich des Chott el Djerid bei Douz ein gipshaltiger Halbwüstenboden aufgegraben (s. *Legende I. 5, Profil 14*).

Profil 14 Gipshaltiger Halbwüstenboden, Chott el Djerid

Geographische Daten
Lage: 33° 27'N, 9° E; 70 m ü. d. M., fast eben < 100 mm Niederschlag.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A	0—20	leicht verkrusteter, hellrosa bis weißer (7,5 YR 8/2) schluffiger Sand, schwach durchwurzelt, gipshaltig
C_1	20—40	lockerer, gelblich rosa (7,5 YR 8/4) lehmiger Sand, schwach durchwurzelt, Gipskristalle
C_2	40—60	rötlich-gelber (7,5 YR 7/6) lehmiger Sand, schwach durchwurzelt, gipshaltig

Analysendaten

Horizont	A	C_1	C_2		A	C_1	C_2
Tiefe (cm)	0—20	20—40	40—60		0—20	20—40	40—60
Ton (%)	3,2	6,0	5,5	$CaCO_3$ (%)	3,0	3,9	5,1
Schluff (%)	23,4	19,4	17,2	organische			
Feinsand (%)	55,8	58,2	55,3	Substanz (%)	0,1	0,0	0,0
Grobsand (%)	17,6	16,4	22,0	A. K. (mval/			
				100 g Boden)	0,695	0,427	n. b.

2.5.1 Sandwüsten- und Kieswüstenböden (s. Legende IV. 14 und IV. 15)

Die Wüstenflächen wurden in Sandwüsten- und Kieswüstenböden unterteilt (s. *Legende IV. 14* und *IV. 15*).

2.6 Böden der Täler und Senken (s. Legende III. 11 und III. 12)

Zu den Böden in Tallagen und Senken gehören die braune Kalkvega, schwarze „Borowina" und „Smonitza", $CaCO_3$-haltige Schwemmlandböden (s. *Legende III. 11* und *III. 12*).

Als charakteristisches Beispiel für die braunen $CaCO_3$-haltigen Schwemmlandböden wurde eine Kalkvega aus dem mittleren Medjerdatal bei Medjez el Bab ausgewählt. Es handelt sich um eine absolut ebene Tallage, welche keine Beeinflussung durch erodiertes Material von seitlichen Hängen erfahren kann. Diese Fläche wird schon lange ackerbaulich genutzt. Zur Zeit der Probenahme wurde Weizen angebaut. Diese Böden sind in den Tallagen des nördlichen Bereiches sehr verbreitet (s. *Profil 15*).

2.6.1 Braune Kalkvega (s. Legende III. 11)

Profil 15 Kalkvega bei Medjez el Bab

Geographische Daten

Lage: 36° 39'N, 9° 38'E; 60 m ü. d. M., um 400 mm Niederschlag im Durchschnitt.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_p	0—20	rötlichbrauner (5 YR 4/4) kalkhaltiger Lehm, mittlere Aggregatstabilität, krümelig, mittlere Durchwurzelung, steinfrei
A_v	20—40	gelbrötlicher (5 YR 4/6) toniger Lehm, kalkhaltig, polyedrische Struktur, hohe Aggregatstabilität, steinfrei, schwache Durchwurzelung
M_1	40—70	dunkelrot-brauner (5 YR 3/3) toniger Lehm, schwach kalkhaltig, polyedrisches Gefüge, hohe Aggregatstabilität, steinfrei, schwache Durchwurzelung
M_2	70—100	dunkel-rötlichbrauner (5 YR 3/4) toniger Lehm, schwach kalkhaltig, polyedrisches Gefüge, hohe Aggregatstabilität, schwache Durchwurzelung, steinfrei.

Analysendaten

Horizont Tiefe (cm)	A_p 0—20	A_v 20—40	M_1 40—70	M_2 70—100
Ton (%)	33,8	36,2	37,1	38,9
Schluff (%)	48,5	46,8	31,7	33,0
Feinsand (%)	12,3	11,7	16,9	14,8
Grobsand (%)	5,4	5,3	14,3	13,3
$CaCO_3$ (%)	27,4	29,1	7,5	12,7
organische Substanz (%)	2,73	1,77	1,88	1,80
A. K. (mval/100 g Boden)	12,4	9,1	9,7	10,2

Die im ganzen Profil gefundenen mittleren Humuswerte lassen annehmen, daß bereits humushaltiges Material hier angeschwemmt wurde und die Bildung durch die Bewirtschaftung nur im Oberboden erfolgte. Bei Fehlen von Steinen und Kies ergibt sich eine dichte Lagerung mit nur geringer Wasserdurchlässigkeit.

Eine weitere braune Kalkvega wurde in Ostalgerien, 20 km südlich von Annaba untersucht (s. *Profil 16*).

Profil 16 Kalkvega in Ostalgerien

Geographische Daten

Lage: 36°43'N, 7°45'E; 12 m ü. d. M., fast eben, Oliven-Zitruskultur, 700 mm Niederschlag im Durchschnitt.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_p	0— 20	dunkelbrauner (10 YR 4/3) lehmiger Sand, geringe Aggregatstabilität, polyedrische Struktur, gute Durchwurzelung, gute Durchlässigkeit, kalkhaltig
A_v	20— 40	dunkel-gelblichbrauner (10 YR 4/4) lehmiger Sand, geringe Aggregatstabilität, polyedrisches Gefüge, gute Durchwurzelung, gute Durchlässigkeit, kalkhaltig
M	40— 60	dunkel-gelblichbrauner (10 YR 4/4) lehmiger Sand, geringe Aggregatstabilität, polyedrisches Gefüge, gute Durchwurzelung, gute Durchlässigkeit, kalkhaltig
M	60— 80	dunkel-gelblichbrauner (10 YR 4/4) sandiger Lehm, kantig, polyedrisches Gefüge, mittlere Durchwurzelung, mittlere Durchlässigkeit, kalkhaltig, humos (u. U. alte Oberfläche)
M	80—110	dunkel-gelblichbrauner (10 YR 4/4) sandiger Lehm, kantig, polyedrisches Gefüge, geringe Durchwurzelung, mittlere Durchlässigkeit, kalkhaltig

Analysendaten

Horizont	A_p	A_v	M	M	M
Tiefe (cm)	0—20	20—40	40—60	60—80	80—110
Ton (%)	13,0	11,6	14,4	21,3	15,7
Schluff (%)	24,1	21,0	34,8	39,2	29,2
Feinsand (%)	38,9	41,7	48,2	34,8	51,0
Grobsand (%)	24,0	25,7	2,6	4,7	4,1
$CaCO_3$ (%)	8,31	9,62	11,19	17,85	31,80
organische Substanz (%)	0,93	0,48	0,48	1,65	0,58
A. K. (mval/100 g Boden)	5,43	4,50	5,39	8,61	5,75

Ton-, Humus- und Kalkgehalte können bei diesen Böden entsprechend ihrer Entstehung in weiten Grenzen schwanken, wie diese beiden Beispiele zeigen. Alte, humose Oberflächen in 60 cm bis 1,20 m und auch tiefer sind häufig anzutreffen. Es sind landwirtschaftlich wertvolle Böden, die sich auf Grund ihrer Lage, Tiefgründigkeit und Durchlässigkeit gut bewässern lassen.

2.6.2 „Borowina" und „Smonitza" (s. Legende III. 12)

Ein typischer schwarzer $CaCO_3$-haltiger Schwemmlandboden („Borowina") liegt im Talgrund von Béja, 100 km westlich von Tunis (s. *Profil 17, Legende III. 12*).

Profil 17 „Borowina" bei Béja

Geographische Daten

Lage: 36°43'N, 9°13'E; 200 m ü. d. M., eben, Zuckerrüben, 626 mm Niederschlag im Durchschnitt.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_p/A_v	0—60	gleichmäßig sehr dunkelbrauner (10 YR 2/2) schluffiger Ton, sehr humos, gut durchwurzelt, Krümelstruktur, gute Durchlässigkeit, hohe Aggregatstabilität, darunter scharfe Grenze zum hellgelben Mergel

Analysendaten

Horizont	A_p/A_v		A_p/A_v
Tiefe (cm)	0—60		0—60
Ton (%)	43,4	$CaCO_3$ (%)	16,1
Schluff (%)	46,1	organische Substanz (%)	3,95
Feinsand (%)	6,3	A. K. (mval/100 g Boden)	51,89
Grobsand (%)	4,2		

Dieser Boden zeigt große Ähnlichkeit mit den Vertisolen. Trotz ihres Tongehaltes zeigen diese Böden bei ausgezeichneter Nährstoffversorgung gute Wasserspeicherungs- und Wasserführungseigenschaften.

Ein weiteres typisches Auenprofil mit gleichmäßig dunkler Ausprägung wurde südwestlich von Annaba bei Douzerville in Algerien untersucht. Auch dieser Boden kommt den Vertisolen sehr nahe (s. *Profil 18*).

Profil 18 Auenboden südwestlich von Annaba, Algerien

Geographische Daten

Lage: 36°50'N, 7°48'E; 8 m ü. d. M., fast eben, gepflügt, 700 mm Niederschlag im Durchschnitt.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_p	0— 20	sehr dunkel graubrauner (10 YR 3/2), lehmiger Ton, Krümelstruktur, gut durchwurzelt, gute Durchlässigkeit, schwach kalkhaltig
A_v	20— 40	sehr dunkel graubrauner (10 YR 3/2), lehmiger Ton, polyedrisches Gefüge, gut durchwurzelt, mittlere Durchlässigkeit, schwach kalkhaltig
M	40— 60	sehr dunkel graubrauner (10 YR 3/2), lehmiger Ton, polyedrisches Gefüge, gut durchwurzelt, mittlere Durchlässigkeit, schwach kalkhaltig
M	60— 80	sehr dunkel graubrauner (10 YR 3/2), lehmiger Ton, polyedrisches Gefüge, gut durchwurzelt, mittlere Durchlässigkeit, schwach kalkhaltig
M	80—100	sehr dunkel graubrauner (10 YR 3/2), lehmiger Ton, polyedrisches Gefüge, schwach durchwurzelt, dicht gelagert, schwach kalkhaltig

Analysendaten

Horizont Tiefe (cm)	A_p 0—20	A_v 20—40	M 40—60	M 60—80	M 80—100
Ton (%)	49,2	48,4	47,4	46,6	48,3
Schluff (%)	37,3	38,0	37,5	39,9	38,3
Feinsand (%)	9,1	8,2	9,1	8,4	8,4
Grobsand (%)	4,4	5,4	6,0	5,1	5,0
$CaCO_3$ (%)	1,26	0,46	1,3	0,79	0,67
organische Substanz (%)	2,40	2,23	2,58	2,28	2,18
A. K. (mval/100 g Boden)	16,28	17,30	17,69	17,44	18,16

In der Tonfraktion fand sich neben Illit, Vermikulit und Montmorillonit vorwiegend Kaolinit. Diese Auenböden werden häufig auf Grund ihrer Ähnlichkeit im Aufbau von verschiedenen Autoren zu den Vertisolen gerechnet.

2.7 **Salz- und Salz-Alkali-Böden** (s. Legende III. 13)

In dieser Kartierungseinheit sind die Böden unterschiedlicher Salzkonzentration und Salzzusammensetzung vereinigt. Engräumigeren Detailkartierungen muß es überlassen bleiben, diese entsprechend ihrem Versalzungsgrade, der Salzform sowie nach ihrer Meliorationsfähigkeit weiter zu unterteilen.

Zunächst sei ein im Oberboden schwach versalzter Salzboden aus dem Gebiet 5 km östlich Kairouan betrachtet (s. *Profil 19*).

Profil 19 Salzboden östlich von Kairouan

Geographische Daten

Lage: 35°40'N, 10°7'E; 60 m ü. d. M., eben, um 250 mm Niederschlag im Durchschnitt.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_p	0— 5	brauner (10 YR 5/3) Sand, leicht zerfallend, mittlere Durchwurzelung
A_p	5— 20	brauner (10 YR 4/3) sandig-lehmiger Schluff, polyedrisches Gefüge, mittlere Durchwurzelung, mittlere Aggregatstabilität
M	20— 40	dichter gelbbrauner (10 YR 5/4) schluffiger Sand, leicht zerfallend, schwache Durchwurzelung, geringe Aggregatstabilität
M	40— 60	brauner (10 YR 5/3) schluffiger Sand, dicht, schwach durchwurzelt, geringe Aggregatstabilität
M	60— 80	bräunlichgelber (10 YR 7/6) Sand, Einzelkorngefüge, durch seitliche stellenweise Ausblühung leicht verkrustet, keine Wurzeln
M	80—100	bräunlichgelber (10 YR 7/6) Sand, Einzelkorngefüge, locker, keine Wurzeln

Analysendaten

Horizont	A_p	A_p	M	M	M	M
Tiefe (cm)	0—5	5—20	20—40	40—60	60—80	80—100
Ton (%)	5,1	11,5	4,7	4,1	3,1	3,2
Schluff (%)	16,0	56,1	11,4	12,6	9,4	2,9
Feinsand (%)	46,0	25,4	44,7	58,6	54,3	57,2
Grobsand (%)	32,9	7,0	39,2	24,7	33,2	36,7
$CaCO_3$ (%)	16,4	36,2	15,0	17,0	16,4	14,4
organische Substanz (%)	0,80	0,93	0,10	0,25	0,20	0,13
A. K. (mval/100 g Boden)	3,76	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	4,01
pH (H_2O)	9,2	9,0	9,1	9,0	9,0	9,4
P_2O_5 (mg/100 g Boden	17,2	6,0	9,4	10,0	9,4	10,6
K_2O (mg/100 g Boden)	7,2	9,0	4,6	3,4	3,4	4,6
Salze im gesättigten Bodenauszug						
Leitfähigkeit mS (25 °C)	0,43	0,95	3,00	4,10	4,09	3,50
Ca^{++} (mval/l)	30,0	135,0	85,0	140,0	180,0	180,0
Mg^{++} (mval/l)	60,0	20,0	150,0	110,0	105,0	65,0
Na^{+} (mval/l)	0,0	3,1	13,2	19,0	16,0	20,5
SO_4^{--} (mval/l)	56,0	162,0	210,0	234,0	237,0	219,0
CO_3^{--} (mval/l)	14,0	0,0	8,0	11,0	16,0	19,0
HCO_3^{-} (mval/l)	19,0	0,0	29,0	12,0	39,0	14,0
Cl^{-} (mval/l)	0,0	2,5	1,6	12,0	9,5	18,1

Trotz der recht niedrigen Salzkonzentration ist hier ohne entsprechende Auswaschung keine lohnende landwirtschaftliche Nutzung möglich, da die pH-Werte auf Grund des hohen Anteils an freiem $NaCO_3$ zu hoch liegen.

5 km südlich Kairouan liegt der folgende nur schwach versalzte Salzboden (s. *Profil 20*).

Profil 20 Salzboden südlich von Kairouan

Geographische Daten
Lage: 35°38'N, 10°6'E; 70 m ü. d. M., eben, extensiver Getreideanbau, um 250 mm Niederschlag im Durchschnitt.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_p	0— 20	gelblichbrauner (10 YR 5/4) toniger Lehm, Krümelstruktur, gut durchwurzelt, mittlere Durchlässigkeit, stark kalkhaltig
A/Sa	20— 40	gelblichbrauner (10 YR 5/4) lehmiger Ton, polyedrisch-prismatisches Gefüge, gut durchwurzelt, mittlere Durchlässigkeit, stark kalkhaltig
Go_1	40— 60	gelblichbrauner (10 YR 5/4) lehmiger Ton, prismatisches Gefüge, mittlere Durchwurzelung, mittlere Durchlässigkeit, stark kalkhaltig
Go_2	60— 80	gelblichbrauner (10 YR 5/4) lehmiger Ton, prismatisches Gefüge, mittlere Durchwurzelung, mittlere Durchlässigkeit, stark kalkhaltig
Gro	80—100	gelblichbrauner (10 YR 5/4) lehmiger Ton, prismatisches Gefüge, geringe Durchwurzelung, geringe Durchlässigkeit, stark kalkhaltig

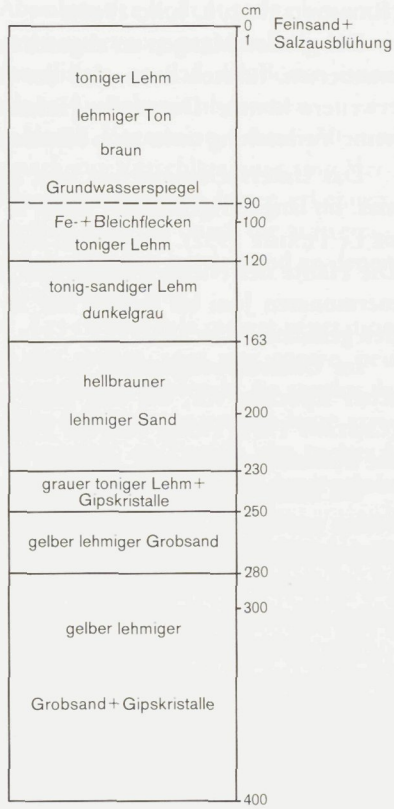
Analysendaten

Horizont Tiefe (cm)	A_p 0—20	A/Sa 20—40	Go_1 40—60	Go_2 60—80	Gro 80—100
Ton (%)	36,7	47,9	50,3	54,9	56,6
Schluff (%)	46,1	40,3	39,5	39,2	38,7
Feinsand (%)	12,7	7,1	6,2	3,7	3,3
Grobsand (%)	4,5	4,7	4,0	2,2	1,4
$CaCO_3$ (%)	32,77	33,61	33,61	34,24	32,56
organische Substanz (%)	0,95	0,85	0,65	0,55	0,45
A. K. (mval/100 g Boden)	9,71	11,28	11,68	11,83	11,43
Salze im gesättigten Bodenauszug					
Leitfähigkeit mS (25 °C)	6,0	11,0	13,5	17,2	29,4
Ca^{++} (mval/l)	31,2	35,5	47,5	90,2	127,5
Mg^{++} (mval/l)	9,8	14,7	19,0	29,2	66,9
Na^{+} (mval/l)	30,0	60,0	60,0	68,0	80,0
SO_4^{--} (mval/l)	19,0	6,8	20,4	41,3	48,8
CO_3^{--} (mval/l)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
HCO_3^{-} (mval/l)	2,35	2,80	2,00	1,82	2,60
Cl^{-} (mval/l)	45,0	99,0	110,8	153,0	218,2

In der Tonfraktion: neben Illit vorwiegend Kaolinit und Vermikulit.

Wie stark die Bodenart eines Salzbodens mit der Tiefe wechseln kann, soll ein Bodenartendiagramm (s. *Fig. 1*) vom Rande des Sebkhet es Sedjoumi, 36°45'N, 10°9'E, zeigen.

Infolge eines tieferen Grundwasserschwankungsbereiches liegt die Reduktionszone mit 120—163 cm Tiefe wesentlich tiefer als bei ähnlichen Salz-Alkali-Böden am Chott el Djerid.



Figur 1 *Bodenartendiagramm eines Salzbodens am Rande des Sebkhet es Sedjoumi.*

3 Bodenkundliche Studien im Beispielgebiet Medjerdatal

Im Rahmen der bodenkundlichen Übersichtskartierung Tunesiens wurden im Medjerdatal und seinen Randgebieten (Nordtunesien) die Böden und ihre Veränderung durch Bodenerosion besonders untersucht (Brechtel 1970).

Die Bodenerosion ist in diesem Gebiet nachweislich seit der Römerzeit in vollem Gange, als die Hangflächen gerodet wurden, um zusätzliche Ackerflächen zu gewinnen (JULIEN 1961). Die stärkere Viehhaltung veranlaßte die Bevölkerung, nach weiteren Weideflächen zu suchen; sie wurden in Form der Waldweide gefunden. Der Austrieb der geschädigten Bäume und Sträucher konnte mit dem dauernden Verbiß nicht Schritt halten, und es erfolgte ein stetiger Rückgang der Deckschicht, wodurch weitere Ansatzstellen für die zerstörende Wirkung der Niederschläge geschaffen wurden. Die Vegetation erneuert sich in diesem Klima nur sehr schwer, wenn sie der Mensch einmal zerstört hat (RAYMOND 1961, L. JUNG 1965).

Die großen Mengen an abgeschwemmtem Material, die am Unterlauf des Flusses sedimentierten, führten dazu, daß der Medjerda sein Delta seit der Römerzeit um 300 km² erweitern konnte. Die antike Hafenstadt Utica[2] liegt heute 13 km im Landinnern und hat keine Verbindung mehr zum Mittelmeer (H. KOCH 1959).

Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich des sommertrockenen-winterfeuchten Klimas. Im langjährigen Mittel fallen in Medjez el Bab 408 mm Niederschlag (CLIMATOLOGIE DE LA TUNISIE 1952). Es können erhebliche Schwankungen von Jahr zu Jahr vorkommen. Die Hälfte des Niederschlages fällt in den Monaten November bis Februar, in den Sommermonaten Juni bis August nur 25 mm. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt für den genannten Ort 18,0 °C.

Im Untersuchungsgebiet kommen nur kalkhaltige Sedimente verschiedener geologischer Epochen vor, die sich nach dem Karbonatgehalt und ihrer Härte unterscheiden (CASTANY 1951, 1952). Von der Härte des Ausgangsgesteins ist sowohl das Relief als auch die Bodentiefe abhängig.

Bei festen Kalken herrschen steile Abstürze und Kämme vor, auf denen sich nur Rohböden entwickeln konnten. Im Gebiet mit weicheren Kalken und Mergeln ist das Gelände flachwelliger und die Bodenentwicklung weiter fortgeschritten. Durch die vorherrschende physikalische Verwitterung kommt es zur Bildung von Schuttfächern. Die Erosionsvorgänge führen zur Ausbildung von Hohlhängen.

Die periodische Durchfeuchtung in den Wintermonaten bedingt eine geringe Entkarbonatisierung des Oberbodens, indem das $CaCO_3$ als $Ca(HCO_3)_2$ eine kurze Strecke vertikal im Boden wandern kann, um dann als $CaCO_3$ wieder ausgefällt zu werden. Profile, die durch seitliche Stoffverlagerung nicht beeinflußt sind, zeigen daher vom A_h-Horizont bis in den C-Horizont eine Zunahme des $CaCO_3$-Gehaltes.

Auf großen Flächen des Untersuchungsgebietes wird aber die Ausbildung des Klimaxbodentypes nicht erreicht, da durch Abspülung, Übersandung und Anschüttung die Entwicklung des Profils immer wieder gestört wird. So führen Sedimentationen in diesem Gebiet zu azonalen Stadien der Bodenentwicklung, während der Bodenabtrag an den Hängen die Profile köpft und das junge Verwitterungsmaterial wegführt. Dadurch wird von freigelegten karbonathaltigen Horizonten $CaCO_3$ auf den Unterhangflächen aufgelagert und Ca-haltiges Hangwasser den Böden am Unterhang zugeführt. Eine weitere

[2] Vgl. dazu auch AFRIKA-KARTENWERK, Serie N Nordafrika (Tunesien, Algerien), Blatt 15, Historische Geographie, 1:1 000 000.

$CaCO_3$-Anreicherung ist in den Talauen durch Überflutung mit Ca-haltigem Wasser und Ablagerung von Schweb möglich, der im wesentlichen Kalktrümmer enthält.

Diese Vorgänge könnten weitgehend durch eine gute Vegetationsdecke verhindert werden. Im Untersuchungsgebiet ist aber der Pflanzenwuchs auf Grund der geringen Niederschläge spärlich. Mit den Winterregen im September/Oktober setzt praktisch erst der Pflanzenwuchs ein. Die Pflanzen können sich bei den niedrigen Temperaturen im Dezember und Januar (10,4 °C) aber nur langsam weiterentwickeln. Erst wenn im April die Temperaturen wieder ansteigen, geht das Wachstum schneller voran. Bereits Mitte bis Ende Mai kommt es auf den flachgründigen Böden durch Absinken der Bodenfeuchte bis unter den Welkepunkt wieder zum Erliegen. Infolgedessen wird nur wenig organische Substanz gebildet. Diese wird darüber hinaus sehr schnell mineralisiert, so daß die Böden einen geringen Humuswert aufweisen (1,2—3 %), von einzelnen Ausnahmen abgesehen.

Daraus geht hervor, daß die Böden wenig Schutz durch Vegetation haben und ihre Struktur nicht sehr stabil ist. Sie neigen infolgedessen stark zur Verschlämmung und Verlagerung bei Starkregen. Die geschilderten Bodenbildungsbedingungen lassen erkennen, daß im Untersuchungsgebiet meist junge Böden anzutreffen sind, die durch die auftretenden Starkregen immer wieder in ihrer Entwicklung zurückgeworfen werden und an denen die ständige Einwirkung der Erosionsfaktoren klar in Erscheinung tritt.

Despois (1961, S. 25—26) schreibt dazu folgendes: „Les climats et la maigre végétation des pays méditerranéens, propices à la desagrégation des roches, sont, par contre, peu favorables à leur décomposition chimique et à la formation de sols profonds. Au surplus, la jeunesse du relief et l'érosion sont telles que les sols, dont la formation est très lente arrivent exceptionellement „à maturité". D'où la grande extension, en Tunisie, des roches à nu, des sols mineraux bruts ou squelettiques et d'une façon générale, des sols peu évolués très proche de la roche-mère dont ils proviennent"[3].

Auf Grund der geschilderten Beobachtungen treten 5 Bodentypen in den Vordergrund, die sich in Lage, Farbe und Ausgangsgestein unterscheiden.

3.1 **Umgelagerte mediterrane Roterde** (s. Profil 21)

Profil 21 Umgelagerte mediterrane Roterde bei Tébourba

Geographische Daten

Lage: 36°50'N, 9°52'E; nördlich des Medjerdatales zwischen Tébourba und Djedeida am

[3] „Das Klima und die magere Vegetation der Mittelmeerländer ist günstig für die Verwitterung der Felsen, aber wenig günstig für die chemische Zersetzung und die Bildung tiefgründiger Böden. Hinzu kommt die Jugend des Reliefs und die Erosion der Böden, deren Bildung langsam ist, so daß sie nur ausnahmsweise die Reife erreichen. Daher die große Ausdehnung in Tunesien von nacktem Fels und Mineralböden, roh und skelettreich, und im allgemeinen Böden, die wenig entwickelt sind und sehr nahe dem Ausgangsgestein sind, aus dem sie stammen".

Djebel Maiana. Seehöhe um 70 m ü. d. M., ca. 20 % Gefälle nach SE, Weideland, 40 % Steinauflage und 40 % Steingehalt.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_h	0—10	dunkelroter (2,5 YR 3/6) schwach humoser, kalkhaltiger, schluffiger Lehm
C	> 10	Kalkbrocken und fester Kalkstein

Analysendaten

Horizont	A_h		A_h
Tiefe (cm)	0—10		0—10
Ton (%)	22,4	$CaCO_3$ (%)	6,4
Schluff (%)	58,6	organische Substanz (%)	4,1
Feinsand (%)	12,1	A. K. (mval/100 g Boden)	24,9
Grobsand (%)	6,9		

Die starke Steinauflage und der hohe Skelettanteil begünstigen das Einsickern der Niederschläge, können aber trotzdem die Erosion nicht vollständig verhindern. Der harte Kalkstein, der in der Nähe abgebaut und für Straßenschotterung verwendet wird, setzt der Verwitterung starken Widerstand entgegen.

Bodenabtrag und mangelnde Verwitterungsintensität lassen nur ein geringmächtiges Bodenprofil entstehen.

An Tonmineralen sind Kaolinit, Illit und Vermikulit vorhanden.

3.2 **Brauner mediterraner Karbonatboden** (s. Profil 22)

Profil 22 Brauner mediterraner Karbonatboden bei Medjez el Bab

Geographische Daten

Lage: 36°39'N, 9°46'E; südlich der Straße von Tunis nach Medjez el Bab bei Kilometer 32. Hang des Argoub es Sehiri, Seehöhe um 110 m ü. d. M., Oberhang mit 19 % Gefälle nach NW, Weideland, Steinauflage 40 % und 30 % Steingehalt.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_h	0—12	stark brauner (10 YR 2/2), stark humoser, kalkhaltiger, sandig-schluffiger Lehm
C	> 12	Kalkbrocken und fester Kalkstein

Analysendaten

Horizont	A_h		A_h
Tiefe (cm)	0—12		0—12
Ton (%)	21,0	$CaCO_3$ (%)	23,5
Schluff (%)	43,6	organische Substanz (%)	11,5
Feinsand (%)	18,4	A. K. (mval/100 g Boden)	24,9
Grobsand (%)	17,0		

Auch bei dem *Profil 22* wird der Boden durch die Steinauflage geschützt. Daneben ist die gute bis sehr gute Durchwurzelung des Bodenraumes günstig für den Zusammenhalt und der damit verbundenen Widerstandsfähigkeit des Bodens gegen den Abtrag. Der Gehalt des Bodens an organischer Substanz mit 11,5 % ist außerordentlich hoch und wurde auf keinem anderen Boden mehr angetroffen.

Neben Kaolinit ist nur Halloysit als Tonmineral vorhanden.

3.3 **Vertisol** (s. Profil 23)

Profil 23 Vertisol am Rande des Medjerdatales

Geographische Daten

Lage: 36° 43'N, 9° 32'E; an der Straße von Toukabeur nach Chaouach, kurz vor diesem Ort, nördlich der Straße, Seehöhe um 400 m ü. d. M., Oberhang mit 3 % Gefälle nach SE, Ackerland, mit Getreide bestellt. Steinfreier Boden, der einige Trockenrisse aufweist und an der Oberfläche leicht zerschlämmt ist.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_p	0—15	brauner (10 YR 4/3), humusarmer, kalkhaltiger, lehmiger Ton; schwach durchwurzelt, polyedrische Struktur. Bearbeitungsgrenze durch eine leichte Verdichtung erkennbar
A	15—40	brauner (10 YR 4/3), humusarmer, kalkhaltiger, sandig-toniger Lehm

Analysendaten

Horizont	A_p	A		A_p	A
Tiefe (cm)	0—15	15—40		0—15	15—40
Ton (%)	49,4	43,5	$CaCO_3$ (%)	1,9	7,0
Schluff (%)	29,1	28,8	organische Substanz (%)	1,5	1,4
Feinsand (%)	19,9	23,4	A. K. (mval/100 g Boden)	24,4	25,8
Grobsand (%)	1,6	4,3			

Der Boden des *Profils 23* zeigt die Eigenschaften der schweren Böden.

Die Durchwurzelung wird durch das schnelle Zerfließen des Bodens und Fehlen von genügend Porenraum sehr erschwert. Die Wasseraufnahmefähigkeit leidet unter der leicht zerschlämmenden Oberfläche, die bei Austrocknung verhärtet. Der Gasaustausch geht aber durch die großen Schrumpfungsrisse vonstatten.

Das vorherrschende Tonmineral ist Montmorillonit, daneben ist noch Kaolinit vorhanden.

3.4 Umgelagerte kalkhaltige Terra rossa (s. Profil 24)

Profil 24 Umgelagerte kalkhaltige Terra rossa bei Tébourba

Geographische Daten

Lage: 36°44'N, 9°40'E; nördlich der Straße von Medjez el Bab nach Tébourba, Unterhang des Henchir el Bey, Seehöhe um 60 m ü. d. M., Unterhang mit 4 % Gefälle nach SE, Mandeln und Wein in abwechselnden Reihen. Kalkschutt der gebrochenen Kruste bedeckt den Boden zu ca. 15 %. Die Oberfläche wird dauernd offen gehalten.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_p	0—15	dunkelrötlichbrauner (2,5 YR 3/4), schwach humoser, kalkhaltiger, toniger Lehm. Der Boden ist krümelig, einige Kalkbröckchen und Quarzkörner erkennbar beim Zerreiben
B_v	15—60	dunkelrötlichbrauner (2,5 YR 3/4), schwach humoser, kalkhaltiger, toniger Lehm
C	> 60	verhärteter Ca-Horizont

Analysendaten

Horizont	A_p	B_v		A_p	B_v
Tiefe (cm)	0—15	15—60		0—15	15—60
Ton (%)	41,3	40,3	$CaCO_3$ (%)	29,2	23,6
Schluff (%)	33,7	37,5	organische Substanz (%)	2,6	2,6
Feinsand (%)	13,0	12,6	A. K. (mval/100 g Boden)	21,2	23,5
Grobsand (%)	12,0	9,6			

Die umgelagerte Terra rossa des *Profils 24* wird in ihrer jetzigen Lage von der Bodenerosion kaum noch beeinflußt. Außerdem läßt die Struktur und Stabilität der Krümel die Niederschläge gut eindringen und vermindert oder verhindert den oberflächlichen Abfluß fast vollkommen. Dieser Boden, der nur an den auslaufenden, schwach geneigten Unterhängen vorkommt, wird hauptsächlich durch Wein-, Mandel- und Pfirsich-Anbau genutzt. Der hohe Kalkgehalt ist durch sekundäre Kalkanreicherung von zufließenden Hangwässern zu erklären.

An Tonmineralien sind Illit und Halloysit vorhanden.

3.5 **Brauner humusarmer Karbonatboden** (s. Profil 25)

Profil 25 Brauner humusarmer Karbonatboden bei Medjez el Bab

Geographische Daten

Lage: 36°38'N, 9°38'E; südlich der Straße von Tunis nach Medjez el Bab, etwa 1 km von der Straße entfernt, ca. 3 km vor dem Dorf, Seehöhe ca. 65 m ü. d. M., ebenes Feld, leichte Neigung nach N, Ackerland, unbearbeitete Brache, einige Unkräuter. Steinfreier Boden, der Oberboden ist etwas verfestigt, zeigt aber keine Trockenrisse.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_p	0—20	rötlichbrauner (5 YR 4/4), humusarmer, kalkhaltiger, sandig-schluffiger Lehm. Mittlere Durchwurzelung, polyedrische Struktur, keine Profildifferenzierung
E_1[a]	20—40	rötlichbrauner (5 YR 4/4), humusarmer, kalkhaltiger, toniger Lehm. Noch einige Wurzelreste, Krümel zerreibbar, Kalksplitter erkennbar
E_2	40—60	rötlichbrauner (5 YR 4/4), humusarmer, kalkhaltiger, toniger Lehm. Keine Wurzeln mehr vorhanden, ab 50 cm kleine Kalkbröckchen

[a] E = Erosionsmaterial (Kolluvium) (nach L. Jung 1953, S. 62, und H. Franz 1960, S. 217)

Analysendaten

Horizont	A_p	E_1	E_2		A_p	E_1	E_2
Tiefe (cm)	0—20	20—40	40—60		0—20	20—40	40—60
Ton (%)	26,2	27,2	29,2	$CaCO_3$ (%)	23,5	24,4	31,1
Schluff (%)	46,2	44,9	45,9	organische			
Feinsand (%)	20,8	20,9	16,9	Substanz (%)	1,2	0,9	1,0
Grobsand (%)	6,8	7,0	8,0	A. K. (mval/			
				100 g Boden)	11,2	11,5	11,2

Der Boden entwickelt sich in einer jungen Aufschüttung und zeigt noch keine Profildifferenzierung. Die tieferen Horizonte (E_1 und E_2) sind angeschwemmtes Erosionsmaterial höherer Hanglagen und unterscheiden sich durch ihren Gehalt an organischem Material (Wurzelresten).

Dieser braune humusarme Karbonatboden ist im Untersuchungsgebiet weit verbreitet. Er ist hauptsächlich an den Unterhängen im Kolluvium zu finden.

Sein Kalkgehalt liegt in der Regel um 25 %. Der Humusgehalt ist im allgemeinen gering und geht über 3 % kaum hinaus, bei Ackerböden ohne Zufuhr von organischer Substanz liegt der Wert unter 2 %. Von den Tonmineralen wurden Kaolinit, Illit und Vermikulit festgestellt.

Die Ackernutzung dieser Böden erfolgt meist durch Getreideanbau, in weniger günstigen Lagen herrscht Weideland vor.

4 Beispielgebiet Djebel es Souda

Ein zweites in Zentraltunesien gelegenes Beispielgebiet wurde im xerothermomediterranen Bereich mit durchschnittlichen Jahresniederschlägen um 200 mm untersucht. Eine chemische Verwitterung der Böden ist nur noch in geringem Maße gegeben, wie dies in den niedrigen Ton- und Humusgehalten der analysierten Böden zum Ausdruck kommt.

Das Untersuchungsgebiet umfaßt die Umgebung des Djebel es Souda und den südlichen Teil des Djebel Sidi Khalif zwischen Kairouan und Sbeitla (s. *Fig. 2*).

Figur 2 Blick vom Djebel Sidi Khalif nach E.

Hier kommen in den Ebenen die für Zentraltunesien so typischen hellbraunen bis graubraunen Halbwüstenböden neben Salz-Alkali-Böden vor. In den Hanglagen des Djebel es Souda und des Djebel Sidi Khalif stehen Fels-, Skelett- und Rohböden an. Am östlichen Fuß des Djebel Sidi Khalif erstreckt sich hinter einer Geröllzone ein mit 2,4 bis 1,0 % Gefälle nach E geneigtes Glacis in einer Breite von durchschnittlich 3 km. Auf diesem Glacis hat sich ein geröll- und kieshaltiger Halbwüstenboden gebildet. Der Geröllanteil steigt an der Oberfläche mit zunehmender Gebirgsnähe an.

Der Übergang vom Skelettboden über den steinreichen Halbwüstenboden zum tiefgründigen Halbwüstenboden wurde in einer Profilreihe mit Abständen von jeweils 200 m erfaßt (s. *Profil 26—28*).

Profil 26 Skelettboden am Djebel Sidi Khalif
10 % Gefälle nach E, Hanglage.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_1	0—20	rötlichbrauner (5 YR 5/4) lehmiger Sand, steinreich, kalkhaltig, polyedrisches Gefüge, geringe Aggregatstabilität, schwach durchwurzelt

Analysendaten

Horizont	A_1		A_1
Tiefe (cm)	0—20		0—20
Ton (%)	13,4	$CaCO_3$ (%)	10,9
Schluff (%)	18,2	organische Substanz (%)	0,0
Feinsand (%)	36,0	pH (H_2O)	8,7
Grobsand (%)	32,4	P_2O_5 (mg/100 g Boden)	22,4
		K_2O (mg/100 g Boden)	24,6

Profil 27 Steinreicher Halbwüstenboden am Djebel Sidi Khalif
200 m Abstand, 2,4 % Gefälle nach E (Glacis).

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_1	0—20	dunkelrotbrauner (5 YR 3/2), steinreicher, kalkhaltiger, lehmiger Sand, polyedrisches Gefüge, geringe Aggregatstabilität, schwach humos, schwach durchwurzelt
A	20—35	dunkelrotbrauner (5 YR 3/4), kalkhaltiger, steinreicher, toniger Sand, polyedrisches Gefüge, geringe Aggregatstabilität, schwach humos, schwach durchwurzelt
C	35—50	dunkelrotbrauner (5 YR 3/3), kalkhaltiger, toniger Sand, polyedrisches Gefüge, geringe Aggregatstabilität, schwach humos, schwach durchwurzelt, sehr steinreich

Analysendaten

Horizont	A_1	A	C		A_1	A	C
Tiefe (cm)	0—20	20—35	35—50		0—20	20—35	35—50
Ton (%)	13,3	11,4	13,0	$CaCO_3$ (%)	8,2	4,5	11,2
Schluff (%)	12,0	10,6	12,2	organische			
Feinsand (%)	29,1	31,2	27,2	Substanz (%)	0,70	0,55	0,65
Grobsand (%)	45,6	46,8	47,6	pH (H_2O)	8,6	8,8	8,8
				P_2O_5 (mg/100 g Boden)	20,8	19,8	22,6
				K_2O (mg/100 g Boden)	10,8	6,0	6,0

Profil 28 Tiefgründiger rotbrauner Halbwüstenboden am Djebel Sidi Khalif
200 m Abstand bei 1,7 % Gefälle nach E.

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A_p	0— 20	dunkelbrauner (10 YR 4/3), schluffiger Lehm, stark kalkhaltig, polyedrisches Gefüge, mittlere Aggregatstabilität, schwach durchwurzelt
A_1	20— 40	dunkelbrauner (10 YR 4/3), schluffiger Lehm, stark kalkhaltig, polyedrisches Gefüge, mittlere Aggregatstabilität, schwach durchwurzelt
C	40— 60	dunkelbrauner (10 YR 4/3), sandiger Ton, stark kalkhaltig, polyedrisches Gefüge, hohe Aggregatstabilität, schwach durchwurzelt
C	60— 80	dunkelbrauner (10 YR 3/3), sandiger Ton, stark kalkhaltig, polyedrisches Gefüge, hohe Aggregatstabilität, schwach durchwurzelt
C	80—120	brauner (7,5 YR 5/4), sandiger Lehm, stark kalkhaltig, polyedrisches Gefüge, mittlere Aggregatstabilität, schwach durchwurzelt

Analysendaten

Horizont Tiefe (cm)	A_p 0—20	A_1 20—40	C 40—60	C 60—80	C 80—120
Ton (%)	27,0	32,2	30,4	25,4	20,9
Schluff (%)	30,4	32,7	7,4	5,2	29,1
Feinsand (%)	26,8	28,5	27,2	36,7	42,8
Grobsand (%)	15,8	6,6	35,0	32,7	7,2
$CaCO_3$ (%)	29,5	29,5	33,2	30,7	29,8
organische Substanz (%)	0,78	0,80	0,70	0,80	0,63
pH (H_2O)	8,0	8,0	7,9	8,0	8,1
P_2O_5 (mg/100 g Boden)	7,6	4,8	5,4	5,8	6,6
K_2O (mg/100 g Boden)	23,2	20,8	17,6	16,4	14,0

Die Kornverteilungen der *Profile 26—28* lassen eine erhebliche Tonanreicherung im *Profil 28* am Unterhang gegenüber den Hangprofilen erkennen. Ebenso ist in den oberen 40 cm des Talprofils eine Schluffanreicherung zu beobachten. Die Grobsandanteile nehmen in dem Talprofil ab. Dies sind deutliche Merkmale für Flächenerosion durch Wasser, welche auch durch die im oberen Hangabschnitt bloßgelegten Skelettanteile sichtbar wird.

Die Phosphorsäure- und Kaliumwerte sind offenbar durch Düngung beeinflußt. Im übrigen deuten die Werte darauf hin, daß hier keine starke Ablagerung durch Winderosion stattgefunden hat.

Eine weitere Profilreihe wurde vom Djebel Sidi Khalif nach Südwesten gelegt (s. *Profil 29 a—h*).

Bei den ersten sechs Profilen (s. *Profil 29 a—f*) handelt es sich um braune bis gelblichbraune (10 YR 5/3 — 10 YR 5/8) Halbwüstenböden, lehmige bis schluffige, kalkhaltige Sande geringer Aggregatstabilität, ohne Profildifferenzierung. Die beiden letzten Böden dieser Reihe sind Salz-Alkali-Böden (s. *Profil 29 g, h*).

Profil 29 a—h Halbwüsten- und Salz-Alkali-Böden am Djebel Sidi Khalif

Analysendaten

Profil	a		b		c	
Abstand (m)			200		200	
Gefälle			8 %		4 %	
Tiefe (cm)	0—15	15—35	0—15	15—35	0—15	15—40
Ton (%)	7,8	21,0	9,4	7,3	7,8	5,1
Schluff (%)	38,3	29,3	19,2	18,3	31,9	27,6
Feinsand (%)	33,2	30,6	39,9	37,5	52,7	56,4
Grobsand (%)	20,7	19,1	31,5	36,9	7,6	10,9
$CaCO_3$ (%)	21,0	21,4	9,8	8,6	17,0	19,2
organische Substanz (%)	0,35	1,10	1,15	0,65	1,13	0,84
pH (H_2O)	8,0	7,9	8,1	8,2	8,6	8,7
P_2O_5 (mg/100 g Boden)	16,0	12,2	20,6	19,4	15,0	12,7
K_2O (mg/100 g Boden)	24,2	18,4	23,2	15,4	22,2	13,5

Profil	d		e		f	
Abstand (m)	200		200		100	
Gefälle	3 %		2 %		1 %	
Tiefe (cm)	0—15	15—40	0—15	15—40	0—15	15—40
Ton (%)	8,8	10,0	11,0	7,5	11,7	7,2
Schluff (%)	23,6	23,8	26,4	19,9	8,0	28,2
Feinsand (%)	53,2	49,9	53,2	52,0	58,4	49,9
Grobsand (%)	14,4	16,3	9,4	20,6	21,9	14,7
$CaCO_3$ (%)	11,6	11,8	17,2	5,7	8,6	3,7
organische Substanz (%)	1,10	1,00	0,95	1,08	0,88	0,90
pH (H_2O)	8,7	8,7	8,5	8,4	8,5	8,7
P_2O_5 (mg/100 g Boden)	10,5	10,6	8,2	20,0	15,2	36,6
K_2O (mg/100 g Boden)	17,2	13,8	12,4	31,6	31,8	33,2

Profil		g		h
Abstand (m)		100		40
Gefälle		1 %		0 %
Tiefe (cm)	0—20		20—40	0—20
Ton (%)	13,1		6,0	6,7
Schluff (%)	28,8		38,0	44,6
Feinsand (%)	49,5		40,8	43,8
Grobsand (%)	8,6		15,2	4,9
$CaCO_3$ (%)	3,4		2,7	36,6
organische Substanz (%)	0,90		0,95	0,93
pH (H_2O)	8,5		8,9	8,8
P_2O_5 (mg/100 g Boden)	40,0		37,2	4,1
K_2O (mg/100 g Boden)	33,0		27,2	11,0
Salze im gesättigten Bodenauszug				
Leitfähigkeit mS (25 °C)	53,8		35,6	87,0
Ca^{++} (mval/l)	115,0		90,0	110,0
Mg^{++} (mval/l)	235,0		120,0	400,0
Na^{+} (mval/l)	363,0		230,0	632,0
SO_4^{--} (mval/l)	185,0		130,0	150,0
CO_3^{--} (mval/l)	0,5		0,5	0,0
HCO_3^{-} (mval/l)	1,0		1,0	0,5
Cl^{-} (mval/l)	530,0		310,0	996,0

Wie die Untersuchungsergebnisse zeigen, handelt es sich um feinsandreichere, stärker äolisch verlagerte Halbwüstenböden. Bei größerer Hangneigung entstanden ebenfalls Rohböden auf mio-pliozänen, eozänen und kretazischen Kalken.

Diese Böden zeigen eine gute Versickerung. Bodenerosion durch Wasser ist bei mittlerem bis geringem Gefälle weniger wirksam. Die Feinsandanteile nehmen vom Gebirge zur Ebene hin zu. Dies ist vorwiegend durch Winderosion bedingt, wie auch die Sandhügel westlich des Djebel es Souda zeigen. Die Nährstoffgehalte sind befriedigend und lassen keine erosionsbedingten Veränderungen erkennen.

Es zeigt sich eine zunehmende Versalzung vom Rand der Senke zum Zentrum. Jedoch auch im Randgebiet kann man bereits von echten Salz-Alkali-Böden sprechen, die im Frühjahr bereits eine gewisse Anreicherung der Salze im Oberboden erkennen lassen. Natriumchloridversalzung steht im Vordergrund. Außerdem kommen Magnesium- und Kalziumsulfat in beachtenswerten Mengen vor.

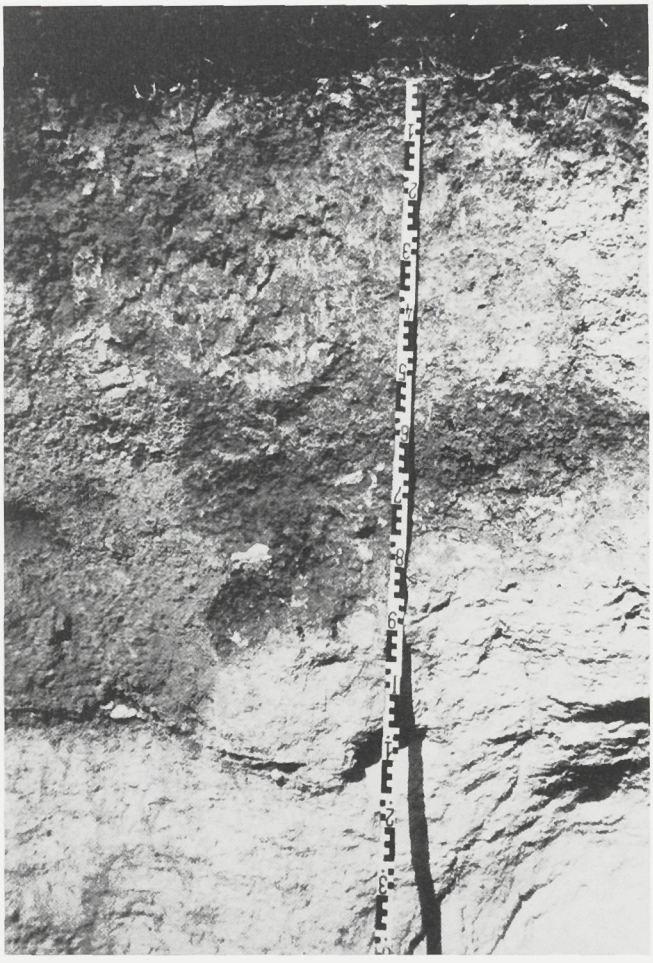
Nördlich dieser Senke erhebt sich der Djebel es Souda, der unterhalb einer Fels- und Skelettbodenzone in flachgründige Halbwüstenböden auf Geröll- und Schuttfächern übergeht, die von tiefen Gullys durchzogen werden. Westlich und südwestlich des Djebel es Souda erstrecken sich tiefgelegene (339—305 m ü. d. M.), häufig überflutete Sande, welche zum Teil versalzt sind. Südöstlich des Djebel es Souda beginnt ein bei 312 m ü. d. M. gelegenes Salz-Alkali-Boden-Gebiet mit höherem Versalzungsgrad, welches an die oben untersuchten Böden anschließt (s. *Fig. 3, 4, 5*).

Figur 3 Skelettreicher Halbwüstenboden östlich des Djebel Sidi Khalif.

5 Beispielgebiet Chott el Djerid-Djebel Sidi bou Helal

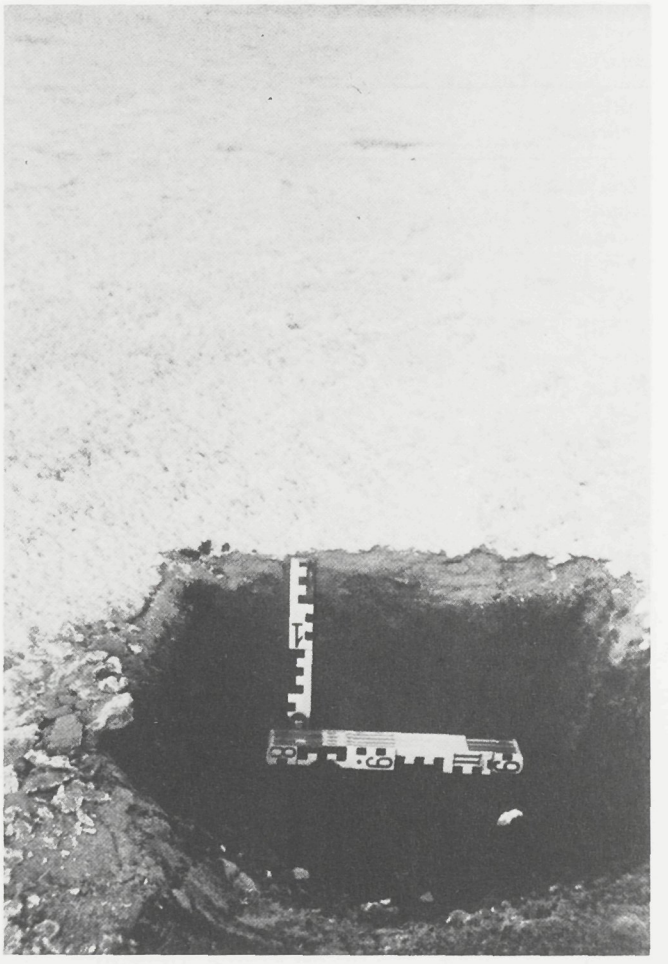
Das südliche Beispielgebiet liegt im xerothermalen Bereich mit langjährigem durchschnittlichem Winterniederschlag von 100 mm am Nordwestrand des Chott el Djerid. Es kann als typisch für die Randgebiete der südlichen Sebkhen und Chotts angesehen werden.

An den Steilhängen des im Norden das Gebiet begrenzenden Randgebirges des Djebel Sidi bou Helal steht der Kalksandstein der Oberen Kreide an der Oberfläche an. Hier ist nur eine starke physikalische Verwitterung in Form von losgesprengtem Gestein zu beob-



Figur 4 Tiefgründiger Halbwüstenboden auf mio-pliozänem Kalk im Gebiet Djebel es Souda.

achten, welches am Unterhang Schutthalden bildet. Es schließt sich eine stark von Gullys zerfurchte Hügelzone von größtenteils kalkfreien Grobsanden des Mio-Pliozäns an. Die Bodenbildung ist gering. Hinter diesen Hügeln erstreckt sich parallel zum Rande des Chotts eine nur schwach geneigte Gürtelzone, in der sich relativ schwach versalzte Flugsandhügel von 30 cm bis etwa 1,0 m Höhe gebildet haben. Diese Zone hat eine Breite von durchschnittlich 3 km (s. *Fig. 6—9*).



Figur 5 Salz-Alkali-Boden südlich des Djebel es Souda.

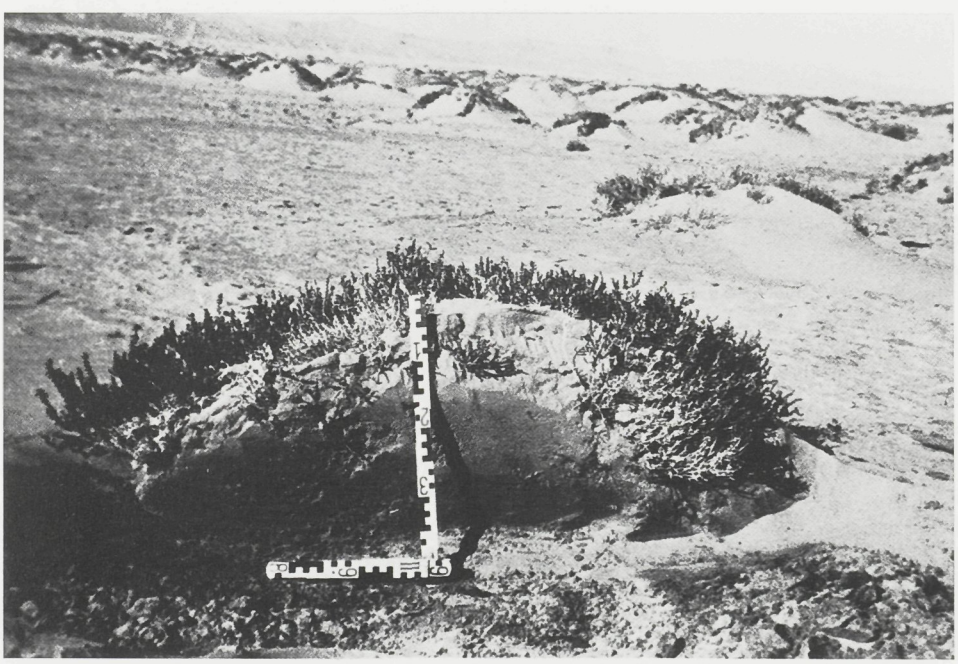
Diese Hügel bilden sich bei Sandverwehung durch Ablagerung des Feinsandes um niedere, buschartige Pflanzen, die nach NOVIKOFF (1961) im xerothermalen Gebiet zu den Gesellschaften *Suaeda fruticosa* var. *longifolia* und *Hedysarum carnosum* gehören. Daneben kommen auch *Lannaea residifolia, Trigonella maritima* und seltener *Stipa retorta* vor. Wo gipsreiches Material angeweht wurde, überwiegen *Atractylis cancelata* und *Reaumuria vermiculata.*

Der unter und neben den Sandhügeln anstehende Boden zeigte folgende Zusammensetzung:

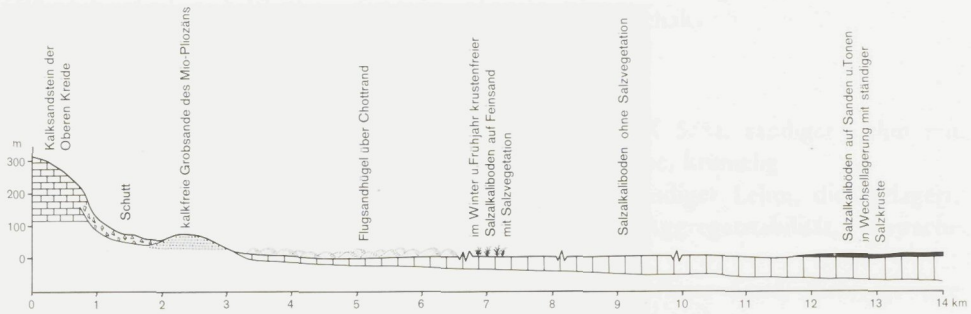
Profil 30 Flugsandhügel am Rande des Chott el Djerid

Analysendaten

Horizont	A	A_v	C_1	C_2
Tiefe (cm)	0—3	3—20	20—40	40—80
Ton (%)	16,3	13,6	5,9	5,5
Schluff (%)	33,8	34,2	43,1	43,9
Feinsand (%)	43,4	32,8	39,9	37,2
Grobsand (%)	6,5	19,4	11,1	13,4
$CaCO_3$ (%)	1,12	1,63	4,94	5,5
organische Substanz (%)	2,38	1,13	0,0	0,0
Salze im gesättigten Bodenauszug				
Ca^{++} (mval/l)	165,0	47,0	73,0	58,5
Mg^{++} (mval/l)	330,0	763,0	576,0	281,0
Na^{+} (mval/l)	1260,0	1125,0	1075,0	542,0
SO_4^{--} (mval/l)	194,0	387,0	275,0	101,0
CO_3^{--} (mval/l)	0,0	2,5	1,0	0,0
HCO_3^{-} (mval/l)	11,0	5,5	4,7	5,0
Cl^{-} (mval/l)	1465,0	1565,0	1460,0	775,0
pH (H_2O)	8,1	8,0	8,2	8,5



Figur 6 Flugsandhügel am Rand des Chott el Djerid.

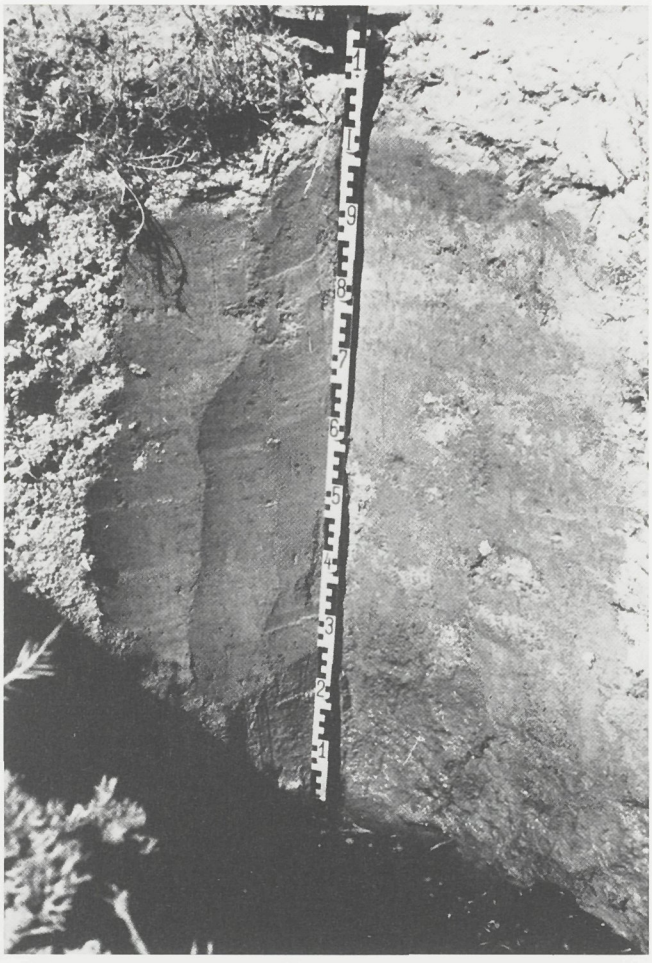


Figur 7 Profilreihe Chott el Djerid-Djebel Sidi bou Helal (Böden 5fach überhöht).

Figur 8 Sandhügelzone mit Djebel Sidi bou Helal im Hintergrund.

Auch in größerer Tiefe dominieren Schluff und Feinsand.

Die hohen Werte an organischer Substanz im Oberboden sind durch feine Pflanzenrückstände bedingt und sind nicht als Humus zu bezeichnen. Im Oberboden neben den Hügeln sind noch recht beträchtliche Mengen an Natriumchlorid sowie etwas niedrigere Konzentrationen an Magnesium- und Kalziumsulfat zu beobachten, die mit zunehmender Tiefe nur langsam abnehmen. Bikarbonat und Karbonat sind nur in geringen Mengen vorhanden.



Figur 9 Salzboden in der hügelfreien Randzone der Oase Tozeur mit einem Grundwasserspiegel in 1,20 m Tiefe.

Im unmittelbaren Windschutz der Dattelpalmen am Rande der Oase kommen schmale Salzvegetationsgürtel ohne Hügelbildung vor. Hier gedeihen *Salicornia-* und *Salsola-*Arten. Eine Verkrustung ist nur im Sommer zu beobachten. Der Grundwasserstand befand sich in dieser Gürtelzone am Südrand der Oase Tozeur Ende März in 1,20 m Tiefe. Während der Sommermonate findet ein stärkerer kapillarer Aufstieg salzhaltigen Wassers mit schnell einsetzender Verdunstung und damit eine größere Salzanreicherung an der Oberfläche statt; gleichzeitig sinkt der Grundwasserspiegel ab (s. *Fig. 9*).

In dem Grundwasserschwankungsbereich, der hier nach starkem Winterniederschlag bis in 60 cm Tiefe reichen kann, ist eine typische Gleybildung zu beobachten (s. *Profil 31*).

Profil 31 Salzboden am Rande der Oase Tozeur (Solontschak)

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
AS_a	0— 1	lockerer, kräftig brauner (7,5 YR 5/8), sandiger Lehm mit schwacher, weißer Ausblühungszone, krümelig
AS_a	1—22	kräftig brauner (7,5 YR 5/6), sandiger Lehm, dichtgelagert, polyedrische Struktur, geringe Aggregatstabilität, schwache Durchwurzelung
AG	22—33	rötlichgelber (7,5 YR 6/8), schluffiger Sand, dicht, geringe Aggregatstabilität, schwach durchwurzelt
Go_1	33—40	hellbrauner (7,5 YR 6/4), sandiger Schluff, dicht, geringe Aggregatstabilität, schwach durchwurzelt
Go_2	40—45	sehr hellbrauner (10 YR 7/4), sandiger Schluff, dicht, geringe Aggregatstabilität, schwach durchwurzelt
Gro	45—60	kräftig brauner (7,5 YR 5/6), schluffiger Sand, dicht, geringe Aggregatstabilität
Gro	60—80	rötlichgelber (7,5 YR 6/6), eisenfleckiger, schluffiger Sand, dicht, geringe Aggregatstabilität

Analysendaten

Horizont	AS_a	AS_a	AG	Go_1	Go_2	Gro	Gro
Tiefe (cm)	0—1	1—22	22—33	33—40	40—45	45—60	60—80
Ton (%)	7,9	4,5	4,0	2,6	3,3	5,0	5,2
Schluff (%)	40,0	34,9	29,2	47,9	49,5	39,7	42,4
Feinsand (%)	40,6	35,5	18,4	28,0	30,3	30,8	34,6
Grobsand (%)	11,5	25,1	48,4	21,5	16,9	24,5	17,8
$CaCO_3$ (%)	3,2	3,9	4,3	4,3	2,5	0,9	0,9
organische Substanz (%)	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
A. K. (mval/100 g Boden)	0,92	0,73	1,34	0,95	2,23	0,91	0,01
P_2O_5 (mg/100 g Boden)	35,8	23,8	20,2	16,1	18,1	18,5	17,1
K_2O (mg/100 g Boden)	171,2	151,0	270,4	34,8	44,7	36,8	32,8
Salze im gesättigten Bodenauszug							
Leitfähigkeit mS (25 °C)	144,0	93,0	48,0	48,0	46,0	31,0	22,0
Ca^{++} (mval/l)	70,0	80,0	80,0	85,0	70,0	74,0	80,0
Mg^{++} (mval/l)	182,0	136,0	180,0	340,0	345,0	210,0	140,0
Na^{+} (mval/l)	120,0	44,0	19,0	19,0	15,0	11,0	7,0
SO_4^{--} (mval/l)	127,0	104,0	215,0	390,0	381,0	263,0	206,0
HCO_3^{-} (mval/l)	6,2	2,7	3,7	4,5	3,4	3,0	3,7
Cl^{-} (mval/l)	240,0	160,0	60,0	48,0	46,0	29,0	18,0
pH (H_2O)	8,7	7,9	8,1	8,4	8,4	8,1	8,0

Magnesium dominiert im ganzen Profil und zeigt in 40—45 cm Tiefe eine Anreicherung bis auf 345 mval/l, dann aber eine stetige Abnahme bis zum Grundwasserspiegel bis auf 140 mval/l. Ebenso zeigt das Sulfat eine Anreicherung in 33—45 cm Tiefe von

390 mval/l und eine Abnahme zum Grundwasserspiegel hin auf 206 mval/l. An der Oberfläche werden nur 127 mval/l erreicht. Das Natrium ist hier infolge seiner großen Beweglichkeit an der Oberfläche wesentlich stärker angereichert als in den tieferen Schichten. Es nimmt von 120 über 44, 19 bis auf 7 mval/l stetig ab. Ebenso verhält sich das Chlorid bei Werten zwischen 240 und 18 mval/l. Das Kalzium zeigt dagegen eine gleichbleibende Verteilung mit nur geringen Schwankungen zwischen 70 und 85 mval/l. Bikarbonat ist nur in sehr geringen Mengen vorhanden, und zwar zwischen 6,2 mval/l an der Oberfläche und 2,7 mval/l im Oberboden. Eine ausgesprochene Wanderungstendenz läßt sich ebenso wie beim Kalzium nicht erkennen. Kationenaustauschvorgänge spielen hier nur eine ganz untergeordnete Rolle, da nur 7,9 bis 2,6 % Ton und kaum organische Substanz vorhanden sind. Dementsprechend liegen die A. K.-Werte sehr niedrig zwischen 0,73 und 2,23 mval/100 g Boden. Es muß betont werden, daß das Gesamtsalzniveau hier etwa nur den zehnten Teil der Versalzung des vorher beschriebenen Profils in der Hügelzone ausmacht.

In der etwa 6 km breiten vegetations- und hügelfreien Zone ohne Salzkruste wurde ein weiteres Bodenprofil untersucht. In diesem Gebiet liegt erwartungsgemäß eine wesentlich stärkere Versalzung als in der Hügelzone vor (s. *Profil 32*).

Profil 32 Solontschak am Rande des Chott el Djerid

Profilbeschreibung

Horizont	Tiefe (cm)	
A/Sa	0—20	hellgelblichbrauner (10 YR 6/4), schluffiger Sand, geringe Aggregatstabilität, mit dominierender Natriumchloridversalzung
A/G	20—40	gelblichbrauner (75 YR 5/6), sandiger Schluff, ohne Aggregierung, mit dominierender Natriumchloridversalzung
Go	40—64	bräunlichgelber (75 YR 6/6), sandiger Schluff, ohne Aggregierung, mit dominierender Natriumchloridversalzung
Gro	64—80	bräunlichgelber (75 YR 6/6), lehmiger Sand, ohne Aggregierung, mit dominierender Natriumchloridversalzung

Analysendaten

Horizont Tiefe (cm)	A/Sa 0—20	A/G 20—40	Go 40—64	Gro 64—80
Ton (%)	8,0	16,6	14,3	10,3
Schluff (%)	48,7	61,6	63,5	34,8
Feinsand (%)	25,6	11,4	18,2	42,8
Grobsand (%)	17,7	10,9	4,0	12,1
$CaCO_3$ (%)	4,7	1,2	7,2	5,7
organische Substanz (%)	0,40	0,75	0,55	0,60
A. K. (mval/100 g Boden)	0,8	5,4	10,1	4,8

Horizont Tiefe (cm)	A/Sa 0—20	A/G 20—40	Go 40—64	Gro 64—80
Salze im gesättigten Bodenauszug				
Ca^{++} (mval/l)	153,5	160,0	181,0	123,0
Mg^{++} (mval/l)	324,0	500,0	429,0	579,0
Na^{+} (mval/l)	1905,0	2300,0	2095,0	1890,0
SO_4^{--} (mval/l)	354,0	335,0	264,0	278,0
HCO_3^{-} (mval/l)	2,8	1,7	1,3	2,2
Cl^{-} (mval/l)	2025,0	2612,0	2455,0	2415,0
pH (H_2O)	6,8	6,9	7,1	7,2

Auch hier wurde Natriumchlorid stärker angereichert als die übrigen Salze. Magnesium- und Kalziumsulfat sind nur in Höhen von 15—20 % des Natriumchloridanteils vorhanden. Die Bikarbonatgehalte sind verschwindend gering. Es konnte im März keine Salzbewegung festgestellt werden. Vielleicht deutet der geringe Anstieg vom Oberboden zu 20—40 cm Tiefe auf eine gewisse Einwaschung während des Winters hin. Es ist eine fast gleichmäßige Verteilung im Profil festzustellen. Dies wird sich jedoch mit einsetzender Verdunstung und stärkerem kapillarem Aufstieg in den folgenden Monaten ändern. Auf Grund der etwas höheren Tongehalte als in dem vorhergehenden Profil liegen vor allem im Unterboden die A. K.-Werte merklich höher. Wie die pH-Werte erkennen lassen, handelt es sich um eine reine Neutralsalzanreicherung.

Im Anschluß an dieses Profil wurde der Oberboden des angrenzenden Salzsees unter einer 2 cm starken Salzkruste untersucht (s. *Fig. 10*).

Profil 33 Solontschak am Rande des Chott el Djerid

Profilbeschreibung

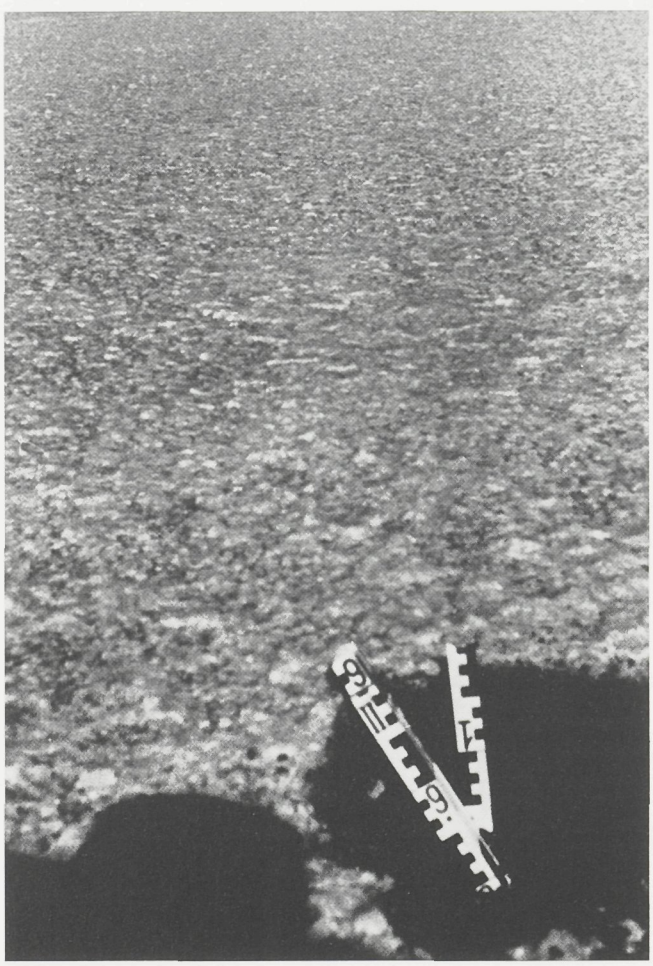
Horizont	Tiefe (cm)	
Sa	0— 2	Salzkruste
Gr	2—25	unter einer 2 cm starken Salzkruste schwarze Reduktionszone (Fe-Sulfid) infolge Luftabschluß, dann bräunlichgelber (10 YR 6/6), schluffiger Sand, dicht gelagert, Einzelkornstruktur, naß, unmittelbar darunter im März Grundwasser anstehend

Analysendaten

Horizont Tiefe (cm)	Gr 2—25		Gr 2—25
Ton (%)	7,7	$CaCO_3$ (%)	3,84
Schluff (%)	32,2	organische Substanz (%)	0,3
Feinsand (%)	27,7	A. K. (mval/100 g Boden)	0,77
Grobsand (%)	32,4	pH (H_2O)	8,4
Salze im gesättigten Bodenauszug			
Leitfähigkeit mS (25 °C)	180,0	SO_4^{--} (mval/l)	450,0
Ca^{++} (mval/l)	100,0	CO_3^{--} (mval/l)	0,0
Mg^{++} (mval/l)	240,0	HCO_3^{-} (mval/l)	0,0
Na^{+} (mval/l)	472,0	Cl^{-} (mval/l)	360,0

Merkwürdigerweise liegen hier die Salzkonzentrationen wesentlich niedriger als in der krustenfreien Zone. Dies ist nur dadurch zu erklären, daß es hier während des Winters zu keiner Auflösung der Kruste und dadurch auch zu keiner Einwaschung der oben angereicherten Salze in den Boden kam wie im vorhergehenden Profil.

Wie die Ergebnisse zeigen, handelt es sich vorwiegend um Natriumsulfat neben Natrium- und Magnesiumchlorid und geringe Mengen an Kalziumsalzen. Der schwarze Reduktionshorizont ist typisch und nimmt mit der Entfernung von der Uferzone zu. Diese Reduktionshorizonte unter Salzkruste wurden auch bei kalifornischen Salzböden beobachtet. In der Tiefe zeigt sich ein starker Wechsel von Sanden und Tonen.



Figur 10 Salzboden mit Salzkruste am Chott el Djerid. unter der Kruste: schwarze Reduktionszone.

Literaturverzeichnis

Afrika-Kartenwerk. Herausgegeben im Auftrage der Deutschen Forschungsgemeinschaft von U. Freitag, K. Kayser, W. Manshard, H. Mensching, L. Schätzl, J. H. Schultze †.
Serie N: Nordafrika (Tunesien, Algerien) 32° N—37° 30'N, 6° E—12° E.
— Blatt 4: Bodenkunde, 1:1 000 000. Autoren: R. Brechtel & W. Rohmer. Berlin · Stuttgart (1978).
— Blatt 15: Historische Geographie, 1:1 000 000. Autor: D. Hafemann. Berlin · Stuttgart (1977).

Agafonoff, V. 1936: Sols types de Tunisie. Tunis.

Beiträge zur Kolonialforschung 1943, Berlin, Bd. V., S. 7—46.

Bétier, M. G. 1951—1952: Carte Géologique de l'Algérie 1:500 000. II. Aufl., 1951—1952, Paris.

Boulaine, J. 1961: Facteurs de formation des sols méditerranéens. In: Sols Africains. Vol. VI, Paris, S. 249—272.

Brechtel, R. 1970: Der Einfluß der Bodenerosion auf die Böden des Medjerdatales und seiner Randgebiete. Dissertation Gießen.

Brechtel, R.; & Rohmer, W. 1978: s. Afrika-Kartenwerk. Blatt N 4.

Castany, G. 1951: Carte Géologique de la Tunisie 1:500 000, 1951, Paris.

— 1952: Paléogéographie, tectonique et orogénèse de la Tunisie, Tunis.

Climatologie de la Tunisie 1952: Service Météorologique de Tunisie. Vol. 1, Tunis.

Cointepas, J. P. 1966: Les sols rouges et brunes méditerranéens de Tunisie. Conférence sur sols méditerranéens (Madrid 1966), Madrid, S. 187—194.

Despois, J. 1961: La Tunisie. Paris.

Durand, J. H. 1954: Les sols d'Algérie. Alger.

Franz, H. 1960: Feldbodenkunde als Grundlage der Standortsbeurteilung und Bodenwirtschaft mit besonderer Berücksichtigung der Arbeit im Gelände. Wien u. München.

Gautier, E. F. 1939: Structure d'Algérie. Paris.

Gračanin, M. 1960: Zum Roterde-Problem. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, Sitzungsberichte, Berlin. IX (1960), S. 1—19.

Hafemann, D. 1977: s. Afrika-Kartenwerk. Blatt N 15.

Hamza, M. 1963: Carte pédologique de Tunisie. Tunis.

Heske, F. 1943: Waldzerstörung und Erosion in Algerien. In: Beiträge zur Kolonialforschung, Bd. V, S. 7—46.

Julien, Ch. A. 1961: Histoire de l'Afrique du Nord. Paris.

Jung, L. 1953: Zur Frage der Nomenklatur erodierter Böden. Mitteilungen aus dem Institut für Raumforschung, Bad Godesberg. 20 (1953), S. 61—72.

— 1965: Böden der Trockengebiete. In: Weidewirtschaft in Trockengebieten. Gießener Beiträge zur Entwicklungsforschung, Reihe I (Symposien), Stuttgart, Bd. 1, S. 51—59.

Jung, L.; & Rohmer, W. 1966: Vergleichende Untersuchungen über die Eignung von Natriumpyrophosphat und Calgon zur Dispergierung von $CaCO_3$-haltigen sowie tonreichen Böden. Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung, Berlin u. Hamburg. 7 (1966), S. 286—273.

Klinge, H. 1957: Über spanische Terra rossa-Vorkommen und die Möglichkeiten ihrer zeitlichen Einordnung auf Grund bodengeographischer Studien. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, Weinheim. 76 (1957), S. 223—231.

Koch, H. 1959: Tunesien. Bonn.

Köhn, M. 1928: Beiträge zur Theorie und Praxis der mechanischen Bodenanalyse. Landwirtschaftliche Jahrbücher, Berlin. 67 (1928), S. 524—538.

Kubiena, W. L. 1953: Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Stuttgart.

— 1956: Kurze Übersicht über die wichtigsten Formen der Bodenbildung in Spanien. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel, Zürich. 31 (1956), S. 23—31.

Mehlich, A. 1948: Determination of cation- and anion-exchange properties of soils. Soil Science, Baltimore. 66 (1948), S. 429—445.

Meyer, B.; & Moshrefi, N. 1969: Experimente zur Entstehung von Einwaschungs-Tonlamellen in Böden und Sedimenten durch Fließvorgänge im gesättigten Feuchtezustand. Maschinenschriftl. Manuskript 1969, im Druck: Göttinger bodenkundliche Berichte, Göttingen.

Munsell 1954: Soil Color Charts. Munsell Color-Comp. Baltimore.

Novikoff, G. 1961: Contribution à l'étude des relations entre le sol et la végétation halophile de Tunisie. Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie. Tunis. 34 (1961), S. 1—339.

Novikoff, G.; Roederer, P.; et al. 1959: Carte pédologique de la Tunisie. Tunis.

Rauterberg, E.; & Sandhoff, H. 1951: Eine Schnellmethode zur Bestimmung der Huminstoffe im Boden. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, Weinheim. 55 (1951), S. 15—23.

Raymond, A. 1961: La Tunisie. Paris.

Richards, L. A. 1954: Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. US. Salinity Laboratory, US. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 60, Washington.

Rohdenburg, H. H.; & Sabelberg, U. 1969 a: „Kalkkrusten" und ihr klimatischer Aussagewert. Neue Beobachtungen aus Spanien und Nordafrika. Göttinger bodenkundliche Berichte, Göttingen. 7 (1969), S. 3—26.

— 1969 b: Zur landschaftsökologisch-bodengeographischen und klimagenetisch-geomorphologischen Stellung des westlichen Mediterrangebietes. Göttinger bodenkundliche Berichte, Göttingen. 7 (1969), S. 27—47.

Scheibler, C. 1951: Gasvolumetrische Bestimmung der Kohlensäure. In: Wiessmann-Nehring, Agrikulturchemisches Praktikum, Berlin. S. 36—39.

Schiffers, H. 1960: Die Bedeutung der Landwirtschaft für Algerien. Geographische Rundschau, Braunschweig. 12 (1960), S. 223—234.

Sols Africains: Paris 1961, Vol. VI.

Vageler, P. 1955: Zur Bodengeographie Algiers. Gotha.

Weidewirtschaft in Trockengebieten, 1965: Gießener Beiträge zur Entwicklungsforschung, Reihe I (Symposien), Bd. 1, S. 51—59, Stuttgart (1965).

Wiessmann-Nehring, 1951: Agrikulturchemisches Praktikum. Berlin.

Karten- und Luftbilderverzeichnis

1. Topographische Karten

Carte de Tunisie — 1:50 000 Type 1922 (Institut Géographique National, Paris)

1957	I	Kef Abbed	1957	XVI	Kelibia
1957	II	Bizerte	1957	XVII	Zaouiet Madien
1953	III	Metline	1957	XVIII	Béja
1957	IV	Cap Negro	1957	XIX	Tébourba
1957	V	Oued Sedjenane	1954	XX	Tunis
1957	VI	Ferryville	1954	XXI	La Goulette
1957	VII	Porto-Farina	1957	XXII	Menzel Bou Zelfa
1957	VIII	Sidi Daoud	1957	XXIII	Menzel Heur
1957	IX	Cap Bon	1958	XXIV	Fernana
1957	X	Nefza	1957	XXV	Souk el Khemis
1957	XI	Hedil	1957	XXVI	Oued-Zarga
1952	XII	Mateur	1957	XXVII	Medjez el Bab
1954	XIII	Ariana	1957	XXVIII	Bir Mcherga
1957	XIV	La Marsa	1957	XXIX	Grombalia
1957	XV	Tazoghrane	1957	XXX	Nabeul

1928	XXXI	Ghardimaou	1957	LXXVII	Djebel Mrhila
1957	XXXII	Souk el Arba	1957	LXXVIII	Hadjeb El Aïoun
1957	XXXIII	Téboursouk	1957	LXXIX	Nasr Allah
1957	XXXIV	Bou Arada	1957	LXXX	Chorbane
1957	XXXV	Zaghouan	1957	LXXXI	El Djem
1957	XXXVI	Bou Ficha	1957	LXXXII	Chebba
1955	XXXVII	Hammamet	1946	LXXXIII	Bou Chebka
o. J.	XXXVIII	Ouargha	1957	LXXXIV	Kasserine
1957	XXXIX	Nebeur	1957	LXXXV	Sbeïtla
1957	XXXX	Gafour	1952	LXXXVI	Djebel Es Souda
1957	XXXXI	Djebel Mansour	1957	LXXXVII	Djebel Khechem
1957	XLII	Djebel Fkirine	1957	LXXXVIII	Bou Thadi
1957	XLIII	Enfidaville	1957	LXXXIX	La Hencha
1925	XLIV	Le Kef	1957	XC	Djebeniana
1957	XLV	Les Salines	1951	XCI	Feriana
1957	XLVI	Siliana	1957	XCII	Djebel Selloum
1957	XLVII	Djebel Bargou	1950	XCIII	Bir el Hafey
1959	XLVIII	Djebibina	1953	XCIV	Sidi Bou Zid
1957	XLIX	Sidi Bou Ali	1957	XCV	Djebel Goubrar
1957	L	Halk el Menzel	1957	XCVI	Triaga
1923	LI	Tadjerouine	1957	XCVII	Sidi el Itayem
1957	LII	Ebba Ksour	1957	XCVIII	Sidi Salah
1957	LIII	Maktar	1963	C	Oued Soulah
1957	LIV	Djebel Serdj	1960	CI	Jebel Sidi Aïch
1957	LV	Aïne Djeloula	1960	CII	Sidi Ali Ben Aoun
1957	LVI	Sebkra Kelbia	1961	CIII	Jebel El Meloussi
o. J.	LVII	Sousse	1954	CIV	Gounifida
1926	LIX	Kalaat Es Senam	1960	CV	Bir Ali Ben Khalifa
1957	LX	Aïn El Kseïba	1957	CVI	Agareb
1957	LXI	Rohia-Dj. Barbrou	1957	CVII	Sfax
1957	LXII	Pichon	1963	CIX	Majel Bel Abbès
1957	LXIII	Kairouan	1960	CX	Sidi Aïch
1957	LXIV	Sidi el Hani	1960	CXI	Jebel Majoura
1957	LXV	Djemmal	1961	CXII	El Maknassi
1957	LXVI	Moknine	1959	CXIII	Mezzouna
1946	LXVII	Thala	1957	CXIV	Graïba
1957	LXVIII	Ksar Tlili	1955	CXV	Maharès
1957	LXIX	Sbiba	1963	CXVII	Moularès
1957	LXX	Djebel Trozza	1963	CXVIII	Gafsa
1957	LXXI	Pavillier	1961	CXIX	Es Sened
1957	LXXII	Oued Cherita	1961	CXX	Bou Hedma
1957	LXXIII	Kerker	1960	CXXI	Chott Sebkhet en Noual
1957	LXXIV	Mahdia	1960	CXXII	Hachichina
1946	LXXV	Djebel Bireno	1953	CLIII	Mennchia
1957	LXXVI	Djebel Semmama	1954	CLIV	Kebili

Carte de Tunisie — 1:200 000 (Institut Géographique National, Paris)

1930	I	Tabarka	1930	VII	Le Kef
1928	II	Bizerte	1931	VIII	Maktar
1928	III	Cap Bon	1931	IX	Sousse
1930	IV	Souk el Arba	1931	X	Thala
1928	V	Tunis	1930	XI	Kairouan
1928	VI	La Goulette	1931	XII	El Djem

1934	XIII	Fériana	1928	XXX	Bir Tourkïa
1934	XIV	Sbeitla	1928	XXXI	Bou Flidja
1934	XV	Sfax	1932	XXXII	Foum Tatahouine
1934	XVI	Iles Kerkennah	1932	XXXIII	Sidi Toui
1934	XVII	Gafsa	1928	XXXIV	Beressof
1933	XVIII	El Ayacha	1928	XXXV	Bir Aouïne
1933	XIX	Maharès	1932	XXXVI	Dehibat
1933	XX	Chott el Rharsa	1932	XXXVII	Mechehed Salah
1933	XXI	Tozeur	1928	XXXVIII	Bir Lahrache
1933	XXII	Kebili	1928	XXXIX	El Borma
1933	XXIII	Gabès	1928	XL	Djeneïen
1933	XXIV	Sidi Chemmakh	1928	XLII	Sif Fatima
1933	XXV	El Oued	1928	XLIII	Mechiguig
1933	XXVI	Redjem Maatouc	1928	XLIV	Miad Rebaïa
1933	XXVII	Douz	1928	XLV	Bir Pistor
1932	XXVIII	Médénine	1938	XLVI	Fort-Saint
1932	XXIX	Zarzis			

Carte d'Algérie 1:200 000 — Type 1960 (Institut Géographique National, Paris)

1962	P—Q 1—2	Philippville	1961	R—S 1—2	Bône
1962	P—Q 3—4	Constantine	1961	R—S 3—4	Souk Ahras
1964	P—Q 5—6	Khenchela	1960	R—S 5—6	Tébessa
1964	P—Q 7—8	Zeribet-el-Oued	1962	R—S 7—8	Bir al Ater
1961	P—Q 9—10	Bordj el Hamraïa	1930—1955	27	Batna

2. Geologische Karten

Carte Géologique de la Tunisie 1:500 000 — Castany, G. 1951, Paris.
Carte Géologique de l'Algérie 1:500 000 — Betier, M. G. II. Aufl., 1951—1952, Paris.

3. Bodenkundliche Karten

Sols types de Tunisie 1:800 000 — Agafonoff, V. 1936, Tunis.
Carte pédologique de Tunisie 1:1 000 000 — Hamza, M. 1963, Tunis.
Carte pédologique de la Tunisie 1:1 000 000 — Novikoff, G.; Roederer, P.; et al., 1959 Tunis.
Carte des sols d'Algérie 1:500 000. Feuille No. N. I. 32—N. O. Tébessa. (Service Géographique de l'Armée 1924, Alger)

4. Vegetationskundliche Karten

Carte Internationale du Tapis Végétal — 1:1 000 000, Tunis—Sfax, Institut Géographique National — Gaussen, H.; & Vernet, A. 1958, Paris.
Carte phyto-écologique de la Tunisie septentrionale 1:200 000 — Gounot, M.; Guillerm, J. M.; et al. 1964—65, Paris.

5. Luftbilder

Tébourba	1:12 500	IX/1962
Tunis	1:12 500	IX/1962
Medjez el Bab	1:25 000	IX/1962
Djebel es Souda	1:25 000	1963
Djebel Khechem	1:25 000	1963

Herausgegeben vom Institut Géographique, Tunis.

Summary

Map 4 Pedology of Series N North Africa of the AFRIKA-KARTENWERK at scale 1 : 1 000 000 comprises the northern and central part of Tunisia as well as the eastern part of Algeria. The following climatic zones can be distinguished:

1. the mesomediterranean zone with > 700 mm rainfall
2. the mesomediterranean zone with a long dry season with 500—700 mm rainfall
3. the thermomediterranean zone with 300—500 mm rainfall
4. the xerothermomediterranean zone with 100—300 mm rainfall
5. the xerothermal arid desert periphery with < 100 mm rainfall

The geological basement rock of the pedogenesis consists mainly of limestones of varying hardness and, in the north, of sandstone formations and magmatic and metamorphic rocks.

The influence of man on vegetation and soils must also be mentioned. The soils have been exposed to considerable transposition partly as a result of their thin cover.

The classification system of KUBIENA (1953) was principally used to denote the soil types.

Methods Used

In addition to the detailed examination of aerial photographs and representative profiles in the field (vegetation, slope gradient, horizons, soil structure, root penetration, stone and gravel content, parent material, groundwater), the soil samples taken from these profiles were examined for the following characteristics:

1. Colour in moist condition according to MUNSELL (1954)
2. Soil texture (distribution of particle size using KÖHN's pipette method (M. KÖHN 1928) and wet-sieving after dispersing in 4 % "Calgon"). The given fraction percentages refer to the following particle sizes:

clay	< 0.002	mm particle diameter
silt	0.002—0.06	mm particle diameter
fine sand	0.06 —0.2	mm particle diameter
coarse sand	0.2 —2.0	mm particle diameter

3. The soil-organic matter was determined according to RAUTERBERG & SANDHOFF (1951).
4. The gas-volumetric CO_2-analysis according to SCHEIBLER (1951) was used to determine the percentages of calcium carbonate.
5. The electrical conductivity (total saline concentration) and the special analyses of saline and saline-alkaline soils were carried out according to L. A. RICHARDS (1954).
6. The cation exchange capacity (CEC) was calculated according to MEHLICH (1948).

Description of the Soils

The Soils in the Mesomediterranean Zone with > 700 mm Rainfall

Represented in this zone are the non-calcic or low-calcic soils in the northern coastal region (see *Key II. 8, II. 9* and *II. 10*)[1].

These soils do not form a homogeneous group but one composed of the humus silicate soils of the mountainous areas as well as largely relict pseudogley and podsol soils, also the

lithochromic red soils and red earth, and the non-calcic coastal sands. Two examples of humus silicate soils were chosen: one on granite near Herbillon in North Algeria at a height of 180 m above sea level where annual rainfall amounts to about 900 mm under cork-oak woods, another on basalt substitute south of the river Sedjenane below Macchie between 400 and 500 m above sea level with annual rainfall of 800—1,000 mm. Both soils are characterised by shallow depth, crumbly structure and good root penetration.

The humus silicate soil (see *Key II. 9*) on basalt contains a correspondingly high concentration of organic substance and clay (silty loam) and has therefore a relatively high exchange capacity.

The soil on granite (coarse-grained loam) (see *Key II. 9*) shows greater permeability however.

The lithochromic red soils and red earth on acid red sandstone, sands and on hematite (*Key II. 8*) also belong to this group. These soils were termed in accordance with GRAČANIN (1960). Their colouring and texture is due to the basement rock.

A profile was dug in red sandstone southeast of Tunis on the western slope of Djebel Ressas below Macchie at a height of 470 m above sea level with 700 mm rainfall. This profile consists of a 14-cm thick, acid sandy loam of polyedric structure, which changes downwards to loamy sand. The profile is only slightly humous, well rooted and ends at 31 cm on the parent material.

A soil formed on hematite was selected in Northwest Tunisia on the northern slope of Djebel Abiod below cork-oak vegetation.

This soil lies at a height of 350 m above sea level; annual rainfall is between 800 and 1,000 mm. The profile consists of an acid sandy loam of polyedric structure with great stability of aggregates. Although well rooted, it is however more compact and less permeable than the lithochromic red soil on sandstone. Exchange capacity and organic-matter content are low.

The loose non-calcic coastal sands and the non-calcic aeolian sands of the northern region are also described in this section (see *Key II. 10*).

The aeolian sand at Tabarka, blown up over the coastal sand, lies 20 m above sea level where rainfall is 1,200 mm. This sand has a loose single grain structure and no ferrous cementation while fine sand predominates. Permeability is considerable. These non-calcic sands occur in the larger enclosed areas east of Annaba as far as Cape Rosa, sporadically in the El Kala area, over larger expanses east of Tabarka, sporadically again in the Cape Serrat and Rass El Koran regions and over larger areas at Menzel Djemil, at Soliman, Zaouiet-Azmour, Grombalia and Nabeul. Bearing no or very little vegetation, these sands are highly vulnerable to wind transposition and therefore vary very much in thickness.

The Soils of the Mesomediterranean Zone with a Long Dry Season and 500—700 mm Rainfall

The vertisols (*Key I. 7*) belong to this region. These are the dark, mostly black, clay-rich, medium-deep humous carbonate soils on marl and calcareous marl conglomerates. They occur in hilly and mountainous country and are relatively resistant to erosion by

[1] Reference to the Mapping Units on Sheet 4 Pedology of Series N North Africa (Tunisia, Algeria) of the AFRIKA-KARTENWERK at scale 1:1 000 000.

water. They originated in Tunisia, particularly in the area of Béja and north of Téboursouk, but also occur in the peripheral mountains of the Medjerda at Toukabeur and in Algeria in the vicinity of Constantine. A profile north of Béja at a height of 230 m above sea level with annual rainfall of 626 mm is described as follows: 45 cm-thick, clayey calcareous loam which is highly plastic, moderately rooted and when moist hardly permeable. At a depth of 45 cm there is marl.

Due to the medium content of organic matter, the exchange capacity is 10—14 meq/100 g soil. In these soils the particle distribution varies very much and depends to a large extent on the varying hardness and grain size of the parent material. It is likely that these areas were once wooded over relatively long periods so that humus was able to form there. Among clay colloids, montmorillonites predominate.

The Soils of the Thermomediterranean Zone with 300—500 mm Rainfall

This group consists of calcareous terra rossa, most frequently transposed (see *Key I. 6*), and also of the medium-deep, brown and greyish-brown Mediterranean carbonate soils as well as their shallow relicts on limestone, calcareous marl and marl (*Key I. 4*). Also included in Mapping Unit "Light-brown, brown and greyish-brown Mediterranean carbonate soils" (*Key I. 3*) are small areas of terra rossa remains, and patches of calcareous and marl virgin soil. The transposed calcareous terra rossa occurs more frequently than the genuine non-calcic untransposed forms on limestone. These are mainly distributed in the mountainous areas at the edge of the Medjerda valley, in the Miliane, Siliana and Cape Bon areas. As a representative profile a transposed terra rossa was chosen in a cereal field in the hilly country near Medjez el Bab in the middle section of the Medjerda at a height of 70 m above sea level with annual rainfall 408 mm.

This profile is composed of a colluvial brownish-red to red clayey loam of polyedric structure and high plasticity. To a depth of 20 cm the soil is well rooted, below that only poorly rooted. It shows slight permeability when moist. The concentrations of organic matter and $CaCO_3$ are relatively high.

More significant, however, in this area are the brown to greyish-brown Mediterranean carbonate soils which seem to develop even more rapidly under present climatic conditions.

The following examples of the brown Mediterranean carbonate soils were examined: one in Fondouk Choucha in North Tunisia on Miocene limestone and one between Duvivier and Laverdure in East Algeria.

The first soil was a calcareous, sandy loam in a young olive plantation at a height of 43 m above sea level with annual rainfall about 400 mm. Due to erosion, the depth of this soil varies considerably on the slopes. The soil is highly permeable with moderate root penetration, polyedric structure and medium limestone content. With a relatively low concentration of organic matter the exchange capacity of this soil is low.

The soil in East Algeria, in a wheat-growing area at a height of 230 m above sea level with rainfall about 500 mm, consisted of a clayey loam of crumbling to polyedric structure. The silt content of this soil, also the proportion of marl, increase from a depth of 50 cm. Marl conglomerate occurs as from 80 cm. This soil shows low permeability when

moist. With medium concentrations of organic matter in the topsoil and a high clay and $CaCO_3$ content, the exchange capacity is greater than in the previous soil.

These soils are highly vulnerable to erosion.

The Soils of the Xerothermomediterranean Zone with 100—300 mm Rainfall

With lower rainfall and a longer dry season the physical weathering processes are of greater significance than the chemical ones in this area. A characteristic of these soils is the low clay content. Soil erosion by wind movement is more significant here than erosion by water. Skeleton soils and rock outcrops are more widely distributed than in the northern regions with greater precipitation.

Mapping Unit "Virgin soils on limestone, calcareous conglomerates, marl and gypsum" comprises the shallow weathered soils of the hilly and peripheral mountainous regions of the xerothermomediterranean and peripheral desert areas (*Key I. 2*). These soils are not undergoing further development in the present climatic conditions. They are frequently thin, yellowish-brown, calcareous, clayey powdery sands. High sand content is typical of these soils, which, in the absence of vegetation, are very susceptible to erosion.

Stoney virgin soils on limestone, conglomerates, marl, gypsum and débris material have formed not only in this climatic zone but also partly in the thermo- and mesomediterranean zones. South of the line Sousse-Kasserine there is an expanse of semi-desert soils which extend into the areas at the edge of the deserts, although this transition is very gradual.

A profile typical of these soils was examined more closely near Djebel Sidi Khalif. This profile is in an area of extensive cereal cultivation at a height of 220 m above sea level with 200 mm annual rainfall. The uppermost layer was partly moved by wind.

The 80 cm-thick, light brown clayey to loamy sand containing $CaCO_3$ is only slightly rooted, with good permeability, but has limited stability of aggregates. In the absence of organic matter the exchange capacity is low. The fact that the clay content at a depth of 20—50 cm is twice as high as that at 50—80 cm indicates that a small degree of clay formation occured through climatic influence but that no clay illuviation took place. The X-ray examination showed only very small quantities of illite and montmorillonite but a large amount of kaolinite and X-ray amorphous material along with quartz. This is typical for limited soil development.

A topsoil heavily affected by wind movement was examined in the vicinity of Médénine in South Tunisia. It was composed to 93.2 % of light-reddish yellow fine sand and then of equal small percentages of clay, silt and coarse sand. From the distribution of the particles it can be seen that this material was moved by wind.

In addition to the soils already described, stoney brown semi-desert soils also occur in this region.

The Soils of the Xerothermal Arid Desert Periphery with < 100 mm Rainfall

In the very arid desert periphery southeast of the Chott el Djerid near Douz a gypsiferous semi-desert soil was examined. This was at a height of 70 m above sea level where rainfall is < 100 mm (see *Key I. 5*).

This soil is composed of a 60 cm-thick, silty to loamy, light pink to white sand which becomes yellowish at greater depth. It is gypsiferous and slightly rooted. The organic con-

tent amounts to 0.1 % in the topsoil and decreases to 0.0 % below that. With a clay content of between 3.2 and 6.0 % the exchange capacity is 0.4—0.7 meq/100 g, which is very low. The pronounced desert areas were subdivided into sandy-desert and gravelly-desert soils (*Key IV. 14* and *IV. 15*).

Soils of the Valleys and Hollows

The brown calcic soil (vega) (*Key III. 11*), the black "borowina" (*Key III. 12*) and "smonitza" — calcareous alluvial soils — belong to the soils in the valleys and hollows. As an example of these brown alluvial soils containing $CaCO_3$, a calcic soil was chosen from the middle section of the Medjerda valley near Medjez el Bab, an absolutely flat valley site which could not have been affected by eroded material from the valley slopes. It has long been used for cultivation. This soil is widely distributed in the northern part of the study area. It is a brown to reddish-brown calcareous loam to clayey loam, the clay content of which increases with increasing depth. The profile is over a metre thick with polyedric structure, medium stability of aggregates and limited permeability. The soil is devoid of stones and only slightly rooted. With medium concentration of organic substance and relatively high clay content, the exchange capacity is low.

By way of comparison another calcic soil was examined south of Annaba in East Algeria. This location, too, is almost flat, the height being 12 m above sea level with annual rainfall about 700 mm. The profile was dug in an olive and citrus-fruit plantation.

In contrast to the previous profile, this one is composed, down to a depth of 60 cm, of highly permeable, loamy sand which then changes to sandy loam deeper down. This soil is also devoid of stones, well to moderately well rooted, of polyedric structure, good to medium permeability, medium lime content and limited exchange capacity.

The clay-, humus- and lime contents of these soils, however, may vary considerably according to their origin. Old humous surfaces, 60 cm to 120 cm deep and even deeper, can often be found. These are agriculturally valuable soils which are suitable for irrigation due to their situation and depth.

A typical "borowina" profile was chosen on the valley bottom at Béja, 100 km west of Tunis in a flat area with sugar-beet cultivation, 200 m above sea level, with average rainfall 626 mm (see *Key III. 12*).

The soil profile comprises a 60 cm-thick, dark brown silty clay which is well rooted, with good crumb structure, high stability of aggregates and good permeability. Marl occurs at a depth of 60 cm. High proportions of clay and organic substance cause a relatively high exchange capacity. This soil is very similar to the vertisols on the slopes. In spite of their high clay content these soils with an excellent supply of nutrients have good waterstorage and water-delivery properties.

Another typical "borowina" profile with uniformly dark features was examined southwest of Annaba near Douzerville in Algeria. This soil also bears a strong resemblance to the vertisols. The profile is on nearly level ground at a height of 8 m above sea level; annual rainfall is 700 mm. Dark greyish-brown, loamy clay of polyedric structure, medium root penetration and medium permeability occurs down to a depth of over 1.0 m. The lime content is remarkably low. In the clay fraction there was a predominance of caolinite, along with illite, vermiculite and montmorillonite.

The Saline and Saline-Alkali Soils (Key III. 13)

In this Mapping Unit the soils of varying saline concentration and saline composition have been combined. The task of subdividing these according to their degree of salinity, form and melioration capacity must be left to investigations which insolve large-scale mapping over a small area.

Two saline-alkali soils with different degrees of salinity were investigated.

The first occurs 5 km east of Kairouan at a height of 60 m above sea level with about 250 mm rainfall. This soil has only a low degree of salinity (0.43—4.10 mmho at 25 °C). Sulphates predominate. Sand appears in the top 5 cm, below that to a depth of 20 cm there is sandy-loamy silt which at 60 cm changes to silty sand and thereafter to pure sand. The pH-value of this soil is very high; this kind of soil must therefore be thoroughly leached, despite the low total salt concentration, before it can be used for cultivation.

5 km south of Kairouan, at a height of 70 m above sea level, with rainfall about 250 mm, another saline soil was selected. This also has a low degree of salinity, and cereal cultivation is possible here for the time being. In the upper 20 cm conductivity is 6.0 mmho at 25 °C, below that it increases to 11.0, 13.5 and 17.2, and at a depth of 80—100 cm conductivity reaches 29.4 mmho. Sodium chloride and calcium chloride predominate; there are however no free carbonates present, as a result of which the pH-value remains below 9.0. The soil texture is clayey loam which changes to loamy clay at a greater depth.

The extent to which the soil textures of a saline soil may vary with depth was demonstrated at the edge of the Sebkhet es Sedjoumi. Fine sand with saline efflorescence occured in the topsoil, then to a depth of 120 cm there was clayey loam to loamy clay, to a depth of 163 cm clayey-sandy loam, to 230 cm loamy sand, to 250 cm clayey loam, and finally to 4.00 m loamy coarse sand with gypsum crystals.

There is no prospect of melioration in this soil because the groundwater level is too high and drainage too limited.

The Example Areas

For the purpose of more detailed investigations and mapping, three example areas were chosen, one in the north in the middle section of the Medjerda valley, the second in Central Tunisia in the Djebel es Souda area, and the third in the south in the area of the Chott el Djerid-Djebel Sidi bou Helal.

The Medjerda Valley

In the investigation in the Medjerda valley and its peripheral areas special emphasis was laid on the change in the soils as a result of soil erosion. In this area soil erosion has evidently been going on since Roman times after the slope areas were cleared to obtain more arable land (Julien 1961). With increased livestock the population was forced to look for more pasture land, the result being that wooded pastures were then used. Trees and bushes were damaged, the topsoils of the woods reduced and the soil exposed in places to the destructive effects of rain. The natural vegetation regenerates only very slowly after destruction in these areas (Raymond 1961, L. Jung 1965).

The large quantities of washed away material deposited at the lower reaches of the Medjerda have resulted in the enlargement of the river delta by 300 km² since Roman times. The ancient harbour town of Utica[2] is nowadays situated 13 km inland and is no longer connected to the Mediterranean Sea (H. Koch 1959). This study area is in the mesomediterranean zone with winter precipitation. The average rainfall in Medjez el Bab amounts to 408 mm, although considerable variations may often occur. Half the rain falls between November and February. In the summer months from June to August the average rainfall is only 25 mm. The annual temperature averages 18 °C.

As for the geology of this area only calcareous sediments of various formations occur. These sediments differ in carbonate content and hardness (Castany 1959, 1952). Weathering and therefore soil depth and relief depend on the hardness of the basement rock.

On hard limestones there is a predominance of steep precipices and crests on which soil development is severely impeded. In the areas with softer limestones and marls the terrain is more even and soil development more advanced. Where physical weathering is prevalent, scree cones are formed. The erosion processes promote the development of depressions and accretions.

Periodic moisture saturation in the winter months causes slight decarbonatisation of the topsoil as the $CaCO_3$ can move as $Ca(HCO_3)_2$ vertically in the soil for a short distance, being precipitated again as $CaCO_3$. Profiles which are unaffected by lateral movement of material therefore show an increase in the $CaCO_3$ content from the A_h-horizon to the C-horizon.

As a result of the limited period of vegetational growth on the slopes due to lack of water in the summer months, those slopes which are unirrigated receive little protection from vegetation. With only limited development of organic substance, the structure of these soils is not very stable, which is the reason for considerable silting and soil displacement during heavy rain. In this study area there is therefore a predominance of young soils which are impeded in their development by erosion.

Because of the above-described influences, five different soil types varying in location, colour and basement rock can be found here:

1. Transposed terra rossa, calcareous (Mediterranean red earth) on steep slopes under pasture, with high limestone content and also thick cover of stones. This soil type consists of shallow silty loams of medium exchange capacity. Root penetration and permeability reach middle values. Three clay minerals are present here, caolinite, illite and vermiculite.

2. Brown Mediterranean carbonate soil on steep slopes with 30—40 % stone content. This soil is a highly humous, calcareous sandy-silt loam under pasture, and, like the previous example, is protected to a certain extent by a layer of stones. Root penetration and water delivery are good in the shallow profile. The only clay minerals present are caolinite and halloysite.

3. Vertisol (marl rendzina) on an upper slope with 3 % gradient in a cereal-growing area. The dark-brown, loamy clay to sandy-clayey loam, deficient in humus and devoid of

[2] cf. Afrika-Kartenwerk, Series N North Africa (Tunisia, Algeria) Sheet 15, Historical Geography, 1:1 000 000.

stones is about 40 cm thick, slightly rooted and only slightly permeable when moist. The polyedric structure tends to become dispersed and compressed. In spite of low values for the organic substance the exchange capacity is 24.4—25.8 meq/100 g soil. When dried out this soil hardens very quickly. As for clay minerals, montmorillonite is in greater evidence than caolinite.

4. Transposed calcareous terra rossa (Mediterranean red earth) on a low slope with 4 % gradient, 15 % limestone content. Vines and almonds are cultivated on this soil. The dark reddish-brown, only slightly humous, calcareous clayey loam is up to 60 cm thick and lies on a hardened Ca-horizon. With medium values for clay, silt and humus there is a relatively good exchange capacity of 21.2—23.5 meq/100 g soil.

Under present conditions soil erosion is as yet limited. With relatively good crumb stability the water delivery of this soil is good. Surface drainage is greatly reduced. The high lime content of the soil can be accounted for by the accumulations from higher sites. The clay minerals, illite and halloysite are in evidence.

5. Brown carbonate soil, with little humus, at an almost flat site on fallow ground. The calcareous sandy-silty loam, devoid of stones and with little humus, gradually changes at a depth of 20 cm to clayey loam which shows small lime intercalations from a depth of 50 cm. This soil, rooted only to a depth of 40 cm, shows a relatively compact structure with poor water delivery. It is composed of alluvial erosion material from higher sites. With medium clay content and a relatively small proportion of organic substance (0.9—1.2 %), the exchange capacity is low (11.2—11.5 meq/100 g soil).

Caolinite, illite and vermiculite were found here. This soil is widely distributed in the colluvium on the upper slopes in this study area.

The calcic soil referred to in the explanation of the Key also belongs to the above-described valley soils.

The Example Area of Djebel es Souda

A second area was investigated in the xerothermomediterranean zone of Central Tunisia. The average annual rainfall is 200 mm. Here, physical weathering is of even greater significance in soil development than in the more northerly regions. This study area consists of the region around Djebel es Souda and the southern part of Djebel Sidi Khalif between Kairouan and Sbeitla. The light-brown to greyish-brown semi-desert soils, typical of Central Tunisia, occur here along with saline-alkali soils. Rock, skeleton and virgin soils are in evidence in the slope areas of Djebel es Souda and Djebel Sidi Khalif. An eastwards-inclined pediment with a gradient of 2.4—1.0 % extends over a 3 km-wide area behind a pebble zone at the eastern foot of Djebel Sidi Khalif. A semi-desert soil containing pebbles and gravels has formed on this pediment. The percentage of pebbles on the surface rises with increasing proximity to the mountains.

The transition from skeleton soil to the stoney semi-desert soil to the deep semi-desert soil was recorded in a series of profiles. Similar soils were mentioned in the explanation of the Key. Compared with the profiles on the upper slopes, those on the lower slopes and valleys show considerable concentrations of clay and silt. These are clear signs of surface erosion by water, further evidence of which is provided by the proportion of skeletons exposed in the upper slope sections. Moreover the values indicate that wind has had no

serious erosional effect here. In a second series of profiles were recorded yellowish-brown semi-desert soils (loamy to silty calcareous sands) with no profile differentiation and no saline-alkali soils. As the analyses show, soil erosion is reduced when water delivery is good. The particle distributions, however, indicate a high degree of wind erosion. Sodiumchloride salinity dominates in the saline soils.

The Example Area of the Chott el Djerid-Djebel Sidi bou Helal

This southern example area is located in the xerothermal zone in Tunisia with average winter rain of 100 mm on the northwestern edge of the Chott el Djerid. It can be regarded as typical of the peripheral areas of the southern Sebkhas and Chotts.

On the steep slopes of Djebel Sidi bou Helal, situated in the northern part of this area, calcareous sandstone of the Upper Cretaceous can be observed on the surface. Severe physical weathering in its first stage is evident here. Débris fans of cracked rock are formed on the lower slopes. Thereafter there is a gullied hilly zone largely composed of non-calcic coarse sands of the Mio-Pliocene. Soil formation is inhibited here. Behind these hills, along the edge of the Chott, there follows a gently-inclined belt of aeolian sand mounds which vary in height between 0.30 m and 1.0 m and are slightly saline. These aeolian sand mounds were formed by fine-sand accretion around low bushy plants during sand-drifting. According to Novikoff (1961) these plants belong to the *Sueda fruticosa* var. *longifolia* and *Hedysarum carnosum* communities in xerothermal areas. *Lannaea residifolia, Trigonella maritima* and more rarely *Stipa retorta* are also in evidence. *Atractylis cancelata* and *Reaumuria vermiculata* predominate on wind-blown gypsiferous material. Along with a large proportion of fine sand, these loamy sands show relatively large quantities of silt (33.8—43.9 %). Sodium chloride is the predominant salt.

In the immediate shelter of the date palms on the periphery of the oases, there are occurrences of narrow hill-less belts of saline vegetation where *Salicornia* and *Salsola* species grow. Saline encrustation can only be observed there in summer. The groundwater level in this belt on the southern edge of the Tozeur oasis was found at a depth of 1.20 m at the end of March. During the summer months, considerable capillary rise, and rapid evaporation result in a concentration of salt on the surface.

With groundwater fluctuations of 60 cm a typical gley formation can be observed. The loose, sandy loam at this oasis periphery changes at a depth of 22 cm to silty sand/sandy silt. With only slight root penetration the soil naturally shows limited stability of aggregates but good water delivery.

At a temperature of 25 °C conductivity varies from 144 mmho at the surface to 22 mmho at a depth of 60—80 cm. Magnesium chloride and magnesium sulphates predominate. A second soil profile was examined in the 6 km-wide zone devoid of vegetation and mounds, where there is no salt crust. In this area there is a far higher degree of salinity than in the hilly zone. The soil there is a neutral saline soil with mainly sodium-chloride salinity. At a depth of 20 cm the silty sand changes to silt, and from 64 cm to loamy sand. With clay percentages of between 8.0 and 16.6 % and concentrations of organic substance varying between 0.4 and 0.75 %, the exchange capacity lies between 0.8 and 10.1 meq/100 g soil. An almost uniform salt distribution can be observed in the whole profile. This changes, however, with greater evaporation and capillary rise, in summer.

At the end of this series of profiles, the topsoil of the adjacent Chott was examined under a 2 cm-thick salt crust. Lying under this crust is silty sand which is initially, as a reduction horizon, coloured black (Fe-sulphide) and then brownish-yellow as from 5 cm. In March, groundwater was at a depth of 25 cm. Electrical conductivity in this 2—25 cm layer amounts to 180 mmho at a temperature of 25 °C. Sodium chloride and sodium sulphate predominate, while soluble carbonates are entirely absent. The exchange capacity is 0.77 meq/100 g soil. The soil here is also a neutral saline soil.

Résumé

La feuille 4, Pédologie, de la série N «Afrique du Nord» de l'AFRIKA-KARTENWERK, à l'échelle 1 : 1 000 000, couvre la partie septentrionnale et centrale de la Tunisie ainsi que la partie orientale de l'Algérie. Les zones climatiques suivantes sont à distinguer:

1. la région mésoméditerranéenne avec des précipitations > à 700 mm
2. la région mésoméditerranéenne avec une longue période sèche et des précipitations comprises entre 500 et 700 mm
3. la région thermoméditerranéenne avec des précipitations comprises entre 300 et 500 mm
4. la région xérothermoméditerranéenne avec des précipitations comprises entre 100 et 300 mm
5. la région limitrophe xérothermique aride avec des précipitations < à 100 mm

La roche géologique de base de la pédogenèse est constituée essentiellement par du calcaire d'une dureté différente, de même qu'au Nord par des formations de grès et de roches magmatiques et également métamorphiques.

En outre, il faut souligner l'influence de l'homme sur la végétation et les sols. Ces derniers sont soumis, en partie à cause de leur faible couverture, à de forts déplacements.

Pour la caractérisation des types de sol, on a appliqué principalement le système de classification de KUBIENA (1953).

Méthodes appliquées

Parallèlement à l'examen approfondi des photographies aériennes ainsi que celui des profils représentatifs effectué sur le terrain (végétation, pente, horizons et structure du sol, sa pénétration par des racines, sa teneur en roche et en gravier, roche-mère et eaux souterraines) un échantillon du sol, prélevé dans les profils, a été analysé en fonction des valeurs suivantes:

1. Valeurs chromatiques à l'état humide, d'après MUNSELL (1954).
2. Texture du sol (granulométrie par la méthode de pipette d'après Köhn (M. KÖHN 1928) et tamisage à l'état humide avec dispersion dans 4 % «Calgon»). Les pourcentages indiqués de la fraction se réfèrent aux grosseurs suivantes:

— argile	< 0,002	mm de diamètre de la particule
— limon	0,002—0,06	mm de diamètre de la particule
— sable fin	0,06 —0,2	mm de diamètre de la particule
— sable grossier	0,2 —2,0	mm de diamètre de la particule

3. Les teneurs en matière organique du sol ont été déterminées d'après RAUTERBERG & SANDHOFF (1951).
4. L'étude volumétrique du gaz CO_2, selon la méthode SCHEIBLER (1951) a servi pour la détermination des parts du carbonate de calcium.
5. La conductivité électrique (concentration saline globale) ainsi que les analyses spéciales des sols salins et alcalino-salins ont été effectués d'après L. A. RICHARDS (1954).
6. La capacité d'échange de cations a été déterminée d'après MEHLICH (1948).

Description des sols

Sols dans la région mésoméditerranéenne avec des précipitations inférieures à 700 mm

Font partie de celle-ci, en premier lieu, les sols non-calcaires, ou encore pauvres en calcaire, de la région côtière du Nord (voir *légende II. 8, II. 9* et *II. 10*)[1].

Ces derniers ne forment pas un groupe homogène, mais parmi eux il faut compter, d'une part, les sols humo-silicatés des montagnes et, d'autre part, des sols transformés en pseudogley et en podzols, en grande partie des reliques, ainsi que des sols rouges lithochromiques, les terres rouges et les sables non-calcaires de la côte. Comme exemple pour les sols humo-silicatés il a été choisi, d'une part, un pareil sol sur granit près de Chetaïbi (Herbillon), Algérie du Nord, à une hauteur de 180 m au-dessus du niveau de la mer, avec appr. 900 mm de précipitations moyennes annuelles, sous forêt de chêne-liège, ainsi que, d'autre part, un pareil sol sur un équivalent de basalte, au Sud de la rivière Sedjenane, sous maquis, entre 400 et 500 m au-dessus du niveau de la mer, avec une moyenne annuelle de précipitations de 800 à 1000 mm. Ces deux sols se distinguent par leur faible profondeur, leur structure friable et par une bonne pénétration par des racines.

Le sol humo-silicaté (voir *légende II. 9*) sur basalte possède une grande part appropriée en matière organique et un fort enrichissement en argile correspondant (terre glaise limoneuse) et par suite une capacité d'échange relativement forte.

Par contre, le sol sur granit (terre glaise en fines particules) (voir *légende II. 9*) montre une meilleure perméabilité.

Dans ce groupe il faut compter aussi les sols rouges lithochromiques et terres rouges sur grès rouge acide, sables et hématites (voir *légende II. 8*). Ces sols ont été dénommés ainsi, suivant le modèle de Gračanin (1960). Ils tirent leur coloration et leur texture de la roche-mère.

Une coupe a été faite sur grès rouge au sud-est de Tunis, sur le versant ouest du Djebel Ressas, sous maquis, à une hauteur de 470 m au-dessus du niveau de la mer, avec 700 mm de précipitations. Il s'agit d'une terre glaise d'une profondeur de 14 cm, acide, sableuse, avec une structure polyédrique, qui se transforme plus en profondeur en sable glaiseux. Le profil est faiblement humique, bien pénétré par des racines et se termine à 31 cm de profondeur sur la roche-mère.

Un sol qui s'est formé sur hématite a été choisi dans le nord-ouest de la Tunisie, sur le versant Nord du Djebel Abiod, sous une végétation de chêne-liège.

Il se trouve à une altitude de 350 m au-dessus du niveau de la mer, avec une moyenne annuelle de précipitations entre 800 et 1000 mm. Il s'agit d'une terre glaise acide, sableuse, avec une structure polyédrique et avec une grande stabilité d'agrégats. Bien qu'elle soit bien pénétrée par des racines, elle est plus compacte et moins perméable que le sol rouge lithochromique sur du grès. La capacité d'échange et la teneur en matière organique sont faibles.

Les sables meubles non-calcaires de la côte ainsi que les sables éoliens non-calcaires de la région septentrionnale sont également décrits dans ce chapitre (voir *légende II. 10*).

[1] Renvoi aux unités de levés cartographiques sur la feuille 4, pédologie, de la série N, «Afrique du Nord» (Tunisie, Algérie) de l'Afrika-Kartenwerk à l'échelle 1 : 1 000 000

Le sable éolien de Tabarka qui a été amassé par le vent sur les sables de la côte à une altitude de 20 m au-dessus du niveau de la mer, avec des précipitations de 1200 mm, possède une structure particulaire meuble, sans masticage ferrugineux, avec prédominance de sable fin. La perméabilité est très grande. Ces sables non-calcaires se trouvent sur des étendues plus grandes et fermées à l'est d'Annaba jusqu'à Cap Rosa, et sous forme isolée dans la région d'El Kala. On les trouve sur une plus grande étendue à l'est de Tabarka, alors qu'on les retrouve sous forme isolée dans la région de Cap Serrat et de Rass El Koran. Près de Menzel Djemil, Soliman, Zaouiet-Azmour, Grombalia et Nabeul ils recouvrent de plus grandes étendues. Etant donné que ces sables portent le plus souvent pas ou peu de végétation, ils sont fortement déplacés par le vent et changent de ce fait beaucoup dans leur épaisseur.

Sols de la région mésoméditerranéenne avec une longue période sèche, avec des précipitations entre 500 et 700 mm

Dans cette région on trouve les vertisols (voir *légende I. 7*). Il s'agit de sols humo-carbonatés foncés, le plus souvent noirs, riches en argile et d'une profondeur moyenne, sur marne et sur des conglomérats de marne calcaire, lesquels résistent relativement bien à l'érosion de l'eau. Ces sols se trouve dans la région des montagnes et des collines. Ils se sont formés en Tunisie, surtout dans la région de Béja et au Nord de Téboursouk, mais aussi dans les montagnes limitrophes de la Medjerda près de Toukabeur; en Algérie on les trouve aux alentours de Constantine. Un profil au Nord de Béja, à une hauteur de 230 m au-dessus du niveau de la mer, avec 626 mm de précipitations moyennes annuelles peut être décrit comme suit: de la terre glaise argileuse, fortement calcaire, ici d'une épaisseur de 45 cm, très plastique, modérément pénétrée par des racines, peu perméable à l'état humide. A une profondeur de 45 cm on rencontre de la marne.

La capacité d'échange se situe, par suite d'une proportion moyenne en matière organique, entre 10 et 14 mval/100 gr de sol. La disposition des grosseurs des particules est très différente dans ces sols et dépend surtout de la dureté variable et de la granulation de la roche-mère. Il s'agit là probablement de terrains jadis et durant de longues périodes couverts de forêts, et sur lesquels il a pu se former de l'humus. Parmi les colloides d'argile, des Montmorillonites dominent.

Sols de la région thermoméditerranéenne avec des précipitations comprises entre 300 et 500 mm

A ce groupe appartiennent non seulement le sol rouge calcaire méditerranéen déplacé (voir *légende I. 6*) mais aussi des sols carbonatés méditerranéens bruns-gris et bruns, de profondeur moyenne, ainsi que leurs reliques de faible épaisseur sur du calcaire, de la marne calcaire et de la marne (voir *légende I. 4*). Dans l'unité cartographiée «Sols carbonatés méditerranéens, brun-clair, bruns et gris-bruns» (voir *légende I. 3*) se trouvent aussi de petites étendues de reliques de sol rouge méditerranéen ainsi que des taches de sol vierge, calcaire et marneux. Le sol rouge calcaire méditerranéen déplacé apparaît plus souvent que les vraies formes non-calcaires et non-déplacées sur de la roche calcaire. Ils s'étendent, avant tout, dans la zone des collines au bord de la vallée de la Medjerda dans la région de la Miliane, de la Siliana ainsi que dans la

région du Cap Bon. Il a été choisi, en tant que profil représentatif, un sol rouge déplacé sur un champ de céréales, dans la zone des collines près de Medjez el Bab sur la Medjerda moyenne, à une altitude de 70 m au-dessus du niveau de la mer, avec des précipitation moyennes annuelles de 408 mm.

Il s'agit d'une terre glaise argileuse colluviale, de couleur rouge-brune à rouge, de structure polyédrique et d'une grande plasticité. Ce sol est bien pénétré jusqu'à une profondeur de 20 cm, là-dessous, il est peu pénétré par des racines et montre peu de perméabilité à l'état humide. La teneur en matière organique et en $CaCO_3$ est relativement élevée.

En cette région, ce sont pourtant les sols carbonatés méditerranéens bruns à gris-bruns qui ont une plus grande importance; apparemment ils sont encore plus en formation sous le climat actuel.

Comme exemple pour les sols carbonatés méditerranéens bruns il a été procédé à une analyse d'un sol à Fondouk Choucha, Tunisie du Nord, sur du calcaire miocène, et d'un autre, entre Bouchegouf (Duvivier) et Mechroha (Laverdure) en Algérie de l'Est.

Pour le premier sol, il s'agit d'une terre glaise sableuse, riche en calcaire, dans une jeune oliveraie, à une altitude de 43 m au-dessus du niveau de la mer, avec environ 400 mm de précipitations annuelles. Sous l'effet de l'érosion, la profondeur de ce sol varie beaucoup sur les versants. Tout en ayant une pénétration moyenne par des racines, une structure polyédrique et une teneur moyenne en calcaire, ce sol possède une bonne perméabilité. Vu la teneur relativement basse en matières organiques, la capacité d'échange de ce sol est faible.

Le sol étudié en Algérie de l'Est sur un champ de blé, à une altitude de 230 m au-dessus du niveau de la mer et avec des précipitations de 500 mm, montre une terre glaise argileuse, de structure granuleuse et polyédrique. La teneur en limon ainsi que la proportion de marne diminuent à partir d'une profondeur de 50 cm. A partir de 80 cm on rencontre du conglomérat de marne. A l'état humide ce sol a une faible perméabilité. Avec une teneur moyenne en matières organiques dans l'horizon humifère, une grande proportion d'argile et de $CaCO_3$, la capacité d'échange est plus élevée que dans le sol précédent.

Ces sols sont fortement sujet à érosion.

Sols de la région xérothermoméditerranéenne avec des précipitations comprises entre 100 et 300 mm

Dans cette région, avec une quantité globale de précipitations plus basse et une période sèche plus longue, l'action mécanique de décomposition prévaut sur les processus chimiques. La faible teneur en argile de ces sols est caractéristique. Ici prédominent les déplacement éoliens par rapport à l'érosion de l'eau. Des sols squelettiques et de la roche à fleur de terre y sont plus répandus que dans les régions septentrionnales à plus fortes précipitations.

Dans l'unité cartographiée «Sols vierges sur calcaire, conglomérats calcaires, marnes et gypse» il faut aussi comprendre les sols décomposés, de faible profondeur, des régions des collines et des régions marginales des zones xérothermoméditerranéennes et des zones marginales des déserts qui ne sont plus soumis à une évolution sous le climat actuel (voir *légende I. 2*). Il s'agit souvent de sables poudreux, glaiseux, riches en

calcaire, de couleur jaune-brune et de faible épaisseur. De hautes teneurs en sable sont typiques pour ces sols. Ils sont très sujets à érosion quand la protection par la végétation manque.

Ce n'est pas seulement dans cette zone climatique mais aussi en partie dans les régions thermo- et mésoméditerranéennes que se sont formés des sols vierges pierreux, sur calcaire, sur conglomérats, sur marne, sur gypse et sur matériaux de débris. Au Sud de la ligne Sousse-Kasserine, des sols semi-désertiques s'étendent jusque dans les régions marginales du désert, bien que la transition ne soit pas nette.

Un profil caractéristique pour ces sols a été étudié près du Djebel Sidi-Khalif. Cette coupe se trouve sur un terrain de culture céréalière extensive situé à une altitude de 220 m au-dessus du niveau de la mer, avec 200 mm de précipitations annuelles. L'horizon supérieur était en partie déplacé par le vent.

Le sable argileux à glaiseux, d'une épaisseur d'environ 80 cm, de couleur brune claire et contenant du $CaCO_3$, est faiblement pénétré par des racines avec une bonne perméabilité, mais ne possède qu'une stabilité d'agrégats faible. La capacité d'échange n'est pas élevée à cause de l'absence de matières organiques. La proportion presque double en argile, à une profondeur de 20 à 50 cm par rapport à celle de 50 à 80 cm, montre que, d'un côté, il y a eu une faible formation d'argile sous l'influence climatique, et que, d'autre côté, il n'y a pas eu d'apport en argile par l'eau. L'examen radioscopique n'a montré que de très petites quantités en illite et en montmorillonite, mais par contre, beaucoup de kaolinite et de matériaux, amorphes aux rayons x, en plus de quartz. Ceci est caractéristique pour une faible évolution du sol.

L'horizon supérieur, déplacé fortement par le vent, de la même unité cartographiée dans la région de Médénine, Tunisie du Sud, a été analysé. Ce sol était composé à 93,2 % de sable fin rougeâtre clair-jaune avec, en proportion égale, de l'argile, du limon, et du pur sable. La granulométrie montre clairement qu'ici, il s'agit de matériaux transportés par le vent.

En plus des sols décrits, on trouve, dans cette région aussi, des sols semi-désertiques bruns pierreux.

Sols de la région xérothermique aride, limitrophe du désert, avec des précipitations inférieures à 100 mm

Dans la région marginale du désert très aride il a été étudié un sol semi-désertique gypseux au Sud-Est du Chott el Djerid près de Douz. Il est situé à une altitude de 70 m au-dessus du niveau de la mer, avec une précipitation inférieure à 100 mm (voir *légende I. 5*).

Ce sol est composé d'un sable limoneux à glaiseux, gypseux de couleur rose claire à blanche, et légèrement jaunâtre à une plus grande profondeur. Il a une épaisseur de 60 cm et est faiblement pénétré par des racines. Sa teneur en matières organiques est dans l'horizon supérieur de 0,1 % et se réduit en profondeur à 0,0 %. La capacité d'échange se situe, avec une proportion d'argile entre 3,2 et 6,0 %, à environ 0,4 à 0,7 mval/100 gr de sol, c. à d. extrêmement basse. Les terrains nettement désertiques ont été subdivisés en «Sols du désert de sable» et «Sols du désert de gravier» (voir *légende IV. 14* et *IV. 15*).

Sols des vallées et des dépressions

Parmi les sols dans les vallées et les dépressions, il faut compter dans cette région la vega calcaire brune (voir *légende III. 11*), la «Borovina» noire (voir *légende III. 12*) et la «Smonitza», des sols alluviaux calcaires. Il a été choisi, en tant qu'exemple pour les sols alluviaux bruns contenant du $CaCO_3$, une vega calcaire de la vallée moyenne de la Medjerda près de Medjez el Bab. Il s'agit d'un fond de vallée complètement plat qui n'a pas pu être modifié par des matériaux d'érosion des versants. Ce terrain est utilisé depuis longtemps pour l'agriculture. Ce sol est très étendu dans la partie septentrionnale de la zone d'étude. Il s'agit d'une terre glaise calcaire à argileuse, brune à brune-rouge dont la teneur en argile croît avec la profondeur. Le profil a une épaisseur de plus d'un mètre avec une structure polyédrique, une stabilité d'agrégats moyenne et une perméabilité faible. Le sol est sans pierres et peu pénétré par des racines. La capacité d'échange est faible avec une teneur moyenne en matières organiques et une proportion relativement élevée en argile.

Par comparaison, une autre vega calcaire au Sud d'Annaba, dans l'Est algérien, a été étudiée. L'emplacement est également presque plat, l'altitude est de 12 m au-dessus du niveau de la mer, avec environ 700 mm de précipitations annuelles. Le profil a été creusé dans une plantation d'oliviers et d'agrumes.

Contrairement au profil précédent, il s'agit ici, jusqu'à une profondeur de 60 cm, de sable glaiseux, bien perméable, qui se transforme en terre glaise sableuse seulement à une plus grande profondeur. Ce sol est également sans pierres, bien à moyennement pénétré par des racines, d'une structure polyédrique, d'une bonne à moyenne perméabilité, d'une teneur moyenne en calcaire et d'une faible capacité d'échange.

Pourtant, la teneur en argile, en humus et en calcaire dans ces sols peut varier dans une large mesure suivant leur genèse. On rencontre souvent de vieilles surfaces humifères à 60 cm jusqu'à 120 cm et plus de profondeur. Il s'agit là de sols agricoles d'un grand prix qui, en raison de leur site et de leur profondeur, peuvent être irrigués facilement.

Un profil caractéristique de «Borovina» a été choisi dans le fond de la vallée de Béja, 100 km à l'Ouest de Tunis, sur un emplacement plat, sous une culture de betterave à sucre. Il se trouve à 200 m au-dessus du niveau de la mer, avec en moyenne 626 mm de précipitations (voir *légende III. 12*).

Il est question ici d'argile limoneuse brun-foncé, d'une épaisseur de 60 cm, qui est bien pénétrée par des racines, qui possède une structure granuleuse, une grande stabilité d'agrégats ainsi qu'une bonne perméabilité. De la marne calcaire jaune-clair se rencontre à partir de 60 cm. Une proportion élevée en argile et en matières organiques entraîne une capacité d'échange relativement grande. Ce sol ressemble beaucoup aux vertisols sur les versants. Malgré leur grande teneur en argile, ces sols ont de bonnes capacités d'accumulation et d'écoulement d'eau, tout en ayant un bon approvisionnement en substances nutritives.

Un autre profil typique de «Borovina» avec une empreinte foncée régulière a été étudié au Sud-Ouest d'Annaba, près de El-Hadjar (Duzerville) en Algérie. Ce sol ressemble également beaucoup aux vertisols. Le profil est situé dans un terrain presque plat, à une altitude de 8 m au-dessus de la mer, avec 700 mm de précipitations annuelles. On trouve ici, jusqu'à plus d'un mètre de profondeur, de l'argile glaiseuse gris-brun foncé, d'une structure polyédrique, d'une pénétration moyenne par des racines et d'une perméabilité

moyenne. La teneur en calcaire est remarquablement basse. Dans la partie argileuse on a remarqué, outre de l'illite, de la vermiculite et de la montmorillonite avec prédominance de kaolinite.

Sols salins et alcalino-salins (voir *légende III. 13*)

Dans cette unité cartographiée on trouve réunis des sols de différentes concentrations et compositions salines. Il faut laisser le soin à des levés cartographiques détaillés, sur petites étendues, pour subdiviser ces sols suivant leur degré de salinité, la forme du sel ainsi que leur capacité d'amélioration.

Deux sols alcalino-salins d'un degré différent de salinité ont été étudiés.

Le premier se trouve à 5 km à l'Est de Kairouan, à une hauteur de 60 m au-dessus du niveau de la mer, avec environ 250 mm de précipitations. Ce sol n'est que légèrement salin (0,43—4,10 mS à 25 °C). Les sulfates prédominent. Dans les 5 premiers centimètres apparaît du sable, au-dessous et jusqu'à 20 cm, du limon sableux-glaiseux qui se transforme, à 60 cm de profondeur, en sable limoneux et finalement en sable. La valeur pH de ce sol est relativement élevée. C'est pourquoi et malgré sa faible concentration globale de sel, il doit être lavé soigneusement s'il est envisagé de cultiver un tel sol.

5 km au Sud de Kairouan, à 70 m au-dessus du niveau de la mer, avec des précipitations d'environ 250 mm, un sol également faiblement salin a été analysé sur lequel actuellement la culture de céréales est encore possible. La conductivité dans les premiers 20 cm est d'environ 6,0 mS à 25 °C, au-dessous, elle monte à 11,0, 13,5, 17,2 et, entre 80 et 100 cm, à 29,4 mS. Des chlorures de sodium et de calcium prédominent, mais il n'y a pas de carbonates libres; c'est pourquoi les valeurs pH restent au-dessous de 9,0. La texture du sol est formée de terre glaise argileuse qui, en plus grande profondeur, se transforme en argile glaiseuse.

Il a été montré au bord du Sebkhet es Sedjoumi comment les textures d'un sol salin peuvent varier avec la profondeur. Là, dans l'horizon supérieur, on trouvait du sable fin avec efflorescences salines, puis, et jusqu'à 120 cm de profondeur, il y avait de la terre glaise argileuse tirant sur l'argile glaiseuse, et jusqu'à 163 cm de la terre glaise argileuse-sableuse, et ensuite venait, jusqu'à 230 cm, du sable glaiseux suivi, jusqu' à 250 cm, de terre glaise argileuse et enfin, jusqu'à 4,00 m de profondeur, on trouvait du sable grossier glaiseux avec des cristaux gypseux.

Pour ce sol, il n'existe aucune chance d'amélioration parce que le niveau des eaux souterraines est trop élevé et le drainage est insuffisant.

Régions prises en exemple

Pour des études et des levés cartographiques plus approfondis, 3 régions ont été choisies pour servir d'exemple, c'est à dire, une, dans le Nord dans la zone de la vallée moyenne de la Medjerda, une deuxième, en Tunisie Centrale près du Djebel es Souda et enfin une troisième, dans le Sud, dans la zone du Chott el Djerid-Djebel Sidi bou Helal.

Le cas de la vallée de la Medjerda

Lors de l'étude dans la vallée de la Medjerda et ses régions limitrophes, il a été avant tout

accordé une grande importance à la transformation des sols par l'érosion. Dans cette région, l'érosion du sol a donné toute sa mesure, comme on peut le démontrer, depuis les temps des Romains, après que les versants aient été défrichis pour gagner des terrains supplémentaires pour la culture (JULIEN 1961). L'élevage plus intense a obligé la population à chercher d'autres terrains de pâturage, pâturage de forêts p. ex. Des arbres et des arbustes furent endommagés, les couches superficielles de la forêt ont regressé ce qui a créé d'autres points d'attaque pour l'effet dévastateur des précipitations. Dans ces régions, la végétation naturelle ne se renouvelle que très difficilement après sa destruction (RAYMOND 1961, L. JUNG 1965).

Les grandes quantités de matériaux transportés qui se sont déposés dans le cours inférieur de la Medjerda ont abouti au fait que ce fleuve a pu élargir son delta de 300 km² depuis l'époque romaine. Le port antique d'Utica[2] est aujourd'hui situé 13 km à l'intérieur des terres et n'a plus aucune communication avec la Méditerranée (H. KOCH 1959). La zone d'étude se trouve dans une région mésoméditerranéenne au climat d'hiver humide. A Medjez el Bab il y a en moyenne, calculée sur plusieurs années, 408 mm de précipitations. Pourtant, de fortes variations peuvent survenir. La moitié des précipitations tombe pendant les mois de Novembre à Février. Au cours des mois d'été, Juin à Août, on n'enregistre en moyenne que 25 mm. La température moyenne annuelle est d'environ 18 °C.

Du point de vue géologique, on trouve dans cette région prise en exemple des sédiments calcaires de différentes périodes qui se différencient par leur teneur en carbonate et par leur dureté (CASTANY 1951, 1952). De la dureté de la roche-mère dépendent la désagrégation, et par là-même, la profondeur du sol et le relief.

Dans les roches calcaires dures, prédominent des pentes abruptes et des crêtes où la pédogenèse est fortement gênée. Dans la région à roche calcaire plus tendre et à marne, le terrain est vallonné plus faiblement et la pédogenèse est plus avancée. La désagrégation physique prédominante conduit à la formation de cônes de déjection. Les processus d'érosion entraînent la formation de formes creuses et des remblaiements.

L'imprégnation périodique, pendant les mois d'hiver, provoque une faible décarbonisation de l'horizon supérieur du sol, transformant par là le $CaCO_3$ en $Ca(HCO_3)_2$ qui peut se déplacer sur une courte distance, verticalement dans le sol, pour être ensuite de nouvau précipité en $CaCO_3$. Des profils, qui n'ont pas été influencés par un déplacement latéral des éléments, montrent par conséquent, de l'horizon A_h jusqu'à l'horizon C, une augmentation de la teneur en $CaCO_3$.

En raison d'une période de végétation, limitée sur les versants à cause d'un manque d'eau pendant les mois d'été, les sols des pentes non-irrigués sont peu protégés par la végétation. Etant donné la formation faible de matières organiques, la structure de ces sols n'est pas très stable. C'est pourquoi, lors de fortes pluies, il y a un grand envasement et transport. C'est ainsi qu'on rencontre dans la zone d'étude, le plus souvent des sols jeunes qui sont gênés dans leur évolution.

A cause des influences décrites, 5 types de sol prédominent dans cette zone, et se distinguent par leur emplacement, leur couleur et leur roche-mère:

[2] Voir à cet effet aussi AFRIKA-KARTENWERK, série N «Afrique du Nord» (Tunisie, Algérie) feuille 15, Géographie historique, 1:1 000 000.

1. Sol rouge calcaire déplacé (terre rouge méditerranéenne) sur pente raide sous pâturages avec une proportion élevée en calcaire et portant également une forte couverture de pierres. Il s'agit de terres glaises limoneuses à faible profondeur et d'une capacité d'échange moyenne. La pénétration par des racines et la perméabilité atteignent des valeurs moyennes. En tant que minerais d'argile on trouve de la kaolinite, de l'illite et de la vermiculite.

2. Des sols carbonatés méditerranéens bruns sur pente raide avec une teneur en pierres de 30 à 40 %. Dans l'exemple décrit, il s'agit de terre glaise sableuse-limoneuse, calcaire, fortement humifère, sous pâturages. De même que le sol précédent, ce sol est protégé jusqu'à un certain degré par une couverture de pierres. La pénétration par des racines et l'écoulement de l'eau sont bons dans ce profil de faible profondeur. Outre la kaolinite on y trouve l'halloïsite comme minerais d'argile.

3. Vertisol (rendzines de marne) sur la partie supérieure d'un versant avec une pente de 3 % sur un champ céréalier. L'argile glaiseuse brun-foncé, pauvre en humus, sans pierres, tirant vers la terre glaise argileuse-sableuse, a une épaisseur de 40 cm, est faiblement pénétrée par des racines et ne présente qu'une faible perméabilité à l'état humide. La structure polyédrique a tendance à s'amolir et à se comprimer. Malgré de faibles valeurs pour la matière organique, la capacité d'échange se situe entre 24,4 et 25,8 mval/100 gr de sol. Quand il y a dessèchement, ce sol s'endurcit rapidement. Dans les minerais d'argile c'est la montmorillonite qui prédomine par rapport à la kaolinite.

4. Sol rouge déplacé, calcaire (terre rouge méditerranéenne) au bas d'une pente avec une inclinaison de 4 % avec une teneur en roche calcaire de 15 %, sous culture de vignobles et d'amandiers. La terre glaise argileuse, brun-rougeâtre foncé, faiblement humifère, calcaire, atteint une profondeur de 60 cm et repose sur un horizon de Ca durci. Avec des valeurs moyennes en argile, en limon et en humus, la capacité d'échange relativement bonne se situe entre 21,2 et 23,5 mval/100 gr de sol.

Dans la situation actuelle, l'érosion n'agit plus que faiblement. Avec une stabilité granuleuse relativement bonne, l'écoulement de l'eau dans ce sol est bon. L'écoulement superficiel est fortement réduit. La haute teneur en calcaire de ce sol s'explique par l'enrichissement venant de sites plus élevés. En tant que minerais d'argile il y a l'illite et l'halloïsite.

5. Sol carbonaté brun, pauvre en humus, dans un emplacement presque plat sur jachère non travaillée. La terre glaise sableuse-limoneuse, calcaire, pauvre en humus, sans pierres, se transforme graduellement, à 20 cm de profondeur, en une terre glaise argileuse qui, à partir de 50 cm, montre de petits dépôts calcaires. Ce sol n'est pénétré par des racines que jusqu'à une profondeur de 40 cm; il montre une structure relativement comprimée et un mauvais écoulement de l'eau. Il s'agit de matériaux d'érosion alluviaux provenant d'emplacements plus élevés. Avec une teneur moyenne en argile et une proportion relativement faible en matière organique (0,9 à 1,2 %) ce sol a une capacité d'échange basse (11,2 à 11,5 mval/100 gr de sol).

Comme minerais d'argile, on a trouvé ici de la kaolinite, de l'illite et de la vermiculite. Ce sol est très fréquent dans le colluvium, sur les bas-versants dans la zone d'étude.

A ces sols ici décrits, s'ajoute, dans les vallées, la vega calcaire commentée dans l'explication de la légende.

Le cas du Djebel es Souda

On a étudié un deuxième exemple dans la région xérothermoméditerranéenne de la Tunisie Centrale. Les précipitations moyennes annuelles atteignent ici environ 200 mm. Dans la pédogenèse dominent ici la désagrégation physique encore plus que dans les zones septentrionnales. La zone d'étude comprend les alentours du Djebel es Souda et la partie sud du Djebel Sidi Khalif entre Kairouan et Sbeitla. Là, on trouve les sols semi-désertiques brun-clair à gris-bruns, si caractéristiques pour la Tunisie Centrale, à côté des sols alcalino-salins. Sur les versants du Djebel es Souda et du Djebel Sidi Khalif affleurent de la roche, des sols squelettiques et des sols vierges. Au pied oriental du Djebel Sidi Khalif s'étend, derrière une zone d'éboulis, un glacis d'une inclinaison de 2,4 à 1,0 % vers l'Est sur une largeur de 3 km en moyenne. Sur ce glacis s'est formé un sol semi-désertique contenant du gravier et des matériaux d'éboulis. Plus on s'approche de la montagne, la proportion en éboulis à la surface augmente.

Le passage du sol squelettique à un sol semi-désertique riche en pierres et ensuite au sol semi-désertique à grande profondeur, a été représenté dans une suite de profils. Des sols semblables ont été décrits dans l'explication de la légende. Dans les profils des bas-versants et des vallées, il peut être observé un fort enrichissement en argile et en limon par rapport aux profils des versant supérieurs. Ce sont là des signes évidents d'une érosion en surface par l'eau, qui est visible dans les fractions squelettiques mises à nu dans les parties supérieures des versants. Les valeurs indiquent d'ailleurs qu'il n'y a pas eu d'action de l'érosion éolienne. Dans une autre série de profils ont été compris des sols semi-désertiques bruns-jaunâtres (des sables calcaires glaiseux à limoneux) sans différenciation de profil et des sols alcalino-salins. Comme le montre les analyses, l'érosion du sol par l'eau régresse quand l'écoulement de l'eau dans le sol est bon. La granulométrie indique par contre une forte érosion éolienne. Dans les sols salins domine le chlorure de sodium.

Le cas du Chott el Djerid-Djebel Sidi bou Helal

Cette région méridionale prise en exemple est située dans la zone xérothermique de la Tunisie avec une moyenne de 100 mm de précipitations hivernales calculée sur plusieurs années, à la bordure Nord-Ouest du Chott el Djerid. Ce cas peut être considéré comme étant typique des régions limitrophes méridionales des sebkhas et des chotts.

Sur les versants raides du Djebel Sidi bou Helal, qui s'élève dans la partie nord de la zone, affleure le grès calcaire du Crétacé supérieur. Ici on ne peut observer qu'une forte désagrégation physique dans son stade initial. Sur les bas-versants se forment des accumulations d'éboulis provenant de l'éclatement des roches. Puis vient une zone de collines, sillonnée par des rigoles, formée surtout de sable grossier non-calcaire du mio-pliocène. Derrière ces collines suit, le long du bord du Chott, une ceinture à faible pente où se sont formées des collines de sable éolien faiblement salin d'une hauteur de 30 cm à 1,0 m. Cette zone a une largeur de 3 km en moyenne. Les monticules de sable éolien se sont formés à la suite d'ensablements par dépôt de sable fin autour de plantes buissonneuses basses qui appartiennent selon Novikoff (1961), dans la zone xérothermique, aux groupes *Sueda fruticosa* var. *longifolia* et *Hedysarum carnosum.* A côté, il existe aussi la *Lannaea residifolia,* la *Trigonella maritima* et, plus rarement, la *Stipa retorta.* Là où le vent a apporté des matériaux gypseux dominent l'*Atractylla cancelata* et la *Reaumuria vermiculata.* Ces sables glai-

seux montrent, outre beaucoup de sable fin, des quantités relativement importantes de limon. Dans les sels dominent le chlorure de sodium.

Directement dans l'abri du vent des palmiers dattiers, au bord des oasis, existent d'étroites ceintures de végétation halophyte, sans formation de collines. Là, des espèces *Salicornia* et *Salsola* réussissent bien. La formation d'une croûte saline ne s'observe là qu'en été. Le niveau des eaux souterraines dans cette ceinture, au bord Sud de l'oasis de Tozeur, s'est situé à fin Mars à 1,20 m de profondeur. Durant les mois d'été il se produit, lors d'une forte montée capillaire et d'une rapide évaporation, un dépôt de sel à la surface.

Avec une variation de 60 cm du niveau de la nappe phréatique, on observe une formation typique de gley. La terre glaise meuble sableuse dans cette région en bordure d'oasis se transforme, à 22 cm de profondeur, en sable limoneux tirant vers le limon sableux. Le sol, peu pénétré par des racines, montre naturellement une faible stabilité d'agrégats mais un bon écoulement de l'eau.

Avec 144 mS à la surface jusqu'à 22 mS à 25 °C de conductivité, à une profondeur de 60 à 80 cm, dominent les chlorures et des sulfates de magnésium. Dans la zone d'environ 6 km de large, sans végétation, sans collines et sans croûte saline, un autre profil de sol a été étudié. Dans cette région existe un degré de salinité sensiblement plus fort que dans la zone des collines. Il s'agit d'un sol salin neutre avec prédominance de chlorure de sodium. Le sable limoneux se transforme, à une profondeur de 20 cm, en limon sableux et, à partir de 64 cm, en sable glaiseux. Avec des proportion en argile entre 8,0 et 16,6 % ainsi que des teneurs en matières organiques comprises entre 0,4 et 0,75 %, la capacité d'échange se situe entre 0,8 et 10,1 mval/100 gr de sol. On peut constater une répartition régulière du sel dans tout le profil. Ceci change cependant en été quand l'évaporation et la remontée capillaire sont plus fortes.

A la fin de cette série de profils, la partie supérieure du sol du Chott avoisinant prise sous une croûte saline d'une épaisseur de 2 cm, a été étudiée. Sous cette croûte blanche apparaît du sable limoneux qui, d'abord en tant qu' horizon réducteur, est de couleur noire (Fe-sulfure), et à partir de 5 cm de profondeur, devient jaune-brunâtre. Au mois de mars déjà, on rencontrait le niveau de la nappe phréatique à 25 cm de profondeur. La conductivité électrique est dans la couche 2—25 cm de 180 mS à 25 °C. Le chlorure et le sulfate de sodium dominent, alors que des carbonates solubles sont absents. La capacité d'échange est de 0,77 mval/100 gr de sol. Il s'agit ici également d'un sol salin neutre.

AFRIKA - KARTENWERK

Serie N: Nordafrika (Tunesien, Algerien)
Series N: North Africa (Tunisia, Algeria)
Série N: Afrique du Nord (Tunisie, Algérie)

Serie W: Westafrika (Nigeria, Kamerun)
Series W: West Africa (Nigeria, Cameroon)
Série W: Afrique occidentale (Nigéria, Cameroun)

Serie E: Ostafrika (Kenya, Uganda, Tanzania)
Series E: East Africa (Kenya, Uganda, Tanzania)
Série E: Afrique orientale (Kenya, Ouganda, Tanzanie)

Serie S: Südafrika (Moçambique, Swaziland, Republik Südafrika)
Series S: South Africa (Mozambique, Swaziland, Republic of South Africa)
Série S: África do Sul (Moçambique, Suazilândia, República da África do Sul)

Karten und Beihefte		Maps and monographs	Cartes et monographies
Blatt		Sheet	Feuille
1	Topographie	Topography	Topographie
2	Geomorphologie	Geomorphology	Géomorphologie
3	Geologie	Geology	Géologie
4	Bodenkunde	Pedology	Pédologie
5	Klimageographie	Geography of Climates	Géographie des climats
6	Hydrogeographie	Hydrogeography	Hydrogéographie
7	Vegetationsgeographie	Vegetation Geography	Géographie végétale
8	Bevölkerungsgeographie	Population Geography	Géographie de la population
9	Siedlungsgeographie	Settlement Geography	Géographie de l'habitat
10	Ethnographie/Linguistik	Ethnography/Linguistics	Ethnographie/Linguistique
11	Agrargeographie	Agricultural Geography	Géographie agricole
12	Wirtschaftsgeographie	Economic Geography	Géographie économique
13	Verkehrsgeographie	Transportation Geography	Géographie des transports
14	Geomedizin	Medical Geography	Géographie médicale
15	Historische Geographie	Historical Geography	Géographie historique
16	Historische Siedlungs-geographie	Historical Geography of Settlement	Géographie historique de l'habitat

Zu den Karten N 1, W 1, E 1 und S 1 erscheinen keine Beihefte.
No monographs will be published to sheets N 1, W 1, E 1 and S 1.
Il n'y aura pas de monographies accompagnant les cartes N 1, W 1, E 1 et S 1.

AFRIKA-KARTENWERK

Serie N: Nordafrika (Tunesien, Algerien)
Series N: North Africa (Tunisia, Algeria)
Série N: Afrique du Nord (Tunisie, Algérie)

Serie W: Westafrika (Nigeria, Kamerun)
Series W: West Africa (Nigeria, Cameroon)
Série W: Afrique occidentale (Nigéria, Cameroun)

Serie E: Ostafrika (Kenya, Uganda, Tanzania)
Series E: East Africa (Kenya, Uganda, Tanzania)
Série E: Afrique orientale (Kenya, Ouganda, Tanzanie)

Serie S: Südafrika (Moçambique, Swaziland, Republik Südafrika)
Series S: South Africa (Mozambique, Swaziland, Republic of South Africa)
Série S: África do Sul (Moçambique, Suazilândia, República da África do Sul)

Karten und Beihefte		Maps and monographs	Cartes et monographies
Blatt		**Sheet**	**Feuille**
1	Topographie	Topography	Topographie
2	Geomorphologie	Geomorphology	Géomorphologie
3	Geologie	Geology	Géologie
4	Bodenkunde	Pedology	Pédologie
5	Klimageographie	Geography of Climates	Géographie des climats
6	Hydrogeographie	Hydrogeography	Hydrogéographie
7	Vegetationsgeographie	Vegetation Geography	Géographie végétale
8	Bevölkerungsgeographie	Population Geography	Géographie de la population
9	Siedlungsgeographie	Settlement Geography	Géographie de l'habitat
10	Ethnographie/Linguistik	Ethnography/Linguistics	Ethnographie/Linguistique
11	Agrargeographie	Agricultural Geography	Géographie agricole
12	Wirtschaftsgeographie	Economic Geography	Géographie économique
13	Verkehrsgeographie	Transportation Geography	Géographie des transports
14	Geomedizin	Medical Geography	Géographie médicale
15	Historische Geographie	Historical Geography	Géographie historique
16	Historische Siedlungs-geographie	Historical Geography of Settlement	Géographie historique de l'habitat

Zu den Karten N 1, W 1, E 1 und S 1 erscheinen keine Beihefte.
No monographs will be published to sheets N 1, W 1, E 1 and S 1.
Il n'y aura pas de monographies accompagnant les cartes N 1, W 1, E 1 et S 1.

ISB