

BERLINER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

Herausgegeben von Gerhard Stäblein und Wilhelm Wöhlke

Schriftleitung: Dieter Jäkel

Heft 37

Käthe Zillbach

Geoökologische Gefügemuster in Süd-Marokko

Arbeit im Forschungsprojekt
Mobilität aktiver Kontinentalränder

61 Abbildungen, 2 Tabellen, 3 Karten

1984

Im Selbstverlag des Institutes für Physische Geographie der Freien Universität Berlin

ISBN 3-88009-036-X

Käthe Zillbach

Geoökologische Gefügemuster in Süd-Marokko

BERLINER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

Herausgegeben von Gerhard Stäblein und Wilhelm Wöhlke

Schriftleitung: Dieter Jäkel

Heft 37

Käthe Zillbach

Geoökologische Gefügemuster in Süd-Marokko

Arbeit im Forschungsprojekt
Mobilität aktiver Kontinentalränder

61 Abbildungen, 2 Tabellen, 3 Karten

1984

Im Selbstverlag des Institutes für Physische Geographie der Freien Universität Berlin

ISBN 3-88009-036-X

Vorwort des Herausgebers

Neotektonisches Landschaftsgefüge und geökologische Varianz im Becken von Ouarzazate/Süd-Marokko

Die in den Satellitenbildern der südmarokkanischen Randfurche deutlich hervortretenden, internen Flächengefügemuster, die eine regionale Varianz abbilden (vgl. Abb.), werden durch die unterschiedliche geologische Ausstattung bedingt und durch die vegetationsgeographischen Anpassungen hervorgehoben. Die heutige Landschaftsgliederung in geökologische Teilgebiete und mit unterschiedlichen Standorttypen im Becken von Ouarzazate ist im wesentlichen tektonisch bestimmt und entspricht einer Schollenstruktur mit lithologisch unterschiedlichem Unterbau, deren Grenzen häufig Verwerfungslinien folgen, die das Gewässernetz im Becken nachzeichnet. Diese Fragestellung wird mit der vorliegenden Arbeit eingehend insbesondere unter vegetationsgeographischen und geökologischen Gesichtspunkten, was Substrat- und Klimaanalysen einschließt, untersucht und mit einer Übersichtskarte der geökologischen Grundtypen sowie mit einem regionalen *Catena-Modell* dargestellt. Die Arbeit schließt methodisch an Untersuchungen in Ostmarokko an (vgl. MÜLLER-HOHENSTEIN 1978).

Die genetische Erklärung der Landschaftsgliederung und der Reliefformen in Südmarokko erfolgte bisher vorherrschend unter klimagenetischen Aspekten. Die im Quartär mit den Klimaphasen der Kaltzeiten wechselnden geomorphodynamischen Bedingungen, insbesondere auch mit den Verschiebungen der Höhengrenzen, haben zu einleuchtenden Modellvorstellungen über die Reliefgenerationen geführt (vgl. u.a. MENSCHING & RAYNAL 1954, MENSCHING 1955, RAYNAL 1965, WICHE 1953, ANDRES 1977, BÜDEL 1977:166ff); Die Entwicklung periglazialer und zum Teil glazialer Höhenstufen in den Gebirgen und Fußflächen- bzw. Glacisbildungen in den Vorländern wurden als Ausdruck der quartären Exogenese gesehen (u.a. CHOUBERT 1955, 1961), wobei die endogene Bedingung von Gebirgshebung im Hinterland und Beckensenkung im Vorland meist nur als initiale Voraussetzung gelten. Neuere geomorphologische Arbeiten (u.a. RISER 1978, COUVREUR 1981) sind stärker auf die regional differenzierten geologischen Verhältnisse eingegangen.

Im Rahmen des interdisziplinären Projektes zum Thema „*Mobilität aktiver Kontinentalränder*“ mit regionalen geowissenschaftlichen Arbeitsgruppen, zum einen in Südamerika mit einer Geotraverse auf einer Breitenlage von Antofagasta in Nordchile, vom Pazifik durch die Anden quer über die markante Subduktions- und Gebirgszone, zum anderen im

Bereich des Hohen Atlas und AntiAtlas, vom Rand der afrikanischen Platte zum alpidischen mediterranen Gebirgsgürtel, wurde im physiogeographischen Teilprojekt „*Reliefentwicklung und Neotektonik*“ von der Marokkogrube nach Spuren und Auswirkungen der Neotektonik in der Landschaft, speziell im Relief, gesucht. Es wurde zunächst der Bereich des Beckens von Ouarzazate und seine unmittelbare Umrandung bearbeitet (MÖLLER et al. 1983) (vgl. Abb.).

Folgende allgemeinen Ergebnisse aus den Untersuchungen haben sich ergeben, die auch für die Interpretation der geökologischen Landschaftsgliederung von Bedeutung sind. Die meist nur geringmächtigen, verfestigten Glacisschotterdecken (2 bis 5 m mächtige Konglomerate) sind zwar topographisch aufgrund ihrer Höhenlage in fünf Niveaus zu gliedern, ihre Zuordnung zu den pleistozänen Kaltzeiten, wie das bisher schematisch erfolgte, ließ sich aber durch Datierungen nicht nachweisen. Auch die Grobsedimentanalysen haben keine Einheitlichkeit in der Zusammensetzung bezogen auf ein Niveau erbracht. Die regionalen Unterschiede in den Schüttungsfolgen sind größer als die zeitlichen. In den älteren Glacisschottern spielt der Anteil der Gesteine aus dem AntiAtlas eine größere Rolle. Daraus, wie aus den Imbrikationsmessungen, wird der Schluß gezogen, daß die ältere Glacisschüttung bis weit ins Becken von Süden aus erfolgte.

Die bis mehr als 100 m tiefe Zertalung der Glacisniveaus ist in erster Linie durch die tektonisch gesteuerte Entwicklung des Vorfluterniveaus am Dadès bedingt. Dabei zeigt sich eine Einengung des Beckenbereichs seit dem Pliozän. Vor allem am südlichen Rand zum AntiAtlas greifen Beckenreste mit pliozänen Sedimenten und Fußflächen weit aus, so südlich von Ouarzazate und Skoura in einer Höhe von 1300 bis 1400 m NN, 100 bis 200 m über dem Dadès. Die ehemaligen Beckenränder treten dabei geomorphologisch deutlich in Erscheinung. Entsprechende Erosionsniveaureste setzen sich als flache Hochtalböden ohne ausgeprägte Schotterbedeckung hoch über dem heutigen Dra-Tal nach Süden fort. Die Achse der Absenkung im Becken hat sich im Laufe des Quartärs nach Süden verlagert. Damit wurde der Schüttungsanteil des Hohen Atlas nach Süden ausgeweitet.

Der Dra-Durchbruch ist der Anlaß für die tiefgreifende Zertalung in den Untergrund aus weitgehend noch flachlagernden, tertiären, limnischen, terrestri-

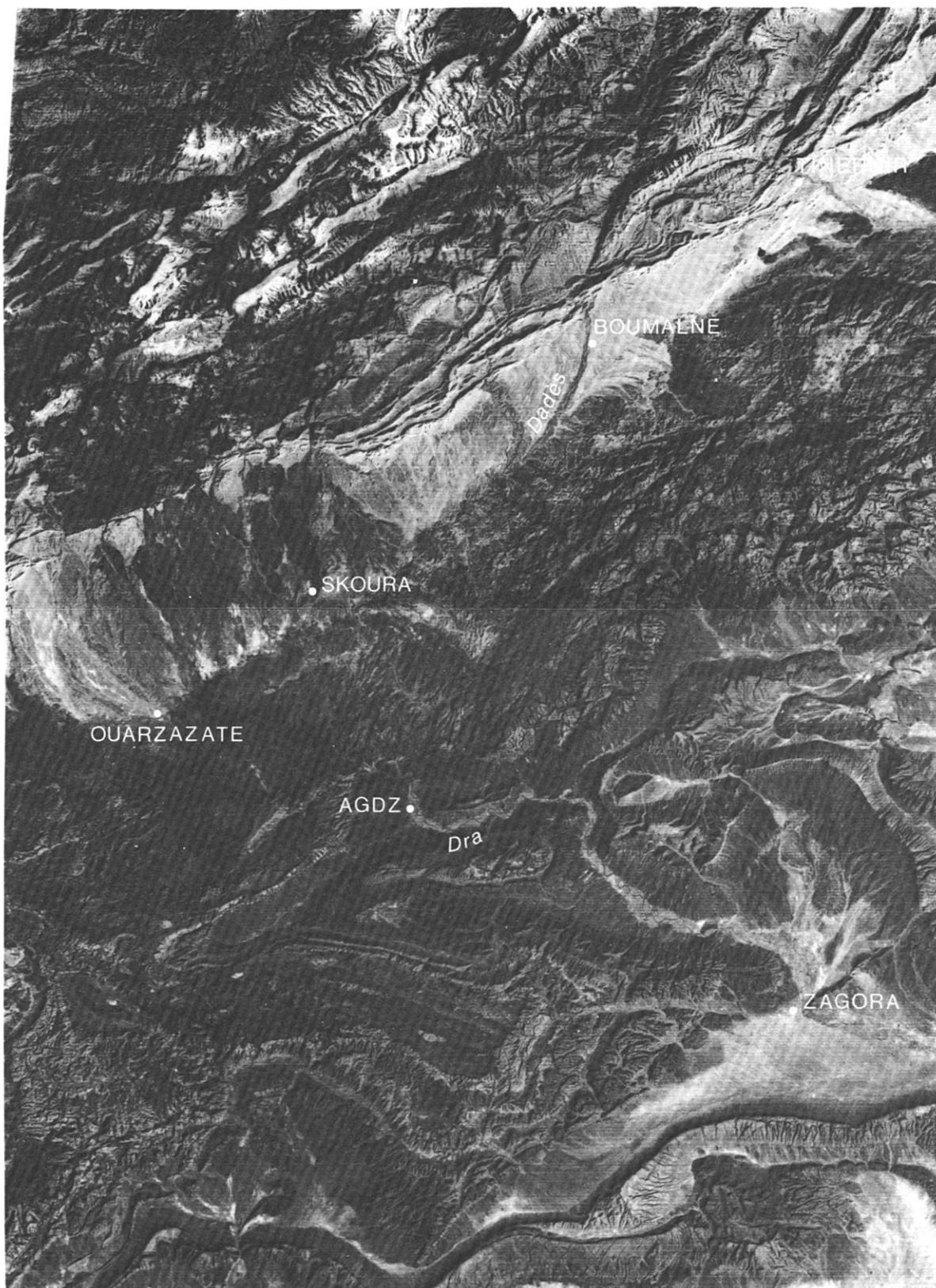


Abb.: Das Becken von Ouarzazate im Satellitenbildmosaik (NASA/ERTS-Szenen Nr. E 1551-10251-701, E 1551-10253-701, 25. Jan. 1974 10.25 h MSS-Kanal 7).

schen aber auch marinen Beckensedimenten. Diese zeigen, daß das Becken als ganzes bereits im Alttertiär angelegt wurde. Die wechselnde Öffnung und Schließung des Beckens ergab eine Reliefentwicklung, die insgesamt gesteuert ist durch eine anhalten-

de Absenkungstendenz in einem räumlich differenzierten Schwellen- und Schollenmosaik, wie es Grundlage der geoökologischen Gefügemuster darstellt.

Berlin 1984

GERHARD STÄBLEIN

zitierte Literatur:

- ANDRES, W. 1977: Studien zur junquartären Reliefentwicklung des südwestlichen Anti-Atlas und seines saharischen Vorlandes (Marokko). — Mainzer Geogr. Studien, 9: 1-147, Mainz.
- BÜDEL, J. 1977: Klima-Geomorphologie. — 1-304, Stuttgart (darin: 162-166).
- CHOUBERT, G. 1955: Sur les mouvements tectoniques quaternaires au Maroc. — Geol. Rdsch., 43(1): 2031, Stuttgart.
- CHOUBERT, G. 1961: Quaternaire au Maroc. — Biuletyn peryglacialny, 10: 9-28, Lodz.
- COUVREUR, G. 1981: Essai sur l'évolution morphologique du Haut Atlas Central Calcaire (Maroc). — Thèse l'Université de Strasbourg (1978): 1-877, Lille, Paris.
- MÜLLER-HOHENSTEIN, K. 1978: Nordafrikanische Trockensteppengesellschaften, zur ökologischen Erklärung der räumlichen Differenzierung der Vegetation zwischen Mittelmeer und Sahara. — Erdkunde, 32: 28-39, Bonn.
- MENSCHING, H. & RAYNAL, R. 1954: Fußflächen in Marokko. — Petermanns Geogr. Mitt., 98(2): 171-176, Gotha.
- MENSCHING, H. 1955: Das Quartär in den Gebirgen Marokkos. — Petermanns Geogr. Mitt., Erg.-H. 256: 1-79, Gotha.
- MÖLLER, K., STÄBLEIN, G., WAGNER, P. & ZILLBACH, K. 1983: Georelief, Abtragung und Gefügemuster an einem aktiven Kontinentalrand, Bericht zum Forschungsprojekt in Süd-Marokko. — Die Erde, 114: 309-331, Berlin.
- RAYNAL, R. 1965: Morphologie de piedmonts et tectonique quaternaire au Maroc oriental. — Notes Serv. Géol. Maroc, 25(185): 87-90, Rabat.
- RISER, J. 1978: Le Jbel Sarhro et sa retombée Saharienne (Sud-Est Marocain), étude géomorphologique. — Thèse Université d'Aix, Marseille II: 1-421, Aix en Provence.
- WICHE, K. 1953: Pleistozäne Klimazeugen in den Alpen und im Hohen Atlas. — Mitt. Geogr. Ges. Wien, 95: 143-165, Wien.

Vorwort

Die Anregung zur vorliegenden Arbeit wurde von Professor Dr. Stäblein gegeben, dem mein besonderer Dank für die Förderung und das stete Interesse am Fortgang dieser Arbeit gilt.

Die Untersuchungen wurden während mehrerer Geländeaufenthalte im Frühjahr und Herbst 1982, im Frühjahr 1983 und 1984 durchgeführt.

Eine finanzielle Unterstützung der Reisen erfolgte im Rahmen des DFG-geförderten Forschungsschwerpunktes "Mobilität aktiver Kontinentalränder" der Freien Universität Berlin. Für weitere Reisebeihilfen danke ich außerdem der Freien Universität Berlin und der Humboldt-Ritter-Penck-Stiftung der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Für eine Unterstützung der Geländearbeiten bin ich dem "Ministère de l'Energie et des Mines" in Rabat, den Herren Dr. Ben Said, Dahmani und Nabil und dem "Service régional de la Géologie" in Ouarzazate und seinem Leiter Herrn Khalek dankbar.

Klimadaten stellten freundlicherweise der "Service National de Climatologie" in Casablanca und die "Direction de l'hydraulique, Division des ressources et eau" in Rabat zur Verfügung.

Ganz besonderer Dank für die Hilfe bei der Bestimmung des Pflanzenmaterials gilt Herrn Pierre Danet in Ouarzazate und Herrn Dr. Alexandre Clonaru, der als Koordinator des FAO-Projektes "Lutte contre l'ensablement des palmeraies" in Ouarzazate wertvolle Informationen gab und durch seine Kenntnis der Region und der Bevölkerung die Geländearbeiten erleichterte.

Mein Dank für Informationen über Weidepotential und Weidepflanzen im Untersuchungsgebiet gilt Herrn El Maghraoui vom "Service de l'Elevage, O.R.M.V.A. de Ouarzazate".

Für die gute Zusammenarbeit bei der Untersuchung zahlreicher Bodenproben und bei den Geländearbeiten danke ich Herrn Peter Wagner, sowie allen Kolleginnen und Kollegen des Geomorphologischen Laboratoriums der Freien Universität Berlin.

Nicht vergessen möchte ich alle die Freunde, die ich während der Geländearbeiten in Marokko kennenlernte und die durch ihre freundliche Unterstützung die Arbeiten um Vieles angenehmer machten.

Berlin, im Mai 1984

KÄTHE ZILLBACH

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	11
2. Allgemeine Problemstellung und regionale Zielsetzung	11
3. Lage des Untersuchungsgebietes	14
4. Naturräumliche Struktur und Ausstattung	16
4.1 Geologie und Relief	16
4.2 Hydrographie	24
4.3 Klima	25
4.4 Boden und oberflächennahes Substrat	31
4.5 Vegetation	34
5. Methoden	40
6. Geoökologische Grundtypen	42
6.1 Region der khelas	43
6.1.1 Haloxylon articulatum - Flächentyp	43
6.1.2 Nicht reliefbedingte Varianten des Haloxylon articulatum - Flächentyps	49
6.1.2.1 Farsetia Hamiltonii - Variante	49
6.1.2.2 Helianthemum Lippii - Aristida obtusa - Variante	50
6.1.2.3 Peganum Harmala - Variante	52
6.1.3 Reliefbedingte Varianten des Haloxylon articulatum - Flächentyps	55
6.1.3.1 Tiefenlinien und Depressionen	55
6.1.3.2 Tektonische Sackungsspalten	58
6.1.3.3 Quellstandorte	59
6.1.3.4 Hangformation	61
6.1.3.5 Zerschneidungsbereiche in der mio-pliozänen Beckenfüllung	63
6.1.4 Artemisia herba-alba - Flächentyp	63
6.1.5 Halophyten - Flächentyp	66
6.1.5.1 Haloxylon articulatum - Variante	67
6.1.5.2 Atriplex Halimus - Variante	67
6.1.5.3 Salsola vermiculata - Limonium pruinosum - Variante	67
6.2 Wadis und Trockentäler	72
6.2.1 nebkas	72
6.2.2 Standorttyp der Wadis und Trockentäler	74
6.3 Gebirgsfußzonen des Jbel Sarhro und des Hohen Atlas	76
6.3.1 Jbel Sarhro	77
6.3.2 Hoher Atlas	80
7. Geoökologische Gefügemuster	82
7.1 Ableitung einer Catena der geoökologischen Grundtypen	82
7.2 Ableitung einer Karte der flächenhaften Verbreitung der geoökologischen Grundtypen im Becken von Ouarzazate	84
8. Quellenverzeichnis	86
8.1 Literaturverzeichnis	86
8.2 Kartenverzeichnis	89
9. Verzeichnis der Pflanzennamen	89
10. Verzeichnis der Standorte	90
11. Glossar	90
Kurzfassung	91
Summary	92
Résumé	94

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

	Seite
Abb. 1: Geologische Übersichtskarte von West-Marokko mit Lage des Arbeitsgebietes	15
Abb. 2: Profil Hoher Atlas - Südatlas-Subzone - Region der khelas im Bereich des Jbel Tazekka	19
Abb. 3: Übersichtskarte des Beckens von Ouarzazate	Kartenbeilage
Abb. 4: Geologische Übersichtskarte des Beckens von Ouarzazate	Kartenbeilage
Abb. 5: Verstellte, liegende Sandsteinserie des Mio-Pliozän mit diskordant auflagernder Konglomeratserie (q3)	21
Abb. 6: Blick über die Vorlandflächen des Hohen Atlas	21
Abb. 7: Mittlerer Jahresgang von Temperatur und Niederschlag im West-Ost- und Nord-Süd - Profil des Beckens von Ouarzazate	26
Abb. 8: Klimadiagramm von EMBERGER für Süd-Marokko	27
Abb. 9: Niederschlagsvariabilität an der Klimastation Ouarzazate	28
Abb. 10: Mittlere, minimale und maximale Anzahl der Tage mit Tauniederschlag an der Klimastation Ouarzazate	29
Abb. 11: Mittlerer Jahresgang der Luftfeuchte (6, 12, 18 h) an der Klimastation Ouarzazate	30
Abb. 12: Mittleres monatliches Maximum und Minimum der Temperatur in Bodennähe und im Boden an der Klimastation Ouarzazate	30
Abb. 13: Mittlerer Jahresgang der Windgeschwindigkeiten in Bodennähe (6, 12, 18 h) und gemittelte relative Häufigkeiten der Windrichtungen an der Klimastation Ouarzazate	33
Abb. 14: Weide- und Anbauflächen der Provinz Ouarzazate	38
Abb. 15: Anbauflächen auf q1-Niveau mit Palmenbestand (<i>Phoenix dactylifera</i>)	39
Abb. 16: Weidende Ziegenherde	39
Abb. 17: <i>Haloxylon articulatum</i> , fruchtend	45
Abb. 18: <i>Haloxylon articulatum</i> -Flächentyp	45
Abb. 19: Standort 225/1 <i>Haloxylon articulatum</i> -Flächentyp	46
Abb. 20: Standort 313/1 <i>Haloxylon articulatum</i> -Flächentyp	47
Abb. 21: Standort 226/4 <i>Haloxylon articulatum</i> -Flächentyp	47
Abb. 22: Standort 215/4 <i>Haloxylon articulatum</i> -Flächentyp mit verkrustetem Horizont	48
Abb. 23: Standort 206/4 <i>Haloxylon articulatum</i> -Flächentyp mit verkrustetem Horizont	48
Abb. 24: Standort 312/2 <i>Haloxylon articulatum</i> -Flächentyp mit verkrustetem Horizont	49
Abb. 25: <i>Farsetia Hamiltonii</i> -Variante des <i>Haloxylon articulatum</i> -Flächentyps	50
Abb. 26: Standort 202/1 <i>Farsetia Hamiltonii</i> -Variante des <i>Haloxylon articulatum</i> -Flächentyps	51
Abb. 27: Standort 310/5 <i>Farsetia Hamiltonii</i> -Variante des <i>Haloxylon articulatum</i> -Flächentyps	51
Abb. 28: Standort 313/3 <i>Farsetia Hamiltonii</i> -Variante des <i>Haloxylon articulatum</i> -Flächentyps	52
Abb. 29: Standort 307/3 <i>Helianthemum Lippii</i> - <i>Aristida obtusa</i> -Variante des <i>Haloxylon articulatum</i> -Flächentyps	53
Abb. 30: <i>Peganum Harmala</i> -Variante des <i>Haloxylon articulatum</i> -Flächentyps	54
Abb. 31: Standort 304/7 <i>Peganum Harmala</i> -Variante des <i>Haloxylon articulatum</i> -Flächentyps	54
Abb. 32: Tiefenlinie mit <i>Zizyphus Lotus</i> - und <i>Launaea acanthoclada</i> -Bewuchs	55
Abb. 33: Variante der Tiefenlinien und Depressionen des <i>Haloxylon articulatum</i> -Flächentyps mit <i>Artemisia herba-alba</i> -Bestand	56
Abb. 34: Standort 312/2 Tiefenlinie auf einer Glacisfläche	57
Abb. 35: Standort 202/1 Depression auf einer Glacisfläche	57
Abb. 36: Tektonische Sackungsspalte mit <i>Launaea acanthoclada</i> und <i>Helianthemum Lippii</i> -Bestand	59
Abb. 37: Quellaustritt im mio-pliozänen Konglomerat mit Palme (<i>Phoenix dactylifera</i>), Binsen (<i>Juncus</i> sp.) und <i>Aeluropus litoralis</i>	60
Abb. 38: Variante der Hangformation des <i>Haloxylon articulatum</i> -Flächentyps	61
Abb. 39: Standort 116/9 Hangformation	62
Abb. 40: Standort 230/1 Variante der Zerschneidungsbereiche in der mio-pliozänen Beckenfüllung	64
Abb. 41: Standort 225/3 Variante der Zerschneidungsbereiche in der mio-pliozänen Beckenfüllung	64
Abb. 42: Standort 116/5 <i>Artemisia herba-alba</i> -Flächentyp	65
Abb. 43: Standort 116/6 <i>Artemisia herba-alba</i> -Flächentyp	65
Abb. 44: Standort 309/10 <i>Artemisia herba-alba</i> -Flächentyp	66
Abb. 45: Standort 211/5 <i>Haloxylon articulatum</i> -Variante des Halophyten-Flächentyps	68
Abb. 46: Standort 212/4 <i>Farsetia Hamiltonii</i> -Variante des Halophyten-Flächentyps	68

Abb. 47:	Standort 311/3 <i>Atriplex Halimus</i> -Variante des Halophyten-Flächentyps	69
Abb. 48:	<i>Atriplex Halimus</i> -Variante des Halophyten Flächentyps mit <i>Zizyphus Lotus</i> - und <i>Tamarisken</i> -Bestand	69
Abb. 49:	Standort 213/4 <i>Salsola vermiculata</i> - <i>Limonium pruinatum</i> -Variante des Halophyten-Flächentyps	70
Abb. 50:	Standort 316/9 <i>Zygophyllum gaetulum</i> - <i>Limonium pruinatum</i> -Variante des Halophyten-Flächentyps	71
Abb. 51:	Standort 221/5 <i>Limonium pruinatum</i> -Variante des Halophyten-Flächentyps	71
Abb. 52:	Standorttyp der Wadis und Trockentäler mit <i>Ononis Natrix</i> - und <i>Zilla macroptera</i> -Bestand . .	72
Abb. 53:	<i>Zizyphus Lotus</i> -nebka	73
Abb. 54:	Standort 119/1 <i>Zizyphus Lotus</i> -nebka.	75
Abb. 55:	Standort 115/3 Standorttyp der Wadis und Trockentäler	76
Abb. 56:	Standort 220/1 Standorttyp der Wadis und Trockentäler	77
Abb. 57:	Standort 319/3 Standorttyp der Wadis und Trockentäler	78
Abb. 58:	Standort 304/2 Gebirgsbereich des Jbel Sarhro	79
Abb. 59:	Standort 304/4 Gebirgsbereich des Jbel Sarhro	79
Abb. 60:	Standort 304/5 Glacis im Gebirgsbereich des Jbel Sarhro	80
Abb. 61:	Mit Verwitterungsschutt bedeckte Hänge mit <i>Carthamus suffruticosus</i> -Bestand am Südrand des Hohen Atlas	81
Abb. 62:	Catena der geoökologischen Grundtypen und ihrer wichtigsten Varianten im Becken von Ouarzazate	83
Abb. 63:	Übersichtskarte der geoökologischen Grundtypen und ihrer wichtigsten Varianten im Becken von Ouarzazate	Kartenbeilage
Tab. 1:	Quartärstratigraphisches Schema verändert nach ANDRES 1977	23
Tab. 2:	Monatliche korrigierte Mittelwerte der Verdunstung an der Klimastation in Ouarzazate . . .	29

1. Einleitung

Diese Untersuchung versucht das Gefügemuster der klein- und großräumig, lokal und regional wechselnden Vegetationsverhältnisse als integrierendem Anzeiger des unterschiedlichen geoökologischen Standortcharakters und der strukturell bedingten Landschaftseinheiten im Becken von Ouarzazate in Südmarokko zu erfassen. Dabei sollen

- geoökologische Grundtypen und ein generalisiertes Modell der Vergesellschaftung zu einer Catena abgeleitet werden, sowie
- in einer Übersichtskarte das geoökologische Gefügemuster des Untersuchungsgebietes dargestellt werden.

Die Arbeit wurde im Rahmen des interdisziplinären geowissenschaftlichen Forschungsgebietsschwerpunktes der Freien Universität Berlin zum Thema „Mobilität aktiver Kontinentalränder“ durchgeführt, bei dem sich eine Arbeitsgruppe des Geomorphologischen Laboratoriums der Freien Universität Berlin unter Leitung von Professor Stäblein mit Untersuchungen

zur „Reliefentwicklung und Neotektonik im Grenzbereich zwischen Hohem Atlas und AntiAtlas“ beschäftigt. Ziel dieser geographischen Arbeiten ist die Erarbeitung von Grundlagen für eine regional differenzierte Beurteilung des Geopotentials und der Nachweis der tektonischen Bedingungen der Reliefformen und geomorphologischen Spuren der Neotektonik im Bereich der präsaaharischen Senke (MÖLLER et al. 1983).

Neben einer Inventarisierung der Oberflächenformen, der Untersuchung rezenter Abtrags- und Sedimentationsraten und ihrer Steuerfaktoren, sollen auch die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen mit der Erfassung des geoökologischen Gefügemusters des untersuchten Raumes dazu dienen, Grundlagen für die Beurteilung des Verhältnisses von Relief und Neotektonik zu liefern. Es wird dabei davon ausgegangen, daß sich auch im geoökologischen Gefügemuster, das sich dem durch unterschiedliche Reliefgenerationen geprägten Relief anpaßt, die durch Orogenese und Tektogenese bestimmte endogene Untergrundstruktur abbildet.

2. Allgemeine Problemstellung und regionale Zielsetzung

Voraussetzung einer regional bezogenen Untersuchung geoökologischer Gefügemuster eines bestimmten Landschaftsausschnittes ist die Erarbeitung und Definition einer Fragestellung, die die theoretischen Ansätze einer umfassenden Landschaftsforschung, ihrer Problematik und Zielsetzung miteinbezieht und Fragen, die bei der Geländearbeit geklärt werden sollen, formuliert und strukturiert.

Im Folgenden soll daher zunächst eine kurze Darstellung des für diese Arbeit zugrundegelegten theoretischen Ansatzes und deren Bezug zu den eigenen Untersuchungsergebnissen dargestellt werden.

Ende der 30er Jahre leiteten C. TROLL und J. SCHMITHÜSEN mit der Forderung nach einer funktionalen Betrachtung der Geosphäre eine neue Phase in der geographischen Landschaftsforschung ein (HAASE 1967:36). Das Schwergewicht der Arbeit wurde von der Betrachtung der Einzelercheinungen in der Erdhülle auf „ihren Zusammenklang in der räumlichen Einheit in der Landschaft verlegt“ (TROLL 1950:163). Im Zusammenhang mit dieser „neuen Aufgabe“ der Geographie wurden Begriffe

wie Landschaftsökologie, Ökologie der Landschaftsforschung oder Geoökologie eingeführt. Mit der Einbeziehung des Begriffes „Ökologie“, der sich in der Biologie zurückgehend auf HAECKEL (1866) bzw. auf MOEBIUS (1877) auf den Funktionshaushalt der Organismen bezieht bzw. auf die wechselseitigen Beziehungen zwischen Lebensgemeinschaft und Umwelt beschränkt ist (KLINK 1972:11), wurde das Arbeitsgebiet der Geographie um die Betrachtung der räumlichen Erscheinung der Ökosysteme und deren stoffliche und energetische Beziehungen untereinander erweitert. BOBEK & SCHMITHÜSEN (1949:113) sahen in dieser „neuen Landschaftsforschung“ eine normative Betrachtung, die das gesetzmäßige Erscheinungsbild des Wirkungsgefüges und des geschichtlichen Werdens des geographischen Objektes erarbeitet und auf der Grundlage des Vergleiches der naturräumlichen Einheiten Typen von Landschaftsräumen ausweist. Objekt der Landschaftsforschung ist die Geosphäre als materielles System, das sich aus Teilsphären der Natur (Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre, Pedosphäre und Biosphäre) zusammensetzt, deren stoffliche Bestandteile und Energieträger in gegenseitigen Wechselwirkungen und Abhängig-

keiten stehen und sich in Dynamik und Genese der Geosphäre widerspiegeln (HAASE 1967:37). Die konkrete Gestalt der Geosphäre ist aufgrund der örtlich wechselnden Kombinationen von Struktur und Wirkungsgefüge durch ihre chorologische Differenzierung charakterisiert, wobei jede einzelne Erscheinung in der Landschaft ihre geographische Qualität durch ihre Raumbeziehung erhält (NEEF 1967:16).

Charakteristikum der geographischen Realität ist ihr hoher Komplexitätsgrad bedingt durch die Interdependenz der Faktoren des ökologischen Systems, der zum methodischen Grundproblem der Erfassung der sich daraus ergebenden Mannigfaltigkeit führt. Wesentliches Hilfsmittel bei der komplexen Landschaftsanalyse, deren Ziel der Erarbeitung der haushaltlichen Zusammenhänge im Geoökosystem nicht nur auf die Erfassung des vertikalen Metabolismus beschränkt sein sollte, sondern auch den horizontalen Mechanismus zwischen den am Geoökosystem beteiligten Größen erfassen sollte (LESER 1983:213) ist daher zunächst die topologische Arbeitsweise, die über die Analyse des Geokomplexes an einzelnen Punkten strukturell-funktionelle Gefüge bzw. Typen ausweist, ohne zunächst deren Raumbezug zu berücksichtigen. Die Merkmale der Typen beruhen meist auf einer Übereinstimmung von Struktur, Dynamik oder Entwicklungsstand, die jedoch nicht zufällig, sondern als Ausdruck der gesetzmässigen natürlichen Ordnung definiert ist (NEEF 1967:72).

Eine partielle Komponentenanalyse (HAASE 1979: 10), die zunächst einzelne Elemente untersucht, liefert Ergebnisse, deren Bedeutung nicht in den Einzelwerten liegt, sondern in deren Kombination zur Charakterisierung der Eigenschaften und deren Zusammenfassung zu Typen von Partialkomplexen (HUBRICH 1974:168). Sinnvoll ist es Untersuchungsmethoden einzusetzen, die mit möglichst geringem Aufwand optimal verwertbare Ergebnisse liefern, d.h. eine Analyse der Faktoren, die eine hohe integrale Aussagefähigkeit besitzen, weil die Einflüsse mehrerer Komponenten eingehen. Zu diesen ökologischen Hauptmerkmalen zählen vor allem die Komplexe Boden und Vegetation.

In einem zweiten Schritt führt die komplexe Standortanalyse zur Kennzeichnung des vertikalen Zusammenhanges der einzelnen Partialkomplexe am jeweiligen Standort (HAASE 1967:49). Wichtig ist daher die Auswahl von repräsentativen Untersuchungspunkten, an denen die für die Charakterisierung notwendigen Zustandsgrößen entweder messend oder beschreibend nach ihren Eigenschaften oder Typen ermittelt werden können.

Die Analyse des einzelnen Standortes ist nicht endgültiges Ziel der Aufnahme, sondern nur Arbeitsmittel,

das zur Synthese der analytisch gewonnenen Teilaussagen führt. Die Synthese strebt eine generelle Ordnung der Erscheinungsformen des Geokomplexes an. Dazu dient eine Ordnung und Sichtung der mit der komplexen Standortanalyse erreichten, umfassenden Kennzeichnung der Geokomplexe verschiedener Standorte, um daraus Typen oder Geotypen abzuleiten, die ein Bild des Geokomplexes an einem bestimmten Standort liefern. Grundsätzliches Problem bei der Ausweisung der Typen ist die Abgrenzung von homogenen Flächen, da die Landschaft streng genommen ein sich ständig änderndes Kontinuum darstellt. NEEF (1964:2) definiert daher ein Areal als homogen, „wenn es gleiche Struktur und gleiches Wirkungsgefüge aufweist und dadurch einen einheitlichen Mechanismus des stofflichen Haushaltes, also gleiche ökologische Verhaltensweisen zeigt“. Damit wird Homogenität für den einzelnen Fall „als Gesamtheit der dabei zu berücksichtigenden einflussnehmenden Bedingungen“ definiert, so daß sie zur logischen Voraussetzung wird, unter der ein Vorgang studiert werden kann und damit zur Gültigkeitsgrenze dieser Aussage. Mit der Zunahme der Merkmalsverbindungen nimmt in der Regel die Größe der Fläche zu, die als homogen betrachtet werden kann. Das Homogenitätsproblem stellt also gleichzeitig ein Dimensionsproblem dar, indem sich mit steigender Dimensionsstufe ein wachsender Zwang zur Generalisierung ergibt (KLINK 1980:7).

Entsprechend der in der Komplexanalyse sachlich-systematisch geordneten Typen der Partialkomplexe stellen die Ökotope komplexe, homogene Raumeinheiten dar, die anhand spezifischer Merkmale zu unterscheiden sind. Ein Ökotyp umfaßt die „Gesamtheit der abiotischen und biotischen Komponenten eines kleinen Ausschnittes der Geosphäre, die durch ihre Wechselwirkungen ein Areal mit geographisch-landschaftsökologisch homogenen Standorteigenorteigenschaften schaffen.“ (LESER 1978:72). In Bezug auf die Zweckmäßigkeit der Ausweisung von Ökotypen sollten diese Flächen Größen aufweisen, die im Zusammenhang mit der Fragestellung nicht nur „typologisch faßbare, reelle flächenhafte Gebilde“ (HAASE 1964:13) darstellen, sondern auch Kartierungseinheiten, die dem angestrebten Darstellungsmaßstab gerecht werden. Kleinere Flächeneinheiten können als ökologische Varianten mit erfaßt werden.

Mit der flächenhaften Erfassung der Ökotope tritt gleichzeitig das Problem der räumlichen Verbreitung der ausgewiesenen Typen, d.h. der Schritt von der topologischen zur chorologischen Arbeitsweise auf, deren Ziel die Ausweisung von geoökologischen Gefügemustern in einem komplexen Ausschnitt der Erdoberfläche ist, die neben der vertikalen Verknüpfung die räumlichen Beziehungen und Wechselwir-

kungen mit einbezieht. Untersuchungsobjekt sind die Geochoren, deren Eigenschaften sich aus der Vergesellschaftung topischer Merkmalskombinationen und deren Lagebeziehung ergeben, damit als tragendes Strukturmerkmal das Gefügeprinzip aufweisen (HAASE 1979:13). Deutlich wird die Vergesellschaftung ökologischer Grundeinheiten durch Profilschnitte in Raumeinheiten höherer Ordnung. Das regelhafte Auftreten von Topen erlaubt die Schematisierung in einer ökologischen Catena, die eine auf das Typische und Regelhafte beschränkte Abstraktion der naturräumlichen Vergesellschaftung der Ökotope liefert (HAASE 1964:15). Zu berücksichtigen ist, daß hier, wie aber auch bei einer Kartierung von Arealen, Grenzlinien nicht unbedingt geographisch reelle Gebilde definieren, sondern im wesentlichen nur die Eigenheiten der Typenbildung widergespiegelt werden (NEEF 1963:253) (siehe Kap.7.1).

Die kleinsten feststellbaren Raumeinheiten, die jedoch noch keine selbständigen Landschaftseinheiten darstellen, sind die Mikrochoren. Sie sind Ökotopegefüge, die durch die Zusammenfassung einer Vergesellschaftung von Typen ökologischer Grundeinheiten gebildet werden und damit das Bindeglied zwischen topologischer und chorologischer Arbeitsstufe darstellen. Ihr Charakter ist bestimmt durch die einheitliche Genese, die eine Grundform mit einem weitgehend einheitlichen Substrat bedingt. Aufgrund dieser einheitlichen Genese ist die Zahl der aufbauenden Ökotope begrenzt (NEEF 1963:255). Den Mikrochoren entsprechen in der vorliegenden Untersuchung die Landschaftseinheiten unterschiedlicher Größenordnung mit gleichen ökologischen Strukturen, die als geökoökologische Grundtypen bezeichnet werden (z.B. Haloxylon articulatum - Flächentyp), denen als untergeordnete Gliederungseinheiten Varianten (z.B. Variante der Depressionen und Tiefenlinien) zugeordnet sind.

Die Zusammenfassung von Ökotopegefügen führt zur nächst größeren geökoökologischen Einheit - der Mesochore -, die durch Nachbarschaftsbeziehungen der zusammengefaßten Mikrochoren, die in diesen höheren räumlichen Einheiten sichtbar werden, charakterisiert sind. Bedingt durch den vielseitigeren Ausschnitt der Erdoberfläche ist die einheitliche genetische Basis der Teilräume nicht mehr entscheidendes Kriterium, sondern die innere Gliederung, d.h. das charakteristische Flächenmosaik der aufbauenden Mikrochoren. Die Mesochore stellt also nicht nur eine bloße Vergesellschaftung kleinerer Raumeinheiten dar, sondern ihre Struktur wird geprägt durch den landschafts-genetischen Inhalt. Die ökologischen Kennwerte der topologischen Dimension verlieren ihre Aussagekraft und sind nur noch im Rückgriff auf die ökologischen Grundeinheiten anwendbar. Demgegenüber gewinnen dominante ökologische Faktoren für

die Kennzeichnung an Bedeutung. Der geökoökologischen Einheit der Mesochoren entspricht im Untersuchungsgebiet als räumlich zugeordnete Einheit die Gesamtheit des Beckens von Ouarzazate als durch Geologie, Geomorphogenese und Klima bestimmter Landschaftsraum. Die bereits der regionalen Dimension angehörende komplexere räumliche Einheit der Makrochoren, der als konkreter Landschaftsraum das durch Gebirgsbereiche, Beckenräume und Flächensysteme geprägte Landschaftsbild des marokkanischen Südens entspräche, wurde in die regional kleinräumig begrenzte Untersuchung nicht miteinbezogen.

Wie bereits erwähnt, müßte eine geökoökologische Untersuchung eines Raumes alle Standortfaktoren erfassen, die das Gefügemuster prägen. Dem stehen jedoch nicht nur technische Probleme entgegen, sondern „Struktur und Funktion von Ökosystemen sind in der Regel so komplex, daß sie heute von nur sehr wenigen Ökosystemen näherungsweise bekannt sind“ (MÜLLER-HOHENSTEIN 1978:12).

Sinnvoll ist daher eine Beschränkung auf die Untersuchung von ökologischen Hauptmerkmalen, d.h. in diesem Falle des Bodens und der Vegetation, im Sinne von integrierenden Standortfaktoren, die in ihrer Konstitution nicht nur von räumlicher Anordnung und Wechselbeziehung der aufbauenden Elemente, sondern auch durch deren dynamische Entwicklung geprägt sind. Der Faktor „Klima“ wird nur in seiner Größenordnung (Kap. 4.3) als übergeordneter Steuerfaktor ohne Berücksichtigung lokaler Varianten miteinbezogen. Als integrierender Faktor über geologische und geomorphologische Strukturen wird das Relief erfaßt.

Besondere Bedeutung kommt daher in diesem Zusammenhang der Aufnahme der Vegetationsverhältnisse zu, da die Vegetationsanalyse zwei entscheidende Vorteile für die geökoökologische Erkundung bietet:

1. „Die Vegetation ist ein räumlich objektiv faßbarer Gesamtausdruck für das Potential ihres Wuchsortes“, d.h. punkthaft gewonnene Ergebnisse sind mit gleichem Aussagewert auf die Fläche zu übertragen.
2. Die Vegetation gibt je nach der biologischen Eigenart ihrer Komponenten ein mehr oder weniger langjähriges Mittel der Faktoren des Wirkungsgefüges wieder und kann damit zumindest qualitativ langjährige Meßreihen ersetzen. Sie ist ein summenhaft generalisierender Ausdruck für die ökologischen Bedingungen (HAASE 1967:64).

Die Einbeziehung der Vegetation als Kriterium für die Naturraumgliederung muß jedoch über eine Aufnahme nach rein biologischen Erfassungs- und Gliede-

rungsprinzipien hinausgehen, d.h. die Aufnahme der räumlichen Repräsentanz des betreffenden Vegetationstyps muß unabhängig vom syntaxonomischen Rang im floristischen Vegetationssystem erfolgen. Notwendig ist eine Aufnahme nach dem Prinzip der Vergesellschaftung unter Einbeziehung homogener Einheiten und deren Abgrenzung in Bezug zum Standort. Hinzu kommt, daß die Größe floristisch homogener Einheiten häufig unterhalb der topischen Dimension liegt und damit für eine geographische Fragestellung nicht relevant ist. Bei der Einbeziehung der Vegetation als Indikator muß jedoch berücksichtigt werden, daß, wie sich insbesondere auch bei den vorliegenden Untersuchungen zeigte, flächenhafte Aussagen bedingt durch starke anthropogene Beeinflussung eingeschränkt sein können (LESER 1983:214).

Ziel der im Becken von Ouarzazate durchgeführten Untersuchungen ist es nun, die räumlichen Beziehungen der geökologischen Grundtypen in einem durch Klima, geomorphologische und tektonische Verhältnisse geprägten Trockensteppenökosystem zu erfassen, und die aufgrund ihres Standortcharakters differenzierten geökologischen Raumeinheiten auszuweisen. Nach AYYAD (1981:13) ist für ein Wüstenökosystem kennzeichnend, daß die Oberflächenformen einen vereinfachten Ausdruck der

Gesamtheit des physikalischen Umfeldes darstellen und in Abhängigkeit von Mikroklima und edaphischem Charakter den wichtigsten Faktor im ökologischen System - die Wasserverfügbarkeit - kontrollieren. Räumliche Variationen der Vegetation stellen einen eindeutigen Bezug zu unterschiedlichen strukturellen Gefügemustern dar, indem Variationen der Pflanzengesellschaften in Artenzusammensetzung, Dichte und Wüchsigkeit Änderungen im Zusammenwirken der Standortfaktoren wiedergeben und den regionalen Bezug zu den geologisch und geomorphologisch bedingten Reliefeinheiten herstellen.

Als Vorgehensweise bei der Erfassung der das naturräumliche Gefüge steuernden Faktoren und deren räumlicher Bezüge wurde eine Zweiteilung der Darstellung gewählt. In einem ersten Teil werden die anhand der Geländearbeiten und der Auswertung von Datenmaterial und Literatur erarbeitete Erfassung der naturräumlichen Struktur und Ausstattung in Bezug auf Geologie, Relief, Hydrogeographie, Klima, Pedologie und allgemeine Merkmale der Trockensteppenvegetation dargestellt, die Grundlage und gleichzeitig Ergebnis der Einzeluntersuchungen im Gelände sind. In einem zweiten Teil werden die auf dieser übergeordneten Struktur basierenden kleinräumigen Gefügemuster des Trockensteppenökosystems ausgewertet.

3. Lage des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet (Abb. 1), im folgenden als „Becken von Ouarzazate“ bezeichnet, bildet einen Teil der sich von Westen nach Osten zwischen Hohem Atlas und Antiatlas bzw. Jbel Sarhro erstreckenden präsaaharischen Senke. Im Westen trennt die Schwelle des Jbel Siroua den Beckenraum von der westlichen Fortsetzung der Senke - der Ebene des Souss - ab. Die nördliche Begrenzung stellt die mit Höhen bis zu 4071 m NN (Irhil Mgoun) aufragende Kette des Hohen Atlas, die südliche Begrenzung das Massiv des Jbel Sarhro mit Höhen bis zu 2712 m NN (Amalou n' Mannsour) dar. Als östliche Abgrenzung des Untersuchungsgebietes wurde die zwischen Boumalne und Tinerhir gelegene Schwelle von Imider festgelegt, an die sich östlich anschließend die Beckenzone noch bis in den Bereich des Oued Guir fortsetzt.

Der untersuchte Beckenbereich erstreckt sich mit einer Gesamtlänge von ca. 150 km zwischen Ouarzazate und Boumalne von Westen nach Osten, die Nordsüd-Breite beträgt bei Ouarzazate rund 45 km, verringert sich dann nach Osten zu bei Qalaa't Mgouna auf 15 km und bei Boumalne auf 10 km. Die mittlere Höhe des Beckens steigt von 1100 m NN im Westen auf 1500 m NN im Osten an.

Die Angaben zur Namensgebung der untersuchten Lokalitäten und Gewässer wurden den Topographischen Karten 1 : 100 000 des Kartographischen Dienstes in Rabat entnommen (vgl. Kartenverzeichnis im Anhang).

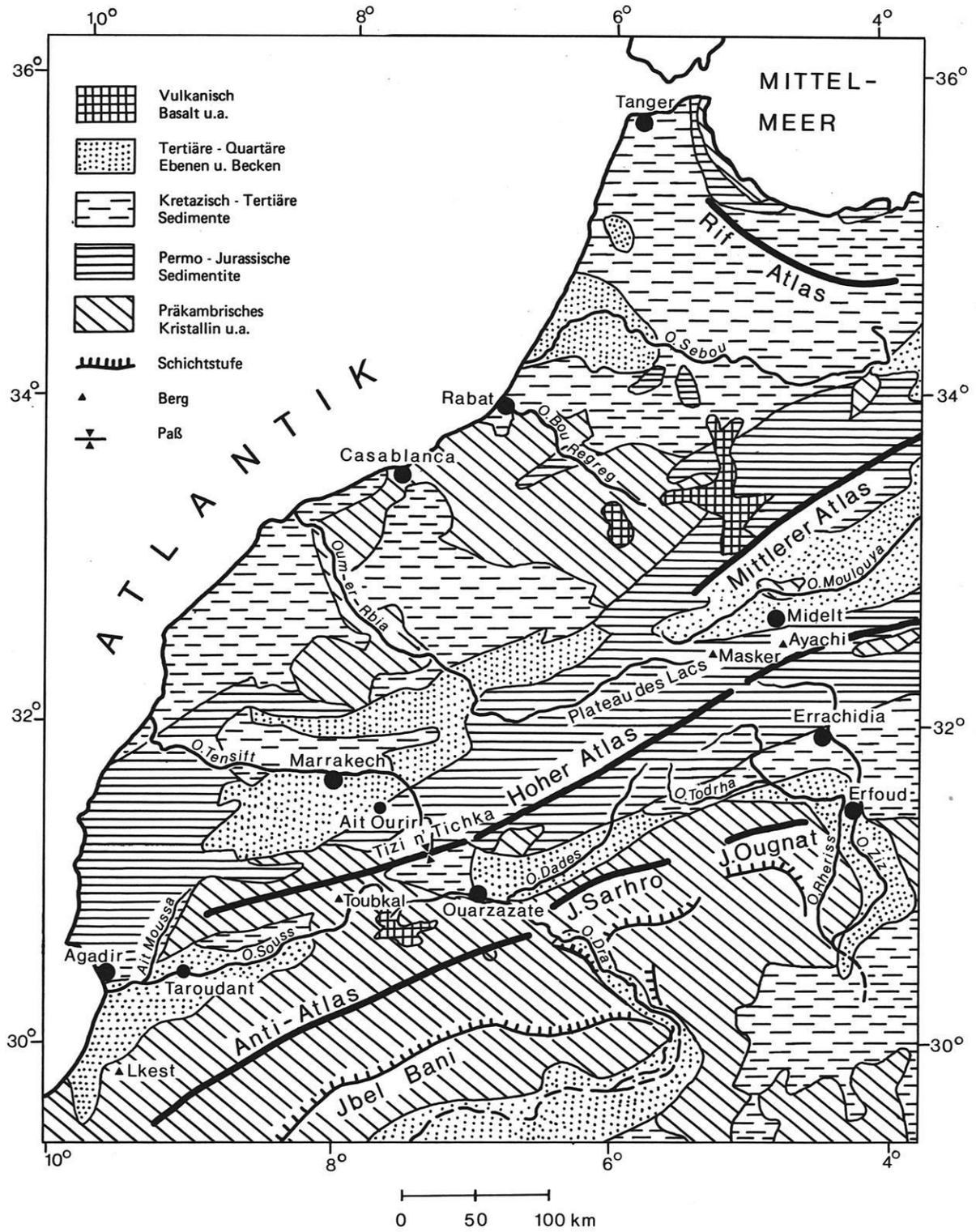


Abb. 1: Geologische Übersichtskarte von West-Marokko.

4. Naturräumliche Struktur und Ausstattung

4.1 Geologie und Relief

Die Erfassung der geologischen Verhältnisse und der Oberflächenformen der Landschaft stellt einen grundlegenden Arbeitsschritt bei der Erfassung des naturräumlichen Gefüges dar, da sie zum einen eine erste physiognomisch gut erfaßbare räumliche Gliederung ermöglicht. Zum anderen sind diese beiden Faktoren als ständig gegebene Bedingung sowohl im großräumigen landschaftlichen Bezug als auch im Bezug auf den einzelnen Standort wesentlich bei der Steuerung der anderen das geoökologische Gefüge bedingenden Faktoren beteiligt.

Die geologische und geomorphologische Struktur des Beckens von Ouarzazate wird durch seine Lage zwischen den Gebirgssystemen des Hohen Atlas und AntiAtlas bzw. Jbel Sarhro geprägt (Abb. 3, siehe Beilage). Dabei kommt nicht nur die orographische Situation als Becken- bzw. Absenkungsbereich zwischen zwei Gebirgszonen zum Tragen. Das Becken von Ouarzazate bildet einen Teil des „sillon préafricain“ - der präafrikanischen Senke -, die vom Hohen Atlas nach Ansicht verschiedener Autoren durch den „accident sudatlasique“ - die Südatlasstörungszone - getrennt ist (FAURE-MURET & CHOUBERT 1971: 40). Heute wird die Existenz einer derartigen Störungszone mehr und mehr in Zweifel gezogen (LAVILLE et al. 1977, NAIRN et al. 1980, JENNY 1983).

Der Hohe Atlas

Der Hohe Atlas läßt sich in verschiedene strukturelle Teilbereiche aufgliedern.

Der westliche Hohe Atlas: Westlich des in triassische Gesteine eingetieften Laufs des Assif-n-Ait-Moussa fällt der Hohe Atlas nach Westen zu in einem System von Südwest-Nordost gerichteten Schichtstufen und Schichtkämmen, die durch Wechsellagen von mergeligen Kalken, gefalteten Schichten des Jura und der Kreide geprägt sind, zur Atlantikküste hin ab. In Küstennähe tauchen die mesozoischen Schichten dann im Norden unter flach gewellte Sandsteinschichten des Villafranchien und altquartäre Küstendünen ab. Im Süden endet die Faltenzone mit einem Steilabfall zum Atlantik.

Der Atlas von Marrakech: Östlich schließt sich der Atlas von Marrakech an, der nach Osten in Höhe von Ait Ourir durch den Lauf des Oued Rdat, die Schwelle von Telouat und den Tizi-n-Tichka abgegrenzt wird. Das zentrale Massiv des Hohen Atlas aus prä-

kambrischen und paläozoischen Gesteinen wurde am stärksten in die tertiäre Tektonik einbezogen und weist ein stark aufgelöstes Hochgebirgsrelief mit Gebirgshöhen auf, die sonst in ganz Nordafrika nicht erreicht werden (Jbel Toubkal 4165 m NN) (MENSCHING 1957:18). Die Haupttrichtung der tektonischen Störungen verläuft in Südwest-Nordost-Richtung. Im Zusammenhang mit einer allgemeinen Hebung im Tertiär, die die älteren und jüngeren Rumpfflächen erfaßte (Toubkal- und Ouanoukrim - Massiv), erfolgte die Schrägstellung des Gesamtblocks mit einem Abfall nach Westen, sodaß das Paläozoikum unter die Sedimente der jüngeren Trias des westlichen Abfalls des Hohen Atlas abtaucht (Assif-n-Ait-Moussa) (MENSCHING 1957:190).

Im östlichen Teil des Atlas von Marrakech herrschen Intrusivgesteine - präkambrische Granite, Andesite, Diorite und Rhyolite - vor (Adrar-n-Dern), wobei der Gebirgssockel asymmetrisch von seinen höchsten Gipfeln im Norden nach Süden flach abfällt, während im Norden zum oberen Moulouyatal der Steilabfall von tiefen Schluchten (Oued Rheraia, Oued Ourika) zerschnitten wird.

Für Bereiche oberhalb 2900 m NN sind Frostschuttbildungen kennzeichnend. In diesen Höhen kam es in quartären Kaltzeiten zur Ausbildung von Karen, in deren Hohlformen sich bis heute Seen halten konnten (z.B. Lac d'Ifni). Im Gebiet des Toubkal konnten in Trogtälern (z.B. Hochtal des Assif Mizzane) Gletscherzungen mehr als 2 km hangabwärts in tiefer gelegene Täler vordringen und Moränenmaterial akkumulieren. Im übrigen traten bis in Höhen unter 2000 m NN Blockgletscher auf (Tal des Oued Rheraia). Die glazialen Spuren sind jedoch weitgehend durch rezente Erosion oder in einer der letzten humiden und kalten Phasen des Quartärs verwischt worden (DESPOIS & RAYNAL 1967:342).

Der Kalkatlas: Der sich östlich anschließende Kalkatlas ist in einen zentralen und östlichen Teil zu gliedern, wobei der zentrale Kalkatlas östlich des Tizi-n-Tichka beginnt und sich bis zum Plateau des Lacs erstreckt, während der östliche Teil den zum Sahara-Atlas hin abflachenden Bereich des Hohen Atlas umfaßt. Der aus Kalken des Jura aufgebaute Kalkatlas weist einen völlig anderen Gebirgscharakter als der Atlas von Marrakech auf. Im Norden und Süden wird der Kalkatlas von zwei Senken begrenzt - im Norden von der Moulouyassenke, im Süden von der präafrikanischen Senke -, die beide vorwiegend mit Kreide- und Tertiärsedimenten verfüllt sind. Die tektonischen Störungslinien weisen West-Ost- bis Westsüdwest-Ost-nordost-Richtung auf, wobei Faltungen auftreten, die

vorwiegend durch steile, enge Antiklinalen gekennzeichnet sind, die weite synklinale Becken und Plateaus trennen. Diese Plateaus werden neben den hohen Aufragungen von tiefen Tälern gegliedert, in die sich dem Verlauf der Synklinalen folgend und verstärkt durch die generelle Wiederbelebung der Tektonik im Pliozän und Quartär Flüsse eingetieft haben (Oued Mgoun, Oued Dades, Zuflüsse des Oum-er-Rbia), die im Unterlauf nach Süden oder Norden abbiegen (DESPOIS & RAYNAL 1967:374). In diesem Bereich, wie auch in den weiter östlich liegenden Hochzentren, waren im Verlauf des Quartärs glaziale Prozesse bei der Formung beteiligt. Vor allem die solifluidale Hangschuttbildung war während der Pluvialzeiten bei der Anlage der großen Talsysteme durch Verschüttung und erneute Eintiefung der Täler beteiligt (MENSCHING 1957:193). Auf der Nordseite des Gebirges treten in Gebieten oberhalb 3000 m NN tief ausgehobelte Kare (Mgoun - Massiv) auf. Auch die Kette des Ayachi weist auf der Nordseite einseitige tiefe, schuttverfüllte Kare auf.

Nach Osten zu nimmt die Gebirgshöhe allmählich ab. Östlich des Plateau des Lacs tritt eine Änderung der Asymmetrie auf, indem die höchsten Antiklinalen auf der Nordseite (Jbel Masker, Jbel Ayachi zum Moulouyagraben hin steil abfallen. Auf der südlichen Seite verlaufen die Faltenzüge des Kalkgebirges, die parallel Westsüdwest-Ostnordost orientiert sind, zunächst regelmäßig und symmetrisch, sind dann am Südrand des Gebirges nach Süden überkippt und trennen weite Synklinalen mit mergeligen Sedimenten des Jura, die sich teilweise zu mit quartären Sedimenten verfüllten intramontanen Ebenen ausweiten (Ebene von Rich) (MARTIN et al. 1964:11). Nach Süden wird die Faltenzone von Kalkplateaus flankiert, in die die zunächst im Oberlauf in Synklinalrichtung fließenden Flüsse (Ziz, Rheriss, Dades, Thodrha) im Zusammenhang mit tektonischen Bewegungen im Quartär und Pliozän tiefe Schluchten in südliche Richtung eingetieft haben, die dann die randlichen Faltenkämme durchschneiden.

Weiter nach Osten flacht der Hohe Atlas weiter ab und setzt sich nur noch in flachen West-Ost gerichteten Hügelketten fort, die die Verbindung zum algerischen Sahara - Atlas herstellen.

Antiatlas und Jbel Sarhro

Antiatlas, Jbel Sarhro und Jbel Ougnat gehören zu einem geologischen Ensemble paläozoischer Massive, die sich von Westen nach Osten auflösend bis zum Tafilalt erstrecken.

Der paläozoische Gebirgsrumpf des Antiatlas blieb nach seiner letzten Faltung im Karbon bis auf eine

kleine Randzone ein Hochgebiet, so daß jüngere mesozoische Sedimente fehlen. Relikte neogener Sedimentbecken sind im Bereich des Jbel Siroua erhalten. Erst weiter südlich treten auf den Hammas wieder kretazische Sedimente auf. Spätere orogene Phasen, die hauptsächlich den Hohen Atlas betrafen, zeigten sich auch für den Antiatlas wirksam. In der herzynischen Hebungphase wurden vom Souss bis zum Zentrum des Massivs die wenig gefalteten spätpräkambrischen Serien mit vorwiegend kalkiger Fazies, die von paläozoischen Sedimenten ummantelt sind, gehoben. Im Anschluß daran erfolgte im Neogen und Quartär in weiten Teilen eine Zerstörung der in der ersten Hälfte des Tertiärs entstandenen Verebnungen (prämiozäne Rumpffläche), während sie in einigen Bereichen erhalten blieb (südlich Taroudant (MENSCHING 1955:47). Diese Flächen fallen nach Süden mit zum Teil großen Neigungen ein, wobei zahlreiche Verwerfungen auftreten, die ebenso wie die präkambrischen Falten Südwest-Nordost streichen. Der präkambrische Sockel taucht in Domen unter spätpräkambrischen Sedimenten empor und zeigt die Mächtigkeit des diskordant auflagernden Deckgebirges. Häufig sind in den präkambrischen Serien Quarzite, die einige der höchsten Erhebungen (Jbel Lkest, Jbel Aklim-n-Quinisadr) bilden (DESPOIS & RAYNAL 1967:355).

In den präkambrischen Kernen treten außerdem magmatische Gesteine auf, vor allem Granite unterschiedlichen Alters und spätpräkambrische Rhyolite, die aufgrund lang anhaltender subaerischer Erosion zerschnitten und zum Teil von sandverfüllten Depressionen ausgehöhlt sind (DESPOIS & RAYNAL 1967:355). Die Gipfelzone des Antiatlas war im Quartär nicht vergletschert. An den Talhängen tritt jedoch verschiedentlich mächtiger Hangschutt auf, wobei es sich in der Regel um Schuttfächer an kleinen Seitentälern oder Steilhängen handelt, die nur lokale Verbreitung haben, so daß sie nicht mit den Hangschuttdecken der übrigen Atlas - Gebirge vergleichbar sind (MENSCHING 1955:47). Am Nordost-Rand des Antiatlas stellt der bis zu 3300 m NN hohe Jbel Siroua die Verbindung zum Hohen Atlas her und trennt damit gleichzeitig das Becken von Ouarzazate von der Ebene des Souss ab. Es handelt sich um ein präkambrisches Massiv, das von jungtertiären Eruptiva überdeckt wird.

Jenseits des Durchbruchs des Dra nach Süden findet der Antiatlas seine Fortsetzung mit den asymmetrischen Gebirgszügen des Jbel Sarhro (bis 2710 m NN) und Jbel Ougnat (bis 1700 m NN) und senkt sich dann nach Osten zur Ebene des Tafilalt ab. Den nördlichen Randzonen beider Gebirge entsprechen Vorkommen von magmatischen Gesteinen - Sarhro: granitische Intrusionen, Rhyolite; Ougnat: Rhyolite, Mikrodiorite und Gabbros. Auf dem Jbel Sarhro

treten außerdem phonolitische Ergüsse des späten Tertiär, die vermutlich zeitgleich mit den Laven des Siroua sind, auf. Die südlichen Flanken der beiden Massive weisen wenig gestörte Decken von präkambrischen Kalken und Schiefnern auf. Auch in diesen beiden Gebirgsbereichen ist das Relief von intensiver mechanischer Verwitterung bestimmt, die im Quartär zur Bildung von Schutthängen führte, während auf den Nordseiten der höchsten Gipfel Nivationsnischen entstehen konnten. In den kambrischen Schiefnern sowie in Graniten kam es außerdem zur Ausbildung intramontaner Ebenen (z.B. bei Iknoun) (DESPOIS & RAYNAL 1967:459).

Die präafrikanische Senke

Der unterschiedliche Gesteinsaufbau der beiden Gebirgsketten, der sich vor allem in unterschiedlicher Gesteins Härte der beiden Regionen manifestiert, paust sich an der Erdoberfläche durch die Südatlasstörung durch, die nicht als Linie sondern als nicht kontinuierlicher tektonischer Saum mit einem System von Verwerfungen und Bruchfalten dem Südfuß des Hohen Atlas folgend, die beiden Gebirgsbereiche trennt. Sie ist der großen Verwerfungszone Agadir - Figuig - Biskra zuzuordnen (AMBOS 1977:12). Die aktuelle, strukturelle Konfiguration erfuh ihre Ausprägung im Zusammenhang mit der alpidischen Orogenese, die zur Hebung der beiden Gebirgsketten führte, während die afrikanische Senke tiefer gelegt wurde (CHOUBERT & FAURE-MURET 1971:359).

GAUTHIER (1957:31) differenziert in diesem Zusammenhang in zwei klar zu trennende strukturelle Einheiten. Der Gebirgsrand, läßt sich in die „sousezone-subatlasique méridionale“ (Südatlas-Subzone) und den eigentlichen Gebirgsanstieg des Hohen Atlas gliedern. Diese werden durch die Südatlasstörungzone scharf voneinander abgegrenzt. Die eigentliche Absenkungszone, die präafrikanische Senke (CHOUBERT & FAURE-MURET 1971:359) oder Synklinale der khelas (GAUTHIER 1950:1519), ist als „pays des khelas“ (Region der khelas) (GAUTHIER 1957) mit mio-pliozänen und quartären Sedimenten verfüllt. Als khelas werden die zu mesaartigen Tafelbergen zerschnittenen Glacis bezeichnet.

Die afrikanische Senke setzt sich von Westen nach Osten aus einem System von Becken mit relativ niedrigem Relief zusammen. Das Becken von Ouarzazate reicht bis zur „Schwelle von Imider“ zwischen Tinerhir und Boumalne, die gleichzeitig die schmalste Stelle des Beckens darstellt.

Die Südatlas-Subzone (Abb. 2), die sich unmittelbar dem Rand des Hohen Atlas anschließt, setzt sich aus

einer Serie von Synklinalen und Antiklinalen mit Höhen bis zu 2278 m NN (Jbel Tazekka) zusammen und erstreckt sich mit einer Gesamtlänge von ca. 140 km von Westen, beginnend mit der Synklinale von Aguerzga, nach Osten, endend mit der Synklinale von Ait Ouaritane. Der Bereich der Südatlas-Subzone verbreitert sich dabei von Westen nach Osten, wobei gleichzeitig die Anzahl der parallelen, West-Ost - gerichteten, schmalen Faltenzüge, die vorwiegend in Tertiär- und Kreideformationen als Schichtstufen und Schichtkämme ausgebildet sind, zunimmt. Nach GAUTHIER (1957:193) setzt die Ausprägung dieses Faltensystems mit einer orogenen Phase am Ende des Eozän ein, erfährt seine Hauptausbildung während der Hauptphase der Atlasorogenese im Post-Oligozän und eine abgeschwächte Weiterbildung bis zu einer tektonischen Phase am Ende des Villafranchien. Die Aufschiebungen erfolgten bedingt durch Nord-Süd- bzw. Nordwest-Südost-gerichteten Druck auf den Nordrand der Synklinale der khelas. Die im Westen engen, im Osten zum Teil stärker ausgeweiteten Synklinalen sind meist durch eine Asymmetrie mit steilerer Nord- und flacherer Südflanke gekennzeichnet. Die Antiklinalen werden von steil aufgerichteten, zum Teil verkippten bis überkippten Falten gebildet, deren Schuppenstruktur für die gesamte Südatlas-Subzone charakteristisch ist (GAUTHIER 1957:205).

Die aus dem Hohen Atlas kommenden Hauptwadis queren die meist kalkigen Gebirgsbarrieren in nicht an die Struktur angepaßten, antezedenten, tiefen, Nord-Süd - gerichteten Schluchten (Dadès und Tadrha). In Bereichen mit Sandsteinen der Oberkreide oder des Eozän kommt es dagegen zur Ausbildung von ausgeweiteten Nordost-Südwest-gerichteten Tälern (Mgoun und Imassine) (GAUTHIER 1957:35). Im Zusammenhang mit quartären Klimaschwankungen kam es in den Synklinalebereichen zur mehrphasigen Verfüllung mit Glacissedimenten, bzw. der Ausbildung verschiedener Terrassensysteme (AMBOS 1977).

Südlich an die Südatlas-Subzone schließt sich der zentrale Absenkungsbereich an, die mit Kreide bis zu rezenten Quartärsedimenten verfüllte *Region der khelas* (Abb. 4, siehe Beilage). Mit dem aus dem Arabischen stammenden Begriff „khela“ bezeichnet GAUTHIER (1957:32) die schmalen, langgestreckten, durch mehr oder weniger ausgeweitete und tiefe von Norden nach Süden gerichtete Täler getrennte, nach Süden flach einfallenden Flächenniveaus unterschiedlicher Höhe zwischen Ouarzazate und Boumalne. Sie bilden die Verfüllung einer ursprünglichen Topographie des Absenkungsbereiches, die durch rezente Erosion stellenweise wieder sichtbar wird. Am West- und Ostrand, sowie an der gesamten Nordflanke tauchen die aus Kreide- und Eozänsedimenten beste-

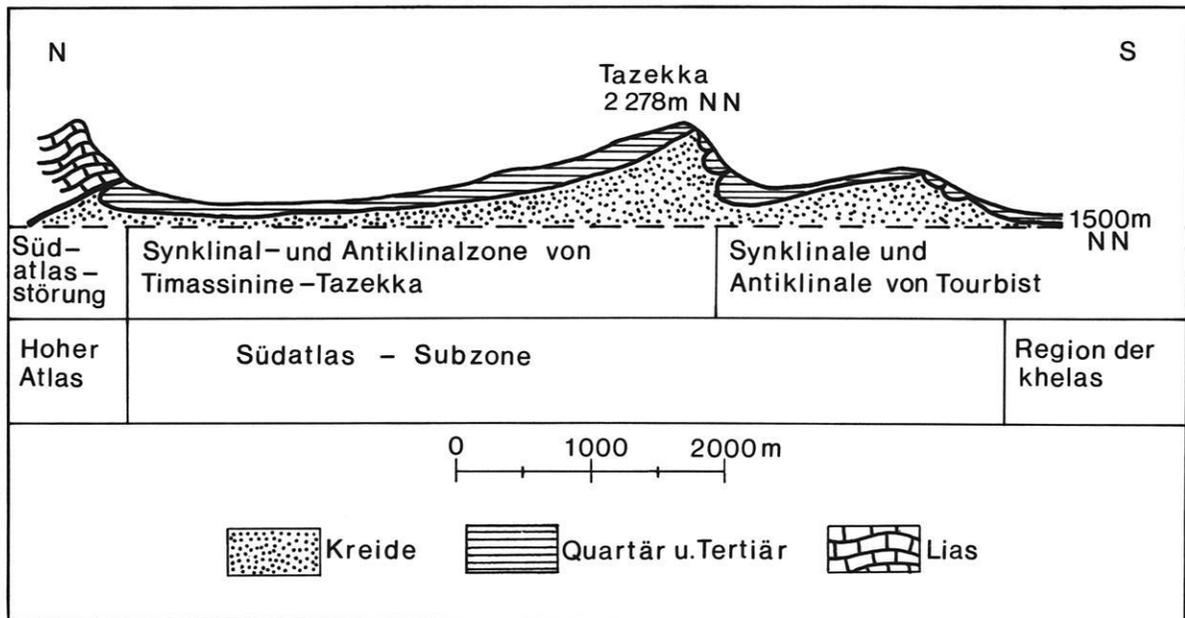


Abb. 2: Profil Hoher Atlas - Südatlas-Subzone - Region der khelas im Bereich des Jbel Tazekka (nach GAUTHIER 1957:203).

henden Randzonen der Geosynklinale unter diese Beckenfüllung ab. Im Süden dagegen liegen die Sedimente mit geringerer Mächtigkeit direkt auf dem paläozoischen Sockel des Jbel Sarhro auf. Lediglich im Südwesten von Skoura und im Südosten von Boumalne bilden Kreide und Eozän wieder die Sedimentationsbasis (GAUTHIER 1957:146). Die Flächensysteme der khelas im Untersuchungsgebiet weisen weitgehend die gleiche geologische Konstitution auf: die Basis bilden kontinentale eozäne bis mio-pliozäne Ablagerungen aus relativ feinkörnigen, roten Sandsteinen zum Teil mit Schrägschichtung, in die lokal Seekalkhorizonte, Konglomerate, gipshaltige Mergel und vor allem im westlichen Teil des Beckens am Südrand des Hohen Atlas Gipslagen eingeschaltet sind. Im Hangenden, zum Teil die Basisablagerungen kappend, stehen mit Mächtigkeiten zwischen 50 cm bis 10 m grobe quartäre Konglomerate und Fanger (im Sinne STÄBLEIN 1968, 1970) an, wobei zum Teil auch pliozäne Ablagerungen mitaufgearbeitet wurden. Diese Konglomerate bzw. Fanglomerate bestehen aus vorwiegend schlecht gerundetem Material, das meist eine kalkhaltige, sandige Matrix aufweist (GAUTHIER 1950:1519). In Aufschlüssen am nördlichen Rand des Beckens ist deutlich erkennbar, daß es sich um zwei unterschiedliche Formationen handelt. Während die liegende Sandsteinserie zum Teil durch weite, post-pontisch erfolgte Faltungen verformt ist, liegt die auf deren Kappungsfläche abgelagerte Konglomeratserie horizontal mit einem Winkel von etwa 45° auf (z.B. Khela Imdouane Zidine nördlich Ouarzazate) (Abb. 5).

Charakteristisch für den gesamten Bereich sind von den zerschnittenen Restflächen in großen Blöcken

abbrechende und seitlich abrutschende Konglomeratbruchstücke. Sind die feinkörnigen Sedimente ganz von der schützenden Steinauflage entblößt, kommt es vor allem am Südrand des Beckens und im Einzugsbereich großer Wadis zu verstärkter Erosion, die lokal zu badlandartigen Formen führen kann (MÖLLER et al. 1983:322).

Die Zusammensetzung der im Ostteil des Beckens sedimentierten Konglomerate weist auf eine Herkunft der Gesteine vorwiegend aus dem Hohen Atlas mit Liaskalken, kretazischen Sandsteinen usw. hin, so daß man bereits für deren Bildungsphase von einem dem heutigen hydrologischen Netz entsprechenden Abflußsystem ausgehen kann. Es treten aber auch im gesamten Beckenbereich Materialien aus dem Jbel Sarhro mit Rhyoliten, Quarziten usw. auf. Auffällig ist dabei, daß ihre Verteilung nicht in allen Sedimentationsniveaus dem aktuellen hydrologischen Netz entspricht. So findet sich z.B. Sarhromaterial auch auf Plateaus im Nordteil des Beckens, deren Niveaus höher liegen als die aus dem Hohen Atlas kommenden Täler. Ein Teil des Materials muß daher vor dem Quartär und nach der orogenen Phase, die zur Verbiegung der Ablagerungen des kontinentalen Miozän an der Basis führten, sedimentiert worden sein. GAUTHIER (1950:1520) geht davon aus, daß es sich um wiederaufgearbeitetes pliozänes Material handelt, das im übrigen im Becken nur in Bereichen auftritt, in denen die quartären Ablagerungen keine großen Mächtigkeiten erreichen (z.B. nördlich Qualaa't Mgouna). Allgemein sind die Sedimentkomponenten des Sarhro in Abhängigkeit von der Lithologie kleiner, zum Teil grusig bis sandig, außer am unmittelbaren Gebirgsrandbereich, während die des Hohen Atlas

allgemein gröber sind, wobei die Größe jedoch mit der Entfernung vom Gebirge abnimmt.

Die oben genannten Beckenfüllungen der khelas sind charakterisiert durch die Ausbildung verschiedener *Glacis- und Terrassenniveaus* (Abb. 6), deren Genese vor allem in der reichhaltigen französischsprachigen Literatur (BEAUDET & RUELLAN 1971, CHOUBERT 1957, GAUTHIER 1957, JOLY 1962) durch den Wechsel pluvialer und interpluvialer Klimaphasen interpretiert wird.

Im Sinne von MENSCHING (1973:133) werden die Glacis hier als Fußflächen vor einem Gebirgskörper verstanden, deren Genese an das arid-morphodynamische System gebunden ist, wobei Akkumulations-, Umlagerungs- und Abtragungsprozesse zur Ausbildung der mehr oder weniger verfestigten Fußflächen im Gebirgsvorland führen. Neben Klimaschwankungen können auch Änderungen der Lage der zugehörigen Erosionsbasis, tektonische Vorgänge oder andere klimaunabhängige Faktoren zu einem Wechsel von Flächenbildungs- und Flächenzerschneidungsphasen mit der Ausbildung von Terrassensystemen führen, deren Existenz allein daher keinen Hinweis auf Klimaschwankungen geben kann (AMBOS 1977:99).

Ohne auf die Diskussion über die Genese der Glacis und Terrassen eingehen zu wollen, soll im Folgenden nur kurz die strukturelle und altersmäßige Differenzierung der Flächen- und Terrassensysteme in Anlehnung an die französischsprachige Quartärstratigraphie für den marokkanischen Raum dargestellt werden (Tab. 1).

JOLY (1962:457) kennzeichnet die südostmarokkanischen Glacis durch folgende Merkmale, die weitgehend auch im Untersuchungsgebiet angetroffen wurden:

- Die Glacis weisen immer eine vom Gebirgsrahmen mit geringer Hangneigung abfallende Fläche auf, die von einer Gebirgskette oder einem Schichtkamm ausgeht, auf dessen Fußfläche sie aufliegt.
- Das Längsprofil geht von konvexen Formen im Bereich des Gebirgsrahmens in konkave Formen des Vorlandes über, wobei die Hangneigungen im gebirgsnahen Bereich $5 - 10^\circ$, im gebirgsfernen Bereich $1 - 5^\circ$ betragen, gleichzeitig verringert sich die Mächtigkeit der Schuttauflage.
- Das Querprofil ist am Gebirgsrand meist unregelmäßig, geprägt von aneinandergereihten Schuttkegeln und Schwemmfächern. In der Fußzone ist es dagegen fast ausgeglichen mit nur noch gering eingetieften Abflußbahnen, sodaß die Glacis hier aus einer Vielzahl divergenter und konvergenter Facetten zusammengesetzt sind, die nur geringe Reliefenergie

aufweisen, d.h. eine fast ebene Fläche bilden.

- Die Fangerschuttbedeckung besteht aus vorwiegend kantigen bis kantengerundeten Komponenten, die zum Teil Wüstenlack oder Picokarst aufweisen.
- Charakteristisch sind die in großen Wadis am Talausgang aus dem Gebirge gut ausgebildeten und relativ hohen Terrassen, die weiter beckenwärts mit den Glacis konvergieren (MENSCHING & RAYNAL 1954:172).
- Während die Glacis stets nur geringe Hangneigungen aufweisen, treten zu den Zerschneidungsbereichen der khelas durch die großen Wadisysteme hin und auch im Übergang der einzelnen Niveauflächen häufig größere Hangneigungen ($> 10^\circ$) auf.

Für das Becken von Ouarzazate werden in der französischsprachigen Literatur (s.o.) Reste von sechs kontinentalen quartären Niveaus zerschnittener Vorlandflächen unterschieden, die in der bisherigen Terminologie GAUTHIERs (1957) und CHOUBERTs et al. (1975) vom jüngsten Niveau mit q1 bis zum ältesten mit q6 (Tab. 1) bezeichnet werden.

Die beiden ältesten gleichzeitig relativ höchsten Niveaus, die dem Moulouyen (= Villafranchien) (q5) und dem Plio-Villafranchien (q6) zugeordnet werden, sind im Becken von Ouarzazate nur in kleinen Flächenresten erhalten. Vor allem im südöstlichen Teil des Beckens (bei Boumalne) stehen q5-Flächenreste an, die nach BEAUDET & RUELLAN (1971:9) durch heterometrische, fluviale Ablagerungen gekennzeichnet und mit einer relativ mächtigen Kalkkruste verbacken sind.

Das nächst jüngere Niveau q4, das dem Salétien entspricht, ist im Untersuchungsgebiet nur lokal in größeren Flächenresten erhalten. Nach JOLY (1962:230) ist dieses mit der Günzkaltzeit parallelierte pluviale Niveau, das bis zu mehrere zehner Meter Mächtigkeit aufweisen kann, durch groben, kaum gerundeten Schutt (mittlerer Durchmesser 10 bis 20 cm), der zum Teil Rañacharakter aufweist (südwestlich Boumalne), gekennzeichnet. Die Größe der Grobkomponenten nimmt auch im gebirgsfernen Bereich nur geringfügig ab und gibt damit einen Hinweis auf die hohe Transportkapazität während der Bildungszeit. Daneben deuten auch geringe Rubefizierung und das Fehlen von Kalkkrusten auf feuchtere Klimaverhältnisse hin. Die Sedimente sind nur wenig verfestigt und enthalten lokal Lagen von Sanden und Lehmen.

Das der Mindelzeit zugeordnete Amirien-Niveau (q3), das mit größeren zusammenhängenden Flächenresten vor allem im Westteil des Beckens auftritt, weist dagegen wieder rotgefärbte Fazies auf, ist insgesamt aber weniger mächtig (kleiner 10 m). Die groben Komponenten sind in der Regel kleiner mittlerer



Abb. 5: Verstellte, liegende Sandsteinserie des Mio-Pliozän mit diskordant auflagernder Konglomeratserie (q3). Standort: Aufschluß am Ostufer des Mittellaufs des Assif-n-Isli-Immoutene (siehe Abb. 3)



Abb. 6: Blick über die Vorlandflächen des Hohen Atlas. Standort: nördlich Tiflit (siehe Abb. 3)

Durchmesser 5 bis 10 cm) und besser zugerundet. Nur an der Basis stehen größere Blöcke an. Das Sediment ist fast immer, vor allem an der Basis, verkrustet (JOLY 1962:234).

Einen großen Flächenanteil im Becken nimmt das Tensiftien (q2) ein, das dem Riss zugeordnet ist. Rote Formationen fehlen weitgehend, die Schuttablagerungen sind durch starke Wiederaufarbeitung älteren Materials und durch grobe Bestandteile gekennzeichnet. Außerdem ist es wenig verfestigt, sieht man von einer Verkrustung im oberen Bereich ab, die wieder auf eine zunehmende Aridisierung zum Ende der Bildungszeit hinweist (JOLY 1965:74).

Das letzte große Glacis-Terrassen-System bildet das Soltanien (q1), das dem Würm zugeordnet wird. Es ist durch generell nur wenig verfestigte, feinkörnige, sandig-lehmige Ablagerungen gekennzeichnet, in die häufig Grobmateriallinsen eingelagert sind. Die Sedimente weisen keine ausgeprägte Kalkkruste auf, lokal kommt es aber zu Verkrustungen des Oberbodens. Insbesondere die auffallend geringe Korngröße weist auf eine zunehmende Aridisierung im Becken mit Schwächung der Transportkraft hin (JOLY 1962:250). Größte Verbreitung haben die Sedimente in großen Tal- und Flächensystemen im tieferen Beckenbereich, wo, wie zum Beispiel in der Oase Skoura, die Lehm- und Sandflächen zum Anbau genutzt werden.

Das jüngste, subaktuelle Niveau, das keinem Pluvial zugeordnet ist, das Rharbien (qA oder auch „alluvions modernes“), in das postquartäre Einschneidung das heutige Flußnetz eingetieft hat, hat insgesamt geringere Verbreitung und ist vorwiegend auf Täler, die in die Alluvionen des Tensiftien oder Soltanien eingeschnitten sind, beschränkt. Es bildet häufig die Niederterrasse der rezenten Wadis und geht teilweise in die aktuelle Hochwasserterrasse über. Die Ablagerungen sind stets von fluvialen, vorwiegend grauen, lehmigen Formationen gekennzeichnet. Geringe Verfestigung und Verkrustung des Materials führen häufig zu äolischer Verlagerung. Das lockere, feinkörnige Sediment hat große Bedeutung als gut zu bearbeitende Anbaufläche in den edaphisch günstigeren Talbereichen und stellt heute im Becken die Hauptanbaufläche dar.

Bei der Betrachtung der räumlichen Anordnung der Glacissysteme fällt auf, daß im Ostteil des Beckens die Flächenniveaus im Gegensatz zum westlichen Teil nur in schmalen Zungen auftreten, die mio-pliozäne Beckenfüllung jedoch weite Bereiche einnimmt. Außerdem schließen sich im Osten an den Nordrand der Südatlassubzone ausgedehnte Flächen mit oberpliozänen Konglomeratserien an, die im westlichen Teil des Beckens nur in schmalen Streifen dem

Gebirgskörper vorgelagert sind. Nur südlich Boumalne sind ausgedehnte, an den Jbel Sarhro anschließende Glacissysteme vorhanden. Die östlich des Oued Imassine beginnende anormal schwache Entwicklung der khelas und Terrassen scheint nach CHOUBERT & FAURE-MURET (1965:59) darauf hinzuweisen, daß die quartäre Entwicklung vor allem in diesem Beckenbereich starken Störungen durch tektonische Deformationen unterlegen war.

Tektonik

Im Neogen bis zum Ende des Pliozän bzw. im Villafranchien kam es zu einer mehrphasigen Hebung der Gebirgsbereiche und zum Absinken des Beckens. Dabei bildeten sich die heute sichtbaren tektonischen Strukturen im Bereich des Beckens von Ouarzazate aus, wie auch in der Diskordanz zwischen mio-pliozänem Basissediment und quartärer Auffüllung am Nordrand des Beckens deutlich wird.

Villafranchien-Ablagerungen eines Prä-Dadès, die sich nach Südosten bis in den heutigen Einzugsbereich des Todrha erstrecken, deuten darauf hin, daß sich auch sein Abflußverhalten seit diesem Zeitraum verändert hat. Seit dem Ende des Salétien kam es zu einer Akzentuierung der Absenkung nach Westen, gleichzeitig einer Hebung der im Gebiet von Boumalne sedimentierten älteren Alluvionen, die heute den Dadès im Osten umgeben, die diesen zugunsten des Todrha abschnürten. Gleichzeitig kam es zu einer Ablenkung des Flusses nach Südwesten (CHOUBERT & FAURE-MURET 1965:59).

Die mit der Hebung und Absenkung einhergehende Verstärkung der Erosion der aus dem nördlichen Gebirgsbereich entwässernden Wadis, drängte den im Synklinalverlauf fließenden Dadès immer weiter nach Süden ab (CHAMAYOU & RUHARD 1977:224). Heute fließt der Dadès bis zum Oued Mgoun, den Beckenbereich von Nordosten nach Südwesten querend, in einem breiten Tal, knickt dann nach Westen ab und tieft sich bedingt durch die gleichzeitige Hebung des Jbel Sarhro in dessen randlichen Gebirgsbereich ein. Er durchbricht diesen dann in einem antezedenten Tal in Höhe von Ouarzazate nach Süden, hervorgerufen durch die Plombierung des Beckens nach Westen durch den Siroua - Vulkanismus im Neogen, wie Sedimentanalysen im Rahmen des laufenden Forschungsprojektes wahrscheinlich machen (GÖRLER, mündliche Mitteilung 1983).

Im Westteil des Beckens führte die tektonische Aktivität zu einer Serie von Westsüdwest-Ostnordost orientierten Verwerfungen, die parallel zur Südatlastörung in einem 10 km breiten und 35 km langen Streifen vom Oberlauf des Oued Rbat im Westen bis

Tab. 1: Quartärstratigraphisches Schema verändert nach ANDRES 1977 (Vortragsmanuskript STÄBLEIN 1982)

Höhe üb. NN	CHOUBERT 1951 u. 1961										AMBOS 1977	RAYNAL 1957	CHOUBERT et al. 1975	
	Strandniveaus (interpluviale Transgr.)	Pluviale	Terr. Niveaus der Pluviale (Terrassen)	rel. Höhe	typische Bildungen	prähistorische Entwicklungsstufen	Qued	A 2	A					
±0 m	heutiges Strandniveau	Rharbien	unterste Terrasse	2-3	Tirs	Neolithiker	T 1	A 2	A					
2 m	Mellahien (flandr. Transgr.)	Soltanien (Würm)	untere Terrasse (rotbraun, lehmig)	10	rote Lehme, unverkrustet	Epipaläolithiker Aterien	T 2	A 1	q A Reg le plus Recent					
5-10 m	Ouljien (Tyrrhénien II)	Tensiftien (Riss)	mittlere Terrasse (Schotter)	20-30	Kalkkrusten, lakustrische Kalke	Entwicklung des Acheuls	T/G 3	Q 3	q 2 Reg Moyen					
15 m	Rabatien (Tyrrhénien Ib)	Amirien (Mindel)	hohe Terrasse (verfestigt)	50-60	ältere rote Lehme		T/G 4	Q 2	q 3 Reg Ancien					
30 m	Anfatien (Tyrrhénien Ia)	Salétien (Günz)	sehr hohe Terrasse	70-100	grobe Schotter, Eisenkonkretionen	Olduvay-Stufe	T/G 5	Q 1	q 4 Reg le plus Ancien (80-100 m)					
50-60 m	Moarifien (Sicilien II)	Regrien	5. Terrasse	150-170	Kalkkrusten?	?	T/G 6	-	-					
90-100 m	Messaoudien (Sicilien I)	Moulouyen (Donau)	Konglomerate	verstellt	rote Formation von Mamora	Pebble Kulturen	G 7	Q'	q 5 (150 m)					
200 m	Maghrébien (Calabrien)	Plio-Villafranchien			lakustrische Kalke				q 6					
	Pliozän		unterer Dra											

zum Assif Toundout im Norden von Skoura verlaufen. Von Westen nach Osten treten mindestens 4 Störungen auf, wobei sich die Flexuren an ihren Randbereichen verringern. Sie führen in den nördlichen Randzonen der Moulouyenfläche, des Salétien- und Amirien-Niveaus zu Verwerfungen, die mehrere Wiederbelebungen erfahren haben müssen, da sie am stärksten auf den ältesten Flächen mit Sprunghöhen zwischen 10 und 30 m ausgeprägt sind (CHOUBERT & FAURE-MURET 1965:59).

Neben den Verwerfungen am Nordrand der Senke treten weniger kontinuierliche Störungen am Südrand des Beckens mit Verwerfungen auf der khela Imarassen (20 km östlich Ouarzazate) auf, die das Amirien- und Tensiftien-Terrassenniveau betreffen. CHOU-BERT & FAURE-MURET (1965:59) datieren daher eine letzte Wiederbelebungen der Tektonik in das Post-Tensiftien. Betont wird diese Störungszone durch die Ausbildung ausgedehnter Travertinvorkommen von bis zu mehreren Metern Mächtigkeit, die sich in West-Ost - gerichteten Streifen im Bereich der Straße zwischen Ouarzazate und Skoura erstrecken. Sie scheinen eine West-Ost gerichtete Störungszone nachzuzeichnen, in der Wasser aus tieferen Schichten, das präkambrische Grundgebirge durchdringend, aufstieg und zur Ablagerung der Travertine führte (GAUTHIER & HINDERMEYER 1953:93). Auf eine jüngere Wiederbelebungen der Störungszone könnten die auch heute noch austretenden zum Teil warmen, schwefelhaltigen Quellen hinweisen.

4.2 Hydrographie

Das Wasser stellt im geoökologischen Wirkungsgefüge den Faktor dar, der variable Einflüsse des atmosphärischen Geschehens in die Landschaft umsetzt, und damit deren Dynamik und Haushalt entscheidend mitbeeinflusst. Entscheidend für das aride Ökosystem ist, daß die Wasserversorgung einen bedeutenden Mangelfaktor darstellt, sodaß seine räumliche Verteilung, d.h. die Ausbildung des hydrologischen Netzes und die Grundwasserversorgung die entscheidende Lebensvoraussetzung für Menschen, Tiere und Pflanzen bilden.

Das aktuelle Entwässerungsnetz im Becken von Ouarzazate fand seine Ausprägung bereits im Quartär und wurde in den tektonischen Aktivitätsphasen besonders akzentuiert (Kap. 4.1).

Hauptvorfluter der aus den beiden Gebirgsbereichen entwässernden periodischen Hauptwadis ist der am Gebirgsfuß des Jbel Sarhro fließende Dadès. Die von den aus dem Hohen Atlas kommenden Wadis zerteilten Khelaflächen werden außerdem noch von einer Vielzahl kleiner und kleinster Gerinne zerschnitten, die auf diese sekundären Vorfluter eingestellt sind.

Insgesamt führte die Absenkung des Beckens nach Süden und Westen zu einer Konvergenz aller Entwässerungsbahnen zum Beckentiefsten im Bereich von Ouarzazate, wo auch 1969 der Stausee angelegt wurde.

Die wichtigsten aus dem Norden kommenden temporären Zuflüsse des Beckens sind: der Izerki, der aus dem Zusammenfluß des Toundout und Targanada gebildete Skoura und der Mgoun. Sie entwickeln nach dem Verlassen des Gebirgsbereiches des Hohen Atlas mehr oder weniger ausgeprägte Terrassensysteme und weiten sich beim Durchqueren der khelas zu Sohlentälern mit bis zu mehreren hundert Metern Basisbreite aus. In den aktuellen Gerinnebetten sind meist Lehme und Sande sedimentiert. Sie tiefen sich bis zu 2 m in rezente bis subrezente Terrassen ein, die sich aus sortierten Wechsellagen von kantengerundeten bis gerundeten Schottern und Feinmaterialbändern mit Schrägschichtung zusammensetzen. Die temporären Zuflüsse sind durch das Auftreten mehr oder weniger lange anhaltender Flutereignisse gekennzeichnet. Heftige Hochwässer treten vor allem im Zusammenhang mit den zum Teil hohen Niederschlägen im Herbst auf (Kap. 4.3), haben aber in der Regel nur kurze Dauer. Länger anhaltend und weniger heftig sind die mit der Schneeschmelze im Hohen Atlas einhergehenden Frühjahrsfluten (CHAMAYOU & RUHARD 1977:232).

Wichtiger für die Wasserversorgung des Beckens, sieht man vom perennierenden Dadès ab, ist das Grundwasser. In Abhängigkeit von der geologischen Struktur des Beckens liegen die als wasserstauende Horizonte geeigneten Sande, Kalke, Gipse und Mergel der Lias-, Kreide- und Miozänen Schichten in großer Tiefe unter den eozänen und mio-pliozänen Sedimenten (CHAMAYOU & RUHARD 1977:232). Bedingt durch die klimatischen Verhältnisse findet eine Grundwasserinfiltration auf den ausgedehnten Flächensystemen heute praktisch nicht mehr statt (Kap. 4.3), sondern ist auf die Wadis und deren rezente Terrassen beschränkt, sodaß auch die Grundwasserleithorizonte vorwiegend auf die Wadisysteme bzw. einen lateral davon ausgehenden Bereich konzentriert sind, sofern nicht, wie am Nordwest-Rand des Beckens oder im zentralen Beckenbereich tektonische Störungslinien das Aufdringen von Grundwasser, wenn auch nur in relativ kleinen Mengen, aus großer Tiefe erlauben (Kap.4.1).

Der Grundwasserstrom variiert mit der Permeabilität der Substrate. CHAMAYOU & RUHARD (1977:235) geben für Wadi-Alluvionen und Schotterniveaus Permeabilitätswerte von $1,5 \times 10^{-2}$ m/s, für Lehme und kalkhaltige Sandsteine geringere Werte von 5×10^{-5} bis $2,5 \times 10^{-4}$ m/s an.

Folgende Hauptgrundwassersysteme prägen die Wasserversorgung des Beckenbereiches CHAMAYOU & RUHARD 1977:235):

Das Bassin des Imini/Dadès besitzt einen kontinuierlichen Grundwasserstrom, der in verschiedenen Grundwasserhorizonten ausgebildet ist und insbesondere für die Versorgung des sich westlich Ouarzazate erstreckenden Palmehains und seiner Brunnen große Bedeutung hat. Auch der periodisch fließende Izerki verfügt über einen kontinuierlichen Grundwasserstrom, der eine Reihe kleinerer Oasen im Wadibereich versorgt. Der sich bis zu 5 bis 6 km ausdehnende Grundwasserhorizont des Skoura bzw. seiner beiden Zuflüsse versorgt die ausgedehnte Anbaufläche der gleichnamigen Oase mit Wasser. Besonders in diesem Bereich fällt die Nutzung des aus dem Gebirge kommenden Grundwasserstromes durch ein System von mehr oder weniger parallel angeordneten foggaras auf, die sich häufig noch in sekundäre und tertiäre Systeme vernetzen und zur Versorgung der Anbauflächen im Beckeninneren dienen. Die sich weit von Nordosten nach Südosten erstreckende Oase zwischen Qualaa't Mgouna und Boumalne bezieht ihr Wasser zum Teil direkt aus dem Dadès, zum Teil aber auch aus zahlreichen Brunnen, die von dem ausgedehnten Grundwassersystem des Dadès und des Mgoun gespeist werden.

Die nur mit einem kleinen Einzugsgebiet ausgestatteten Zuflüsse aus dem Jbel Sarhro, der gleichzeitig gegenüber dem Hohen Atlas nur geringere Niederschlagsmengen erhält, spielen für die Wasserversorgung des Beckens nur eine geringe Rolle.

Die Qualität des Grundwassers variiert mit dem grundwasserleitenden geologischen Untergrund. Im oberen Dadestal bis in den Bereich des Oued Mgoun ist das Grundwasser in der Regel arm an gelösten Salzen, aber stark karbonathaltig, während nach Westen eine zunehmende Versalzung auftritt, bedingt durch das Durchfließen einer kalkig-sulfatreichen oder alkalischen Chlorfazies. Im Bereich zwischen Skoura und Ouarzazate werden in gipshaltigen und lagunären Tonen hohe Mengen von Sulfaten und Chlor gelöst, die die Wasserqualität in diesem Bereich gegenüber dem Osten erheblich verschlechtern CHAMAYOU & RUHARD 1977:236).

4.3 Klima

Im semiarid-ariden Bereich kommt dem Klima als äußerer dynamischer Bedingung des Landschaftshaushaltes im Zusammenhang mit dem geoökologischen Gefügemuster eine wichtige Rolle zu.

In doppelter Funktion stellt das Klima sowohl – eine Bedingung für Ablauf und Intensität ver-

schiedener Prozesse z.B. im jahreszeitlichen Rhythmus, als auch

– einen Faktor im Wirkungsgefüge dar, der Einfluß auf Stoffumsatz, biologische, pedogenetische und morphogenetische Prozesse und den Energiehaushalt (z.B. über den Niederschlag als Transportmedium für Stoffverlagerungen) ausübt.

Bestimmende Faktoren im Wirkungsgefüge sind die Klimaelemente Niederschlag, Temperatur und Wind. Als Ausdruck ihrer langfristigen Bedingungen geben Angaben über Mittelwerte und den mittleren Schwankungsbereich einen Hinweis auf die klimatischen Größenordnungen; eine wichtigere Bedingung zur Verdeutlichung des aktuellen Faktorengefüges stellen jedoch die Extrema und die quantitative und zeitliche Streuung der verschiedenen Klimaparameter dar.

Schwierigkeiten bei der Erfassung klimatischer Daten bereitet im Bereich des Untersuchungsgebietes vor allem die geringe Dichte meteorologischer Meßstationen, aber auch die häufig nur lückenhafte Verfügbarkeit von Daten, so daß nur eine grobe Abschätzung der Klimaverhältnisse möglich ist. Auf eine Erfassung geländeklimatischer Meßdaten mußte aus organisatorischen Gründen verzichtet werden. Bei den Geländearbeiten zeigte sich jedoch, daß Standortdifferenzierungen aufgrund lokaler geländeklimatischer Bedingungen im allgemeinen gegenüber dem übergeordneten Minimumfaktor Niederschlag nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Marokko liegt im Grenzbereich des Einflusses mediterranen und saharischen Klimas und entspricht damit gemäß der TROLL-PAFFENSchen Klimaklassifikation dem Übergangsbereich zwischen winterfeuchtsommerdürren Steppenklimate und den subtropischen Halbwüsten- und Wüstenklimate. Eine deutliche Grenze zwischen den beiden Einflußbereichen stellt das West-Ost - orientierte System der Atlasgebirgsketten dar, wobei sich insbesondere im zwischen Hohem Atlas und Jbel Sarhro gelegenen Becken von Ouarzazate der Übergangscharakter zwischen beiden Klimaregionen verdeutlicht. Während die jahreszeitliche Zweiteilung des Klimas mit kühlen, feuchteren Wintern und heißen, trockenen Sommern noch auf den mediterranen Einfluß verweist, deuten die hohen mittleren Temperatur- und die geringen Niederschlagswerte (Abb. 7) auf den Einfluß des ariden Klimas hin. OZENDA (1977:481) ordnet unter Berücksichtigung der ombrothermischen Diagramme nach WALTER und LIETH, die für das Becken eine 11 bis 12 monatige aride Phase ausweisen (Abb. 7), in der die Niederschlagskurve die Temperaturkurve nicht übersteigt, das Untersuchungsgebiet dem ariden Klimabereich zu. COUVREUR (1981:51) differenziert noch, indem er unter Berücksichtigung des

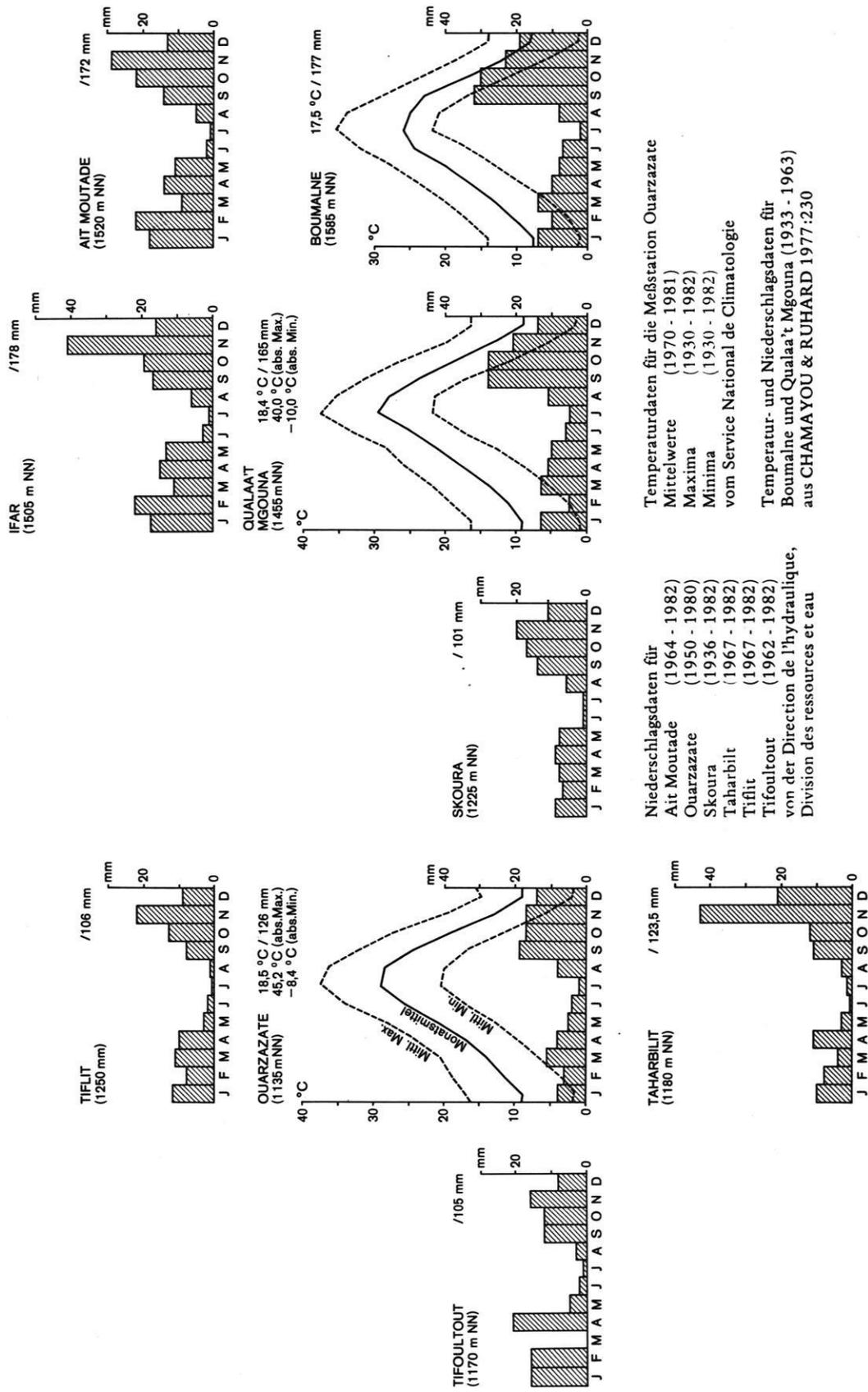


Abb. 7: Mittlerer Jahresgang von Temperatur und Niederschlag im West-Ost- und Nord-Süd - Profil des Beckens von Ouarghazate.

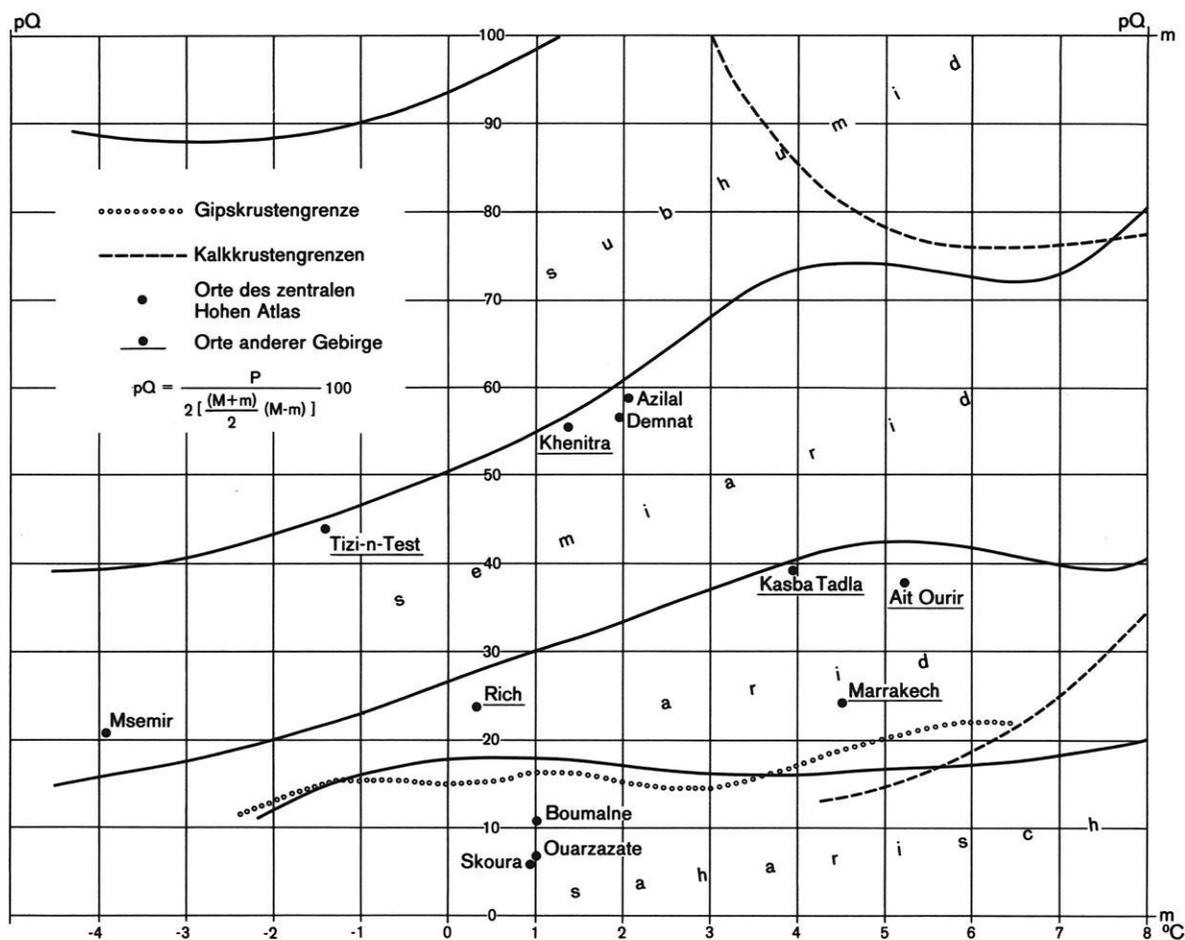


Abb. 8: Klimadiagramm von EMBERGER für Süd-Marokko (nach COUVREUR 1981:509).

PQ = pluviothermischer Quotient, P = Monatsmittel des Niederschlags, M = Mittleres Maximum des heißesten Monats, m = Mittleres Minimum des kältesten Monats

pluviothermischen Quotienten nach EMBERGER (1971), der basierend auf vegetationsgeographischen Untersuchungen im nordafrikanischen Raum unter Einbeziehung von Temperatur und Niederschlagswerten einen Ariditätsindex definiert, das Becken von Ouarzazate der „sous-étage saharien frais“, d.h. einer kalten Untergruppierung des saharisch-ariden Klimabereichs zuweist (Abb. 8).

Bereits eine Übersicht über die mittleren Niederschläge (Abb. 7) macht deutlich, daß vor allem die Wasserverhältnisse einen wichtigen limitierenden Faktor sowohl für die Vegetationsverteilung als auch die pedologischen und geomorphologischen Prozesse darstellen müssen. Wichtige Kriterien sind daher neben der Menge die jahreszeitliche Verteilung und außerdem die Variabilität der Niederschläge.

Die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge im gesamten Beckenbereich zeigt zwei deutlich ausgeprägte Maxima mit höchsten Werten im November

und einem sekundären Maximum im Frühjahr, während die Sommermonate durch geringe Niederschläge mit einem Minimum im Juli gekennzeichnet sind.

Gelegentlich im Winter auftretender Schnee bleibt im Beckenbereich meist nur einige Stunden, selten länger als einen Tag liegen. Die höher gelegenen Bereiche des Hohen Atlas tragen jedoch im Winter eine langanhaltende Schneedecke, die nicht selten das Passieren der Straßenverbindung über den 2260 m NN hoch gelegenen Tichka-Paß unmöglich macht und maßgeblich an der Wasserversorgung der südlich des Gebirges gelegenen Regionen beteiligt ist. Der Gesamtniederschlag ist gering. Charakteristisch für den ariden Klimabereich sind jedoch vor allem die im November auftretenden hohen Niederschlagsintensitäten. So fielen z.B. im November 1972 in Ouarzazate innerhalb 24 h mehr als 50 mm Niederschlag. In Ouarzazate weisen außerdem etwa zwei Drittel der Niederschläge eine Höhe von mehr als 10 mm auf (DIMANCHE 1982:36).

Ein weiteres Charakteristikum stellt die ebenfalls hohe Variabilität der jährlichen Niederschlagssumme dar. Eine Analyse der Niederschlagswerte der letzten 30 Jahre (Abb. 9) zeigt, daß die mittlere Abweichung der Jahressumme vom Mittelwert rund 40 %, die mittlere Schwankungsbreite jedoch sogar 80 % beträgt, so daß weniger die geringe Niederschlagssumme, als die Unsicherheit der Wasserversorgung zum bestimmenden Klimafaktor wird. Die relative Trockenheit der letzten 10 Jahre, die sich sowohl im Vegetationsbild als auch im starken Rückgang des Wasserstandes im Stausee „Al Mancour ad Dehbi“ bei Ouarzazate äußert, zeigt sich deutlich in der negativen Abweichung der Niederschlagssumme vom Mittelwert. Insgesamt sind die in der Auswertung erfaßten Jahre mit positiven Abweichungen, d.h. relative Feuchtejahre, zahlenmäßig geringer als die Dürrejahre, die vor allem seit den 60er Jahren überwiegen.

Eine Betrachtung der Niederschlagsverteilung an verschiedenen Stationen im gesamten Beckenbereich (Abb. 7) macht deutlich, daß die Gesamthöhe der jährlichen Niederschläge eine klare Funktion der Höhe über NN darstellt. In den randlichen Gebirgsbereichen (z.B. Iffre) bzw. im höher gelegenen östlichen Teil des Beckens (z.B. Boumalne) übersteigen die mittleren Niederschlagswerte die Beckenwerte um ein Drittel. Die bessere Niederschlagsversorgung ist aber auch in diesen Bereichen auf die winterlichen Monate beschränkt, während die sommerliche Trockenheit deutlich ausgeprägt ist.

Eine verbesserte Wasserversorgung der Vegetation durch Tau oder Nebel tritt im Untersuchungsgebiet kaum auf. Aufzeichnungen der Klimastation Ouarzazate für die Jahre 1950 bis 1980 (Abb. 10) weisen aus, daß die Maximalzahl von Tagen mit Nebel vier Tage pro Jahr nicht überschreitet, in den meisten Jahren tritt jedoch kein Nebel, bzw. höchstens ein Tag mit Nebel auf. Tauniederschläge erreichen Maxima pro Jahr mit 36 Tagen, wobei die monatlichen Maxima mit im Mittel 3,4 Tagen im Dezember und 1,9 Tagen je im Januar und November liegen, d.h. den Monaten, die ohnehin aufgrund der Niederschläge und geringerer Temperatur eine bessere Wasserversorgung gewährleisten.

Betrachtet man in diesem Zusammenhang den mittleren Jahresgang der Luftfeuchte (Abb. 11) in den Morgen-, Mittag- und Nachmittagstunden, so wird deutlich, daß auch im Winter bzw. Frühjahr und Herbst die Tageserwärmung schnell zu geringen Luftfeuchtwerten um 40 % führt, während in den Sommermonaten die Aridität des Raumes noch durch die extrem geringen Werte schon in den Morgenstunden unterstrichen wird.

Im Zusammenhang mit dem Feuchtedefizit der Luft steht die besonders für die Vegetation und Bodenbildung maßgebliche hohe Verdunstung, die einerseits von der Vegetation besondere Anpassungsstrategien an die Regulierung des Wasserhaushaltes stellt, andererseits bedingt durch das Sättigungsgefälle

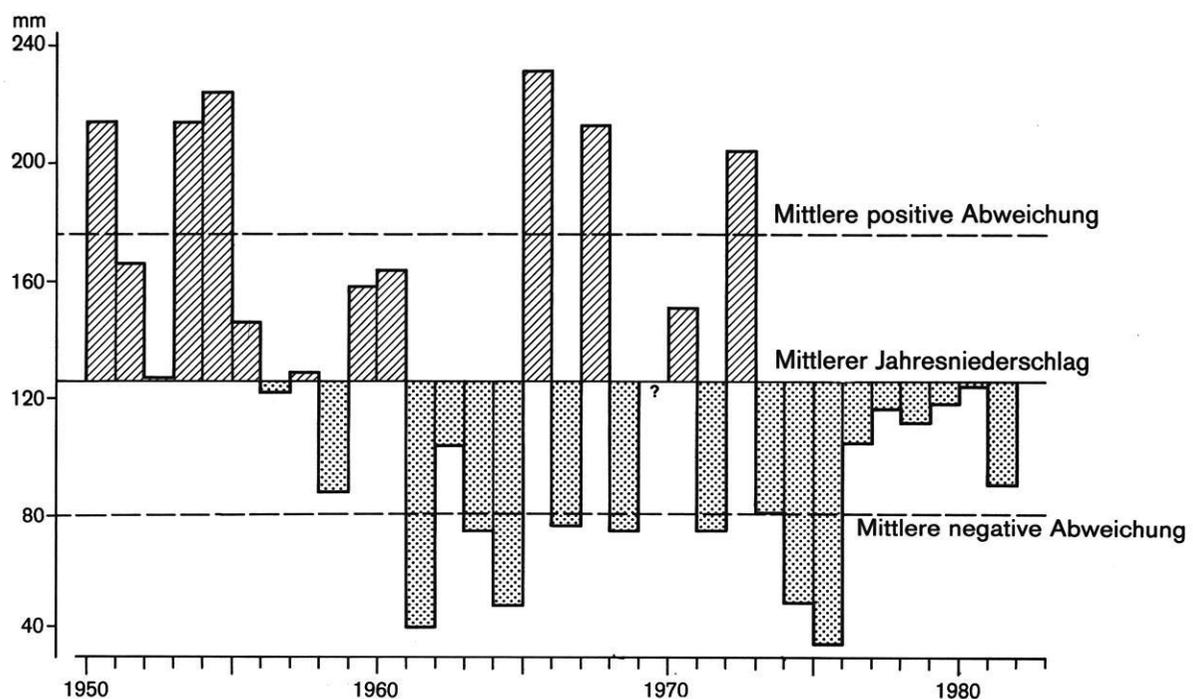


Abb. 9: Niederschlagsvariabilität an der Klimastation Ouarzazate (1950 - 1982).
Quelle: Service National de Climatologie

zwischen Boden und Luft zu aufsteigenden Lösungsbewegungen im Boden führt. DIMANCHE (1982:33) gibt für die Klimastation Ouarzazate mit PICHE-Evaporimetern gemessene Werte der potentiellen Verdunstung von 4000 mm/Jahr an, wobei er unter Verwendung eines Korrekturfaktors von 0,7 zur Berücksichtigung der Lateralstrahlung zu einem Verdunstungswert von 2800 mm/Jahr kommt. Monatliche korrigierte Mittelwerte sind in Tab. 2 dargestellt.

Aufgrund dieser ganzjährig hohen Evaporationsbeiträge stellt sich die Frage, ob Niederschläge in Bezug auf das pflanzenverfügbare Wasser im Boden zu positiven Werten führen können. DIMANCHE (1982:35) zitiert in seiner Arbeit hierzu Untersuchungen von CHAMAYOU (1962, keine genaue Literaturangabe), der ausgehend von Tagesmessungen der Evapotranspiration und des Niederschlages errechnet, daß in Ouarzazate im Mittel an sechs Tagen pro Jahr Niederschlagsereignisse auftreten, die zu einer Infiltration führen können. Er geht von der Annahme aus, daß zwar der Gesamtniederschlag gering ist, aber zu zwei Dritteln in Mengen größer 10 mm fällt und bei 5 bis 10 mm Niederschlag bereits mit einer Infiltration zu rechnen ist. Dies bedeutet, daß bei normalen Niederschlagsverhältnissen in Ouarzazate eine geringfügige Infiltration nur im Herbst stattfinden kann, während jedoch Jahre mit außergewöhnlich hohen Niederschlägen (z.B. 1972 mit 204 mm) eine Infiltration auch in tiefere Bodenhorizonte ermöglichen können und bei günstigen Bodenverhältnissen (z.B. Sandböden) sogar zu einer Erneuerung des Grundwassers führen könnten.

Anhand dieser Zahlen wird deutlich, daß nicht nur die Wasserversorgung der Vegetation, sondern auch der Bevölkerung im Süden des Hohen Atlas bei katastrophalen Trockenperioden, wie z.B. in den letzten zehn Jahren, gefährdet ist, da bei fehlender Wasserzufuhr durch die großen Wadisysteme auf die Versorgung durch das vor allem aus dem Hohen Atlas gespeiste Grundwasser zurückgegriffen werden muß, dessen Ergiebigkeit wiederum zu einem beträchtlichen Teil von ausreichenden winterlichen Schneefällen abhängig ist.

In Bezug auf die Lufttemperatur, gemessen in Wetterhütten in 2 m Höhe über Flur (Abb. 7), zeigt sich eine höhenmäßige Differenzierung innerhalb des Beckens von Westen nach Osten nur geringfügig durch eine

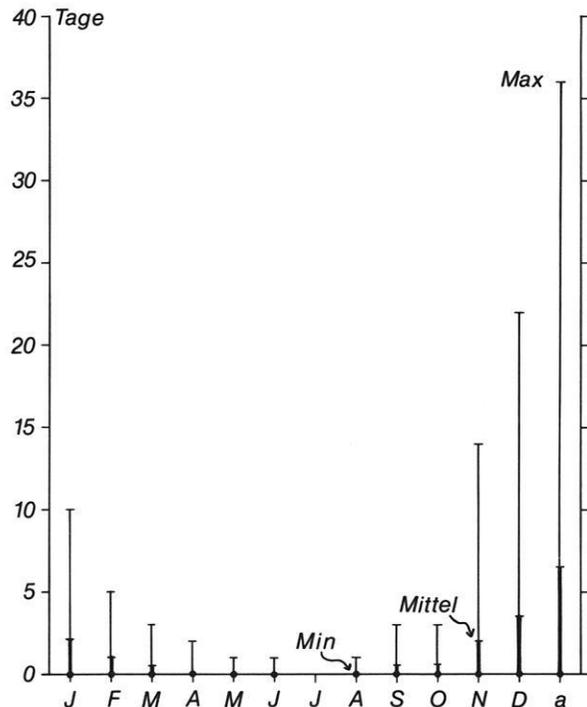


Abb.10: Mittelwerte, minimale (immer 0) und maximale Anzahl der Tage mit Tauniederschlag an der Klimastation Ouarzazate (1960 - 1980), a = Jahresmittel. Quelle: Service National de Climatologie

etwas tiefere Absenkung der Wintertemperaturen im höher gelegenen Beckenbereich. Die absoluten Minima von Ouarzazate und Boumalne unterscheiden sich jedoch nur um 2° C. Im gesamten Beckenbereich deuten die sommerlichen Maxima von um 40° C darauf hin, daß gerade an die Vegetation mit maximalen Jahresamplituden von 50° C hohe Anforderungen an die klimatische Anpassungsfähigkeit gestellt werden, die sich durch eine trockenheitsbedingte sommerliche und eine kältebedingte winterliche Ruhephase ausdrückt.

Erhöhte Anforderungen an die Lebensfähigkeit der Pflanze stellt - verstärkt noch an strahlungsexponierten Standorten - der Übergangsbereich zwischen Boden und Luftraum dar, da sie gerade an dieser Grenzfläche extremen Temperaturschwankungen mit mehr als 40° C ausgesetzt ist. Mittelwerte von Messungen an der Meßstation in Ouarzazate mit einem beschatteten Minimum-Maximum Thermometer in 2 cm über vegetationsfreiem Boden geben einen Hinweis auf den verstärkten Temperaturstreß in diesem

Tab. 2: Monatliche korrigierte Mittelwerte der potentiellen Verdunstung in mm, gemessen mit PICHE-Evaporimeter an der Klimastation Ouarzazate (DIMANCHE 1982:34).

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
120	140	185	240	295	350	395	380	315	245	185	125	2800 mm

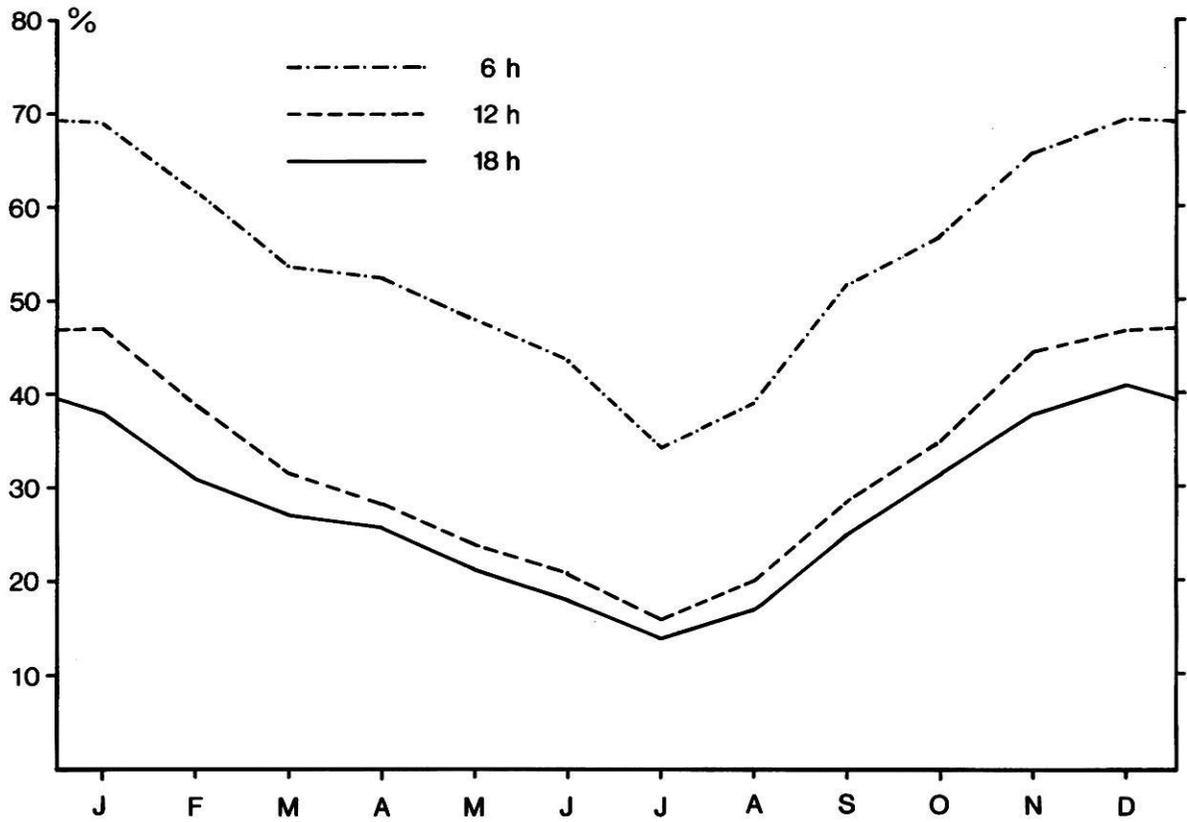


Abb.11: Mittlerer Jahresgang der Luftfeuchte (6, 12, 18 h) an der Klimastation Ouarzazate (1960 - 1980).
Quelle: Service National de Climatologie

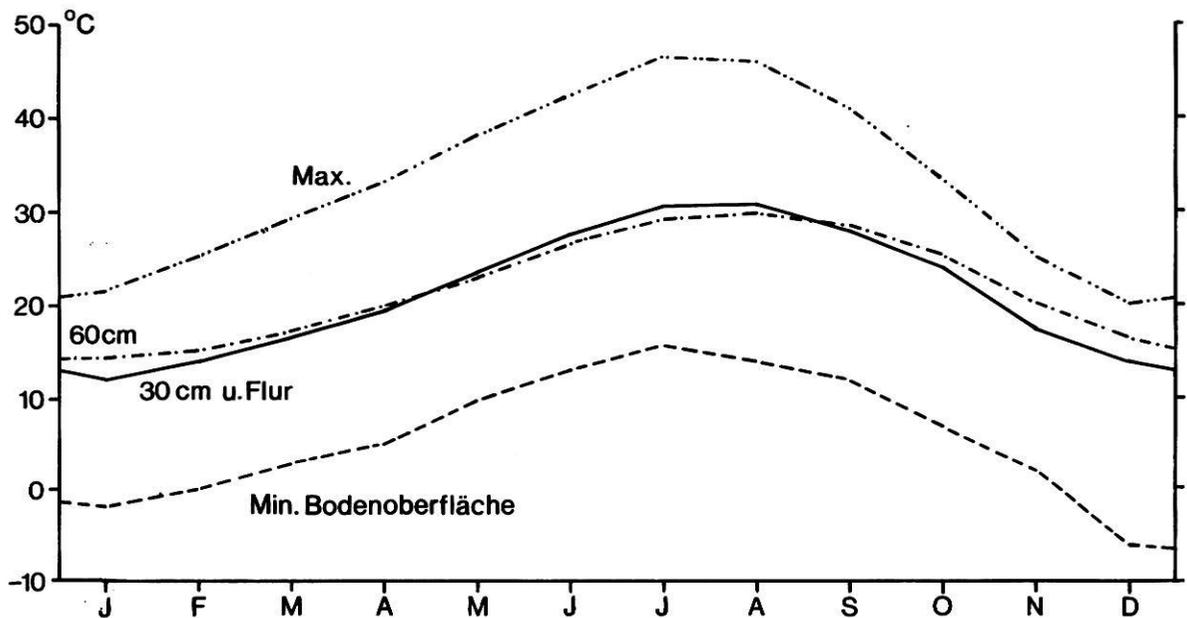


Abb.12: Mittleres monatliches Maximum und Minimum der Temperatur in Bodennähe (2 cm über Flur) und im Boden (30 und 60 cm unter Flur) an der Klimastation Ouarzazate (1965 - 1980).
Quelle: Service National de Climatologie

Bereich (Abb. 12). Im kältesten Monat (Januar) liegt das mittlere Minimum bei -2°C und ist damit durch Bodenfrost gekennzeichnet, während im Mittel die Temperaturen am Tage auf 22°C ansteigen können. Mittlere Maxima im Sommer erreichen sogar bis zu $46,5^{\circ}\text{C}$.

Die Temperaturen im Boden (30 und 60 cm unter Flur) (Abb. 12), d.h. im Wurzelbereich der Vegetation, zeigen einen ausgeprägten Jahresgang mit Höchstwerten im Juli um 30°C und Mindestwerten im Januar um 12°C bzw. 15°C , dies entspricht einer Jahresamplitude von 15°C . Eine Differenzierung mit der Tiefe wirkt sich aber nur im kältesten Monat deutlich aus, während in der übrigen Zeit die Temperaturdifferenzierung gering ist. Auch für Standorte mit Pflanzenbewuchs ist von vergleichbaren Werten auszugehen, da dieser im Untersuchungsgebiet außer in edaphisch günstigeren Wadibereichen oder bei Nebkabildung nur selten mit einer Dichte auftritt, die eine Modifizierung des Bodentemperaturverhaltens bedingen könnte.

Charakteristisch für den Beckenbereich sind die sich im Verlauf des Tages zum späten Nachmittag hin mit großer Regelmäßigkeit verstärkenden Windbewegungen in Bodennähe (Abb. 13), wobei vor allem in der wärmeren Jahreszeit die mittleren Windgeschwindigkeiten Werte um 6 bis 7 m/s erreichen können. Im Winter macht sich die abschirmende Wirkung der Kette des Hohen Atlas gegenüber den vorherrschenden Winden aus nördlichen bis nordwestlichen Richtungen bemerkbar. Im Sommer bilden sich gegen abend zum Teil hohe Windgeschwindigkeiten (Messungen mit einem Handanemometer zeigten Werte bis zu 17 m/s) aufgrund eines aus dem Hohen Atlas in das Becken strömenden lokalen Hangabwindsystems aus. Zum anderen treten im Sommer zum Teil heftige, heiße, regionale Winde aus dem südlichen Sektor auf.

Im Zusammenhang mit den vor allem in den späten Nachmittagsstunden auftretenden hohen Windgeschwindigkeiten, die einerseits zu einer Verschärfung der Verdunstungsverhältnisse führen, treten häufig Staubstürme auf, deren Material z.T. aus den Feinmaterialablagerungen in den Wadibetten und Oasen stammt, zu einem großen Teil aber auch aus dem durch die Trockenheit der letzten Jahre bedingt trockenengefallenen Stausee - Al Mancour ad Dehbi - bei Quarzazate. Die zum Teil erheblichen Materialverlagerungen machen diese Staubstürme für Mensch und Tier in der näheren Umgebung zu einer äußerst unangenehmen Belastung.

4.4 Boden und oberflächennahes Substrat

Bei der Analyse der Substrateigenschaften in ihrem Bezug zum geoökologischen Gefügemuster richtet sich das Interesse nur „auf den Teil der Lithosphäre, der, aufgrund seiner Tiefe in Beziehung zur Erdoberfläche, noch landschaftsökologisch relevant ist“ (HAASE 1967:53). In Abhängigkeit von Relief, Klima und Lithologie bestimmen die Substrate des ariden Raumes, die von ihrem Sedimentcharakter, d.h. der Struktur und Textur, petrographischem und mineralischem Gehalt sowie physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften geprägt sind, den Pflanzenstandort in Bezug auf seine natürlichen Gegebenheiten z.B. im Hinblick auf Bodenwasserhaushalt, Nährstoffversorgung, Durchwurzelbarkeit usw.. Dabei bilden vor allem die Variationen des hydrischen Systems des Bodens den Hauptfaktor, der die Produktion des ariden Ökosystems begrenzt.

Klimatische Trockenheit, geringer Pflanzenbesatz, vorwiegend physikalische Verwitterung und geringer chemischer Umsatz im Boden verhindern im Untersuchungsgebiet, abgesehen von den kultivierten Flächen, die nicht in die Betrachtung miteinbezogen wurden, die Ausbildung von Böden im engeren Sinne nach GANSEN (1968:25). Die kiesig-steinigen Ablagerungen der Glacis- und Terrassensysteme und der randlich anschließenden Bergfußzonen ebenso wie die zum Teil bis zu mehreren Meter mächtigen Schotterakkumulationen in den Trockentälern bilden daher ein bodenäquivalentes Substrat, das keine Profildifferenzierung aufweist, dem zur Vereinfachung im folgenden Text eine sehr weite Auslegung des Begriffes „Boden“ zugeordnet wird.

Entscheidend für den Vegetationsbesatz sind die physikalischen *Eigenschaften der Böden* - deren Korngrößenverteilung und die Gründigkeit -.

Neben der lithologischen Differenzierung, die durch die unterschiedlichen Herkunftsgebiete der Beckensedimente gesteuert wird (Kap. 4.1), beeinflusst das Relief die kleinräumige Differenzierung der Böden. Von der Hangneigung hängt wesentlich die verlagernde und akkumulierende Wirkung von dem vor allem bei starken Niederschlagsereignissen flächenhaft abfließenden Wasser ab, der außerdem die erodierende Wirkung des im Untersuchungsgebiet mit hohen Geschwindigkeiten auftretenden Windes (Kap. 4.3) überlagert ist. Flächenhafte Verspülung von Feinmaterial auf den schwach geneigten Glacisniveaus führt vor allem zu einer oberflächlichen Anreicherung kleinerer Korngrößen (Feinsand bis Schluff) in

flachen Depressionen und in den Tiefenlinien unterschiedlicher Größenordnung. Am Fuß stärker geneigter Hänge, die in der Regel von einer grobblockigen Schuttauflage geprägt sind, kommt es ebenfalls zur Anreicherung von Feinmaterial. Die Wirkung des Windes führt einerseits durch die Auswehung der Feinfraktion, die in der Matrix der Fanger überwiegt (kleiner $63 \mu\text{m}$ ca. 60 %) vor allem auf den windexponierten Flächenniveaus zur Ausbildung von Steinpflastern, die dann eine schützende Bodenauflage bilden. Andererseits kommt es im Bereich von auch schon kleineren Hindernissen - Grashorsten, Zwergsträuchern und Gesteinsblöcken - zur Anwehung von Feinmaterial und an den Pflanzenstandorten zur Ausbildung von Mikrodünen - nebkas - (siehe Kap. 6.2.1). An blockschuttreichen Hängen werden zum Teil Sande mit erheblicher Mächtigkeit zwischen den Gesteinsblöcken angeweht.

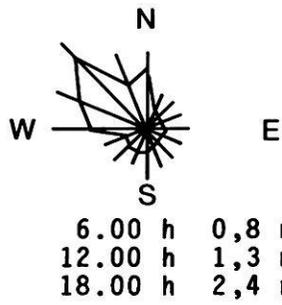
Abhängig von der Hangneigung ist jedoch nicht nur das Erosionsverhalten des flächenhaft abfließenden Wassers, sondern auch dessen Möglichkeit in den Boden einzudringen. Dieser Vorgang wird in erster Linie von der Korngrößenverteilung des oberflächennahen Substrats gesteuert. Oberfläche und Korngrössenzusammensetzung der tieferen Schichten beeinflussen den Wasserhaushalt des Bodens, der wiederum die nutzbaren Wasserreserven für die Vegetation in der zeitlichen und räumlichen Verteilung steuert. Böden mit bestem hydrischem Verhalten ermöglichen bei nur kurzer, periodischer Durchfeuchtung schnelle Infiltration, besitzen einen wasserstauenden Horizont in einer Tiefe, die dem Hauptwurzelhorizont der Vegetation entspricht, und einen hohen Verdunstungsschutz durch geringe kapillare Porosität der Oberfläche. Schnelle Infiltration bieten vor allem Böden, die mit vorwiegend groben Komponenten durchsetzt sind. Ein hoher Steinanteil verringert jedoch die Speicherkapazität des Bodens, indem das Wasser, sofern kein wasserstauender Horizont vorhanden ist, in Bodentiefen versickert, die insbesondere für Pflanzen mit nur gering ausgeprägtem Wurzelsystem, d.h. vor allem für die Ephemerer, nicht mehr erreichbar sind. Raschen oberflächlichen Abfluß weisen dagegen vor allem tonige Böden auf, in die, zum Teil noch verstärkt durch die Ausbildung einer Oberflächenverdichtung, das Wasser nur schwer auch bei länger anhaltender Überflutung eindringen kann. Bei gleichem Jahresniederschlag bieten sandige Böden im Mittel für die Vegetation eine um bis zu 60 % kürzere Trockenperiode als lehmige Böden (FLORET & PONTANIER 1982:385), da zum einen das Wasser relativ schnell in den Boden eindringen kann, zum anderen aber die Austrocknung geringer ist. Ebenso wie in den Feinsand- und Tonböden, die meist nur in der obersten Bodenschicht durchfeuchtet werden, deren Austrocknung aber noch durch die Ausbildung von

Trockenrissen verstärkt wird, trocknen auch die oberen Bodenschichten von Mittel- bis Grobsanden schnell aus. Aber die kapillaren Wasserfäden reißen bald ab, d.h. die Wasserleitfähigkeit im oberen Horizont sinkt schnell mit zunehmender Entwässerung, so daß der Rest der Feuchte in den tieferen Bodenschichten verbleibt und der Vegetation zur Verfügung steht. Im Frühherbst im Anschluß an die Trockenperiode kann schon vor Auftreten der ersten Regenfälle die Feuchte in den tieferen Bodenschichten (100 bis 200 cm unter Flur) wieder zunehmen bedingt durch die Kondensation aus tieferen Schichten aufsteigenden Wasserdampfes. Durch stärkere Abkühlung der oberen Bodenschichten in den Nachtstunden (Kap. 4.3) wird der Dampfdruck stark unter den im tieferen Teil des Profils herrschenden reduziert und die aufsteigende Wasserdampfbewegung führt zu einer Kondensation in den höheren Schichten (KOVDA et al. 1979:445).

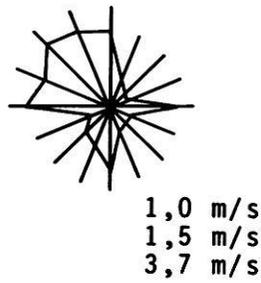
Neben der raschen Austrocknung der oberen Bodenschichten in der Trockenzeit bedingt der Wechsel feuchter und trockener Jahreszeiten gleichzeitig die fehlende Auswaschung löslicher Stoffe aus dem Boden, so daß es unter anderem zu einer Anreicherung der Basen und damit zu einer hohen Basensättigung im Boden kommt. Die Böden des Untersuchungsgebietes zeigen daher ausschließlich schwach (pH 7 bis 8) bis stark alkalische (pH 9 bis 10) Bodenreaktion. Eine Schädigung der Vegetation durch Versauerung des Bodens ist zwar damit ausgeschlossen, es kann aber eine Verschlechterung der Nährstoffversorgung auftreten, indem mit zunehmendem pH die Verfügbarkeit von Fe und Mn sinkt (FINCK 1970:206). Hohe pH-Werte stellen in Trockengebieten außerdem neben dem Wassermangel ein Hindernis für die Aufnahme von Makro- und Mikronährstoffen und anderer für das Pflanzenwachstum wichtiger Stoffe aus dem Boden dar (GANSSEN 1968:43).

Neben der fehlenden Auswaschung führt die hohe Evaporation zu einer aufsteigenden Bewegung von Lösungen im Boden und deren Anreicherung an der Bodenoberfläche, bzw. im oberflächennahen Bereich. FLORET & PONTANIER (1982:131) kennzeichnen dies als den aktivsten pedogenetischen Prozeß im ariden System. In Abhängigkeit von der geologischen Struktur (Kap. 4.1) und dem Vorhandensein von löslichen Stoffen kann es zur Ausbildung von Anreicherungs-horizonten aus Kalk, Gips oder Salzen kommen. Anreicherungen von Salzen treten im Untersuchungsgebiet auf den Glacisflächen nicht auf. Sie sind allgemein durch nur geringe bis mittlere Salinität (Kap. 5) gekennzeichnet. Hohe Werte treten jedoch im Bereich der jüngsten Niveaus (q1, qA) im südlichen, tiefer gelegenen Beckenbereich auf, in dem sich außerdem die Oberflächenabflüsse des Beckens konzentrieren. Der höhere Versalzungsgrad der

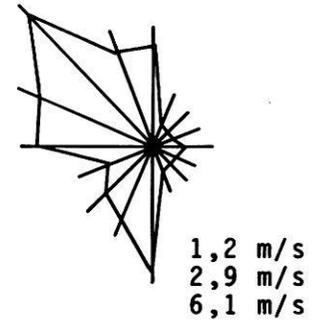
JANUAR



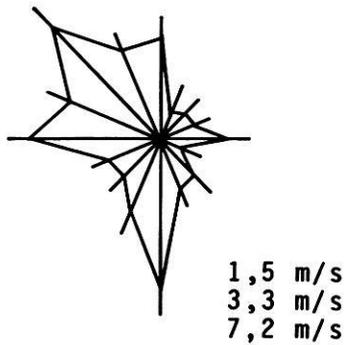
FEBRUAR



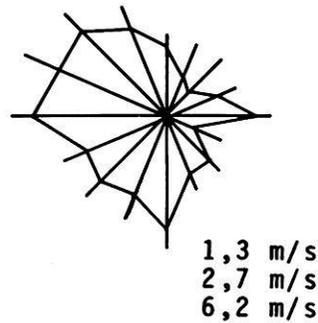
MÄRZ



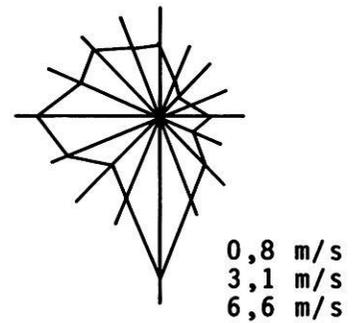
APRIL



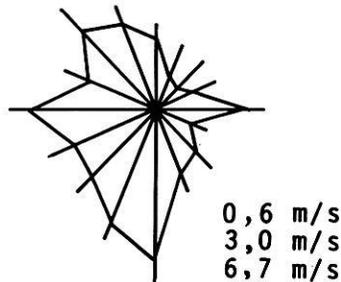
MAI



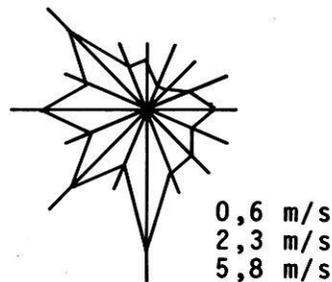
JUNI



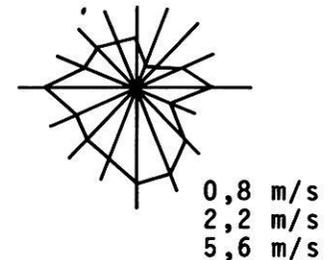
JULI



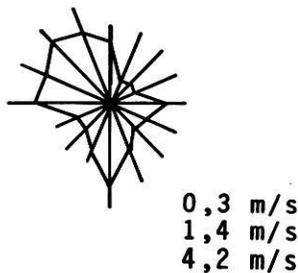
AUGUST



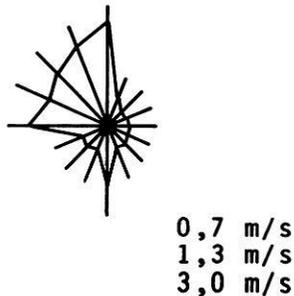
SEPTEMBER



OKTOBER



NOVEMBER



DEZEMBER

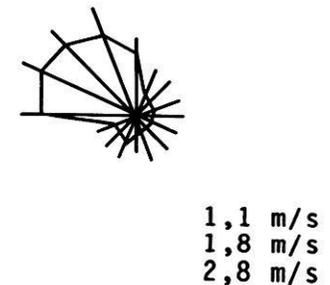


Abb.13: Mittlerer Jahresgang der Windgeschwindigkeiten in Bodennähe (6, 12, 18 h) und gemittelte relative Häufigkeiten der Windrichtungen an der Klimastation Ouarzazate (1953 - 1964).
 Quelle: Service National de Climatologie

Grundwässer in Abhängigkeit von den geologischen Verhältnissen im Westen des Beckens (Kap. 4.1, vor allem im trocken gefallenem Bereich des Stausees bei Ouarzazate bedingt eine hohe Versalzung der Bodenoberfläche. Kleinere aus Quellen gespeiste Rinnsale im Bereich zwischen Ouarzazate und Boumalne (Kap. 4.1), aber auch im Bereich einer Nordwest-Südost gerichteten Verwerfungslinie am Westrand des Beckens, führen in den zum Teil staunassen Rinnenbereichen zu starken Gips- und Salzakkumulationen.

Neben der Anreicherung von Salzen im Oberboden ist für den ariden Raum die Ausbildung von Kalk- und Gipskrusten kennzeichnend, die nicht nur für die Wasserspeicherung im Boden eine wichtige Rolle spielen, sondern auch Einfluß auf die Durchwurzelbarkeit der Böden haben. In der Literatur (BEAUDET 1971, JOLY 1962, FLORET & PONTANIER 1982) wird meist eine vorzeitliche Ausbildung angenommen, zumal die Krusten selbst häufig schon wieder das Ausgangsmaterial für jüngere bodenbildende Prozesse darstellen. Eine mögliche rezente Weiterbildung wird für den semiarid-ariden Bereich nicht ausgeschlossen, aber nur als ein sehr langsam erfolgender Prozeß gekennzeichnet. Der Bildungsmechanismus der Kalkkrusten ist noch weitgehend ungeklärt, wobei sowohl laterale Verlagerungsprozesse, aufsteigende Lösungsbewegungen, aber auch biochemische Prozesse u.a. als Ursache angenommen werden. Geomorphologisch bedeutsam sind vor allem 2 bis zu 10 cm mächtige, kompakte Decken, z.T. mit eingelagerten groben Komponenten, die sich auf unterschiedlichem Substrat ausbilden können. Sie treten im Untersuchungsgebiet vor allem im östlichen Beckenbereich (südöstlich Boumalne) auf, wobei sie stellenweise bedingt durch das Fehlen einer oberflächlichen Schuttbedeckung als harte verkrustete Panzer an der Oberfläche austreten. Häufiger sind im Untersuchungsgebiet zum Teil nur wenige Zentimeter mächtige Horizonte in unterschiedlicher Tiefe aus zerbrochenem und verwittertem, stark kalkhaltigem, konglomeratischem Material. Generell weisen vor allem die älteren Glacisniveaus eine Kalkverbackung der Matrix und des Fangermaterials auf.

Ein weiteres Kennzeichen der Trockengebietsböden ist der geringe Gehalt an organischer Substanz. Das nur in geringem Maß bedingt durch die spärliche Vegetationsbedeckung anfallende tote organische Material der meist halophytischen Vegetation, das fast ausschließlich von abgestorbenen Wurzeln gebildet wird, wird im allgemeinen schnell abgebaut, so daß der Gehalt an Kohlenstoff größer 1 % das entspricht unter Berücksichtigung eines Multiplikationsfaktors von 1,72 etwa 1,6 % organischer Substanz, s. MÜCKENHAUSEN 1975:218) praktisch nicht auftreten. Im Zusammenhang damit stehen schlechter Bo-

denwasserhaushalt, geringe Nährstoffsorption und geringes Pufferungsvermögen der Böden.

Außerdem läßt die geringe Mineralzersetzung der Böden lithogene Merkmale stärker hervortreten (MÜLLER-HOHENSTEIN 1978:41). In Abhängigkeit von den vor allem aus dem Hohen Atlas stammenden Sedimenten sind die Kalkgehalte der Böden auf den Glacis allgemein hoch (größer 10 %), variieren aber auf den einzelnen Glacisniveaus. Schüttungen aus dem AntiAtlas, ebenso Terrassen- und Wadisubstrate weisen allgemein geringere Werte auf.

Der Nährstoffgehalt der Böden ist aufgrund der fehlenden Auswaschung durch hohe Mineralstoffreserven gekennzeichnet, wobei jedoch aufgrund der nur periodischen Durchfeuchtung des Bodens eine Freisetzung von Nährstoffen aus den Reserven nur langsam erfolgt (FINCK 1970:205). Aufgrund des geringen Gehaltes an organischer Substanz ist der Stickstoffgehalt im Boden, der fast immer in organischer Bindung vorliegt, nur gering. Insbesondere in grobkörnigen Böden tritt außerdem meist ein Mangel an Phosphat auf.

4.5 Vegetation

Die geographische Lage des Beckens von Ouarzazate stellt dieses nicht nur klimatisch in einen Bereich, der aufgrund seiner charakteristischen Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse (Kap. 4.3) den Übergang zwischen Mediterranraum und Wüste darstellt, sondern auch pflanzengeographisch. In Abhängigkeit davon wird dieser Übergangscharakter auch im Erscheinungsbild der Vegetation durch den zunehmenden Anteil saharischer Arten zur vorwiegend mediterranen Flora deutlich.

Im Norden bildet der Hohe Atlas mit seiner charakteristischen Höhenstufenzonierung eine deutliche Abgrenzung zum mediterranen Florengebiet. Im Süden markiert die Gebirgsbarriere des AntiAtlas die Grenze zur saharischen Wüste. In Anpassung an die klimatischen Verhältnisse mit heißen trockenen Sommern und im Winter häufig auftretenden Frösten wird der Übergangsraum von einer Vegetation geprägt, die QUEZEL (1965:17) als „Steppenvegetation“, OZENDA (1977:26) als „Extremform der Steppenlandschaft“ bzw. als „Trockensteppe“ kennzeichnet, in der baumlose Vegetationsformationen vorherrschen. *Zizyphus Lotus* ist das einzige auch auf den Flächen auftretende Holzgewächs, Baumwuchs und höherwüchsige Sträucher treten im übrigen ausschließlich in Fluß- und Trockentälern auf (RAUH 1952:47).

Allgemeine Charakteristika der Trockensteppenvegetation

Kennzeichen des ariden Systems ist die Anpassung der Vegetation an die ariden Verhältnisse durch Koexistenz von biologischen Formationen am selben Ort, die verschiedene Trockenheitsanpassungsmechanismen bzw. Lebensformen aufweisen. Die Diversität des ökologischen Spektrums bietet bei ungestörten Umweltverhältnissen aufgrund der langfristigen Anpassung der Vegetation den besten Puffer gegen ungünstige Wachstumsbedingungen und gewährleistet eine optimale Biomasseproduktion, die bei ausgewogener Nutzung sowohl relativ höchste Erträge als auch beste Qualität für die anthropogene Nutzung, d.h. hier vor allem die Weidewirtschaft liefert. Kennzeichnend für die Trockengebietsvegetation ist die häufig hohe Uniformität der Vegetationslandschaften aufgrund der ähnlichen Umweltbedingungen, die eine gleichartige Vegetation auf riesigen Flächen auftreten läßt (QUEZEL 1965:40). Innerhalb dieser großen übergeordneten Vegetationseinheiten bedingt die kleinräumige Variabilität des Reliefs eine große Zahl von ökologischen Einheiten auf relativ kleiner Fläche aufgrund der verschiedenen Heterogenitätsfaktoren (Diversität des Untergrundes, Modalitäten der Wasserversorgung usw.).

EMBERGER (1971:110) charakterisiert die Flora der mediterran-ariden Region mit kalten Wintern durch folgendes Lebensformenspektrum:

Phanerophyten	8 %
Chamaephyten	17 %
Hemikryptophyten	20 %
Therophyten	48 %
Geophyten	6 %
Sukkulente	< 1 %

der auftretenden Arten.

Generell weisen Hemikryptophyten und Chamaephyten den größten Anteil an der ganzjährig vorhandenen Phytomasse auf. Die artenreichere Gruppe der Therophyten und der in geringerem Maß auftretenden Geophyten, die sich flexibel den jährlich wechselnden Feuchtebedingungen anpassen, bilden in Funktion der klimatischen Fluktuationen nur instabile Populationen aus. Während sie in Trockenjahren überhaupt nicht auftreten, kann in Regenzeiten das achen, d.h. die annuelle Kräuterflur, die dominante Erscheinung im Vegetationsbild darstellen.

Die dominierenden Chamaephyten weisen eine nur relativ geringe Anzahl von meist verholzten, perennierenden Spezies auf. Eine reichhaltige Gruppe stellen dabei die Compositen (z.B. *Artemisia herba-alba*) dar. In Anpassung an die in allen Böden zumindest geringe Salinität stellen salzresistente zum Teil halophile Chamaephyten den größten Anteil der Vegetation mit

Chenopodiaceen und Zygophyllaceen, wobei im Untersuchungsgebiet besonders remth (*Haloxylon articulatum*) weite Flächen besiedelt.

Auch im Übergang zu den randlichen Gebirgsbereichen überwiegen die Halbsträucher, deren Artenspektrum sich hier aber zu kälteresistenten Arten hin verschiebt.

Die Permanenz der Kleinstrauchvegetation beruht auf ökologischen Adaptionen, die sich in drei Punkten zusammenfassen lassen:

1. Verbesserung der Wasseraufnahme aus dem Boden durch ein extensives Wurzelsystem,
2. Reduktion der Wasserabgabe,
3. Austrocknungsresistenz auch bei länger anhaltendem Wassersättigungsdefizit durch Wachstumsverringern bzw. Ruhephasen (ZOHARY 1961:201).

In Abhängigkeit von der Wasserversorgung stellt sich die pflanzliche Produktion pro Flächeneinheit proportional zur Niederschlagshöhe ein (WALTER 1973:435). Dabei nimmt jedoch nicht die Produktion des einzelnen Individuums mit der Wasserversorgung ab, sondern die Gesamtzahl der Pflanzenindividuen geht zurück, so daß es zur Ausbildung einer diffusen Vegetationsdecke kommt. Mit zunehmender klimatischer Trockenheit treten die Pflanzen weiter auseinander, so daß sich der Wurzelraum vergrößert und damit die Wurzelkonkurrenz verringert wird. Im Untersuchungsgebiet beträgt der Gesamtdeckungsgrad der Vegetation daher in der Regel nur zwischen 5 bis 10 %. Diese Offenheit der Vegetation erlaubt jeder Pflanze einen maximalen Raum zu monopolisieren, so daß der notwendige Wasserbedarf gedeckt werden kann. Günstigere Wasserversorgung z.B. in Tiefenlinien und Depressionen äußert sich durch ein engeres Zusammenrücken der Vegetation, sodaß diese Relief-formen im Gelände deutlich nachgezeichnet werden.

In Anpassung an unterschiedliche Substratverhältnisse - wobei diese Anpassung in der Regel auf der Eindringtiefe der Wurzeln beruht - verfügen die verschiedenen Arten für dieses wichtige Organ zur Wasseraufnahme über eine Vielzahl von verschiedenen Wurzeltypen. Häufig weisen die Pflanzen sogar die Koexistenz von zwei verschiedenen Wurzeltypen auf, mit einem sich in Oberflächennähe lateral ausbreitenden Wurzelsystem zur raschen Aufnahme von auch kurzfristigen Niederschlägen, während zusätzlich tief reichende Wurzeln zur Aufnahme des pflanzenverfügbaren Wassers aus größerer Tiefe nach Ende der Niederschlagsperiode dienen (z.B. *Retama Retam*) (OZENDA 1977:499).

Die Ausbildung des Wurzelwerks in Abhängigkeit vom Substrat passt sich jedoch nicht nur der Eindringtiefe

der Feuchtigkeit in den Boden an, wie z.B. bei *Artemisia herba-alba* (chih), das vorwiegend auf feinmaterialreichen Standorten wächst, mit einem ausgeprägten horizontalen Wurzelsystem. Insbesondere für Pflanzen mit einer tief reichenden Pfahlwurzel können Krustenhorizonte oder Kompaktisierungen des Substrats zu einer Behinderung des Wurzelwachstums führen. Die Wurzel ist daher gezwungen parallel zur Kruste weiterzuwachsen, bis sich eine Spalte findet, durch die die Wurzel weiter in die Tiefe dringen kann (SHREVE & MALLORY 1933:106). Um eine Wurzelkonkurrenz an diesen Standorten zu vermeiden tritt die Vegetation in diesen Bereichen weiter auseinander. Extensives Wurzelwachstum mit Ausbildung zum Teil weit auseinanderliegender Einzelwurzeln dient aber nicht nur zur Vergrößerung des Wurzelraumes und der Aufnahme­fläche, sondern da bereits eine einzige mit Wasser versorgte Wurzel den gesamten Wasserbedarf der Pflanze decken kann, vergrößert sich die Chance zur Auffindung eines wasserführenden Bodenraumes (KAUSCH 1959:60). Eine Wurzelkonkurrenz zwischen den meist nur flach wurzelnden Ephemeren und den vorwiegend tief wurzelnden Perennierenden, die ihren Feuchtebedarf aus tieferen Bodenschichten decken, tritt praktisch nicht auf.

Eine besondere Form der Anpassung des Wurzelwerks an die Trockenheit stellt die Gruppe der Phreatophyten dar. Sie verfügen über ein außerordentliches Tiefenwachstum der Wurzeln, das z.B. bei *Zizyphus Lotus* bis in eine Tiefe von 60 m zu reichen vermag (FLORET & PONTANIER 1982:191). Sie können so vor allem im Bereich der Trockentäler die unterirdischen Grundwasserniveaus erreichen, so daß eine ganzjährige Wasserversorgung gewährleistet ist.

Neben der Ausbildung eines extensiven Wurzelwerks stellt auch das phänologische Verhalten von Trocken­gebietspflanzen in Relation zu den klimatischen Fluktuationen den morphologischen Ausdruck von Mechanismen dar, mit denen die Pflanzen den Verbrauch an Feuchte, der für metabolische Prozesse notwendig ist, regulieren (AYYAD 1981:24). Es lassen sich daher arido-aktive und arido-passive Arten unterscheiden.

Arido-passive Arten verfügen über keine aktive Photosynthese während der Trockenzeit. Die Annualen zum Beispiel durchlaufen ihren gesamten Lebenszyklus in einigen wenigen Monaten der Regenzeit und überdauern die Trockenperiode in Samenform. Perennierende Arten (Chamaephyten, Hemikryptophyten und Geophyten) reduzieren ihre Verdunstungsorgane durch Abwerfen der oberirdischen Blattfläche bzw. Pflanzenteile und verfügen über Nährstoffreserven in Knollen und Rhizomen bzw. überdauern die Trockenzeit in unterirdischen Über-

dauerungsorganen (FLORET & PONTANIER 1982:183).

Arido-aktive Arten, die auch während der Trockenzeit metabolisch aktiv bleiben jedoch zum Teil stark reduziert, benötigen zum Überdauern der Trockenperiode ausreichende Wasserreserven. Sie reduzieren jedoch kontinuierlich die oberirdischen Triebe, so daß der Wasserbedarf für metabolische Prozesse stark eingeschränkt wird. Das Hauptproblem der Wasserversorgung besteht dabei nicht ausschließlich darin, daß in der Trockenperiode ein Wassersättigungsdefizit im Boden auftritt, sondern in seiner Länge und der Zeit, die anschließend zu potentieller Erholung zur Verfügung steht.

ZOHARY (1961:208) weist in diesem Zusammenhang darauf hin, daß entgegen der konventionellen Definition von Xerophyten die Wüstenpflanzen bei anhaltendem Sättigungsdefizit eine kontinuierliche Zerstörung durch Absterben der älteren Pflanzenteile erleiden. Eine Reaktion auf weitere Austrocknung führt dann jedoch nicht zum plötzlichen Absterben der Pflanze, sondern sie tritt in eine Ruhephase ein, in der keine pflanzliche Aktivität mehr stattfindet, d.h. keine eigentliche Trockenresistenz im Sinne der Arido-Aktivität mehr gegeben ist, sondern nur noch eine temporäre Resistenz gegen das Absterben.

Xeromorphie mit morphologischen und anatomischen Anpassungsmechanismen besteht neben dem verstärkten Wurzelwachstum in der Reduzierung der Transpirationsorgane entweder durch Abfallen der Blätter oder durch Reduzierung der Blattgröße (Diamorphismus). Eine Reduzierung der transpirierenden Oberfläche kann aber auch durch eine geringere Anzahl von Stomata, Verdickung der Kutikula und der Epidermis u.a. mehr erreicht werden.

Einer speziellen Ausprägung des Wasserstreß sind Pflanzen an stark salzhaltigen Standorten ausgesetzt, wo die Salinität dem Matrixpotential der Bodenlösung eine osmotische Komponente hinzufügt, die in die gleiche Richtung wie die Niederschlagsarmut tendiert (AYYAD 1981:16). Eine spezielle Form der Anpassung besteht daher in der Ausbildung hoher osmotischer Werte in der Zellsaftlösung durch hohe Konzentration von Chloriden (z.B. Suaeda-Spezies).

Im Zusammenhang mit der spärlichen Vegetationsbedeckung und der nur geringen oberflächlichen Pflanzenmasse ist die Primärproduktion gering, wobei diese nicht nur von der Niederschlagsmenge, sondern auch von deren zeitlicher Verteilung und der Andauer der Wasserversorgung mitbestimmt wird. Beginn und Ende des Wachstums in Abhängigkeit vom Niederschlag sind besonders wichtig für die spontanen Arten, bei denen ein zu später Beginn der Regenzeit

zu einem nur schwachen Austrieb vor Beginn der Kälteruhe mit niedrigen Spätherbst- und Wintertemperaturen führen kann. Die Phytomasse fluktuiert außerdem erheblich im Jahresverlauf, nach FLORET & PONTANIER (1982:211) mit einem Faktor 1 bis größer 10 mit geringer Produktivität in der Trockenzeit bei Reduzierung der oberirdischen Triebe und hoher Produktion bei Wachstum der Ephemerer. Erhebliche Produktionsunterschiede ruft außerdem die jährlich stark schwankende Niederschlagssumme (Kap 4.3) hervor. Dabei sind Jahre mit hohen Niederschlagsintensitäten und hohem Abfluß ungünstig, während regenreiche Jahre mit schwachen Intensitäten der Niederschlagsereignisse (5 bis 10 mm), die in einer regelmäßigen Abfolge in wenigen Tagen fallen und die tief in den Boden eindringen können, die pflanzliche Produktion erhöhen. Lokale Variationen der Biomasseproduktion hängen zusätzlich von der standörtlichen Differenzierung durch Relief und Boden ab.

Kennzeichnende Werte für die geringe Produktivität geben FLORET & PONTANIER (1982:215) für tunesische Trockensteppengebiete, wo Mittelwerte der Phytomasse zwischen 300 bis 2000 kg pro Hektar (im Vergleich dazu mitteleuropäische Laubwälder mit im Mittel 600 000 kg pro Hektar erreicht werden, die die geringe Akkumulation von Energie im ariden Ökosystem kennzeichnen. Dennoch ist die Pflanzenproduktion die wichtigste Quelle für organisches Material im Boden und die nutzbare Ressource der Weidewirtschaft. FLORET & PONTANIER (1982:386) weisen in diesem Zusammenhang jedoch darauf hin, daß aufgrund der Degradierung durch extensive Nutzung der Weideflächen eine optimal mögliche Produktion verhindert wird und die Phytomasse mindestens um das Doppelte höher sein könnte.

Die klimatischen Verhältnisse beeinträchtigen jedoch nicht nur das Wachstum der erwachsenen Pflanzen. Auch die Regenerierung durch Jungwuchs ist extremen Schwierigkeiten ausgesetzt. Die noch nicht verholzten jungen Triebe werden vom Vieh bevorzugt abgeweidet. Hohe Windgeschwindigkeiten und flächenhafter Abfluß können auf den exponierten Glacisniveaus Samenablagerung und Keimung erschweren. Außerdem besitzt die junge Pflanze in der Regel geringe Resistenz gegenüber den vor allem an der Bodenoberfläche höheren Salzkonzentrationen. Nach Austreiben der Samen ist die Trockenresistenz der Pflanze, die im engen Zusammenhang mit der Ausbildung eines ausreichenden Wurzelsystems steht, noch nicht ausgeprägt, so daß in dieser kritischen Phase das Wachstum nur an Standorten möglich ist, die edaphisch günstiger sind, während die Pflanzen im Erwachsenenstadium durchaus auch ungünstigere Standorte besiedeln könnten.

Aufgrund der oben dargestellten vor allem klimabedingten Anpassungsmechanismen und Verhaltensweisen der Vegetation weist die Dynamik der Vegetation des prä-saharischen Raumes spezifische Eigenheiten auf (FLORET & PONTANIER 1982:318).

Die vorwiegend regressive Evolution, die vor allem auf den menschlichen Eingriff in das natürliche System, weniger aber auf autogene Ursachen zurückzuführen ist, führt zu einer Degradierung der Vegetation, wobei eine Regenerierung in Abhängigkeit von der Wasserversorgung oder anderen edaphischen Bedingungen (z.B. Krustenvorkommen) nur sehr langsam vor sich gehen kann. Die Fluktuation in Bezug auf die Anzahl der Pflanzenindividuen, der floristischen Zusammensetzung, Biomasse und Produktion ist hoch in Funktion der Niederschläge und des Beweidungsdruckes und führt mit der Zeit zu einer Selektion der Arten, die aufgrund ihrer morphologischen Ausstattung schneller regenerationsfähig sind, bzw. nicht beweidet werden. Sie weisen jedoch meist eine noch geringere Produktivität auf und können zusätzlich zur Reduzierung der Gesamtvegetation eine weitere Verschlechterung der Bodenqualität und höhere Erosionsgefährdung bedingen.

Anthropogene Einflüsse auf die Vegetation

Intensive anthropogene Nutzung ist im Untersuchungsgebiet auf die Oasenflächen bzw. großen Wadisysteme mit Grundwasserversorgung (Kap. 4.2) (Abb. 14 und 15) beschränkt, in denen vor allem Baumkulturen vorherrschen. Bis in eine Höhe von 1400 m NN, d.h. im westlichen Beckenbereich bis Skoura, prägen Dattelpalmen (*Phoenix dactylifera*) das Erscheinungsbild. In den höher gelegenen vor allem im Winter kälteren Bereichen werden dagegen vorwiegend Feigen, Granatäpfel, Aprikosen und Nußbäume kultiviert. Charakteristisch für das gesamte Gebiet ist außerdem die Stockwerknutzung der Oasen mit Anbau von Getreide, Leguminosen und Gemüse.

Außerhalb der dicht besiedelten Oasenflächen wird das naturräumliche Gefüge vor allem von extensiver Viehhaltung überprägt. Nach Angaben des veterinärmedizinischen Dienstes in Ouarzazate werden die Trockensteppen der Khelaflächen neben den von den Oasenbewohnern gehaltenen Viehbeständen (Ziegen und Schafe), die meist von Lohnhirten im weiteren Umkreis der Brunnenanlagen umgetrieben werden, im Herbst und Winter in einer Art von Transhumanz auch von Viehherden aus der Region des Hohen Atlas stark genutzt und das Weidepotential belastet (Abb. 16). Daneben führt noch akuter Brennstoffmangel zu einer Degradierung der Vegetation indem insbesondere im Umkreis der Ansiedlungen alle brennbaren, verholzten Zwergsträucher mit den

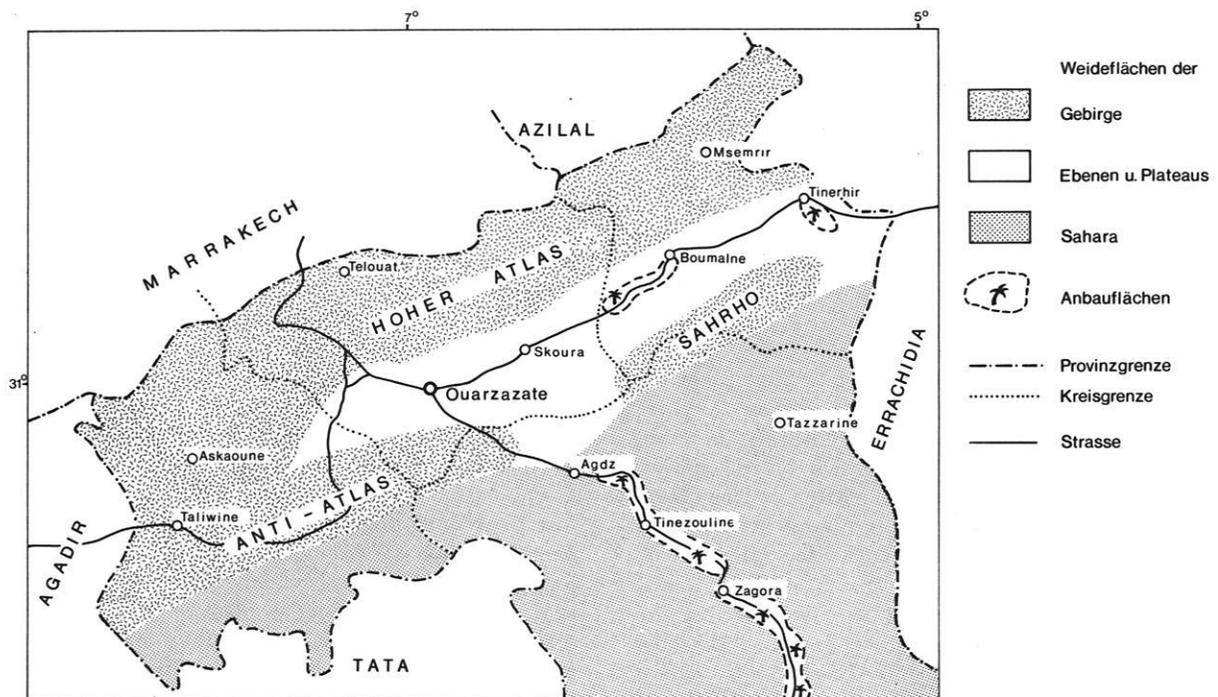


Abb.14: Weide- und Anbauflächen der Provinz Ouarzazate nach Angaben von M. EL MAGHRAOUI, Service de l'Elevage O.R.M.V.A. de Ouarzazate.

Wurzeln ausgegraben und damit irreversibel geschädigt werden. Davon ist insbesondere auch der nur in den Wadibereichen auftretende Baumwuchs betroffen, sodaß höhere Vegetation nur noch selten anzutreffen ist. Die vor allem auf den Feinmaterialakkumulationen in den Trockentälern auftretenden Gramineen (*Pennisetum dichotomum*, *Imperata cylindrica* u.a.) mit hohem Weidewert, aber auch verschiedene Sträucher werden zusätzlich noch abgebrannt um das Austreiben frischer Triebe zur Futternutzung zu verstärken.

Der hohe Beweidungsdruck führt wie oben bereits dargestellt zu einer Reduzierung der guten Weidepflanzen und deren Ersatz durch nicht genießbare bzw. nur noch von Ziegen beweideten Pflanzen und giftigen Arten. Insbesondere in der engeren Umgebung von Brunnenstandorten sind die Weidepflanzen durch harmel (*Peganum harmala*) ersetzt, das vom gesamten Vieh gemieden wird. QUEZEL (1965:17) stellt in diesem Zusammenhang fest, daß vermutlich der gesamte Übergangsbereich zwischen Mediterranraum und Wüste früher mehr oder weniger dichte Halfabestände aufwies, die heute im Untersuchungsgebiet nicht mehr nachgewiesen werden konnten.

Halfa (*Stipa tenacissima*) ist empfindlich gegenüber degradierenden Einflüssen durch Beweidung und Bodenbearbeitung und wurde außerdem als Rohstoff für die Papierherstellung genutzt (KNAPP 1973:513), sodaß diese Vegetationsformation möglicherweise noch verstärkt durch eine Klimaänderung heute vollständig durch Artemisia- und Haloxylongesellschaften ersetzt ist. Die häufig irreversible Schädigung durch anthropogene Nutzung hat zum Überschreiten der Elastizitätsgrenze der ursprünglichen Vegetation und einer Änderung der Vegetationsgesellschaften mit gleichzeitiger Verarmung der Weide- und Produktionsqualität geführt. Eine Regenerierung bzw. Erhaltung des Potentials der Landschaft müßte sich den in Kapitel 4.3 dargestellten räumlichen und zeitlichen Schwankungen des Klimas anpassen. Deren räumliche und zeitliche Variabilität erfordern außerdem einen flexiblen Wechsel der Nutzung zwischen Kulturflächen und Viehwirtschaft. Zusätzlich macht noch die räumliche Variabilität der Niederschläge eine Reorganisation der interregionalen Transhumanz unter Berücksichtigung auch der weiter südlich gelegenen Regionen und eine Verbesserung der Wassernutzung auf den Bewässerungsflächen notwendig (FLORET & PONTANIER 1982:395).



Abb.15: Anbauflächen auf q1-Niveau mit Palmenbestand.
Standort: Oase Skoura (siehe Abb. 3)

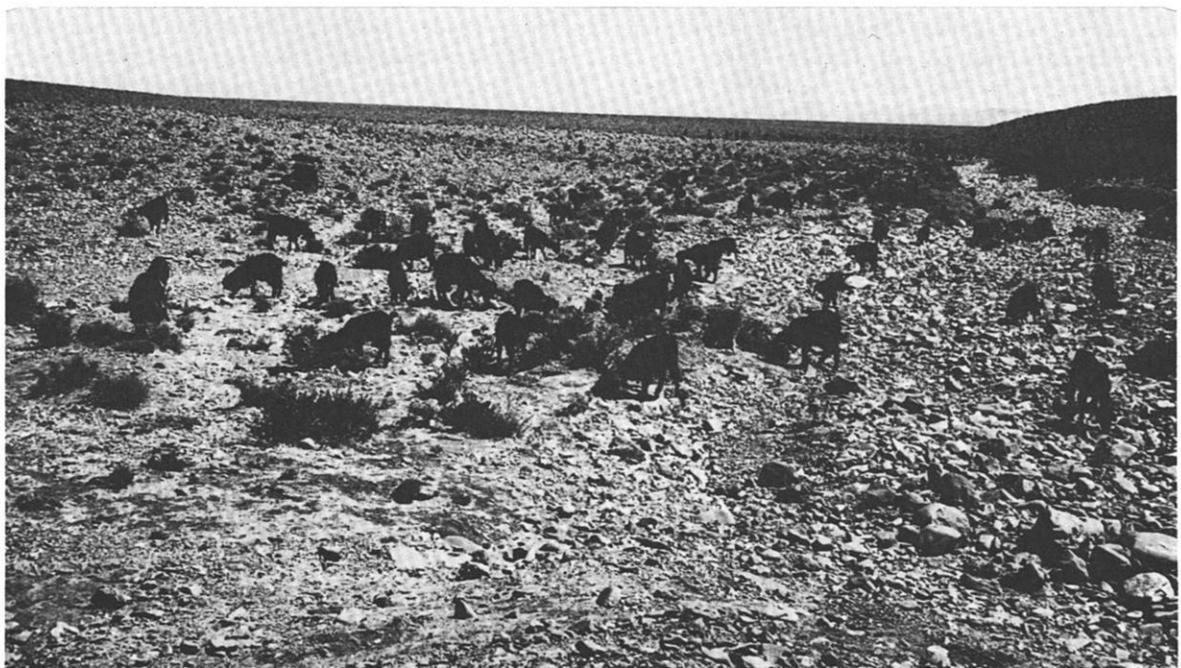


Abb.16: Weidende Ziegenherde.
Standort: Kleines Trockental nördlich Tiflit (siehe Abb. 3)

5. Methoden

Anhand der für das Untersuchungsgebiet vorliegenden geologischen Karten im Maßstab 1 : 200 000 (vgl. Kartenverzeichnis im Anhang) und von im Gelände feststellbaren strukturellen Differenzierungen, die anhand von Änderungen der Vegetationszusammensetzung oder auffälligen geomorphologischen Erscheinungen erkennbar sind, wurden im Gelände die einzelnen Untersuchungsstandorte ausgewählt.

Die Untersuchungen umfaßten neben der Dokumentation der charakteristischen Erscheinungsformen im Gelände zunächst eine barometrische Bestimmung der Höhe über NN (THOMMEN-Altimeter) und eine Messung der Hangneigung, die Aufnahme der Vegetation, eine Beschreibung der oberflächlichen Schuttbedeckung des Bodens und die Entnahme von Bodenproben.

Vegetationsaufnahme

Die Tatsache, daß Pflanzengemeinschaften verschiedener Standorte nicht nur ein bloßes Nebeneinander verschiedener Pflanzen, die zufällig denselben Ort besiedeln, darstellen, sondern „gesetzmäßig von ihrer Umwelt abhängige, konkurrenzbedingte Kombinationen von Pflanzenarten“ sind (ELLENBERG 1956:9), ermöglicht es durch eine systematische Aufnahme der Vegetation unterschiedlicher Standorte ein überschaubares Bild umweltabhängiger Kombinationen von Pflanzenindividuen aufzustellen, sofern mit der Vegetationsbeschreibung eine Reflexion der Faktoren einhergeht, die deren Vorkommen und Verteilung bedingen.

Mit Hilfe der systematischen Aufnahme verschiedener Vegetationsareale bezogen auf die Dominanzverhältnisse der einzelnen Arten wurde daher im Untersuchungsgebiet eine Ausweisung von Vegetationseinheiten durchgeführt, die sich aufgrund charakteristischer Pflanzenkombinationen unterscheiden.

Die Aufnahme der Vegetation im Untersuchungsgebiet mußte sich auf die Kartierung der perennierenden Arten beschränken, da eine Erfassung der in Artenzahl und Assoziationsbildung reicheren Gruppe der Annuellen im Zusammenhang mit der Zielsetzung der Ausweisung naturräumlicher Einheiten nicht sinnvoll erschien. Zum einen ließen die extrem trockenen Klimaverhältnisse der letzten Jahre (s. Abb. 9) Annuelle nur noch an wenigen edaphischen Gunststandorten auftreten. Zum anderen erlaubt die spezielle Anpassung dieser Arten an die Trockenheit wie z.B. das Überdauern ungünstiger Klimaphasen in

Samenform und auch die leichte Verbreitung der Samen die Besiedlung von Standorten unterschiedlichster Ausprägung, sodaß die Charakterisierung der Vegetationseinheiten anhand der Dominanzverhältnisse verwischt würde. Hinzukommt, daß die Vegetationsaufnahme in unterschiedlichen Jahreszeiten, in den Monaten März und April nach der winterlichen Kälteruhe und in den Monaten Oktober und November nach der sommerlichen Trockenzeit durchgeführt wurde und so verschiedene Vegetationsaspekte angetroffen wurden.

Ziel der Arbeit war es daher nicht, eine floristisch-ökologische Aufnahme der Vegetation und deren Einordnung in eine pflanzensoziologische Systematik zu leisten, sondern die Vegetationseinheiten, d.h. physiognomisch einheitliche Areale unterschiedlicher Größenordnung, wurden lediglich als ranglose Pflanzengesellschaften verstanden, die in ihrer ökologischen Konstitution, d.h. in ihren Beziehungen zu den wichtigsten Standortfaktoren, annähernd übereinstimmen und so durch den Vergleich der Zusammensetzung und Dominanz in den einzelnen Vegetationseinheiten die Möglichkeit der Ausweisung von Artengruppen ähnlichen Verhaltens und vergleichbarer standörtlicher Gegebenheiten bieten. Im Sinne von MÜLLER-HOHENSTEIN (1978:134) stellen die ausgewiesenen Einheiten also „in Abhängigkeit von den wichtigsten Standortbedingungen immer wieder auftretende Kombinationen von Pflanzenarten dar“, die von einer meist perennierenden, namensgebenden Art dominiert werden und ein homogenes Erscheinungsbild vermitteln. Jeder Vegetationstyp enthält dabei eine Anzahl von assoziierten Spezies, die an den meisten Standorten ebenfalls auftreten, deren Vorhandensein jedoch nicht notwendig ist. Das Hauptunterscheidungsmerkmal der Vegetationseinheiten im Trockensteppensystem liegt daher neben dem Auftreten dominierender Spezies in deren relativer Dichte und Häufigkeit, nicht aber im Fehlen oder Vorhandensein einzelner Arten (KASSAS 1969:161).

Bedingt durch die oben dargestellten Gründe war eine Vegetationsaufnahme entsprechend dem von BRAUN-BLANQUET (1964) erstellten Zahlensystem, bei dem die von 1 bis 5 reichende Zahlenskala eine Kombination von Abundanz (Individuenzahl und Deckungsgrad) d.h. die Darstellung der Artmächtigkeit umfaßt, nicht möglich. Zur Aufnahme der Vegetation wurde zunächst eine Abschätzung des Gesamtdeckungsgrades der Vegetation in % bezogen auf 100 %, das ist völlige Bedeckung des Bodens mit Vegetation, durchgeführt. In Anlehnung an das

oben zitierte Zahlensystem wurde anschließend eine getrennte Abschätzung des Anteils der einzelnen Arten am gesamten Pflanzenbestand nach folgender Zahlenskala durchgeführt:

- (r) = äußerst spärliches Vorkommen mit sehr geringem Deckungswert (1 bis 5 Individuen)
- (+) = spärliches Vorkommen mit geringem Deckungswert, 1 bis 10 %
- (1) = Anteil größer 10 bis 20 % der absoluten Vegetationsbedeckung
- (2) = Anteil größer 20 bis 30 %
- (3) = Anteil größer 30 bis 50 %
- (4) = Anteil größer 50 bis 80 %
- (5) = Anteil größer 80 bis 100 %

Eine Trennung der einzelnen Vegetationsschichten erübrigte sich, da die Vegetation bis auf vereinzelt auftretende Sträucher bzw. baumartige Gewächse auf die Krautschicht (in diesem Gebiet bis 100 cm Wuchshöhe) beschränkt ist und außerdem nur selten einen Gesamtdeckungsgrad von 50 % überschreitet. Als Einheiten gleichartiger Vegetationsverteilung wurden Areale unterschiedlicher Größe angenommen, die sich in ihrem Vegetationsbestand physiognomisch deutlich von anderen Arealen unterscheiden. Zusätzlich wurde noch eine Abschätzung des mittleren und minimalen und maximalen Abstandes der Pflanzenindividuen, deren mittlere Höhe und mittleren Durchmessers durchgeführt.

Schwierigkeiten bei der Vegetationsaufnahme bereitete in einigen von Viehherden stark frequentierten Gebieten bzw. in der näheren Umgebung von Ansiedlungen die Tatsache, daß entweder durch Verbiß oder durch Abscheiden der oberirdischen Triebe eine Bestimmung der Pflanzen anhand des verbliebenen Restes nicht mehr möglich war. In den meisten Fällen kann aber davon ausgegangen werden, daß die im Gelände nachgewiesenen, standörtlich differenzierten Vegetationsgesellschaften durch kennzeichnende Arten ausreichend beschrieben werden konnten

Probennahme und Labormethoden

Zur Entnahme der Proben wurde das Substrat je nach Skelettgehalt bis zu 80 cm Tiefe aufgegraben. Eine Probenentnahme des Feinmaterials (kleiner 2 cm) erfolgte in Form von Mischproben von der Oberfläche (0 bis 5 cm) und in unterschiedlicher Tiefe je nach Horizontierung bzw. Homogenität des Substrats. Während der drei Geländeaufenthalte wurden insgesamt 450 Proben genommen.

Für die Laboruntersuchungen wurden die Proben zunächst luftgetrocknet und mit Hilfe eines Riffelteilers mechanisch geteilt.

Für die kombinierte Sieb- und Pipettanalyse (SCHLICHTING & BLUME 1966:77) wurde zunächst Probengut mit einem Gewicht zwischen 20 bis 30 g mit 25 ml 0,2 mol $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -Lösung und 200 ml destilliertem Wasser dispergiert, ca. 2 min mit einem Ultraschalldesintegrator zerkleinert und anschließend 24 h abgesetzt. Aufgrund der geringen Gehalte der Proben an organischer Substanz erübrigte sich eine Zerstörung des organischen Anteils. Auf eine Lösung der Kalkverbackungen wurde verzichtet, um die tatsächlich die Vegetations betreffenden Körnungsverhältnisse des Substrats möglichst unverändert zu erfassen.

Das dispergierte Probengut wurde am nächsten Tag 2 h auf einem Schwingtisch geschüttelt und anschließend auf einen Siebsatz nach DIN mit den Maschenweiten 2, 1, 0,63, 0,315, 0,2, 0,125 und 0,063 mm gegeben. Die Siebe wurden einzeln mit ca. 1 l destilliertem Wasser nachgewaschen und anschließend bei 60° C im Trockenschrank getrocknet.

Die anfallende Suspension mit der Feinfraktion kleiner 0,063 mm wurde in einem Becherglas aufgefangen und auf 1 l Gesamtsuspension eingedampft. Der Schluff- und Tongehalt wurde mit einem Pipettiergerät nach KÖHN/GEHARDT bestimmt.

Zur Bestimmung des Kalkgehaltes der bei 105° C getrockneten und im Exsikkator abgekühlten Probe wurde eine Apparatur nach SCHEIBLER entsprechend der Empfehlung von SCHLICHTING & BLUME (1966:107) verwendet.

Der pH-Wert wurde anhand von 5 g luftgetrocknetem, gemörsertem Bodenmaterial, das mit 25 ml 0,1 mol KCl versetzt und anschließend unter gelegentlichem Umschwenken 30 min abgesetzt wurde, mit Hilfe eines elektrischen, digitalen pH-Meters (Firma WTW pH 521) gemessen.

Die Leitfähigkeit wurde mit einem Meßgerät mit temperaturkompensierter Elektrode (Firma WTW LF 90) in einer Lösung von 10 ml destilliertem Wasser und 25 g gemörsertes, luftgetrocknetes Probe bestimmt. Eine Klassifizierung der Versalzung des Bodens wurde nach der Klassifizierung des U.S. Salinity Labors für Wasser (1954) modifiziert durch THORNE und PETERSEN (1954) in YARON et al. (1973:75) vorgenommen:

	250 $\mu\text{S}/\text{cm}$	geringe Salinität
250 bis	750 $\mu\text{S}/\text{cm}$	mäßige Salinität
750 bis	2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$	mittlere Salinität
2250 bis	4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	hohe Salinität
4000 bis	6000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	sehr hohe Salinität
	> 6000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	extrem hohe Salinität

Eine Bestimmung des Ca- und Mg-Gehaltes der Bodenproben wurde titrimetrisch nach Empfehlung des GEOGRAPHISCHEN INSTITUTS DER UNIVERSITÄT ZÜRICH (1973:8) durchgeführt. 0,2 g der gemörserteren, lufttrockenen Probe wurden zunächst mit 5 ml konzentrierter Salzsäure auf einem Sandbad bis zum Aussetzen der CO₂-Bildung erhitzt und anschließend auf 100 ml mit destilliertem Wasser aufgefüllt. Von dieser Stammlösung wurden 20 ml in einen Erlenmeyerkolben pipettiert und mit 50 ml destilliertem Wasser und 10 ml 25 % KOH-Lösung aufgefüllt. Zur Tarnung von Fe, Mn und Al wurden 5 ml einer 7,5 % Triethanolaminlösung (C₆H₁₅NO₃) hinzugefügt. Als Farbindikator wurde ca. 0,5 ml Calconcarbonsäure (C₂₁H₁₄N₂O₇S x 3 H₂O) in Methanolösung benutzt. Die Titration erfolgte mit Titriplex-III-0,01 mol von Weinrot nach Reinblau, wobei 1 ml der 0,01 mol Titriplex-III-Lösung einem Ca-Gehalt von 0,401 mg bzw. 1,001 mg CaCO₃ entspricht.

Zur Bestimmung des Mg-Gehaltes wurden von der Stammlösung 10 ml abgenommen, mit 50 ml destilliertem Wasser und 2 g Ammoniumchlorid (NH₄Cl) und 10 ml Triethanolamin 7,5 % versetzt. Unter Zugabe von 5 ml 25 % Ammoniaklösung und einer Puffertablette wurde ein pH-Wert von 10 bis 11 eingestellt. Die Titration erfolgte wieder mit 0,01 mol

Titriplex-III-Lösung von Rot nach Grün, wobei Ca und Mg gleichzeitig titriert wurden, sodaß zur Berechnung des Mg-Gehaltes der bereits titrierte Ca-Gehalt subtrahiert werden muß. Einer Differenz von 1 ml Titriplex-III entspricht ein Mg-Gehalt von 0,243 mg Mg bzw. 0,843 mg MgCO₃.

Die Bestimmung der organischen Substanz erfolgte ebenfalls nach Anweisung des GEOGRAPHISCHEN INSTITUTES DER UNIVERSITÄT ZÜRICH (1973:9) titrimetrisch nach dem Prinzip der Naßverbrennung. Eine genaue Einwaage von 0,5 bis 1 g luftgetrockneter und gemörserter Probe wurde mit 10 ml 1 n-Kaliumdichromat (K₂Cr₂O₇) und 20 ml konzentrierter Schwefelsäure versetzt, anschließend 1 min geschwenkt und 30 min stehen gelassen. Der Lösung wurden dann 210 ml destilliertes Wasser und 10 ml konzentrierte Phosphorsäure zugefügt und wieder 30 min abgesetzt. Von der klaren Lösung wurden 50 ml in ein Becherglas pipettiert und mit 2 bis 3 Tropfen Diphenylaminindikator (0,5 g (C₆H₅)₂NH + 20 ml destilliertes Wasser + 100 ml Schwefelsäure) versetzt. Die Titration erfolgte mit Ammoniumeisen-(II)-sulfat (NH₄)₂Fe(SO₄)₂ x 6 H₂O (39,216 g/490 ml destilliertes Wasser + 10 ml Schwefelsäure) bis zum Farbumschlag nach Grün. Unter Berücksichtigung eines vorher zu bestimmenden Korrekturfaktors (Kf) errechnet sich der %-Gehalt des Kohlenstoffs nach folgender Formel:

$$\% C = \frac{[10 \text{ ml Dichromat} - (\dots \text{ ml Ammoniumeisen-sulfat} \times Kf)] \times 3}{\text{Einwaage [g]}}$$

6. Geoökologische Grundtypen

Aufgrund der naturräumlichen Ausstattung wurden im Untersuchungsgebiet zunächst Hauptlandschaftseinheiten im Sinne von Mesochoren ausgegliedert, deren interne Differenzierung Ziel der Untersuchungen war:

1. die Region der khelas dominiert von Zwergstrauchgesellschaften
2. die großen Wadis dominiert von einer reichhaltigen Vergesellschaftung verschiedener Sträucher, Zwergsträucher und Gräser
3. die Übergangsbereiche zu den Gebirgsräumen des Hohen Atlas und des AntiAtlas mit Zunahme kälteresistenter Arten

Die mit den in Kap.5 dargestellten Arbeitsmethoden durchgeführten Untersuchungen der Variablen Relief,

Boden und Vegetation führten zur Differenzierung von Typen im Sinne von Ökotope und deren Varianten, die aufgrund ihrer Ausstattung als typisch und immer wiederkehrend im Ökotopegefüge der Hauptlandschaftseinheiten angesehen werden und damit stellvertretend für größere Teilbereiche des Untersuchungsgebietes stehen können.

Die charakteristischen Ökotope werden im folgenden Text anhand einzelner ausgewählter Standorte dargestellt, die die Charakteristika der einzelnen Typen und häufig auftretender Vegetationsvarianten zusammen mit einer Beschreibung des Reliefs und des Substrats widerspiegeln. Die Beschränkung auf stellvertretende Typen mit dem Ziel einer modellhaften Betrachtung muß dabei zwangsläufig eine Unterscheidung aller graduellen Varianten ausschließen. Die Auswahl der dargestellten Standorte wurde jedoch so

getroffen, daß alle Vegetationsvarianten mit erfaßt wurden, die kennzeichnend für die strukturellen Hauptmerkmale der Landschaftseinheiten im Untersuchungsgebiet sind.

6.1 Region der khelas

Der strukturelle Aufbau des Untersuchungsgebietes wird durch die Glacisysteme und die Flächenniveaus der mio-pliozänen Beckenfüllung - die khelas - geprägt. Generelles Kennzeichen aller Flächen ist die auffällige Monotonie des Reliefs, die nur durch die großen Wadisysteme oder durch den oft durch steile Hangneigungen gekennzeichneten Übergang der verschiedenen Flächensysteme untereinander unterbrochen wird. In der Regel handelt es sich um fast ebene, zum Teil flach bis stärker gewellte Flächen. Die Monotonie des Reliefs findet ihre Entsprechung im Erscheinungsbild der Vegetation. Auf dem weitaus größten Anteil der Flächen sind fast reine *Haloxylon articulatum* - Bestände dominierend, die gleichzeitig den kennzeichnenden Vegetationstyp dieser Landschaftseinheit darstellen. Eine Differenzierung der Vegetationsbedeckung findet sich vor allem in Depressionen und in den zu den Vorflutern hin entwässernden Tiefenlinien bzw. auf den steilen Übergangsbereichen der Glacisniveaus. Mit zunehmender Nähe zum Hauptvorfluter Dadès mit gleichzeitig verringerter Fangerbedeckung der Glacis nimmt die Zahl der vom schützenden Steinpflaster freigelegten Flächenbereiche zu, in denen vor allem in den sandigen mio-pliozänen Sedimenten badlandartige Zerschneidungsbereiche ausgebildet sind. Eine weitere Differenzierung der Vegetation findet sich außerdem noch auf stark salzhaltigen Standorten (z.B. auf den jungen Alluvionen) oder in Bereichen starker Beweidung.

6.1.1 Der *Haloxylon articulatum* - Flächentyp

Leitformation aller Vorlandflächen des Hohen Atlas, unabhängig von deren Alter und Lage, ist die Vegetationsbedeckung mit nahezu reinen Beständen von *Haloxylon articulatum* (Abb. 17 und 18), denen nur selten vereinzelte Exemplare verschiedener Zwergsträucher vergesellschaftet sind.

Ökologische Merkmale von *Haloxylon articulatum*

Haloxylon articulatum (remt) kann in Abhängigkeit von Standortbedingungen und degradierenden Einflüssen durch anthropogene Nutzung wie eine Vielzahl der im Untersuchungsgebiet auftretenden Arten verschiedene Lebensformen ausbilden und tritt sowohl als Nanophanerophyt als auch - vorwiegend -

als Chamaephyt auf. Unter günstigen Voraussetzungen kann die Pflanze dabei Wuchshöhen bis zu 100 cm erreichen. Im Untersuchungsgebiet überschreitet sie in der Regel jedoch nicht die Wuchshöhe von 40 cm und weist auch in Abhängigkeit vom jeweiligen Standort eine unterschiedliche, zum Teil außerordentlich geringe Dichte der Triebe auf. Der Vegetationsvergesellschaftung mit *Haloxylon articulatum* ist in der Regel artenarm (OZENDA 1977:71).

Wie alle Chenopodiaceen besitzt *Haloxylon* eine relativ hohe Resistenz gegen höhere Salzgehalte des Bodens, wobei auch das Ertragen von toxischen Salzen (Chlor und Magnesium) eingeschlossen ist. Untersuchungen von KILLIAN (1943:43) auf regs bei Beni Ounif (Algerien) weisen aus, daß *Haloxylon* lockere Böden mit einem Schluffgehalt von bis zu 20 % und einem Tongehalt von bis zu 20 % bevorzugt und kompaktere Böden ebenso meidet wie Standorte mit hohem Grundwasserstand. In Anpassung an diese Substratbedingungen ist remt mit einer vertikalen bis zu 2 bis 3 m langen, kräftigen Hauptwurzel ausgestattet, kann aber auch in Oberflächennähe einige wenige Seitenwurzeln ausbilden (ZOHAARY 1961:210). Extrem hohe Kalkgehalte des Substrats wie sie im Untersuchungsgebiet häufig auftreten haben keinerlei Einfluß auf die Verbreitung. Nur in geringem Maße wirkt sich die Durchwurzelbarkeit des Bodens in Abhängigkeit von Krusten oder Verbackungen des Fangermaterials auf das Wachstum aus, da die kräftige Wurzel es der Pflanze gestattet, Verdichtungshorizonte an Schwachstellen zu durchdringen.

Haloxylon wird bei Vorhandensein anderer Weidepflanzen in der Regel vom Vieh gemieden (SCHÖNENBERGER 1982:31). Im Untersuchungsgebiet dagegen, wo weite Flächen ausschließlich von remt bestanden sind, beweiden vor allem Ziegen die *Haloxylon*-Bestände, zumal aufgrund der geringen Niederschläge der letzten Jahre das Futterangebot stark eingeschränkt ist. Nach Aussagen von Mitarbeitern des veterinärmedizinischen Dienstes in Ouarzazate wird remt von Schafen nicht beweidet. Im näheren Umkreis von Siedlungen wird der verholzte Zwergstrauch häufig als Brennstoff genutzt.

Charakterisierung der Standorte mit *Haloxylon articulatum* - Bewuchs

Relief: Kennzeichnend für alle von *Haloxylon articulatum* bestanden Glacisniveaus ist die geringe Hangneigung der Flächen, die meist 2° nicht überschreitet, in der Regel jedoch unter 1° liegt. Die Flächen selbst sind vorwiegend eben bis flach gewellt, jedoch nie durch ein stärker akzentuiertes Relief geprägt. Eine Differenzierung der Vegetation auf den

Flächen ist auf Tiefenlinien und Depressionen beschränkt, die mit einem mehr oder weniger dichten Netz die Flächenniveaus überziehen und als Variante des Haloxylon-Typs gesondert behandelt werden.

Substrat: Generell weisen die von remt bestandenen Glacis einen mittleren bis sehr hohen Anteil an kantigem bis kantengerundetem Skelettmaterial im Unterboden auf, dessen Durchmesser im Durchschnitt bei 2 cm liegt. Besonders im gebirgsnäheren Bereich können jedoch auch höhere Anteile von gröberen Komponenten auftreten.

Die Steinpflasterauflage, die im Gelände für einen repräsentativen Flächenausschnitt in Prozent der Gesamtfläche abgeschätzt wurde, bedeckt in der Regel auf den älteren Glacis, d.h. mit Ausnahme weiter Bereiche des q1- Niveaus und der rezenten Alluvionen, mehr als 80 % der Bodenfläche und ist ebenfalls durch das Vorherrschen kantiger bis kantengerundeter Komponenten gekennzeichnet. Die Durchschnittsgröße der Grobkomponenten ist vorwiegend kleiner als 6 cm, wobei jedoch vereinzelt durchaus beträchtliche Anteile im Größenspektrum zwischen 10 und 80 cm auftreten können (Abb. 19 bis 24).

Grobsedimentanalysen auf den verschiedenen Flächenniveaus im Untersuchungsgebiet, die zur Untersuchung der Reliefgenerationen durchgeführt wurden, ergaben, daß sich Glacis unterschiedlichen Alters aufgrund ihrer Sedimentstruktur unterscheiden. Aus den Untersuchungen ging hervor, daß für gleiche Glacisniveaus auch in größeren räumlichen Abständen und in unterschiedlichen Einzugsgebieten die Summenkurven der Größenverteilung der Grobsedimentstücke größer 2 cm einen ähnlichen Verlauf zeigen, während sich unterschiedliche Niveaus deutlich anhand ihrer Grobsedimentzusammensetzung unterscheiden (MÖLLER et al. 1983:314).

Die pH-Werte der Substrate verschiedener Niveaus liegen im Mittel bei 8 und weisen auch in der Profildifferenzierung keine wesentlichen Unterschiede auf, sieht man von einer häufig auftretenden geringfügigen Abnahme des pH-Wertes mit der Tiefe ab.

Die Gehalte an organischer Substanz sind allgemein gering und liegen im Bereich zwischen 0 bis 1 %. Mitunter tritt jedoch in 20 bis 40 cm Tiefe, d.h. im Wurzelbereich der Vegetation eine schwache Zunahme der Werte auf, die jedoch keine Auswirkung in Bezug auf die Verbesserung der Bodenqualität mit sich bringt.

Der Kalkgehalt der Böden variiert erheblich sowohl auf altersmäßig unterschiedlichen als auch auf gleichen Niveaus, wobei Schwankungen zwischen mini-

mal 1 % bis maximal 50 % auftreten können. Hohe Werte erreichen dabei vorwiegend Substrate auf den mio-pliozänen Konglomeraten, die eine extrem kalkreiche Matrix aufweisen, wie auch auf den ältesten Glacisniveaus (q5 und q6). Häufig bedingt die nur geringmächtige Fangerauflage einen zunehmenden Kalkgehalt mit der Profiltiefe durch Aufarbeitung des unterlagernden mio-pliozänen Sedimentmaterials. Höhere Werte auf den jüngeren Niveaus sind in erster Linie auf eine Verlagerung kalkhaltigen Feinmaterials insbesondere aus den kalkreichen Fazies der mio-pliozänen Beckenfüllung zurückzuführen, deren Niveaus häufig höher als die der jüngeren Glacisniveaus liegen, so daß es vor allem bei deren Zerschneidung zu einer Verlagerung des kalkreichen Feinmaterials kommt.

In der Regel besteht eine gute Übereinstimmung der titrimetrisch gemessenen und der mit der SCHEIBLER-Apparatur bestimmten Werte des Ca- bzw. CaCO₃-Gehaltes. Die teilweise bei der titrimetrischen Bestimmung auftretenden höheren CaCO₃-Werte sind auf das Eingehen weiterer Ca-Verbindungen (z.B. Ca-Sulfate, Ca-Sulfid und Ca-Chlorid) zurückzuführen, die jedoch mit den durchgeführten Labormethoden nicht erfaßt werden konnten. Höhere titrimetrische Werte vor allem im westlichen Beckenbereich könnten dabei auf den Einfluß gipshaltiger Fazies in den mio-pliozänen Basissedimenten (Kap.4.1) zurückzuführen sein, die zum Teil auch durch Verlagerungsprozesse in jüngere Glacisniveaus gelangen.

Der MgCO₃-Gehalt der Substrate mit generell geringen Werten zwischen 0 und 4 % zeigt keine differenzierende Wirkung für den Vegetationsbestand der Flächenniveaus.

Die Leitfähigkeit als Indikator für den Salzgehalt der Substrate ist auf den Glacis allgemein gering und überschreitet in der Regel Werte um 250 µS/cm nicht und wirkt sich bezogen auf die allgemein höhere Salztoleranz der Trockensteppenvegetation auf den Flächen nicht differenzierend aus. Extrem hohe Salzgehalte treten nur in Wadialluvionen und im jüngsten Glacisniveau q1 auf und führen zur Ausprägung eines selbständigen Vegetationstyps. Häufig zu beobachten ist eine Zunahme des Salzgehaltes in 20 bis 30 cm Tiefe, die im Zusammenhang mit der Eindringtiefe der Niederschläge steht. Weniger dichte Substrate (z.B. Standort 225/1 Abb. 19) gestatten ein tieferes Eindringen des Wassers und damit die tiefer reichende Auswaschung der Salze. Höhere Salzgehalte treten außerdem im Zusammenhang mit der Ausbildung von Verdichtungshorizonten im Boden auf (z.B. Standort 215/4 Abb. 22), die das weitere Eindringen des Wassers in den Boden hemmen.

Während die oben dargestellten bodenchemischen Variationen der Substrate in Bezug auf den Haloxylon-



Abb.17: *Haloxylon articulatum*, fruchtend.

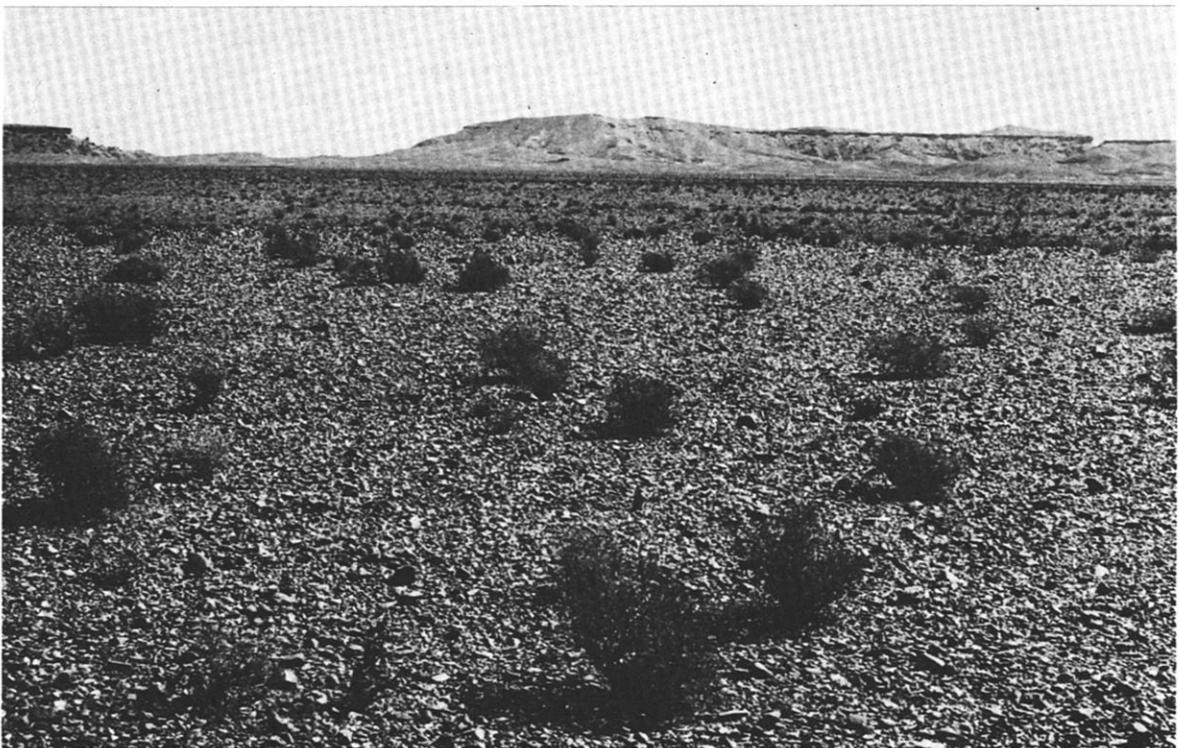


Abb.18: *Haloxylon articulatum* - Flächentyp.
Standort: q3- Niveau südwestlich Tiflit (siehe Abb. 3)

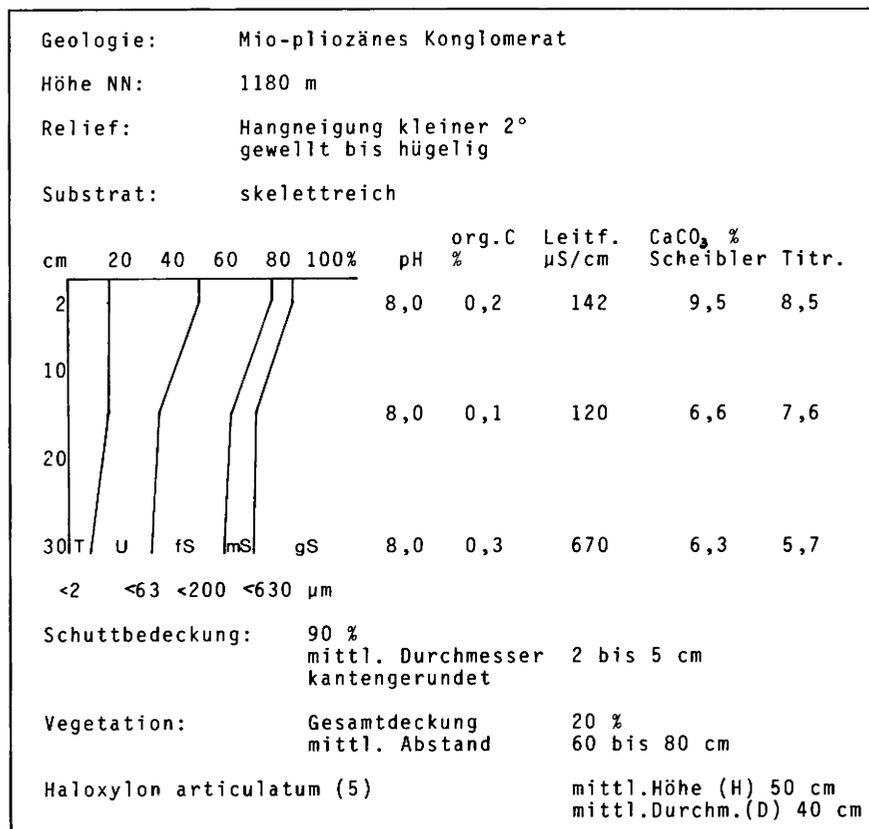


Abb.19: Standort 225/1, *Haloxylon articulatum* - Flächentyp.

lon-Bewuchs keine differenzierende Wirkung zeigen, stellt die Korngrößenzusammensetzung des Substrats einen wesentlichen steuernden Faktor für die Dichte des *Haloxylon*-Bewuchses dar.

Anhand der drei ausgewählten Standorte 225/1, 313/1 und 226/4 (Abb. 19 bis 21) wird deutlich, daß vor allem der Feinmaterialanteil des Substrats wesentlichen Einfluß auf die Dichte des remt-Bestandes in Zusammenhang mit der Anpassung von *Haloxylon articulatum* an weniger kompakte Böden ausübt. Zusätzlich wirkt sich noch die geringere Wasserkapazität der dichteren Böden im weiteren Auseinander-treten der Vegetation aus.

Anhand des Bodenprofils von Standort 225/1 (Abb. 19) wird deutlich, daß in Verbindung mit dem insgesamt geringen und mit der Tiefe abnehmenden Schluff- und Tongehalt (10 bzw. 20 %) ein für die Glacis relativ hoher Deckungsgrad des remt mit 20 % und einem mittleren Abstand der Pflanzenindividuen zwischen 60 und 80 cm verbunden ist. Zusätzlich verdeutlicht noch die Wüchsigkeit mit einer Höhe von bis zu 50 cm und einem Durchmesser von bis zu 60 cm mit dichtem Wachstum der Triebe die für *Haloxylon* günstigen Standortbedingungen. Standorte mit vergleichbar hohem Deckungsgrad treten in der Beckenregion nur selten auf. Den größten Flächenan-

teil nehmen Bereiche mit einem geringeren Deckungsgrad der Vegetation ein, wie z.B. an den Standorten 313/1 und 226/4 (Abb. 20 und 21). Geringe Vegetationsdichte mit einer Gesamtdeckung kleiner 5 % und einem mittleren Abstand der Pflanzenindividuen von größer 500 cm wie z.B. an Standort 226/4 (Abb. 21), der eine deutliche Zunahme vor allem des Schluffanteils mit der Tiefe aufweist, sind für alle Substrate mit hohem Feinmaterialanteil charakteristisch. Die geringe Wuchshöhe der Pflanzen mit im Durchschnitt 20 cm und geringer Durchmesser von meist nur 10 bis 20 cm verdeutlichen noch die Ungunst dieser Standorte.

Die Differenzierung der Vegetationsdichte auf den altersmäßig unterschiedlichen Niveaus zeigt kein signifikantes Verteilungsmuster. Ebenso wenig wirken sich die feuchteren und kühleren Klimabedingungen im Ostteil des Beckens auf die *Haloxylon*-Vegetation aus.

Den geringen Einfluß von krustenartigen Verbackungen des Substrats durch kalkreiche Matrix bzw. nur geringe Fangerauflage auf angewittertem mio-pliozänen Konglomerat verdeutlichen die Standorte 215/4 und 206/4 (Abb. 22 und 23), an denen jeweils in 30 bis 40 cm Tiefe ein Horizont mit einer Verbackung des Fanger- bzw. Konglomeratmaterials durch eine kalkreiche Matrix ansteht, der deutlich durch den erheblichen Anstieg des Kalkgehaltes im Substrat

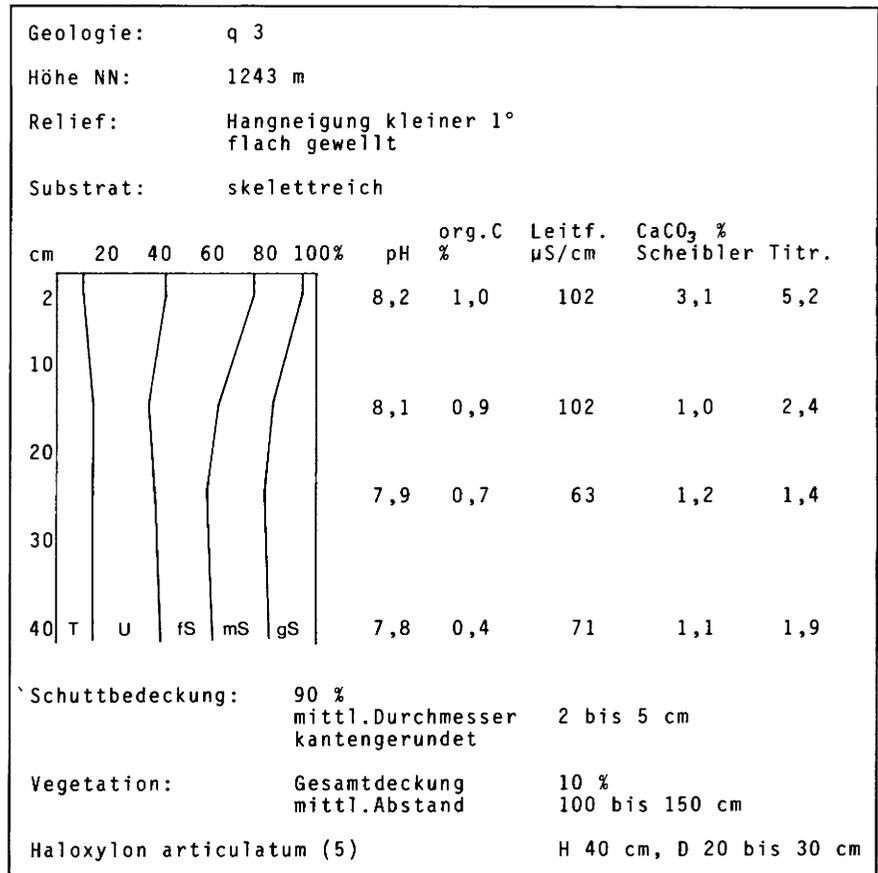


Abb.20: Standort 313/1, Haloxylon articulatum - Flächentyp.

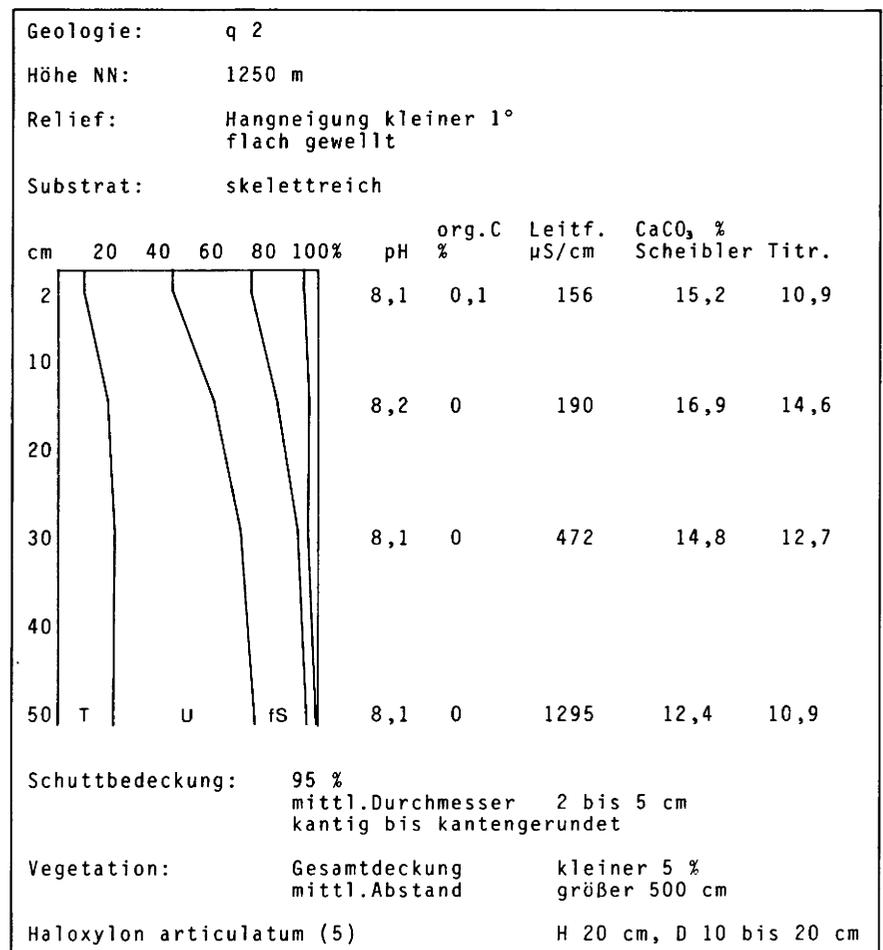


Abb.21: Standort 226/4, Haloxylon articulatum - Flächentyp.

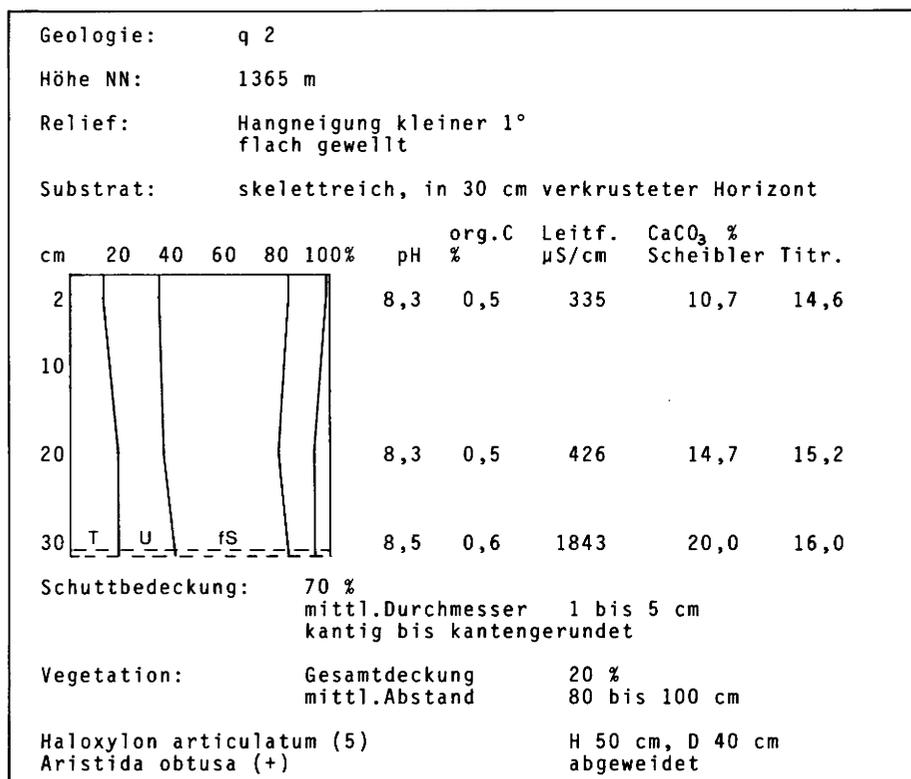


Abb. 22: Standort 215/4, Haloxylon articulatum - Flächentyp mit verkrustetem Horizont.

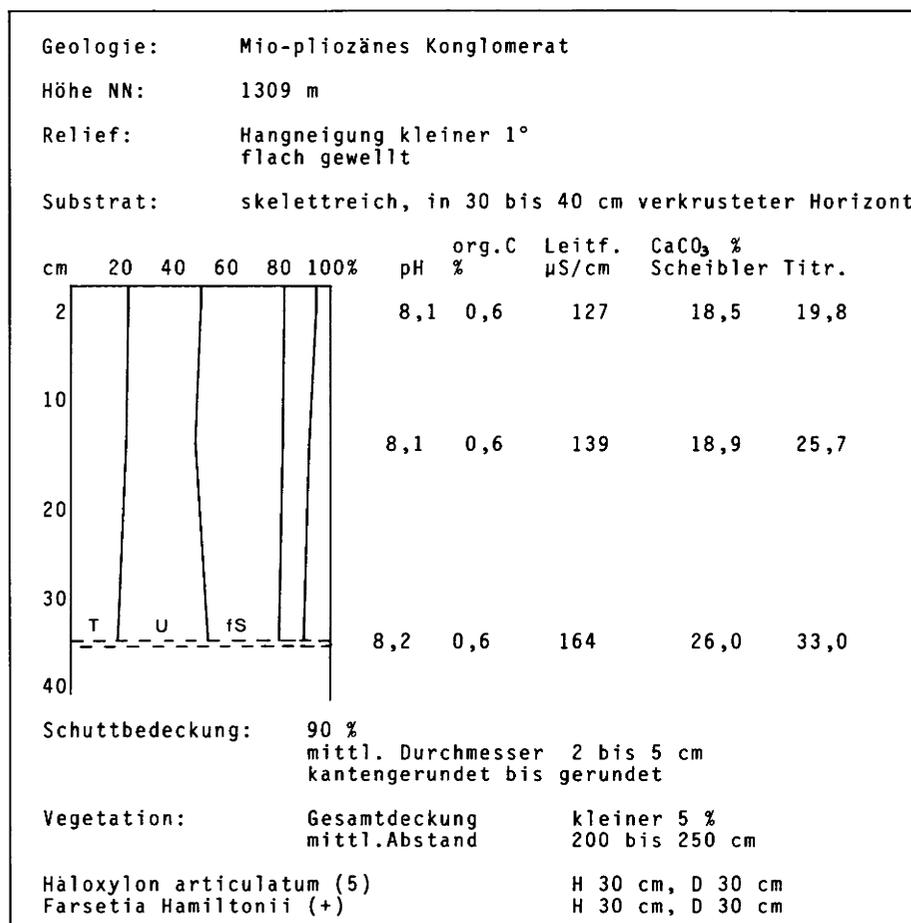


Abb. 23: Standort 206/4, Haloxylon articulatum - Flächentyp mit verkrustetem Horizont.

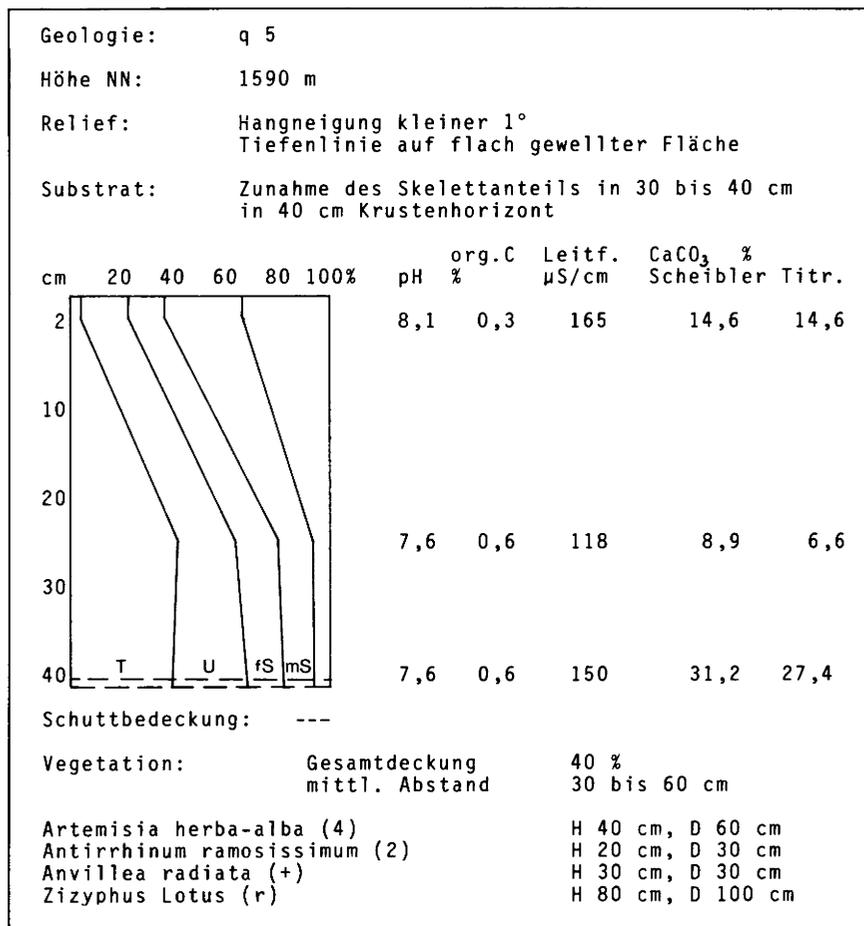


Abb. 24: Standort 312/2, *Haloxylon articulatum* - Flächentyp mit verkrustetem Horizont.

gekennzeichnet ist. Die Dichte der *Haloxylon*-Vegetation zeigt dabei keine Reaktion auf das Auftreten dieser Verdichtungshorizonte, sondern nur wieder den deutlichen Bezug zum Feinmaterialgehalt des Substrats mit einem weiteren Auseinandertreten der Pflanzenindividuen bei höherem Schluff- und Tongehalt (Abb. 23). Ebenso wenig wirkt sich die Ausbildung einer kompakteren Kruste an Standort 312/2 (Abb. 24) auf einer q5-Niveaufläche aus.

Im Bereich des Auftretens von Travertinkalken in Form von kompakten Platten in der Region zwischen Ouarzazate und Skoura (Kap.4.1), wie auch südöstlich Boumalne, wo unverwitterte Konglomeratplatten an der Bodenoberfläche austreten, tritt *Haloxylon* dagegen nur noch mit geringerem Deckungsgrad zwischen 1 bis 5 % auf und ordnet sich dabei in kleinen Gruppen oder linienhaft in den Bruchzonen der Platten an.

6.1.2 Nicht reliefbedingte Varianten des *Haloxylon articulatum* - Flächentyps

Variationen des *Haloxylon*-Flächentyps, die nicht reliefbedingt sind, treten im Untersuchungsgebiet nur

kleinräumig auf. Größere Bedeutung haben dabei nur drei Varianten:

6.1.2.1 *Farsetia Hamiltonii* - Variante

Den flächenmäßig größten Anteil der nicht reliefbedingten Varianten nehmen Standorte mit einem Bestand von *Farsetia Hamiltonii*, der meist mit *Haloxylon articulatum* vergesellschaftet ist, ein, wobei die jeweiligen Anteile beider Arten variieren können (Abb. 25).

Farsetia Hamiltonii ist ein perennierender Hemikryptophyt, der allgemein vor allem an skelettreiche bis grobblockige Substrate angepasst ist und sich durch besonders hohe Trockenresistenz ausweist. Auch diese Art wird nur in geringem Maße beweidet (SCHOENENBERGER 1982:31). *Farsetia Hamiltonii* ist nur schwer von *Farsetia ramosissima* zu unterscheiden, das ebenfalls in dieser Region mit hoher Verbreitung auftritt. Bei der Vegetationsaufnahme konnte in den meisten Fällen nicht eindeutig zwischen beiden Arten unterschieden werden. Da die ökologischen Ansprüche beider Arten vergleichbar

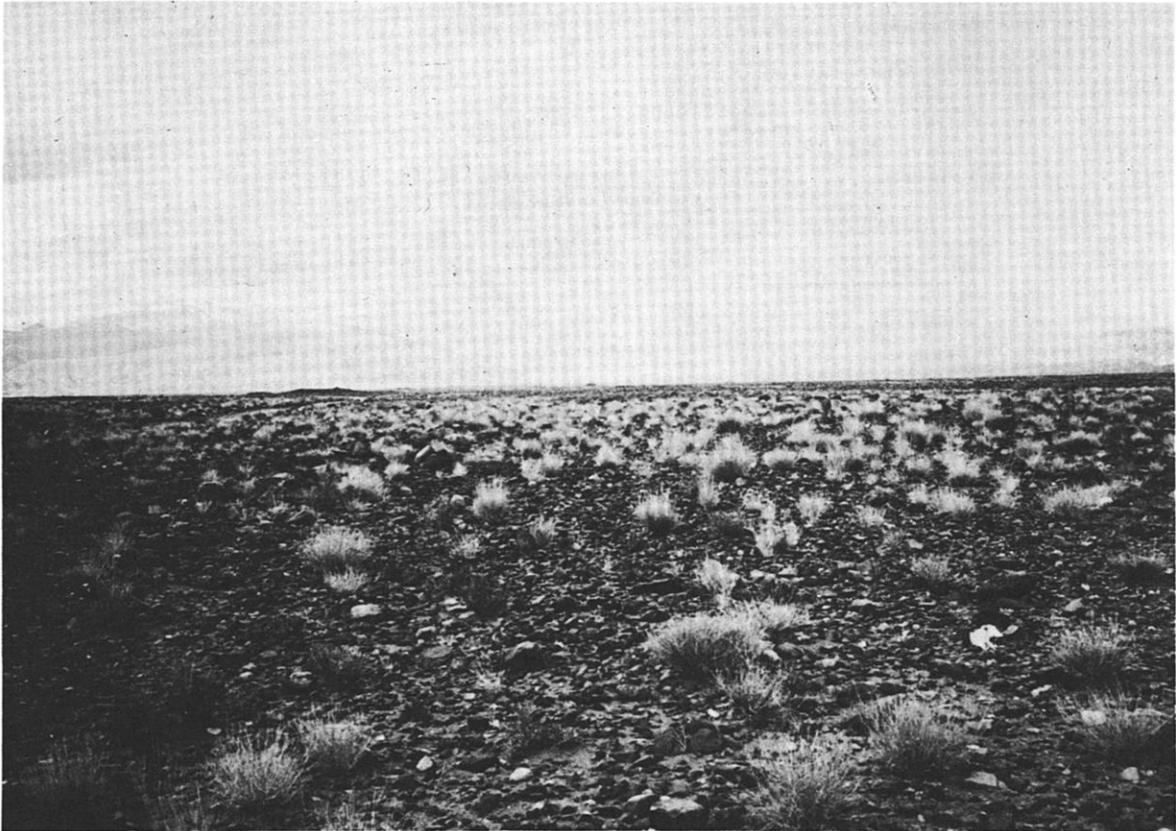


Abb. 25: *Farsetia Hamiltonii* - Variante des *Haloxylon articulatum* - Flächentyps.
Standort: q2-Niveau nördlich Skoura (siehe Abb. 3)

sind, wurden sie unter einer Bezeichnung zusammengefaßt.

Die kennzeichnenden Relief- und Bodeneigenschaften der Standorte entsprechen denen der reinen *Haloxylon articulatum* - Bestände, die oben bereits erläutert wurden.

Der Gesamtdeckungsgrad der Vegetation in dieser Variante liegt meist unter 10 % mit einem mittleren Abstand der Pflanzen zwischen 100 bis 200 cm. Die auch hier auftretende Differenzierung des Substrats aufgrund des Schluffund Tongehaltes äußert sich jedoch nicht durch eine Verringerung der Vegetationsdichte. Ein mit der Profiltiefe zunehmender Anteil des Feinmaterials (Standort 202/1 Abb. 26) spiegelt sich in einem höheren Anteil von *Farsetia Hamiltonii* wider, während ein stärkerer Bewuchs mit *Haloxylon articulatum* weniger feinmaterialhaltiges Substrat kennzeichnet (Standort 310/5 Abb. 27). Mit zunehmendem Ton- und Schluffgehalt von größer 20 % tritt *Haloxylon* dann völlig zurück, während *Farsetia* dominiert (Standort 131/1 Abb. 28).

Häufig sind mit dieser Vegetationsvariante mit geringer Individuenzahl (r bis +) *Aristida obtusa*, *Zilla*

macroptera und *Antirrhinum ramosissimum* vergesellschaftet.

Auch bei dieser Vegetationsvariante führen bodenchemische Differenzierungen wie sie auf allen Flächenniveaus auftreten zu keiner Differenzierung der Vegetation. Charakteristisch ist jedoch das weitgehende Fehlen von Verkrustungs- bzw. Verdichtungshorizonten an Standorten mit überwiegendem *Farsetia*-Bewuchs.

6.1.2.2 *Helianthemum Lippii* - *Aristida obtusa* - Variante

Einen flächenhaft wesentlich geringeren Anteil weisen im Untersuchungsgebiet Standorte mit hohem Anteil von *Helianthemum Lippii*, das vorwiegend mit *Aristida obtusa* vergesellschaftet ist, auf. Auch hier variiert der jeweilige Anteil der beiden Arten in Abhängigkeit vom Substrat. Beide Arten besitzen einen hohen Weidewert und sind häufig degradiert.

Generell gelten für diese Variante wieder die für den *Haloxylon* - Flächentyp dargestellten Relief- und Substratverhältnisse. Standorte mit größerem Anteil

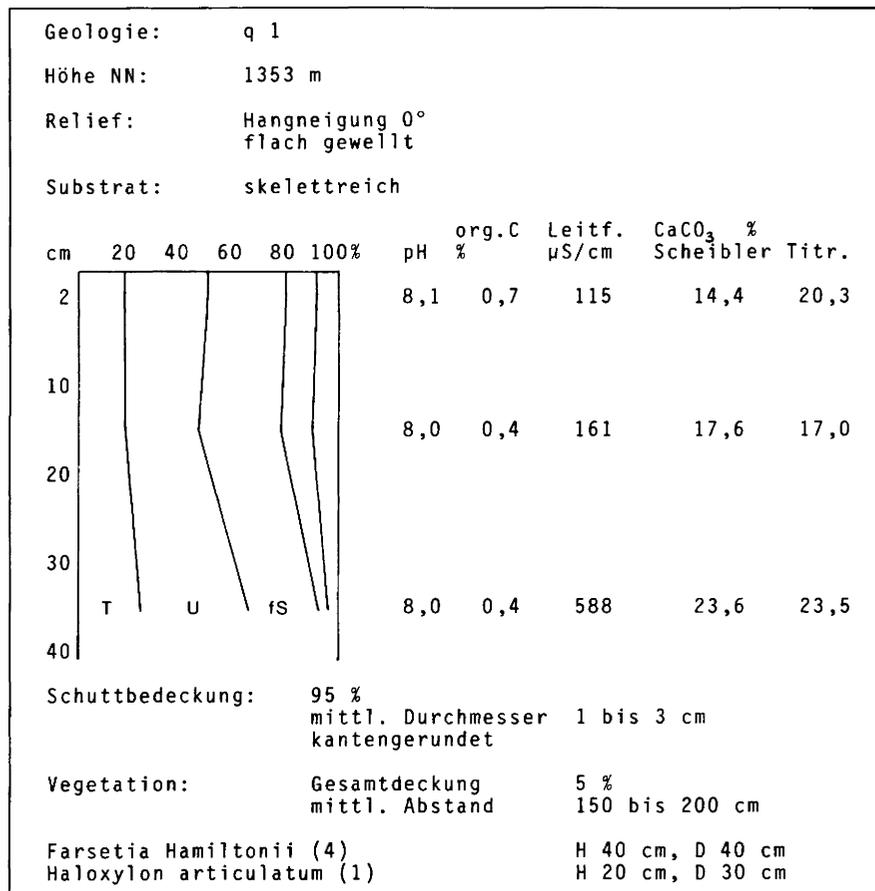


Abb. 26: Standort 202/1, Farsetia Hamiltonii - Variante des Haloxylon articulatum - Flächentyps.

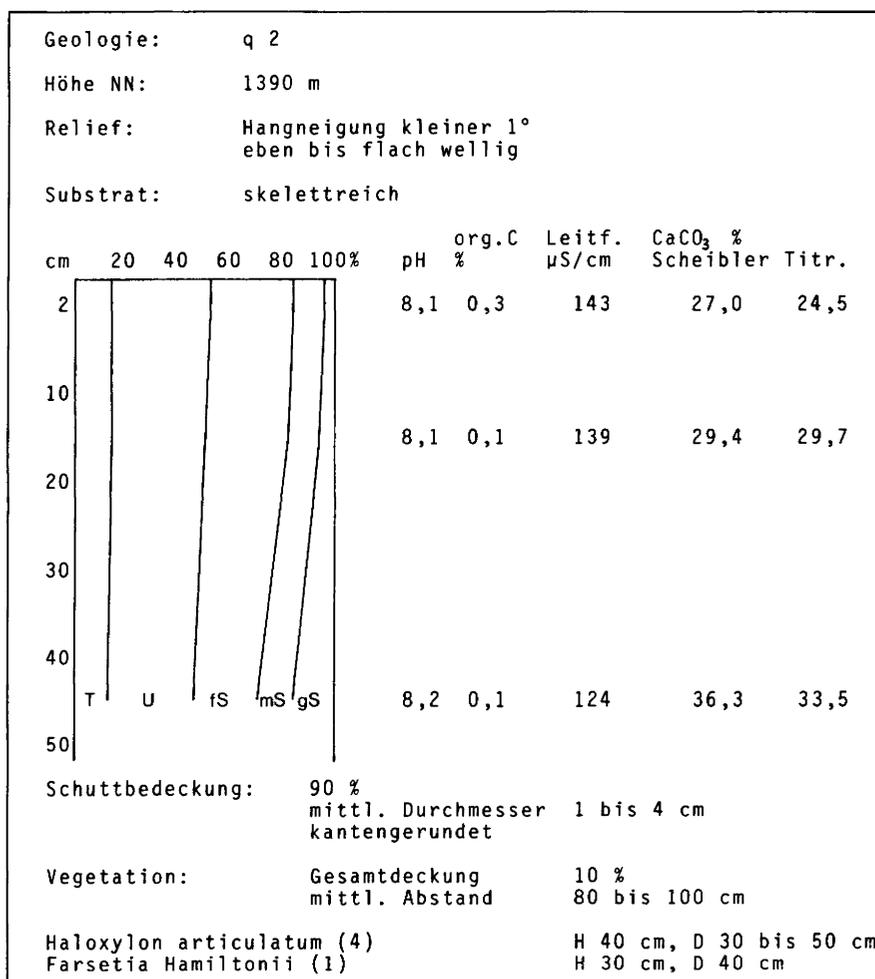


Abb. 27: Standort 310/5, Farsetia Hamiltonii - Variante des Haloxylon articulatum - Flächentyps.

von *Helianthemum Lippii* zeichnen sich dabei vor allem durch einen höheren Anteil der Ton- und Schlufffraktion aus (Standort 307/3, Abb. 29), während *Aristida obtusa* meist Standorte mit geringem Feinmaterialgehalt besiedelt.

Häufig anzutreffen ist die Vergesellschaftung mit weiteren Weidepflanzen wie z.B. *Lavandula sp.* und *Marrubium deserti*, die jedoch nur akzessorischen Charakter aufweisen.

6.1.2.3 Peganum Harmala - Variante

Als anthropogen bedingte Variante des Haloxylon - Flächentyps sind Standorte zu sehen, an denen kleinräumig der ausschließliche Bestand von *Haloxylon articulatum* durch *Peganum Harmala* (harmel) ersetzt wird (Abb. 30).

Ökologische Merkmale von *Peganum Harmala*

Peganum Harmala ist die kennzeichnende Art der Ruderalvegetation überweideter Standorte der nordafrikanischen Steppen- und Halbwüstengebiete. Schon äußerlich hebt sich der Hemikryptophyt im Frühjahr durch die frischen grünen Blätter von der übrigen Trockensteppenvegetation ab. Harmel wird wegen seiner toxischen Wirkung vom Vieh gemieden. Da es neben hoher Salztoleranz vor allem an hohe Nitratgehalte im Boden angepaßt ist, besiedelt es Standorte im Bereich von Lagerplätzen der Herden und an Brunnen und ersetzt im Laufe der Zeit weitgehend vor allem die Weidevegetation (KNAPP 1973:526). Wie Haloxylon besitzt harmel eine extensive Pfahlwurzel und meidet tonreiche Standorte, ist aber gut an lehmige und sandige Substrate angepaßt (NEGRE 1962:38).

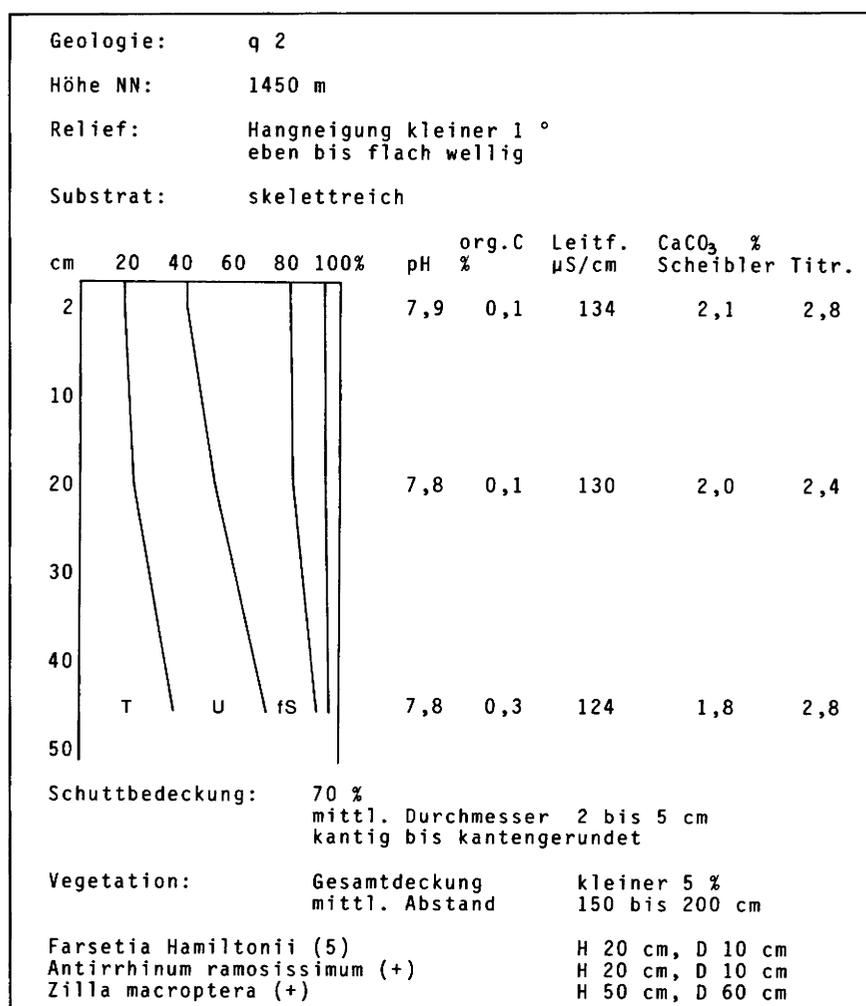


Abb.28: Standort 313/3, *Farsetia Hamiltonii* - Variante des *Haloxylon articulatum* - Flächentyps.

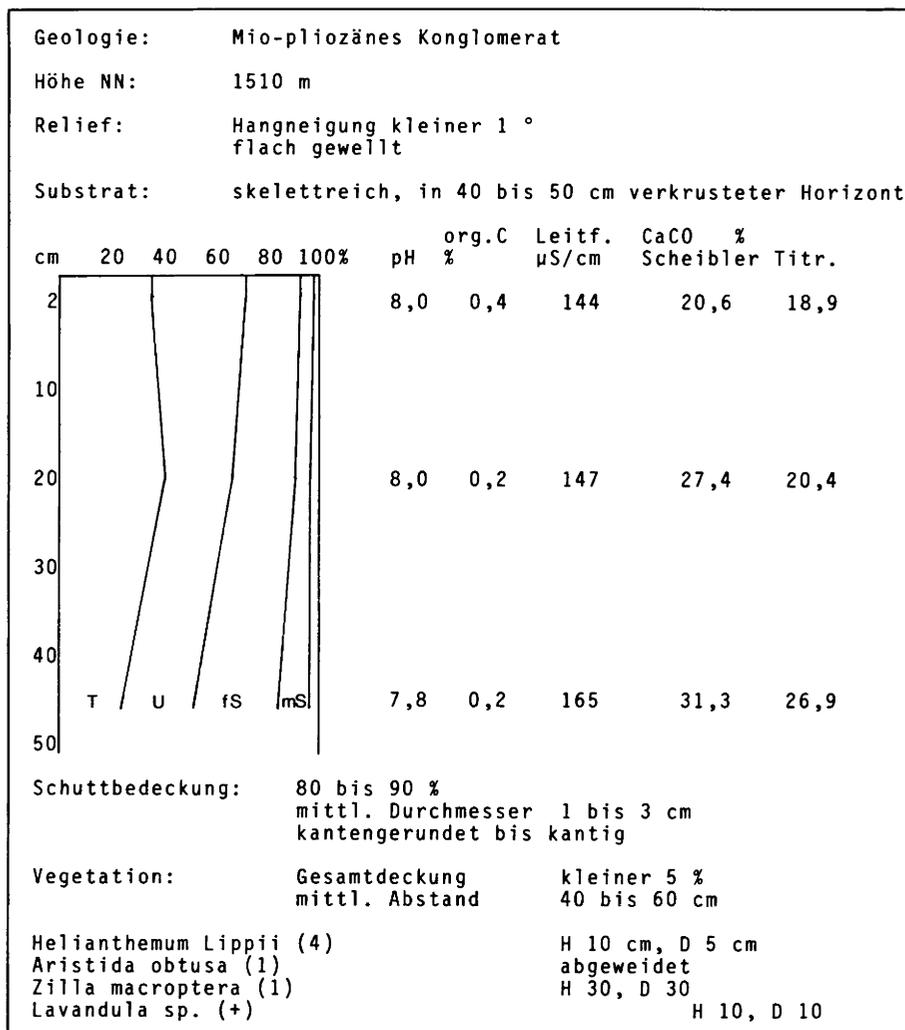


Abb. 29: Standort 307/3, Helianthemum Lippii - Aristida obtusa - Variante des Haloxylon articulatum - Flächentyps.

Charakterisierung der Standorte mit *Peganum Harmala* - Bewuchs

Im Untersuchungsgebiet tritt harmel vor allem im westlichen Teil des Beckens lokal im Umkreis der häufig anzutreffenden, in den kompakten mio-pliozänen Konglomeraten angelegten Wohnhöhlen mit dazugehörigen Viehpferchen auf, die vor allem von den im Winter aus dem Hohen Atlas in das Becken ziehenden Berberhirten genutzt werden und ersetzt zum Teil fast völlig jegliche andere vom Vieh beweidete Vegetation.

Mit etwas größerer Ausdehnung treten harmel - Bestände noch auf flach geneigten Glacisflächen im östlichen Teil des Beckens in der näheren Umgebung der Oase Boumalne auf. Ein aus diesem Gebiet stammendes Bodenprofil (304/7, Abb. 31) kennzeichnet deutlich die mit den Haloxylon - Flächen

vergleichbaren Substratverhältnisse in Hinblick auf die Bodenchemie und die Korngrößenzusammensetzung mit Ton- und Schluffgehalten von um 20 %. Die nur geringe Vegetationsdichte (kleiner 5 %) deutet darauf hin, daß die in 15 cm Profiltiefe auftretende Verkrustung das Wachstum von harmel beeinträchtigt.

Auffällig ist der immer nur kleinräumige Übergang zwischen harmel - Gesellschaften und wieder reinen Haloxylon - Beständen. Zusammen mit harmel treten vereinzelt *Zilla macroptera*, *Launaea acanthoclada* und seltener Weidepflanzen wie *Aristida obtusa* und *Marrubium deserti* auf. Das Vorkommen von *Fredolia aretioides* zusammen mit harmel ist nur auf einen kleinräumigen Bereich auf den Glacis im Ostteil des Beckens beschränkt und kann keiner substratbedingten Differenzierung zugeordnet werden.



Abb. 30: *Peganum Harmala* - Variante des *Haloxyylon articulatum* - Flächentyps.
Standort: q5-Niveau südöstlich Boumalne (siehe Abb. 3)

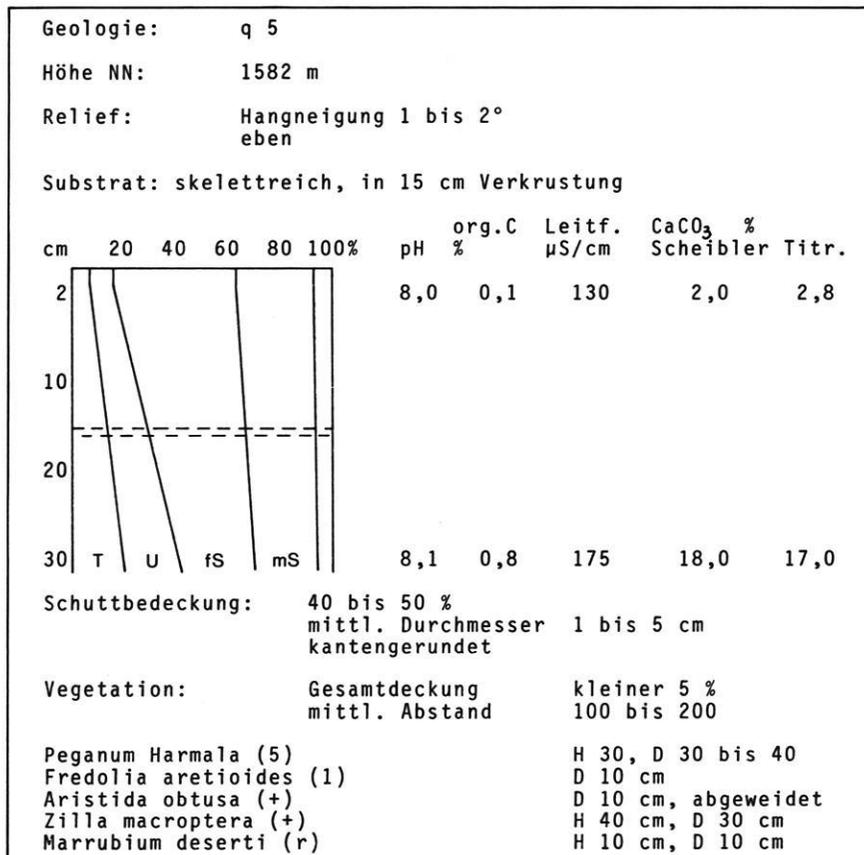


Abb. 31: Standort 304/7, *Peganum Harmala* - Variante des *Haloxyylon articulatum* - Flächentyps.

6.1.3 Reliefbedingte Varianten des *Haloxylon articulatum* - Flächentyps

6.1.3.1 Tiefenlinien und Depressionen

Die Tiefenlinien, die die Glacisniveaus mit einem mehr oder weniger dichten Netz überziehen, sind meist nur wenige Dezimeter eingetieft und weisen vorwiegend eine Breite zwischen 50 und 200 cm auf. Eine Akzentuierung der Tiefenlinien findet in Richtung auf die aus dem Hohen Atlas kommenden sekundären Vorfluter hin statt oder aber bei Konzentration einer Vielzahl kleinerer Entwässerungsbahnen auf größere Tiefenlinien, die sich dann bis zu 200 cm in den Untergrund eintiefen können und eine Sohlenbreite von bis zu 500 cm erreichen.

Kennzeichnend für kleinere Tiefenlinien und flach eingetieft, geschlossene Hohlformen und Depressionen mit einem Durchmesser bis zu 20 m, ist der schon von weitem auffällige, relativ dichte Vegetationsbestand mit einem deutlich höheren Deckungsgrad als auf den Flächenniveaus (Abb. 32).

Im Zusammenhang mit der Konzentration des oberflächenhaft abfließenden Wassers steht die Einspü-

lung von Feinmaterial in die tiefer gelegenen Bereiche mit der Ausbildung dichter Substrate, die mehrere Dezimeter Mächtigkeit aufweisen können. Der ungünstigere Wasserhaushalt dieser Substrate wird dabei aufgrund des relativ dichten Vegetationsbestandes einerseits durch Hemmung des Oberflächenabflusses und andererseits durch die bessere Beschattung des Substrates ausgeglichen. Trotz der Verschlammung von Feinmaterial von den Flächen weisen Tiefenlinien und Depressionen keinen höheren Salzgehalt auf.

Generelles Charakteristikum dieser Standorte ist das fast völlige Fehlen von *Haloxylon articulatum* und eine mehr oder weniger reichhaltige Vergesellschaftung von verschiedenen Zwergsträuchern, Sträuchern und Gräsern, die jedoch vor allem im westlichen Teil des Beckens weitgehend abgeweidet sind. Dominierende Art auf den meisten mit Feinmaterial verspülten Standorten ist *Artemisia herba-alba* (chih) (Abb 33).

Ökologische Merkmale von *Artemisia herba-alba*

In Abhängigkeit von den Standortbedingungen kann auch *Artemisia* als Chamaephyt, Nanophanerophyt



Abb.32: Tiefenlinie mit *Zizyphus Lotus*- und *Launaea acanthoclada* - Bewuchs.
Standort: q2-Niveau nördlich Tiflit (siehe Abb. 3)

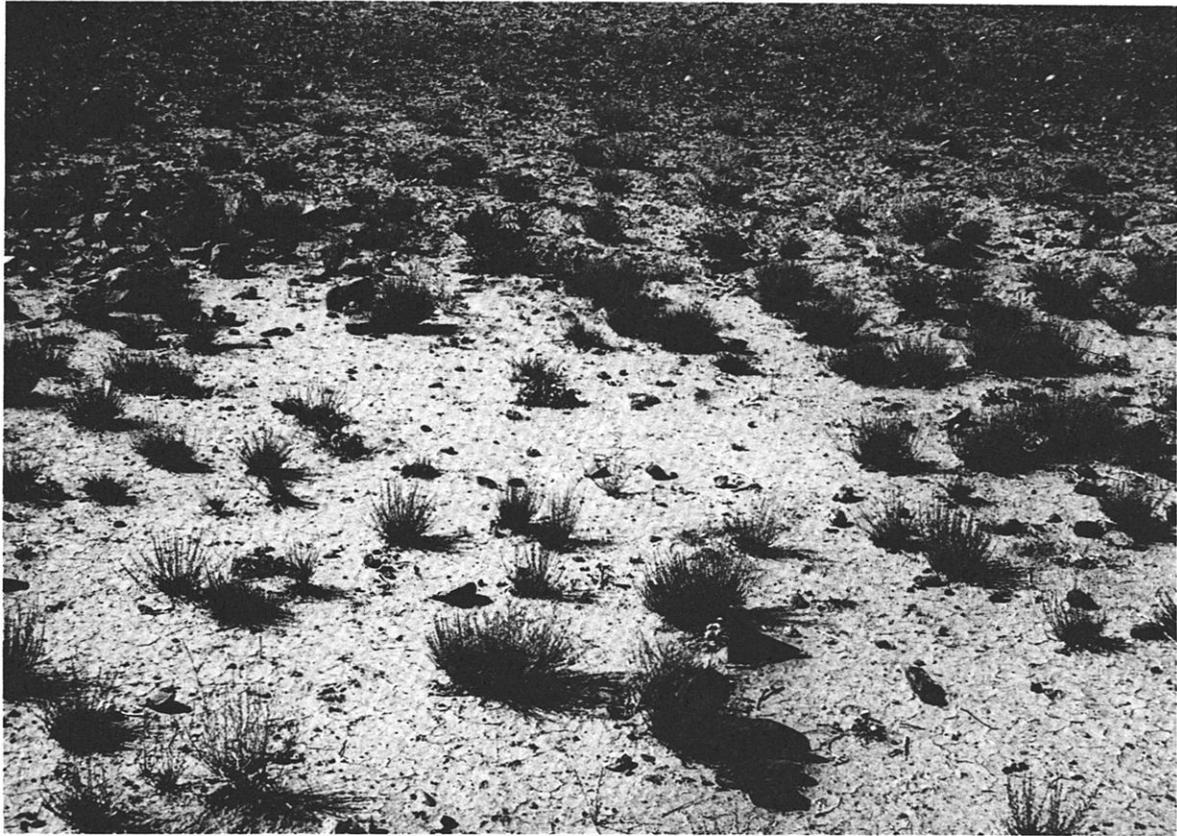


Abb.33: Variante der Tiefenlinien und Depressionen des *Haloxylon articulatum* - Flächentyps mit *Artemisia herba-alba* - Bestand.
Standort: q3-Niveau westlich Toundout (siehe Abb. 3)

bzw. Hemikryptophyt auftreten. Die relativ hochwertige Weidepflanze ist im Untersuchungsgebiet jedoch weitgehend degradiert, zumal sie außerdem noch zu medizinischen Zwecken nutzbar ist.

Im Gegensatz zu *remt* zieht *Artemisia* schwerere Böden vor. Die Pflanze hat eine weniger ausgeprägte Pfahlwurzel und in der Regel außerordentlich dünne und lange Seitenwurzeln (KAUSCH 1959:25). Die nur kurze Pfahlwurzel verästelt sich wie bei den meisten Psammophyten in Abhängigkeit von Öklima und Boden in unterschiedlicher Weise. In Böden mit hohem Feinmaterialgehalt wird ein laterales Wurzelsystem schon in 2 bis 5 cm Bodentiefe ausgebildet, während in lockeren Böden oder aber auch auf harten Kalksteinen mit Spalten die Wurzel der kalkliebenden Pflanze bis zu 40 bis 50 cm in den Boden eindringen kann (OPPENHEIMER 1960:110). Trotz der hohen Anpassungsfähigkeit des Wurzelsystems an den Ariditätsgrad ist die ökologische Amplitude von *Artemisia* nur gering in Abhängigkeit von einem Koeffizienten, der neben dem Boden vor allem vom Klima bestimmt wird. Auf sandigeren, lockeren Standorten benötigt die Pflanze geringere Niederschläge als auf tonigen Substraten (ABRAHAM

1954:238). Andererseits ist *chih* gut an kühle bis kalte Winter angepaßt und verträgt auch gelegentliche Schneebedeckung, so daß *Artemisia herba-alba* vor allem in den das Becken einschließenden Gebirgsrandbereichen anzutreffen ist.

Charakterisierung der Standorte mit *Artemisia herba-alba* - Bewuchs

Die beiden ausgewählten Standorte (312/2 und 202/1) Abb. 34 und 35), die eine Tiefenlinie und eine Depression auf den Flächensystemen repräsentieren, zeigen im oberen Profilbereich einen deutlich höheren Gehalt von Schluff und Ton (bis zu 40 %), der jedoch an Standort 202/1 mit der Tiefe abnimmt. An Standort 312/2 entspricht die Korngrößenverteilung in 30 bis 40 cm wieder weitgehend der des entsprechenden Glacisniveaus (siehe Abb. 24). Häufig tritt an der Bodenoberfläche eine Anreicherung von Mittel- bis Grobsand auf, die auf eine Verschlammung des feineren Anteils in den Boden oder eine Auswaschung oder Auswehung an der Bodenoberfläche zurückgeführt werden kann.

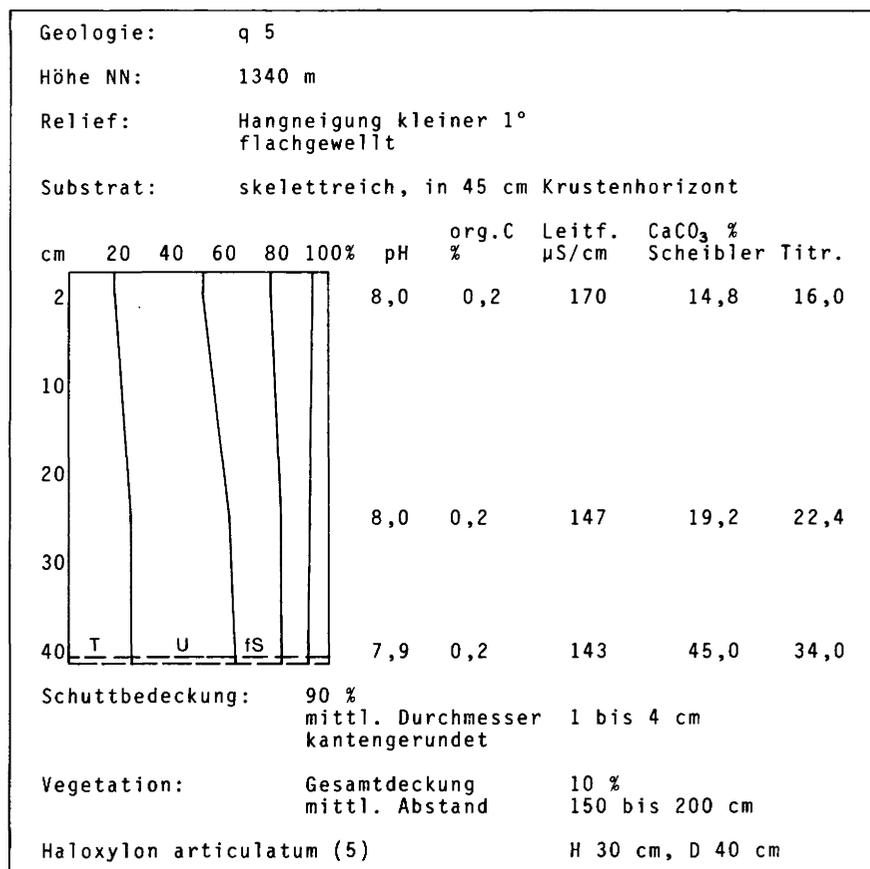


Abb.34: Standort 312/2, Tiefenlinie auf einer Glacisfläche (q5).

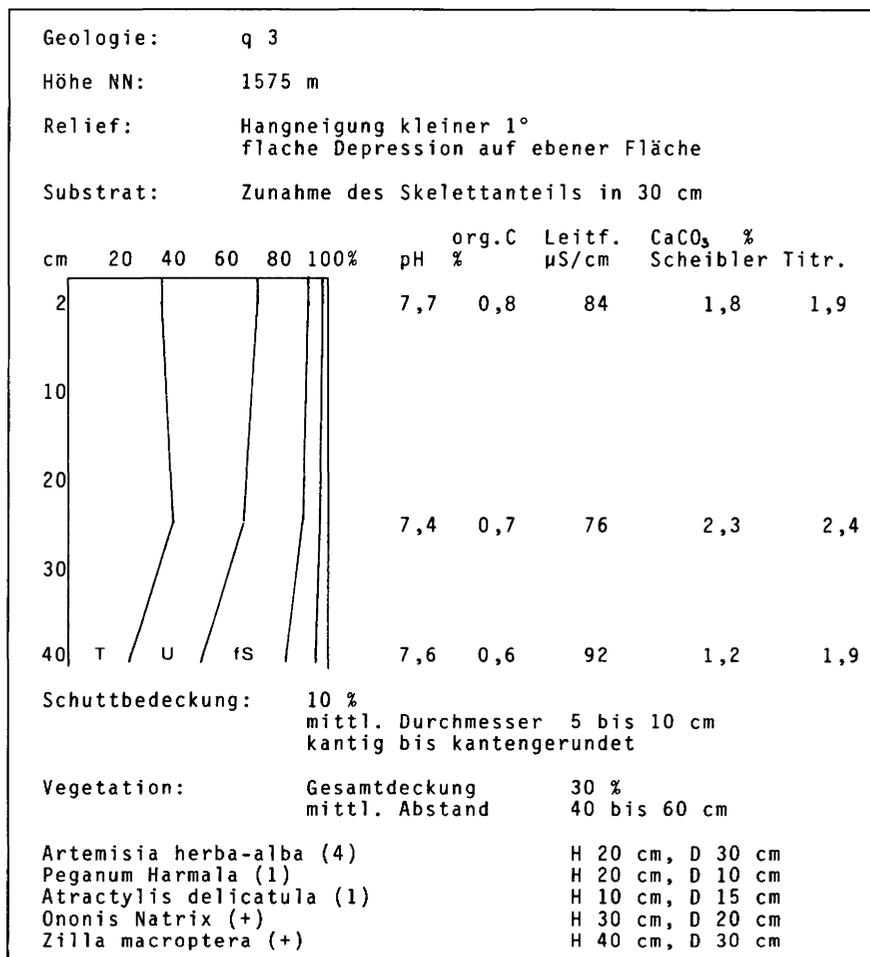


Abb.35: Standort 202/1, Depression auf einer Glacisfläche (q3).

Wie im Bereich der Haloxylon - Vegetation variieren auch in den Tiefenlinien die chemischen Eigenschaften des Bodens, wobei aufgrund der dichteren Vegetation vereinzelt höhere Werte der organischen Substanz auftreten können.

Allgemein liegt der Deckungsgrad der Vegetation in den Tiefenlinien über 10 %, meist zwischen 20 und 40 % mit einem mittleren Abstand der Pflanzenindividuen von 20 bis 60 cm, bzw. bei geringerem Deckungsgrad zwischen 60 und 80 cm.

In Vergesellschaftung mit *Artemisia herba-alba* tritt nur eine relativ beschränkte Anzahl weiterer Arten auf. Dies ist auf die allelopathische Wirkung des chih gegenüber anderen Pflanzen zurückzuführen, die die Samenreife anderer Arten behindert. Zusammen mit *Artemisia* finden sich daher mit einem höheren Deckungsgrad von bis zu max. (1) nur *Antirrhinum ramosissimum*, *Zilla macroptera* und *Helianthemum Lippii*, die ebenfalls - außer *Zilla* - als gute Futterpflanzen gelten. Während *Helianthemum Lippii* ein ausgesprochener Psammophyt mit jedoch langer, senkrechter Wurzel ist (KAUSCH 1959:15), bevorzugen *Antirrhinum ramosissimum*, das sowohl mit einer Pfahlwurzel, als auch mit einem lateralen Wurzelsystem ausgestattet ist wie auch *Zilla macroptera* mit langer Pfahlwurzel in der Regel skelettreiche Substrate. Das Fehlen dieser Arten auf den Flächen scheint daher vor allem, wie BINET (1955:52) exemplarisch für *Zilla macroptera* ausführt, darauf zurückzuführen zu sein, daß zum Wachstum der Jungpflanzen eine genügend lange Feuchteperiode zur Samenreife und zum Aufkeimen der Pflanzen notwendig ist. Es darf also nach der Regenperiode nur ein langsames Austrocknen des Oberbodens erfolgen. Aufgrund der Reliefsituation ist in den Tiefenlinien trotz des dichteren Bodens von einer besseren Wasserversorgung auszugehen (siehe oben), die genügend Zeit für die Ausbildung eines ausreichenden Wurzelsystems gewährleistet. Nach Überleben dieser kritischen Periode wäre ein Überdauern auf den trockeneren Glacisniveaus möglich. Offensichtlich entwickelt aber *Haloxylon articulatum* mit einem flexiblen Wurzelsystem bereits im Wachstumsstadium bessere Überlebensstrategien und eine höhere Regenerationsfähigkeit auf den trockeneren Flächen und stellt damit eine nicht zu überwindende Konkurrenz für andere Arten dar.

Zu den oben aufgeführten Arten treten mit sehr geringem Deckungsgrad (r) noch *Aristida obtusa*, *Astragalus armatus*, *Atractylis delicatula*, *Farsetia Hamiltonii*, *Launaea acanthoclada*, *Ononis Natrrix* und *Pituranthos scoparius* hinzu. Es handelt sich auch dabei um Arten, die nicht zwingend an die bessere Wasserversorgung der Tiefenlinien gebunden sind. Höhere Ansprüche an die edaphischen Verhältnisse

stellt nur das spärlich auftretende *Anvillea radiata*. *Zizyphus Lotus* als einziger Phanerophyt tritt in den kleinen Tiefenlinien meist nur vereinzelt mit nur geringer Wuchshöhe von bis zu 150 cm auf.

In Tiefenlinien, die durch vergleichbare Substratverhältnisse, aber deutlich geringeren Anteil von chih (kleiner 1 gekennzeichnet sind, tritt zu den oben genannten Arten noch eine Anzahl weiterer hinzu, ohne jedoch den Gesamtdeckungsgrad der Vegetation zu erhöhen. Größere Anteile (+ bis 2) weisen dabei das vor allem an stark lehmige bis sandige Standorte angepaßte *Cleome arabica*, außerdem *Farsetia Hamiltonii*, *Ononis Natrrix*, *Aristida obtusa*, *Zilla macroptera*, *Launaea acanthoclada* und *Helianthemum Lippii* auf. Akzessorisch vertreten sind außerdem noch *Convolvulus Trabutianus*, *Carduncellus Devauxii*, *Fagonia zilloides*, *F. glutinosa*, *Pergularia tomentosa*, *Lavandula sp.*, *Marrubium deserti*, *Teucrium Polium*, *Peganum Harmala*, *Centaurea pungens* und *Whitania frutescens*, die alle trockene regss als Standorte bevorzugen. Eher lehmig-sandige bis sandige Substrate besiedeln dagegen *Echinops spinosus*, *Astragalus armatus* und *Colocynthis vulgaris*.

Die bis zu 200 cm in die Flächensysteme eingetieften größeren Entwässerungsbahnen mit Sohlenbreiten bis zu 500 cm sind in der Regel durch eine oder mehrere meist von perennierender Vegetation nicht bestandene, mit Sand verfüllte Fließbinnen gekennzeichnet, zwischen die Feinmaterialbänke von bis zu 50 cm Höhe geschaltet sind, deren Korngrößenzusammensetzung der der Feinmaterialverfüllung der kleineren Tiefenlinien entspricht. Generell ist das Artenspektrum gleich und die Vegetationsbedeckung beträgt auch hier meist 20 bis 40 %. Es fehlt jedoch weitgehend die deutliche Dominanz von *Artemisia herba-alba* und vor allem *Ononis Natrrix* und größere Sträucher wie *Zilla macroptera* und *Launaea acanthoclada* sind häufiger vertreten. Außerdem tritt in diesen Bereichen vermehrt *Zizyphus Lotus* mit Wuchshöhen bis zu 200 cm und mit größerem Durchmesser auf, wobei oft Gruppierungen von mehreren *Zizyphus*-Sträuchern Flächen mit mehreren Metern Durchmesser besiedeln können. Vereinzelt kann in den größeren Tiefenlinien auf Feinmaterialbänken auch *Retama Retam* mit einer Höhe bis zu 150 cm und einem Durchmesser bis zu 200 cm angetroffen werden.

6.1.3.2 Tektonische Sackungsspalten

Neben Entwässerungsbahnen und Hohlformen erwies sich im Untersuchungsgebiet ein Standort (227/1) am südwestlichen Rand des Beckens, dessen Entstehung auf rezente tektonische Beeinflussung zurückzugehen scheint, ebenfalls als edaphisch begünstigt. Es handelt



Abb.36: Tektonische Sackungsspalte mit *Launaea acanthoclada*- und *Helianthemum Lippii* - Bestand.
Standort: 227/1 (siehe Standortverzeichnis) westlich Ouarzazate (siehe Abb. 3)

sich um die Ausbildung eines Südsüdwest-Nordnordost streichenden Systems mehrerer kleiner Spalten auf einer flachgewellten mio-pliozänen Konglomeratfläche (Abb. 36). Ausgehend von der Annahme, daß eine rezente Absenkung des Beckens zum Südrand hin stattfindet (MÖLLER et al. 1983), in die auch der südwestliche Beckenrand miteinbezogen ist, ist das Auftreten von Spalten im mio-pliozänen Konglomerat, das an der Oberfläche zum Teil in kompakten Platten austritt, auf den Ausgleich von Oberflächenspannungen zurückzuführen. Die Orientierung der Spalten quer zur Gefällsrichtung eines sich unterhalb der Fläche anschließenden Hanges und die parallele Anordnung der bis zu 20 m langen, 70 cm tiefen und bis zu 10 cm breiten Spalten schließen die Ausbildung durch Erosion aus. Die Entfernung zu einem südwestlich eingetieften Wadianschnitt und die geringe Hangneigung (3 bis 5°) sprechen gegen eine Ausbildung durch Massenverlagerungsprozesse. Die Spalten bewirken eine Verbesserung der edaphischen Situation ohne eine gleichzeitige Veränderung des Substrats durch Feinmaterialeinspülungen hervorgerufen. Oberflächlich abfließende Niederschläge können hier tief in den Boden eindringen, gelangen seitlich in das mehr oder weniger verwitterte Kon-

glomerat und verbessern so die Wasserversorgung bis in einen Umkreis von mehreren Metern. Der Standort hebt sich daher durch dichten Bewuchs mit *Launaea acanthoclada* und *Helianthemum Lippii* und einzelnen Exemplaren von *Farsetia Hamiltonii*, *Antirrhinum ramosissimum*, *Carduncellus Devauxii* deutlich von der umgebenden ausschließlich mit *Haloxylon articulatum* bestandenen Fläche ab. Da es sich bei den Pflanzen zum Teil um recht große Exemplare (Höhe bis 80 cm, Durchmesser 50 cm) handelt, kann davon ausgegangen werden, daß die günstigeren standörtlichen Bedingungen schon über einen längeren Zeitraum existieren. Die jeweilige Anpassung des jährlichen Pflanzenwachstums an die stark schwankende Wasserversorgung läßt jedoch keine Aussage über das Alter der Pflanzen zu.

6.1.3.3 Quellstandorte

Im Zusammenhang mit der Ausbildung dieses Spaltensystems ist auch das Auftreten verschiedener Quellen (Standorte 226/3, 317/2 bis 4) zu sehen, die sich in einer ebenfalls Nordnordost-Südsüdwest gerichteten Linie bis zum Hohen Atlas hin anordnen



Abb.37: Quellaustritt im mio-pliozänen Konglomerat mit Palme (*Phoenix dactylifera*), Binsen (*Juncus sp.*) und *Aeluropus litoralis*. Standort: 317/2 (siehe Standortverzeichnis) am Ostufer des Assif-n-Isli-Immoutene (siehe Abb. 3)

(Abb. 37). Die Quellaustritte scheinen an eine in dieser Richtung verlaufende Störungszone, die im mio-pliozänen Konglomerat ausgeprägt ist und der auch weitgehend der Talverlauf des Assif-n-Isli Immoutene folgt, gebunden zu sein. Im Bereich der Quellen weist sowohl die Vegetation als auch das Auftreten einer Vielzahl von Fröschen auf eine ganzjährige Wasserversorgung hin, die jedoch nicht zur Ausbildung von perennierenden Abflüssen führt. Je nach Quellschüttung versickert oder verdunstet das Wasser bereits nach wenigen Metern bis zehner Metern, wobei es zur Ausbildung von zum Teil dichten, oberflächlichen Salz- und Gipskrusten kommt. In kleinen Depressionen und auch im Sohlenbereich des Trockentales des Assif-n-Isli Immoutene sammelt sich an vielen Stellen das Wasser in der Nähe des Quellaustrittes und bildet kleine Tümpel, die den Lebensraum der Frösche bilden. Die Quellstandorte sind meist schon von weitem durch den Bestand von einem oder mehreren Exemplaren von Palmen (*Phoenix dactylifera*) auszumachen. Vereinzelt treten auch Tamarisken auf, die jedoch durch Beweidung bzw. Abschneiden der Triebe weitgehend degradiert sind. In der ständig feuchten Umgebung

der Quellen treten dichte Bestände von Binsen (*Juncus maritimus* und *Juncus acutus*) auf, die auf die permanent gute Wasserversorgung hinweisen. Außerdem kennzeichnen an extrem hohe Salzgehalte angepasste Arten wie *Limonium pruinosum* und *Aeluropus litoralis* (Kap. 6.1.3) die extremen Salzgehalte dieser Standorte.

An Standpunkt 317/3 wird das austretende Quellwasser in einem künstlich angelegten Auffangbecken (ca. 3 x 4 x 1 m) gesammelt und zur Bewässerung einer kleinen Anbaufläche mit Getreide und Mandelbäumen genutzt. Einen Hinweis auf die geringe Schüttung dieser Quelle gab die Tatsache, daß eine Woche nach Leerung des Sammelbeckens zur Bewässerung des Feldes das Reservoir erst zu einem geringen Teil (ca. 5 cm Höhe) wiederaufgefüllt war. Die geringe Schüttung im Beobachtungszeitraum muß jedoch auch im Zusammenhang mit der relativen Trockenheit der letzten Jahre und den geringen winterlichen Niederschlägen vor der Geländekampagne im Frühjahr 1983 gesehen werden.

Vergleichbare Quellstandorte sind im Zusammenhang mit den durch das Auftreten von Travertinen charak-



Abb.38: Variante der Hangformation des *Haloxylon articulatum* - Flächentyps.
Standort: Übergang von q2-Niveau zum Trockental des Assif Izerki südlich Tiflit (siehe Abb. 3)

terisierten Störungszonen im Bereich der Straße zwischen Ouarzazate und Skoura anzutreffen (Kap.4.1), wo ebenfalls das Aufdringen von Wasser aus der Tiefe zur Ausbildung von Quellen oder permanent feuchten Standorten führt. Charakteristisch ist auch hier wieder die Ausbildung einer bis zu 2 cm mächtigen Salz- und Gipskruste. Zeiger für hohen Salzgehalt und ständig feuchte Bedingungen sind hier neben dem Binsen auch die Gramineen *Imperata cylindrica* und *Phragmites communis* (Kap. 6.2.2). Abnehmende Feuchte des Substrats mit jedoch immer noch hohem Salzgehalt im Umkreis der Quellbereiche zeigen die dichten Bestände von *Aeluropus litoralis*, *Salsola vermiculata* und *Zygochloa setacea* an.

6.1.3.4 Hangformation

Eine dritte reliefbedingte Variante stellt eine vor allem im Übergang der verschiedenen Glacisniveaus und an den häufig sehr steil einfallenden Seitenhängen der großen Wadis auftretende Vegetationsformation dar, die als Hangformation typisch für stark geneigte Flächen ist (Abb. 38). Die auftretenden Hangneigungen liegen zwischen 5 und 25°.

Während bei Hangneigungen zwischen 5 und 10° die Schuttbedeckung der Hänge im wesentlichen noch der Zusammensetzung der Glacisniveaus entspricht und der Anteil der Komponenten größer 10 cm nur geringfügig zunimmt, ist für die steileren Hänge im Untersuchungsgebiet meist ein höherer Anteil (größer 50 %) von grobblockigem Schutt kennzeichnend. Häufig prägen dabei Blöcke mit einem Durchmesser bis zu 60 cm die Schuttauflage.

Bedingt durch den aufgrund der Hangneigung verstärkten Oberflächenabfluß und das geringere Eindringen des Niederschlagswassers in den Boden sind diese Standorte durch erhöhte edaphische Trockenheit charakterisiert.

Eine Differenzierung der Vegetation aufgrund der Exposition und des damit verbundenen unterschiedlichen thermischen und hygrischen Regimes der Hanglagen konnte im Untersuchungsgebiet nicht festgestellt werden.

Kennzeichnend für Hänge mit einer Hangneigung kleiner 3° ist wieder der hohe Anteil von *Haloxylon articulatum*, wobei auch hier die Dichte wieder eine

Funktion des Feinmaterialgehaltes des Substrats darstellt (Standort 116/9 Abb. 39). Mit zunehmender Hangneigung ersetzt dann *Farsetia Hamiltonii* den remt-Bewuchs mehr und mehr, sodaß Hänge mit einer Hangneigung zwischen 3° und 10° schließlich durch die Dominanz von *Farsetia* geprägt sind, das meist mit Wuchshöhen bis zu 40 cm und einem Durchmesser bis zu 40 cm vorwiegend kräftige Exemplare aufweist.

Aufgrund der meist dichten Schuttbedeckung und des hohen Skelettanteils im Boden konnten an diesen Standorten keine Bodenproben entnommen werden. Bei Hangneigungen größer 10°, die häufig mit einer Zunahme der grobblockigen Schuttauflage mit einem Durchmesser bis zu 100 cm verbunden sind, tritt mit höherem Anteil bis zu (4) *Convolvulus Trabutianus* hinzu, ein dorniger Zwergstrauch, der selten höher als 30 cm wird, aber auf kleinen, schuttfreien Flächen Polster mit einem Durchmesser von bis zu 80 cm bilden kann. Beide Arten ziehen in der Regel grobmaterialreiche Standorte vor und zeichnen sich durch eine besonders hohe Trockenresistenz aus.

Allgemein ist die Vegetationsbedeckung, die sich zwischen der grobblockigen Schuttbedeckung der Hänge anordnet, relativ dicht mit einem Deckungsgrad zwischen 10 bis 20 % und damit meist dichter als

auf den Flächen, wobei der mittlere Abstand, je nach Schuttauflage, zwischen 60 bis 120 cm betragen kann. Eine Differenzierung der Vegetationsdichte in Abhängigkeit von der Hangneigung konnte nicht beobachtet werden.

Zu den beiden oben genannten dominierenden Arten gesellen sich häufig mit relativ hohem Anteil (1 bis 2) noch eine zwergstrauchartig ausgebildete Variante von *Launaea acanthoclada* und mit geringerem Deckungsgrad (+ bis 1) *Asparagus stipularis*, als wenig anspruchsvolle Chamaephyten, die mit einem ausgedehnten Wurzelsystem tiefe und lockere Böden bevorzugen. Auf steileren Hängen mit besonders grobblockiger Auflage tritt außerdem noch *Carthamus suffruticosus* auf, ein dorniger Strauch, der Wuchshöhen zwischen 50 und 100 cm erreicht. Er ist im Untersuchungsgebiet vor allem in den Gebirgsrandbereichen anzutreffen, da er besonders an kühl-aride Klimaverhältnisse angepaßt ist und aufgrund der Temperaturverhältnisse seine südlichste Verbreitung im Becken von Ouarzazate findet (SCHOENENBERGER 1982:30). Zum Teil häufiger auf den Hanglagen auftretende Gräser waren meist abgeweidet und konnten nur selten identifiziert werden. Nachweisbar war nur das Auftreten verschiedener *Aristida*-Spezies, sowie von *Digitaria commutata* und *Chrysopogon Aucheri*.

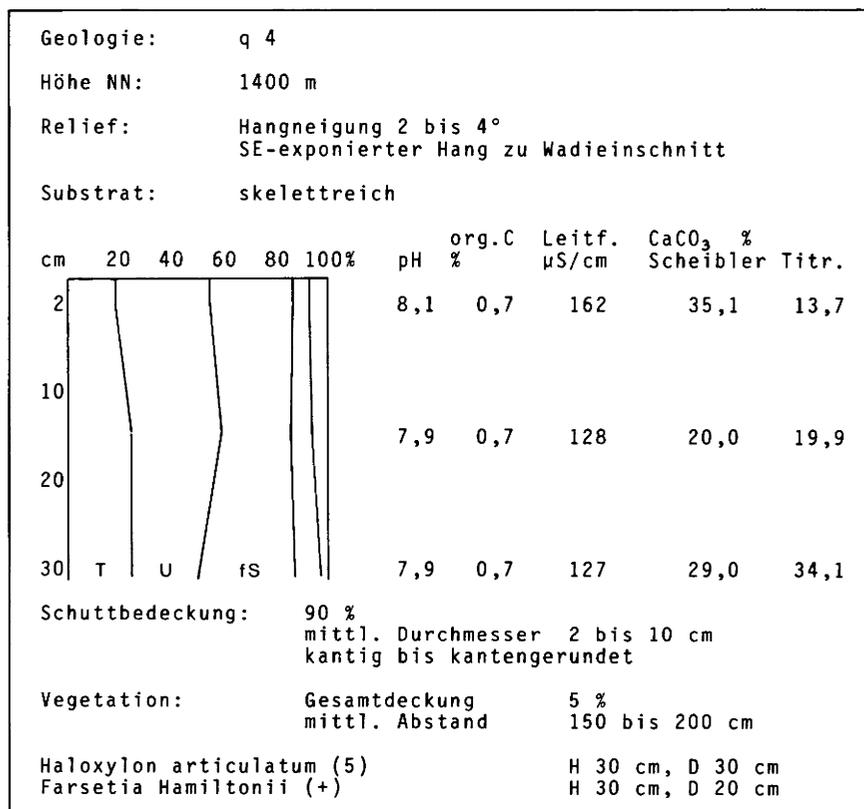


Abb.39: Standort 116/9, Hangformation

Geringere Anteile an der Vergesellschaftung der Hangformation (r bis +) weisen *Zilla macroptera*, *Anastatica hierochuntina*, *Eryngium illicifolium*, *Atractylis delicatula*, *Ononis Natrrix*, *Helianthemum Lippii*, *Fagonia arabica*, *F. glutinosa* und das vor allem an südexponierten Hängen auftretende thermophile *Odontospermum pygmaeum* auf.

6.1.3.5 Zerschneidungsbereiche in der mio-pliozänen Beckenfüllung

Vor allem im südwestlichen Teil des Untersuchungsgebietes im engeren Einzugsbereich der großen aus dem Hohen Atlas entwässernden Wadisysteme sind in der von der am Südrand des Beckens nur noch geringmächtigen Fangerauflage freigelegten mio-pliozänen Beckenfüllung, die vorwiegend aus roten mergeligen bis sandigen, mehr oder weniger verfestigten Sedimenten besteht, badlandartige Zerschneidungsbereiche ausgebildet. Eine Vielzahl kleinerer und größerer von den Glacis kommenden Tiefenlinien schneidet sich bis zu mehreren Metern in das feinkörnige Sediment ein und schafft ein wechselhaftes Relief von sandverfüllten Entwässerungsbahnen und meist völlig schutfreien Verebnungen im anstehenden mio-pliozänen Sediment, die wiederum von kleineren Tiefenlinien differenziert werden.

Die Gerinnebereiche der tief eingeschnittenen Entwässerungsbahnen sind in der Regel frei von perennierender Vegetation. Dichter Vegetationsbestand tritt nur an deren Randbereichen und in den kleinen Tiefenlinien auf den Verflachungen auf. Die im mio-pliozänen Sediment angelegten Flächen tragen meist nur eine geringe Vegetationsbedeckung von maximal 10 %.

Die Substratverhältnisse der Niveaus im Zerschneidungsbereich variieren zum Teil erheblich in Bezug auf ihre Korngrößenzusammensetzung in Abhängigkeit vom Habitus des freigelegten Sediments (Standort 230/1 und 225/3 Abb. 40 und 41). Häufig kommt es im Unterboden zu Verkrustungshorizonten (Standort 230/1 Abb. 40), die wieder mit einer erheblichen Zunahme des Kalkgehaltes verbunden sind. Wie auf den schuttbedeckten und durch skelettreiche Substrate gekennzeichneten Glacis tritt auf diesen von geringem Grobkomponentenanteil geprägten Standorten wieder fast ausschließlich *Haloxylon articulatum* auf, dessen Dichte und Wüchsigkeit wieder den eindeutigen Bezug zum Feinmaterialgehalt des Bodens widerspiegelt. Häufig kommt es bei dieser Variante im Zusammenhang mit flächenhafter Abtragung an der Oberfläche zu einer Freilegung der Wurzelhäuse des rems bis zu 10 cm, ohne jedoch das Wachstum der Pflanze zu beeinträchtigen. In Vergesellschaftung mit *Haloxylon* tritt wieder *Farsetia*

Hamiltonii auf Standorten mit einem höheren Ton- und Schluffgehalt des Substrats (Standort 230/1, Abb. 40) hinzu.

In den meist mit Sand verfüllten kleinen Tiefenlinien auf den Verebnungsbereichen findet sich auch hier wieder eine Vergesellschaftung der in Kap. 6.1.3.1 gekennzeichneten Arten jedoch ohne eine ausgeprägte Dominanz von *Artemisia herba-alba*. Mit höheren Anteilen tritt dagegen häufig *Fagonia zilloides* auf.

6.1.4 Artemisia herba-alba - Flächentyp

Im Gegensatz zum *Haloxylon* - Flächentyp tritt dieser Flächentyp im Untersuchungsgebiet nur kleinräumig auf (Kap. 7). Es handelt sich dabei zum Teil wieder um mit geringer Hangneigung einfallende Glacisflächen, die von mehr oder weniger eingetieften Gerinnen zerschnitten werden und die vor allem in den kleineren Becken nördlich der dem eigentlichen Gebirgsbereich des Hohen Atlas vorgelagerten Schichtkämme der Südatlas-Subzone dichte *Artemisia*-Bestände (Deckungsgrad 20 bis 40 %) aufweisen. Außerdem tritt dieser Vegetationstyp im Bereich der unmittelbar an die Gebirge anschließenden Fußflächen auch auf stärker geneigten Hängen auf.

Dem *Haloxylon* - Flächentyp vergleichbar sind Schuttbedeckung, Skelettanteil und bodenchemische Verhältnisse des Substrats (Standort 116/5, 116/6 und 309/10 Abb. 42 bis 44). Kennzeichnend ist jedoch, wie schon für die Flächenvariante der Tiefenlinien ausgeführt, der hohe Ton- und Schluffanteil der Substrate, dem das vorwiegend laterale Wurzelsystem von *Artemisia* besser angepaßt ist (Standort 309/10 und 116/5 Abb. 42 und 44). In den Synklinalen der Südatlas-Subzone, deren Substrate eher dem feinkörnigen Verwitterungsmaterial des Jbel Sarhro vergleichbar sind (Kap. 6.3.1), sind diese grusigen Substrate auf die Verwitterungsprodukte der im Rückland anstehenden präkambrischen Schiefer zurückzuführen.

Mit abnehmendem Feinmaterialgehalt tritt auf den Flächen im Atlasvorland dann wieder *Haloxylon* mit zunehmendem Anteil hinzu (Standort 166/6 Abb. 43), um nach einer mehr oder weniger ausgedehnten Übergangszone wieder ausschließlich bestandbildend zu sein.

Da *Artemisia* eine der wenigen guten Weidepflanzen im Untersuchungsgebiet darstellt, können die geringen Wuchshöhen nicht ausschließlich auf die Standortbedingungen zurückgeführt werden.

In Vergesellschaftung mit *Artemisia* finden sich häufig das sehr polymorphe *Ononis Natrrix* mit relativ

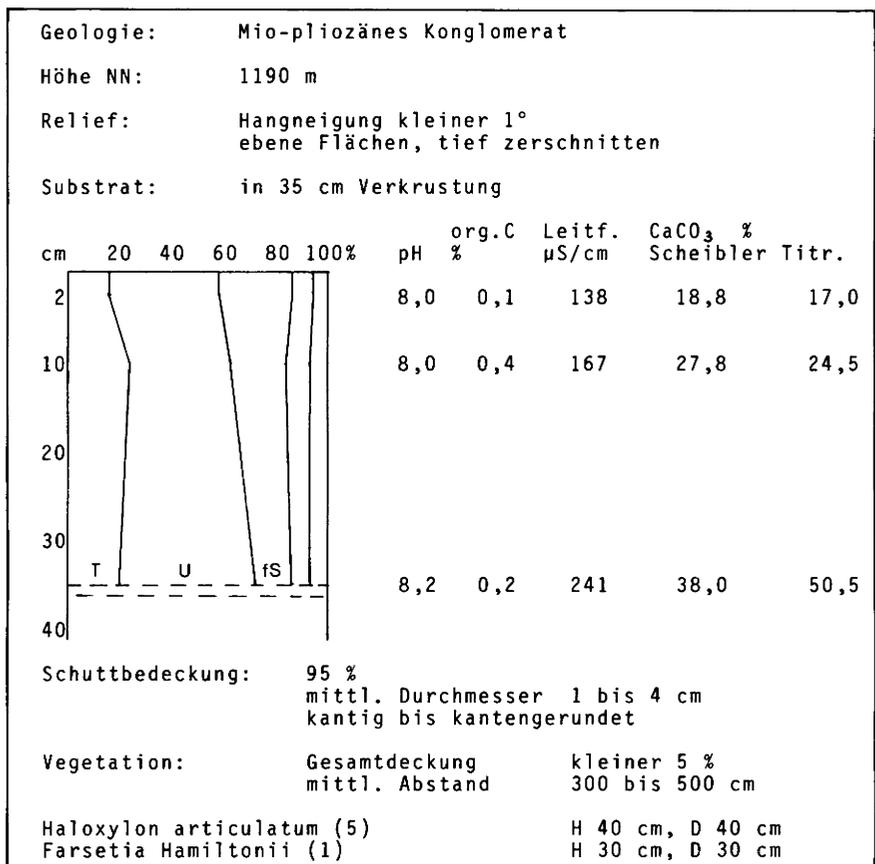


Abb.40: Standort 230/1, Variante der Zerschneidungsbereiche in der mio-pliozänen Beckenfüllung.

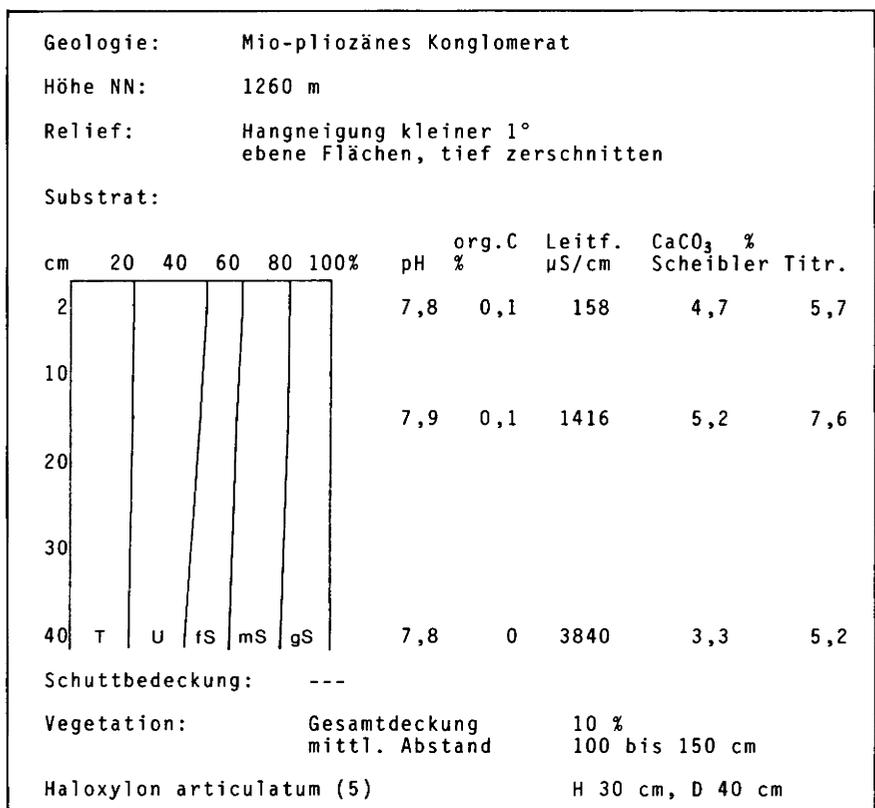


Abb.41: Standort 225/3, Variante der Zerschneidungsbereiche in der mio-pliozänen Beckenfüllung.

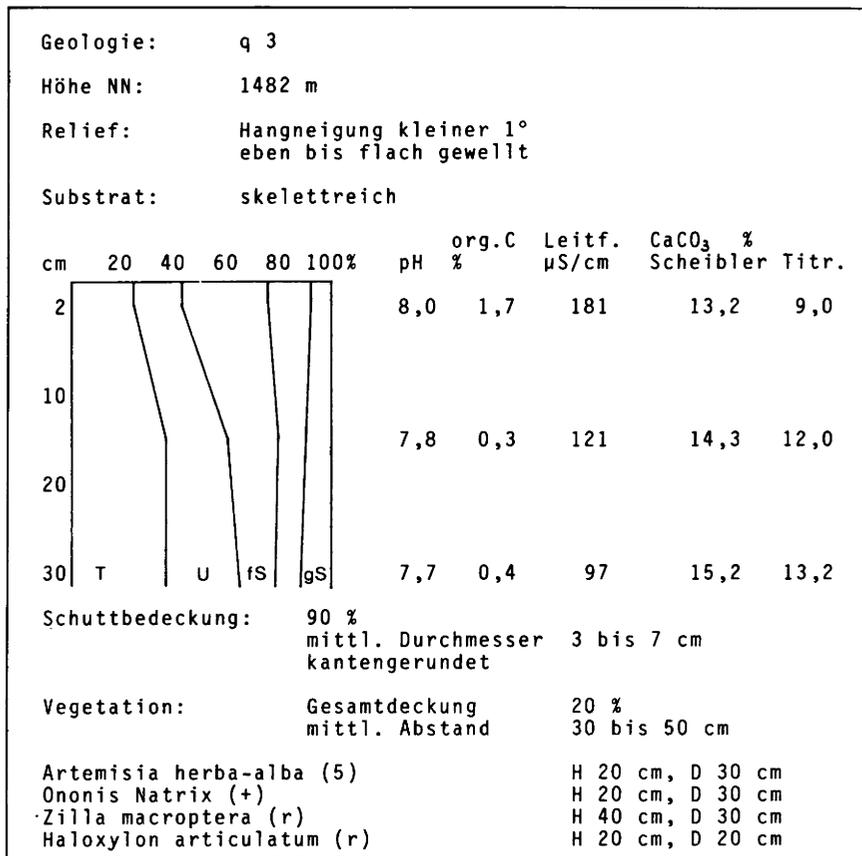


Abb.42: Standort 116/5, Artemisia herba-alba - Flächentyp.

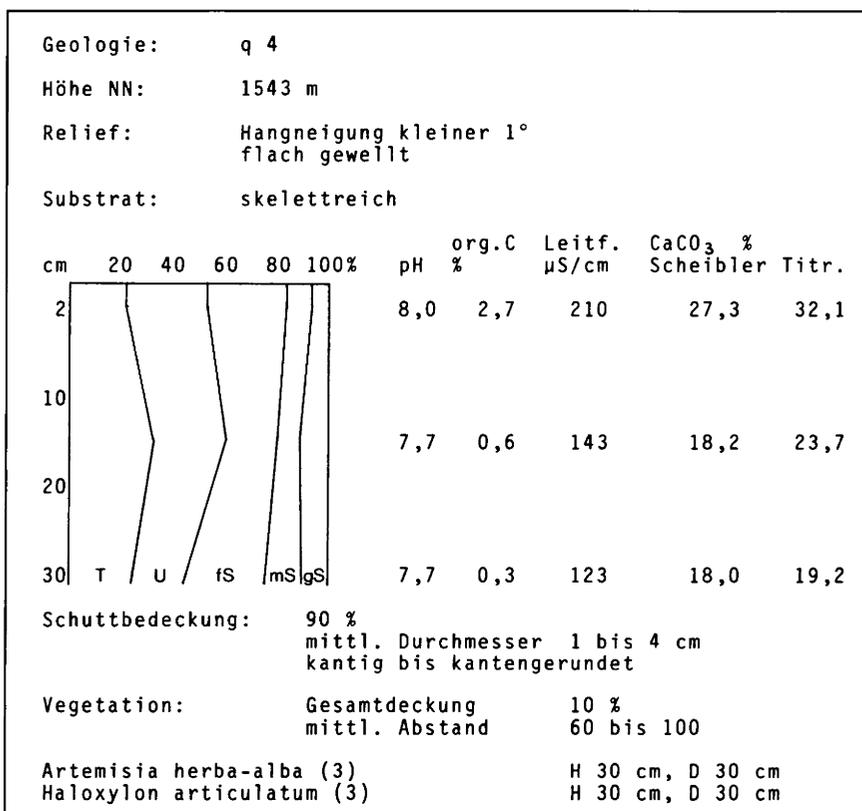


Abb.43: Standort 116/6, Artemisia herba-alba - Flächentyp.

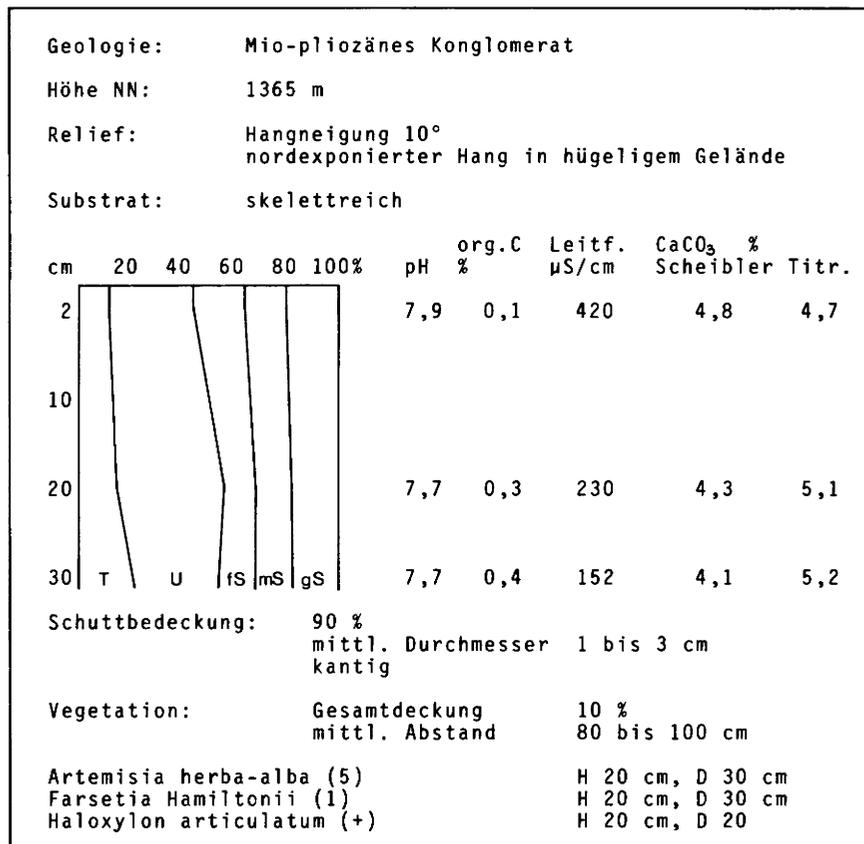


Abb. 44: Standort 309/10, Artemisia herba-alba Flächentyp.

hohem Anteil (1), *Farsetia Hamiltonii* und *Antirrhinum ramosissimum*. Wie beim Haloxylon - Flächentyp sind auch hier Tiefenlinien von einem reichhaltigeren und dichteren Vegetationsbestand mit vergleichbarem Artenspektrum geprägt.

6.1.5 Halophyten - Flächentyp

Während für die älteren Glacisniveaus q2 bis q6 keine signifikante Differenzierung aufgrund des Substrats und der Vegetation nachgewiesen werden konnte, unterscheiden sich die jüngeren Flächenniveaus q1 und qA, die eine größere Verbreitung nur im westlichen Teil des Beckens (Kap. 7) aufweisen, deutlich sowohl aufgrund des Substrats als auch der Vegetation.

Generell kennzeichnend für q1 und qA ist der geringe Skelettanteil des Substrats und die geringe bis fehlende Schuttauflage. Häufig verzahnen sich dabei die Ablagerungen der alluvions modernes und von q1 im Bereich der nur flach eingetieften Wadis. Kennzeichnend sind außerdem noch die allgemein höheren Salzgehalte der Substrate, die nach Süden erheblich ansteigen und zu einer Dominanz halophytischer Vegetation auf diesen Niveaus führen.

Ökologische Merkmale der im Untersuchungsgebiet auftretenden Halophyten

Es sollen hier nur einige wenige allgemeine Charakteristika der im Untersuchungsgebiet auftretenden Halophyten dargestellt werden, ohne jedoch auf die spezielle ökologische Anpassung dieser Spezies auf hohe Salzgehalte des Substrats einzugehen.

Atriplex Halimus

kann sowohl als Chamaephyt wie auch als Nanophanerophyt auftreten und stellt eine der wertvollsten Futterpflanzen im Trockensteppenraum dar. Die Pflanze zieht vor allem Standorte mit stark kalkhaltigen, tiefgründigen Lehmen vor, deren Salzgehalt nicht zu hoch sein darf und die ebenfalls nicht dauerhaft feucht sein dürfen (NEGRE 1961:79).

Salsola vermiculata

besitzt nur einen geringen Weidewert, wird aber bei Mangel wertvollere Weidepflanzen vor allem in der Trockenzeit stärker beweidet. Diese Art ist deutlich xerophil und bevorzugt Böden, die nicht ständig durchfeuchtet sein dürfen. Sie besitzt eine gute Anpassung an hohe Salzgehalte, mit Ausnahme von Chloriden. Sie wächst ebenso auf kalkreichen wie kalkarmen Standorten, die auch Verkrustungen aufweisen können (NEGRE 1961:186).

Vergleichbare Charakteristika weist *Salsola foetida* auf, das jedoch eher sandige Böden bevorzugt (McGINNIES 1970:495) und im Untersuchungsgebiet seltener anzutreffen ist.

Zygophyllum gaetulum

mit nur geringem Weidewert bevorzugt Standorte, die über eine gewisse Feuchte verfügen müssen, wobei jedoch der Wurzelhorizont der häufig über 2 m langen, aber sich auch in langen dünnen Seitenwurzeln verästelnden Wurzeltriebe mindestens 1 m über dem Grundwasser liegen muß (KAUSCH 1959:21). Das Auftreten dieser Art ist eng an das Vorhandensein von Chloriden oder Alkaliverbindungen geknüpft, wobei gleichzeitig häufig Gipse auftreten können (SCHOENENBERGER 1982:9).

Limonium pruinatum

ist an extrem salzhaltige Substrate angepaßt und bevorzugt in der Regel lehmige Standorte.

Aeluropus litoralis

wird trotz seiner harten Triebe vor allem von Kamelelen beweidet. Der Tiefwurzler bevorzugt extrem salzhaltige Standorte, deren Salzgehalte bis zu 2,5 % betragen und die auch zeitweise durchfeuchtet sein können, wobei ein Grundwasserstand in 1 bis 2 m Tiefe günstigste Voraussetzungen bietet (RAHEJA 1966:88).

Suaeda fruticosa

zählt zu den besseren Weidenpflanzen, ist aber im Untersuchungsgebiet nur wenig verbreitet. Wie *Zygophyllum gaetulum* gilt diese Art als Indikator für gipshaltige Substrate und hohe Salzgehalte im Boden. Die generell flach wurzelnde Pflanze (25 bis 30 cm) bevorzugt Lehme und verkrustete Böden (NEGRE 1961:183) und ist vor allem häufig an den Rändern von Bewässerungskanälen zu finden.

6.1.5.1 *Haloxylon articulatum* - Variante

Auf schwach geneigten Flächen mit geringem bis mittlerem Salzgehalt (Kap. 5), die allgemein nur flach wellig sind und von wenig eingeschnittenen Tiefenlinien differenziert werden, stellt wieder die Substratzusammensetzung den entscheidenden Faktor für die Vegetationsbedeckung dar.

Standort 211/5 (Abb. 45) kennzeichnet mit seiner Korngrößenverteilung mit nur geringem Tongehalt (20 %) und mittlerem Schluffanteil (30 %) Substrate, die mit einer schütterten Decke von *Haloxylon articulatum* vergesellschaftet mit *Farsetia Hamiltonii* bestanden sind und reiht sich damit in die schon für den *Haloxylon*-Flächentyp charakteristischen Standorttypen ein, sieht man von dem etwas höheren Salzgehalt des Substrats ab.

Kennzeichnend für Standort 212/4 (Abb. 46) mit höherem Schluffgehalt ist daher auch wieder das Fehlen von *Haloxylon* und das Auftreten einer Vergesellschaftung, in der *Farsetia* dominiert, die aber vor allem durch das Auftreten verschiedener Arten mitgeprägt wird, die wie in Kap. 6.1.3.1 bereits näher erläutert, für feinmaterialreiche Substrate auf den Flächen kennzeichnend sind.

6.1.5.2 *Atriplex Halimus* - Variante

Im näheren Einzugsbereich der großen Wadisysteme, in dem sich Wadialluvionen und das q1-Flächenniveau verzahnen, treten dann in der Regel hohe bis sehr hohe Salzgehalte auf, verbunden mit einem vorzugsweise feinsandreichen Substrat (Standort 311/3 Abb. 47). Charakteristisch ist hier das Auftreten von zum Teil sehr dichten (Gesamtdeckung bis 60 %) und hochwüchsigen Beständen von *Atriplex Halimus* mit Wuchshöhen bis zu 100 cm, in denen häufig nebkas (Kap. 6.2.1) ausgebildet sind (Abb. 48). Hohen Deckungsgrad erreichen an diesen Standorten auch dichte und hochwüchsige *Zizyphus Lotus* - Sträucher, die ebenfalls häufig Nebkabbildung aufweisen. Vereinzelt treten mit geringem Deckungsgrad (r bis +) *Salsola vermiculata*, *Haloxylon articulatum*, *Aristida obtusa* und *Ononis Natrix* hinzu. Unmittelbar randlich der eingetieften Wadis können dann noch meist verbuschte Tamarisken vorkommen, die ebenfalls durch eine hohe Salztoleranz gekennzeichnet sind.

6.1.5.3 *Salsola vermiculata* - *Limonium pruinatum* - Variante

Nach Süden verändert sich dann das Erscheinungsbild der Vegetation im Zusammenhang mit den zunehmenden Salzgehalten der Substrate, die vor allem im Einzugsbereich des Stausees von Ouarzazate extrem hohe Werte erreichen können. Im Zusammenhang mit dem höheren Grundwasserstand in diesem Bereich treten nun auch vermehrt Arten auf, die auch an eine länger anhaltende Durchfeuchtung des Substrats oder höheren Grundwasserstand angepaßt sind.

Eine Differenzierung der Vegetation ergibt sich aufgrund der unterschiedlichen Salz- und Feuchtetoleranz der halophytischen Spezies.

Höher gelegene, damit trockenere Standorte mit hohem bis sehr hohem Salzgehalt (Standort 213/4 Abb. 49) weisen dabei einen höheren Anteil von *Salsola vermiculata* auf.

Bei sehr hohem bis extrem hohem Salzgehalt (Standort 316/9 und 221/5 Abb. 50 und 51) dominieren *Zygophyllum gaetulum* und *Limonium pruinatum*,

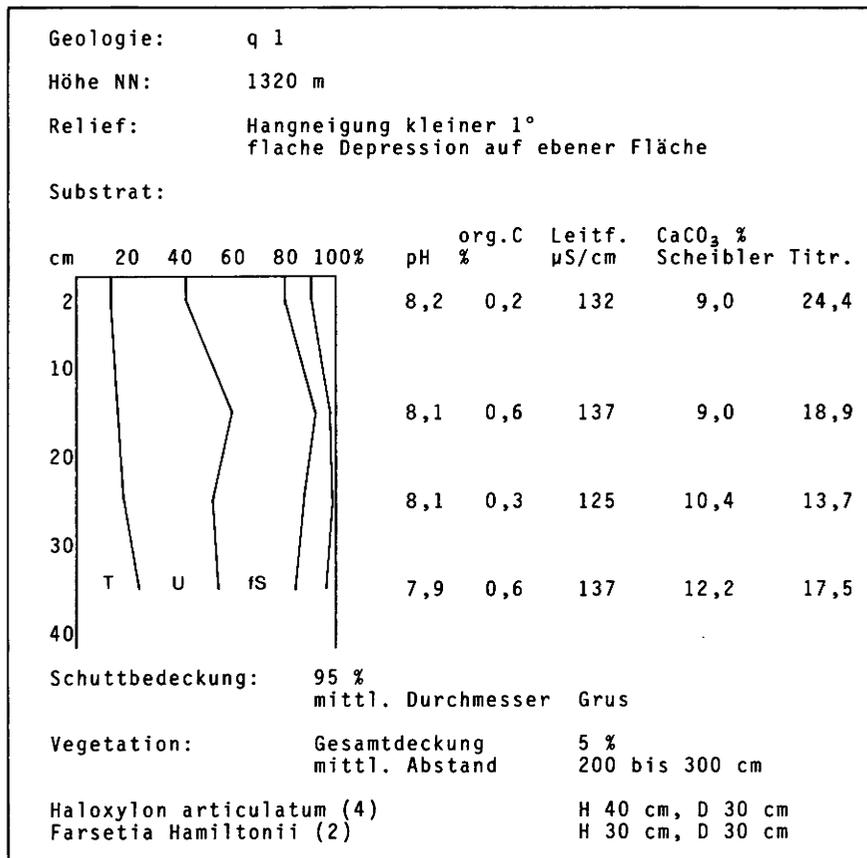


Abb.45: Standort 211/5, Haloxylon articulatum - Variante des Halophyten - Flächentyps.

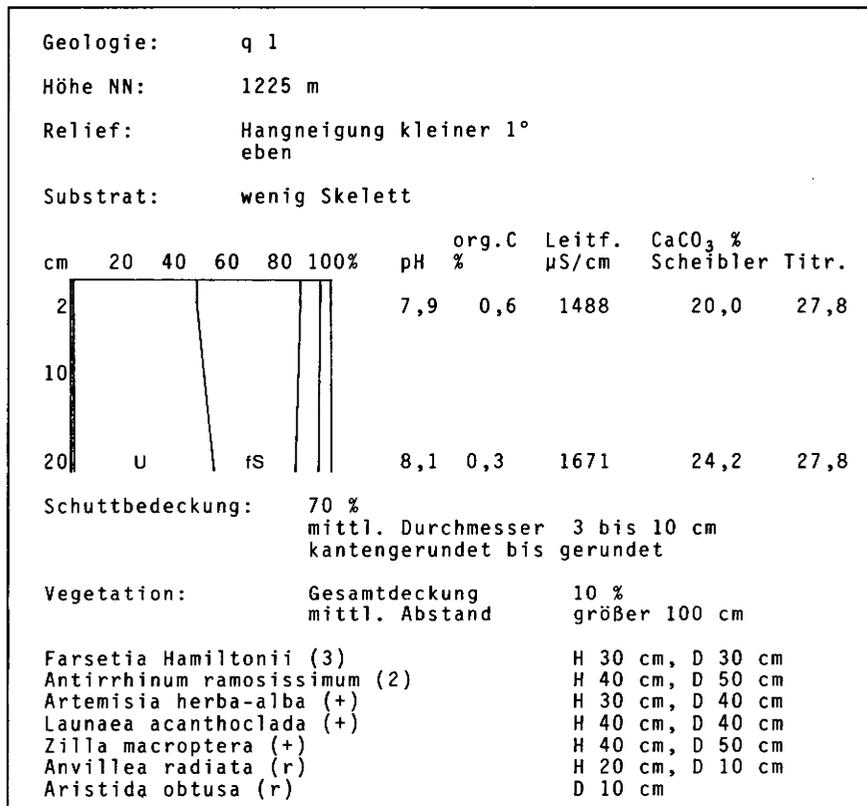


Abb.46: Standort 212/4, Farsetia Hamiltonii - Variante des Halophyten - Flächentyps.

Geologie:		q 1								
Höhe NN:		1390 m								
Relief:		Hangneigung kleiner 1° eben								
Substrat:										
cm	20	40	60	80	100%					
						org.C %				
						Leitf. µS/cm				
						CaCO ₃ % Scheibler				
						Titrl.				
2						8,0	0,8	5570	4,4	6,1
10						8,2	0,5	6723	4,2	5,9
20										
30										
40	T	U		fs		7,9	0,4	4856	5,2	5,5
Schuttbedeckung:		---								
Vegetation:		Gesamtdeckung		60 %						
		mittl. Abstand		40 bis 60 cm						
Atriplex Halimus (5)				H 100 cm, D 80 cm						
Artemisia herba-alba (1)				H 20 cm, D 20 cm						
Zizyphus Lotus (+)				H 200 cm, D 500 cm						
Tamarix Sp. (+)				H 300 cm, D 200 cm						
Haloxylon articulatum (r)				H 20 cm, D 30 cm						

Abb.47: Standort 311/3, Atriplex Halimus - Variante des Halophyten - Flächentyps.



Abb.48: Atriplex Halimus - Variante des Halophyten - Flächentyps mit Zizyphus Lotus- und Tamarisken - Bestand. Standort: q1-Niveau im Bereich des Assif al Mengoub (siehe Abb. 3)

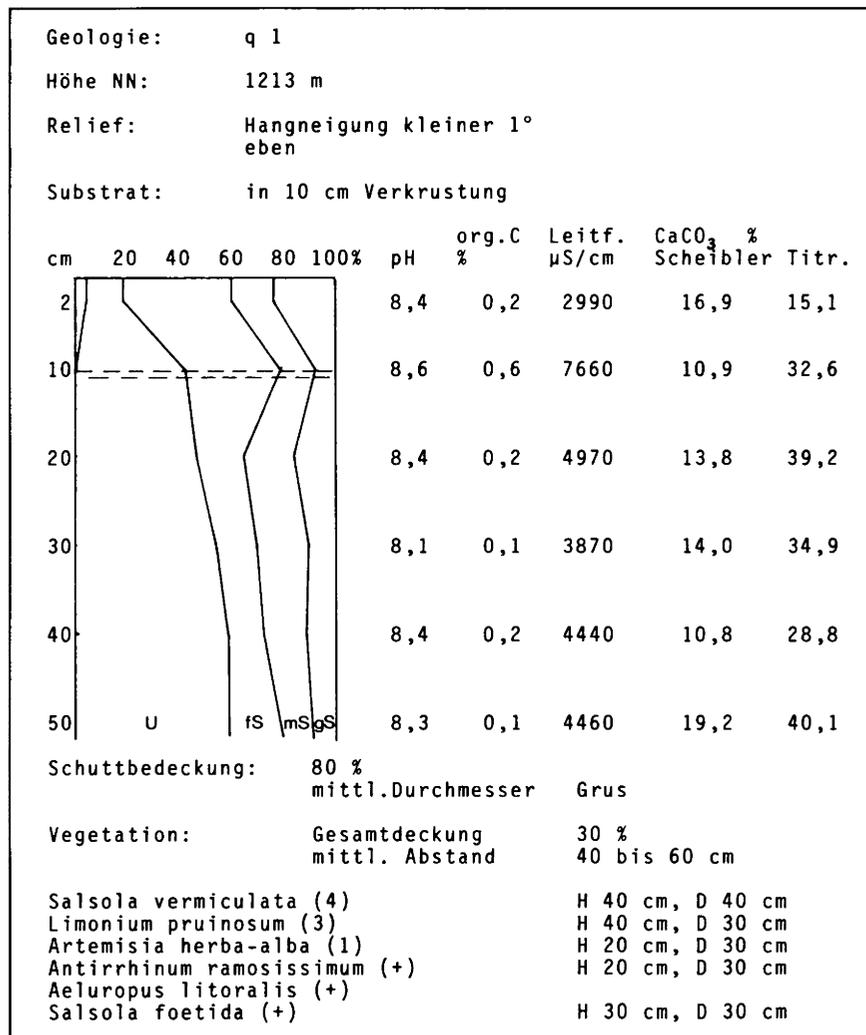


Abb. 49: Standort 213/4, *Salsola vermiculata* - *Limonium pruinosum* - Variante des Halophyten - Flächentyps.

die sich durch eine höhere Toleranz gegenüber feuchteren Substraten, die auch gelegentlich überflutet sein können, auszeichnen. Gleichzeitig geht jedoch der Deckungsgrad der Vegetation stark zurück.

Auffällig ist an allen Standorten die Vergesellschaftung mit einer Anzahl nicht ausgesprochen halophiler Arten wie *Antirrhinum ramosissimum*, *Farsetia Hamiltonii*, *Zilla macroptera* und anderer. Aufgrund seines hohen Schluffgehaltes (80 %) hebt sich besonders Standort 221/5 (Abb. 51) heraus, der gleichzeitig damit einen ausgesprochen hohen Anteil von *Artemi-*

sia herba-alba und *Lygeum Spartum* aufweist, die neben einer gewissen Salztoleranz außerdem durch die nur wenig in den Boden eindringende, kurze Pfahlwurzel besonders an diese dichten Substrate angepaßt sind. Gleichzeitig ziehen beide Arten Böden mit hohen Gips- oder Kalkgehalten vor, wie sie gerade auch dieses Profil kennzeichnen.

Charakteristisch für alle Standorte sind die zusammen mit den hohen Salzgehalten stehenden hohen pH-Werte und die erst in 10 bis 30 cm zum Teil erheblich zunehmenden Salinitätswerte.

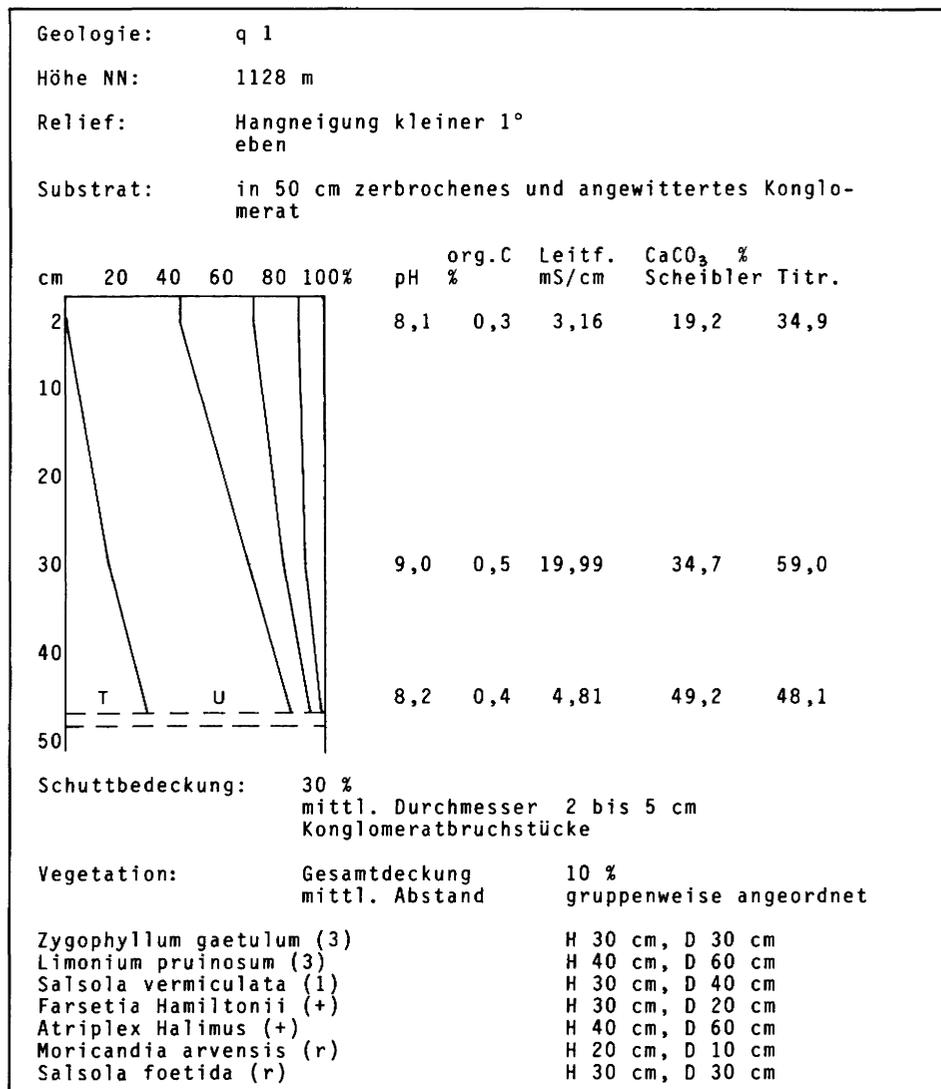


Abb. 50: Standort 316/9, Zygophyllum gaetulum - Limonium pruinosa - Variante des Halophyten - Flächentyps.

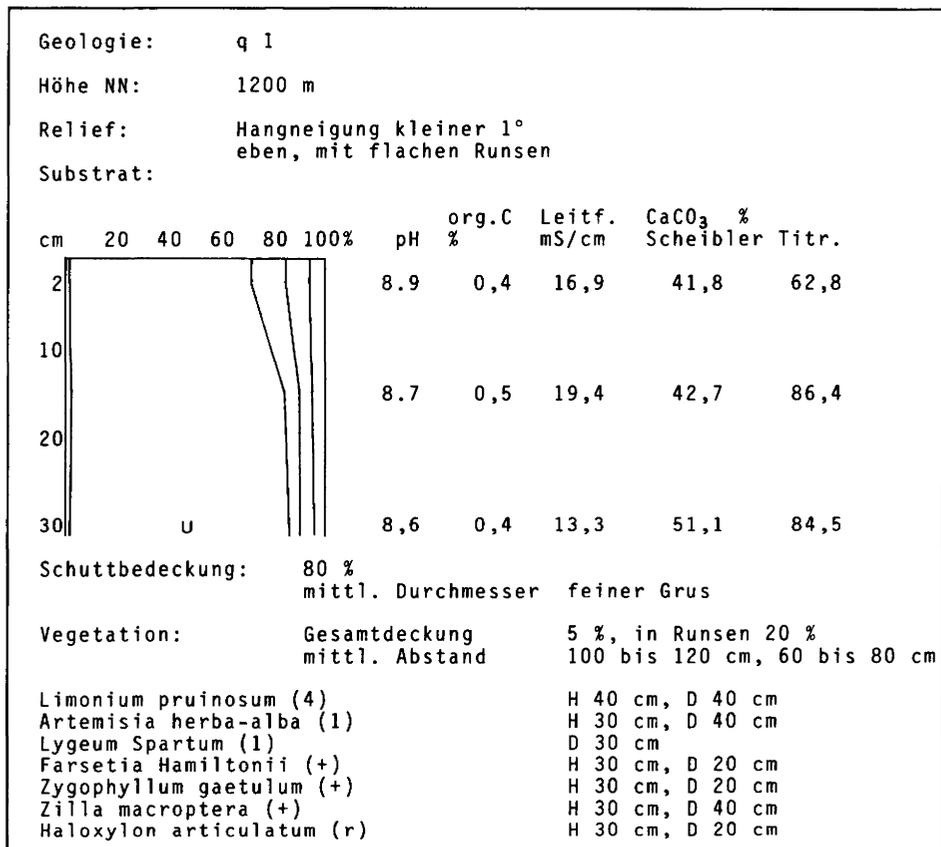


Abb. 51: Standort 221/5, Limonium pruinosa - Variante des Halophyten - Flächentyps.

6.2 Wadis und Trockentäler

Neben den weit gespannten Flächensystemen prägen die zum Teil mehrere 100 m breiten Trockentäler der großen Wadisysteme, die sich randlich mit den Glacis-terrassen verzahnen, und die sich zum Teil noch weit in das anstehende mio-pliozäne Konglomerat eintiefen, das Landschaftsbild (Abb. 52). Kennzeichnend ist die zum Teil mächtige Verfüllung mit Schottern bzw. im Bereich des q1-Niveaus auch mit mächtigen feinen Sedimenten, in die sich die eigentlichen rezenten Flußläufe mit einer oder mehreren Fließrin-nen eingetieft haben, in denen wieder kleinere Schot-ter- und Feinmaterialbänke auftreten können.

Zur Charakterisierung dieses Landschaftstyps kann hier nur exemplarisch eine Beschreibung der wichti-gsten und verbreitetsten Merkmale aufgeführt werden, da mit der Vielzahl der Trockentäler eine ebenso große Anzahl von Varianten des Reliefs und der Vegetation verbunden ist, die jedoch mit ihren allgemein kennzeichnenden Charakteristika weitge-hend übereinstimmen.

Auf eine Einbeziehung des perennierenden Dades wird in diesem Zusammenhang verzichtet, da er zum

einen weitgehend in die großen Bewässerungsflächen der Oasen im Osten des Beckens einbezogen ist und sich zum anderen im Westen in das Anstehende des Jbel Sarhro eintieft, dessen charakteristische Stand-ortmerkmale in einem späteren Kapitel erläutert werden.

Wie in Kapitel 4.3 bereits-erläutert, stellen die großen Wadisysteme nicht nur die Hauptentwässerungslinien des oberflächlich abfließenden Wassers dar, sondern an ihren Verlauf sind auch die wichtigsten Grundwas-serreservoirs des Beckens gebunden, die insbesondere für die Vegetation mit tiefreichenden Wurzeln günsti-gere Standortbedingungen liefern und damit auch das reichere Wachstum verschiedener Phanerophyten und Nanophanerophyten ermöglichen.

6.2.1 nebkas

Kennzeichnend für alle großen und kleinen Trocken-täler im Untersuchungsgebiet ist im Zusammenhang mit dem Auftreten höherwüchsiger Sträucher die Ausbildung von dicht bewachsenen, dünenähnlichen Hügeln mit fein- bis mittelsandigen Substraten - den nebkas - (MÜLLER-HOHENSTEIN 1979:116) (Abb. 53).

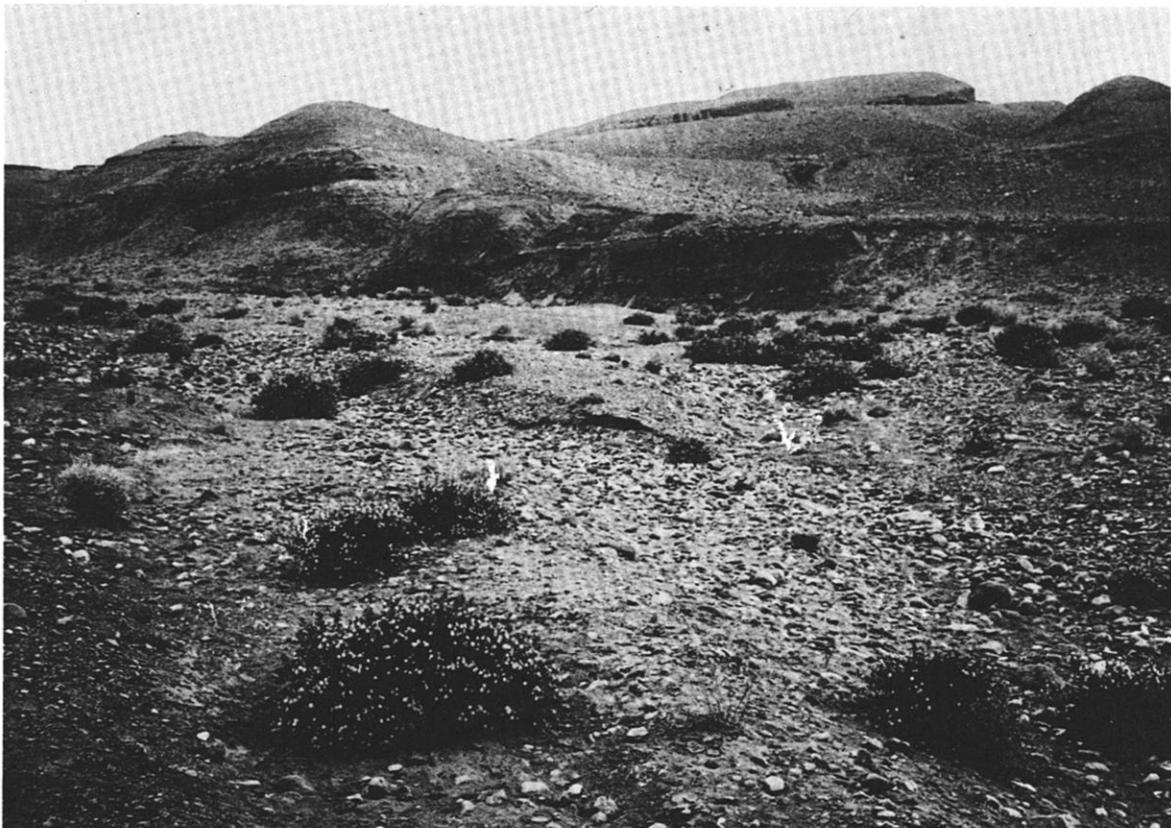


Abb. 52: Standorttyp der Wadis und Trockentäler mit *Ononis Natrix*- und *Zilla macroptera* - Bestand.
Standort: Assif Anatim (siehe Abb. 3)

In diesem Zusammenhang soll an dieser Stelle nur kurz eine Charakterisierung der wichtigsten Phanerophyten und Nanophanerophyten des Untersuchungsgebietes aufgeführt werden:

Zizyphus Lotus (Kameldorn)

ist der einzige auch auf den Glacisflächen häufiger auftretende Phanerophyt (Kap. 6.1.3.1), der jedoch als einer der wichtigsten Holzlieferanten im Zusammenhang mit seiner großen Verbreitung häufig zum verbuschten Strauch degradiert ist. Beweidet wird der Kameldorn, der mit langen und kräftigen Dornen bewehrt ist, vor allem im jungen Stadium von Ziegen und Kamelen. Er zieht in der Regel tiefgründige, lehmige Substrate vor und kann ein ausgedehntes und tief reichendes Wurzelsystem ausbilden, das auch in der Lage ist tiefer gelegene Grundwasserhorizonte zu erreichen. Das ebenfalls weit ausgreifende horizontale Wurzelsystem macht ihn aber von dem Vorhandensein von Grundwasser unabhängig (NEGRE 1962:60). Im Untersuchungsgebiet tritt der Kameldorn nur mit Wuchshöhen bis zu 250 cm auf und ist insbesondere bei der Ausbildung von nebka, die eine Höhe zwischen 30 cm und 300 cm erreichen können, häufig mit mehreren Exemplaren vergesellschaftet und besiedelt Flächen von bis zu 10 m Durchmesser.

Retama Retam

besitzt ebenfalls ein ausgedehntes Wurzelsystem mit sehr langen und tief reichenden Haupt- und Nebenwurzeln. Die gute Weidepflanze besiedelt aber als ausgeprochener Psammophyt vorwiegend feinmaterialreiche Standorte wie z.B. Feinmaterialbänke in grösseren Tiefenlinien und Wadis und erreicht dabei Wuchshöhen von bis zu 200 cm und Durchmesser von bis zu 150 cm.

Tamarisken

Die Unterscheidung der verschiedenen Spezies der Tamarisken ist ausgesprochen schwierig und konnte daher bei dieser Untersuchung nicht mit ausreichender Sicherheit durchgeführt werden. Es ist aber davon auszugehen, daß die im Untersuchungsgebiet auftretenden Tamarisken einer der beiden im Folgenden dargestellten Arten zuzurechnen sind, deren Vorkommen für diese Region charakteristisch ist.

Tamarix Gallica ist vorwiegend an salzhaltige Standorte in Wadis gebunden, in denen der Grundwasserspiegel im Verlauf der Jahre weniger als 3 m schwankt, sodaß bereits die mitteltief wurzelnde Pflanze in ganzjährigen Wassergenuß kommt. Typisch für diese Art ist daher die Vergesellschaftung mit hydrophilen Gräsern und Binsen (KNAPP 1973:417).

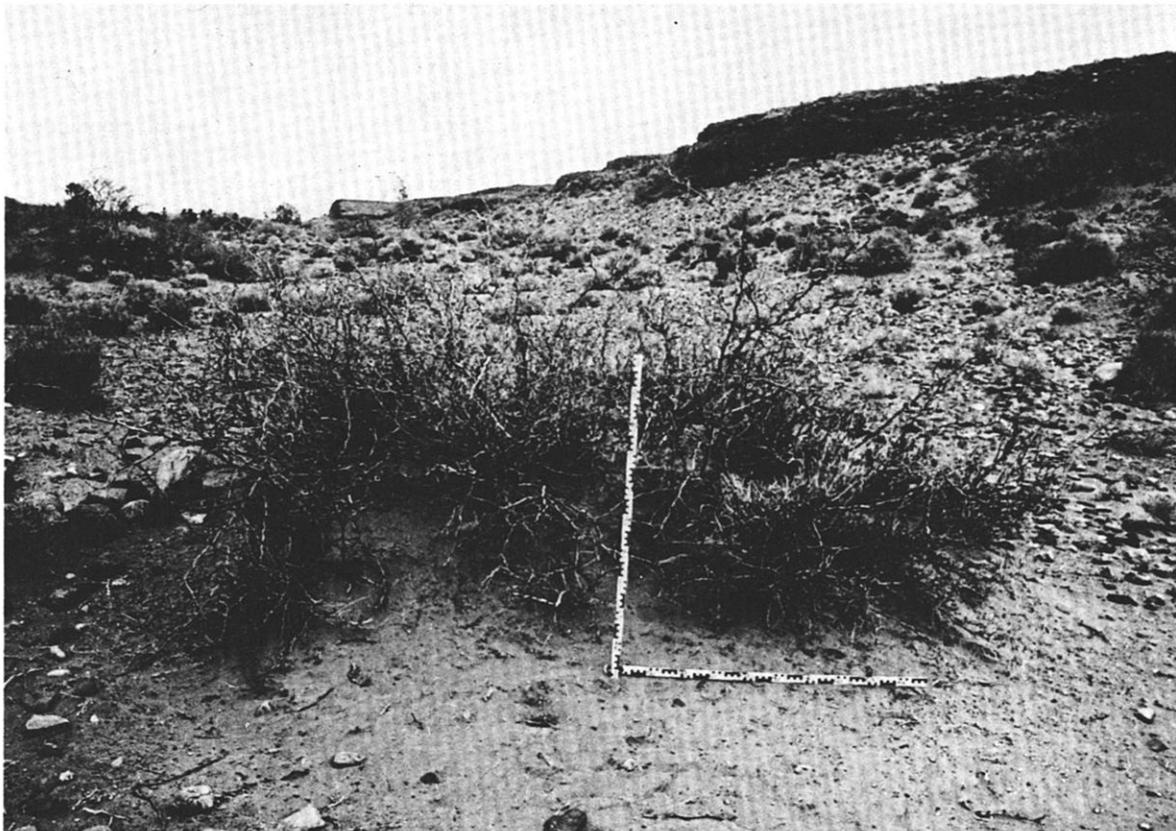


Abb. 53: *Zizyphus Lotus* - nebka.
Standort: Assif Izerki (siehe Abb. 3)

Bei geringeren Schwankungen des Wasserstandes tritt dann bevorzugt die ebenfalls halophile *Tamarix articulata* mit einer tief bis in den Grundwasserspiegel reichenden Wurzel auf, charakterisiert durch die Vergesellschaftung mit eher trockenresistenten Arten.

Die Tamarisken-Bestände, die einen hohen Weidewert besitzen und außerdem gute Holzlieferanten sind, sind im Untersuchungsgebiet weitgehend degradiert, sodaß sie nur selten und meist in verbuschter Form Wuchshöhen größer als 2 m erreichen.

Atriplex Halimus

gilt als eine der besten Futterpflanzen und ist häufig auf sandigen Wadialluvionen mit nicht zu hohem Salzgehalt anzutreffen. Hohe Verbreitung hat diese Art auch auf kalkhaltigen, tiefen Lehmen an Wadirändern, die jedoch keinen zu hohen Feuchtegehalt besitzen dürfen. Auch diese Pflanze weist sich durch das Nebeneinander eines tiefreichenden und eines ausgedehnten lateralen Wurzelsystem aus (ZOHARY 1961:201).

Vitex Agnus-castus

zieht permanent feuchte, nicht salzhaltige Standorte in Trockentälern vor und ist im Untersuchungsgebiet nur in Trockentälern im Bereich des Jbel Sarhro anzutreffen.

Charakteristische Merkmale der nebkas

Die Ausbildung von nebkas im Zusammenhang mit dem Auftreten der oben dargestellten Arten, wird durch die Pflanze selbst ausgelöst, die als Sedimentfänger der vor allem der in den Trockentälern auftretenden Feinsedimente der mio-pliozänen Beckenfüllung wirkt. Es kommt dabei zur Ausbildung von in der Hauptwindrichtung leicht gestreckten Dünen (WALTER 1973:706), deren Durchmesser im Untersuchungsgebiet bis zu 5 m betragen können. Mit der Akkumulation des Sediments, das deutliche Schrägschichtung aufweist, wachsen auch die oberirdischen Triebe der Pflanze weiter und tragen so zur ständigen Vergrößerung der Düne bei. In Perioden mit höheren Windgeschwindigkeiten kommt es dabei vorwiegend zur Ablagerung größerer Sande, während in windstillen Perioden insbesondere im Zusammenhang mit dem dichten Bewuchs der nebkas eine Akkumulation von Humus auftreten kann (WALTER 1973:706). Bei Absterben der Pflanze kommt es zu einem Stillstand der Akkumulation, der schließlich im Zusammenhang mit Starkregen und anderen Erosionsprozessen zur Zerstörung des nebkas führt.

Kennzeichnend für diese Dünenstandorte ist das reiche Tierleben, das sich deutlich anhand von Tierbauten und Spuren nachweisen läßt.

Die vorwiegend feinsandigen Substrate (Standort 119/1 Abb. 54) begünstigen deutlich den Wasserhaushalt dieser Standorte. NEGRE (1959:112) geht darüber hinaus davon aus, daß möglicherweise auch die senkrecht verlaufenden Wurzeln zusätzlich das Eindringen von Niederschlägen in den Boden verbessern. Hinzu kommt, daß der dichte Vegetationsbesatz vor unmittelbaren Regenschocks schützt und langsames, tieferes Eindringen der Niederschläge erlaubt. Gleichzeitig verringert die dichte Vegetation durch Beschattung die Evaporation und kann zusätzlich in trockeneren Perioden durch Taukondensation nach kühlen Nächten kurzfristig die Evaporation herabsetzen. Kennzeichnend für die günstigen edaphischen Verhältnisse ist daher auch der dichte Besatz mit kleinwüchsigem Unterwuchs (z.B. *Moricandia arvensis*, *Peganum Harmala*), der wiederum zu einer Erhöhung des Humusgehaltes dieser Standorte beiträgt.

6.2.2 Standorttyp der Wadis und Trockentäler

Kennzeichnend für die Mehrzahl der Trockentäler des Untersuchungsgebietes ist die bis zu mehrere Meter mächtige Verfüllung der Talsohle mit Wechsellagen unterschiedlicher Mächtigkeit von gut gerundeten, häufig plattigen Schottern unterschiedlicher Größe, zwischen die zum Teil auch grobe Sandlagen geschaltet sein können. Die Salz- und Kalkgehalte der Substrate sind generell gering, da in den grobtexturierten Böden die Salze bei Niederschlagsereignissen leichter ausgewaschen werden. In die Schotterverfüllung eingetieft sind ein bis mehrere Fließrinnen der rezenten, periodisch fließenden Flüsse, die sich mit scharfen Arbeitskanten bis zu 200 cm mit unterschiedlicher Breite, zum Teil anastomosierend, einschneiden. Häufig sind die Fließrinnen geringmächtig mit Schottern verfüllt, zum Teil treten aber auch eine oberflächliche Verkrustung geringmächtiger Feinsandakkumulationen und Flugsanddecken auf.

Generell sind die Abflußbahnen frei von perennierender Vegetation abgesehen von vereinzelt Exemplaren von *Ononis Natrrix*, *Reseda Villosa*, *Cleome arabica* und *Colocynthis vulgaris*.

Dichter Bewuchs findet sich dagegen häufig auf den zum Teil weitausgedehnten Schotterflächen und auf schmalen Schotterbänken in den Gerinnen, die noch von gering eingeschnittenen Tiefenlinien, die zum Teil mit Feinmaterial oder Flugsand verfüllt sind, gegliedert sein können.

Kennzeichnend für die Schotterflächen im Ober- und Mittellauf der großen Wadis ist das Auftreten der in Kapitel 6.2.1 beschriebenen *Zizyphus Lotus*- und *Retama Retam* - nebkas, die mit ihren langen Pfahl-

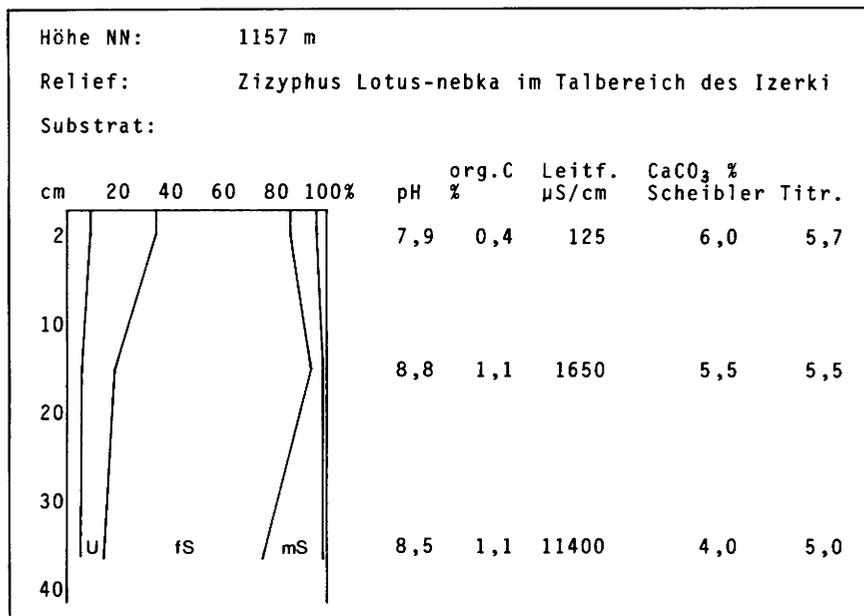


Abb. 54: Standort 119/1, Zizyphus Lotus - nebka.

wurzeln den Grundwasserstrom erreichen können. Für Arten, die nicht in der Lage sind tiefreichende Wurzelsysteme auszubilden, stellen die zum Teil mächtigen Schotterakkumulationen aufgrund der grobkomponentenreichen Substrate, die trotz des relativ hohen Sandanteils (Standort 115/3 Abb. 55) nur ein geringes Wasserspeichervermögen besitzen, relativ trockene Standorte dar. Hinzu kommt, daß auf diesen Flächen keine Anzeichen für eine Überflutung - zumindestens in den letzten niederschlagsarmen Jahren - feststellbar waren, die zu einer stärkeren Durchfeuchtung geführt haben könnten. Es treten daher auch hier vorwiegend trockenresistente Arten auf.

Der Deckungsgrad der Vegetation auf den Schotterflächen liegt in der Regel zwischen 10 bis 40 %. Generell hohen Anteil weisen neben *Ononis Natrix* vor allem recht große Exemplare von *Zilla macroptera* und *Launaea acanthoclada* auf, die Wuchshöhen bis 100 cm und Durchmesser bis zu 100 cm erreichen können. Vor allem im Bereich der Arbeitskanten, aber auch auf unmittelbar im anstehenden mio-pliozänen Sediment angeschnittenen Steilkanten tritt *Pithuranthos scoparius* zum Teil mit hohem Deckungsgrad auf. Mit mehr oder weniger großem Anteil kommen noch *Helianthemum Lippii*, *Antirrhinum ramosissimum*, *Farsetia Hamiltonii* und andere Zwergsträucher und vor allem in feinmaterialverfüllten Tiefenlinien auch *Artemisia herba-alba* hinzu.

Ein grundsätzlich anderes Erscheinungsbild der Vegetation zeigt sich in den unteren Bereichen der großen Trockentäler im westlichen Teil des Beckens,

die zum Stausee hin entwässern. Im Zusammenhang mit dem Bau dieses Stausees wurden an der west-östlich verlaufenden Straße zwischen Ouarzazate und Skoura die Wadis durch Dämme mit weiten Rohröffnungen für das periodisch abfließende Wasser überbrückt. Aufgrund der Verringerung der Fließgeschwindigkeit in diesen Bereichen kam es seither zu einer Ablagerung von erheblichen Mengen von Feinsediment, das mittlerweile einige hundert Meter weit nach Norden reichend die Trockentäler bis in Strassenniveau verfüllt und zu einer völlig veränderten Vegetationsbedeckung geführt hat.

Kenzeichnendes Beispiel ist der Oued Izerki, der sich in seinem Unterlauf mit bis zu 500 m Breite in die q2-Niveauflächen eingetieft hat und mit zum Teil mehreren Metern Feinsediment verfüllt ist. Die in das Sediment bis zu 200 cm eingetieften zum Teil mit Schottern aber auch mit verkrustetem Feinsediment verfüllten Abflußbahnen sind auch hier wieder weitgehend vegetationsfrei, sieht man von den bis zu 100 cm hohen, meist schmalen Schotterbänken, die einen relativ dichten Bestand (30 %) von *Launaea acanthoclada*, *Antirrhinum ramosissimum*, *Farsetia Hamiltonii* und *Zilla macroptera* tragen, ab. Die weitflächige Feinsedimentverfüllung weist dagegen einen dichten Vegetationsbestand von 40 bis 80 % Gesamtdeckung auf. Neben einer Vielzahl von *Zizyphus Lotus - nebka*s treten in diesem Bereich auch Tamarisken in großer Zahl auf und bilden bis zu 200 cm hohe nebkas mit Durchmessern bis zu 500 cm mit dichtem Unterwuchs von *Salsola vermiculata* und *Moricandia arvensis*. In vielen kleineren in die Sedimentverfüllung flach eingetieften Entwässerungsbahnen, in denen sich in den letzten Jahren offen-

Höhe NN:	1585 m									
Relief:	Tal des Assif-n-Tgouifet									
Substrat:	Verfüllung mit plattigen, kantengerundeten bis gerundeten Schottern									
cm	20	40	60	80	100%	pH	Org.C %	Leitf. $\mu\text{S}/\text{cm}$	CaCO ₃ % Scheibler	Titration
2						8,1	0,8	127	3,5	2,0
10										
20	T	U	fS	mS	gS	8,3	0,4	479	3,9	2,4
Schuttbedeckung	100 %					mittl. Durchmesser 5 bis 8 cm				
Vegetation:	Gesamtdeckung					10 %				
	mittl. Abstand					100 bis 140 cm				
Ononis Natrix (4)						H 50 cm, D 40 cm				
Zilla macroptera (1)						H 50 cm, D 60 cm				
Launaea acanthoclada (+)						H 40 cm, D 50 cm				
Peganum Harmala (+)						H 30 cm, D 40 cm				

Abb. 55: Standort 115/3, Standorttyp der Wadis und Trockentäler.

sichtlich kein wesentlicher Abfluß mehr ereignete, hat sich ein dichter Bestand von Tamarisken-Jungwuchs mit Wuchshöhen zwischen 10 und 30 cm angesiedelt.

Standort 220/1 (Abb. 56) kennzeichnet den hohen Grobschluff- und Feinsandanteil der Ablagerungen, die in einer künstlich angelegten Grube bis zu 300 cm aufgeschlossen waren. Neben allgemein höherem Grundwasserstand im Einzugsbereich des Stausees bieten also auch die edaphischen Verhältnisse des Substrats günstigere Voraussetzungen für den dichten Vegetationsbesatz. Extrem hohe Salinitätswerte treten im Substrat nur in den oberen 10 cm auf, während im tieferen Teil des Profils nur mittlere Werte erreicht werden. Kennzeichnend für den weniger hohen Salzgehalt ist der hohe Anteil von *Atriplex Halimus* mit Nebkabildung, während höher salztolerante Arten wie *Salsola vermiculata*, *Limonium delicatulum*, *L. Pruinatum* und *Zygophyllum gaetulum* nur einen geringeren Anteil aufweisen. Flächenhaft dichter, aber durch Beweidung stark degradierter Bewuchs vor allem im Bereich der Straße weist häufig *Imperata cylindrica* auf, eine an Sande und Lehme angepasste, tiefwurzelnde Graminee, die als Hydrophyt jedoch einen Grundwasserstand in 2 bis 3 m Tiefe bzw. höhere Bodenfeuchte benötigt (RAHEJA 1966:88).

Vergleichbare Substratverhältnisse zeigt auch Standort 319/3 (Abb. 57) in einem kleinen, östlich des Izerki gelegenen Wadi, dessen Feinmaterialverfüllung südlich der Straße als Ackerfläche im Zusammenhang

mit einer nördlich der Straße austretenden Quelle genutzt wird. Die günstigen edaphischen Verhältnisse im Umkreis der nicht gefaßten Bewässerungskanäle lassen außerhalb der Anbauflächen vor allem feuchtigkeitsliebende, salztolerante Arten wie Binsen und verschiedene Gräser (Abb. 57) mit erheblicher Dichte mit bis zu 90 % Gesamtdeckung auftreten. Die Bewässerungsgräben werden dabei von dichten Beständen von *Suaeda fruticosa* und *Phragmites communis*, das Wuchshöhen bis zu 200 cm erreicht, gesäumt. Mit abnehmender Bodenfeuchte in größerer Entfernung von den Bewässerungskanälen bedecken dann dichte Bestände von *Atriplex Halimus* mit Nebkabildung die Fläche, die schließlich in die feinkörnigen Sedimente eines q1-Flächenniveaus übergeht.

6.3 Gebirgsfußzonen des Jbel Sarhro und des Hohen Atlas

Eine Einbeziehung der das Becken einschließenden Gebirgsräume wurde, auch in Abhängigkeit von deren Zugänglichkeit, nur auf die unmittelbar randlich anschließenden Gebirgsfußzonen beschränkt, um den Übergangscharakter zwischen den Flächensystemen des eigentlichen Untersuchungsgebietes und den Gebirgsräumen zu erfassen, ohne jedoch eine detaillierte Typisierung vorzunehmen. Die Charakterisierung beschränkt sich daher für die Gebirgsfußzone des Hohen Atlas bzw. für die dem eigentlichen Gebirgskörper im Osten vorgelagerten Schichtkämme der

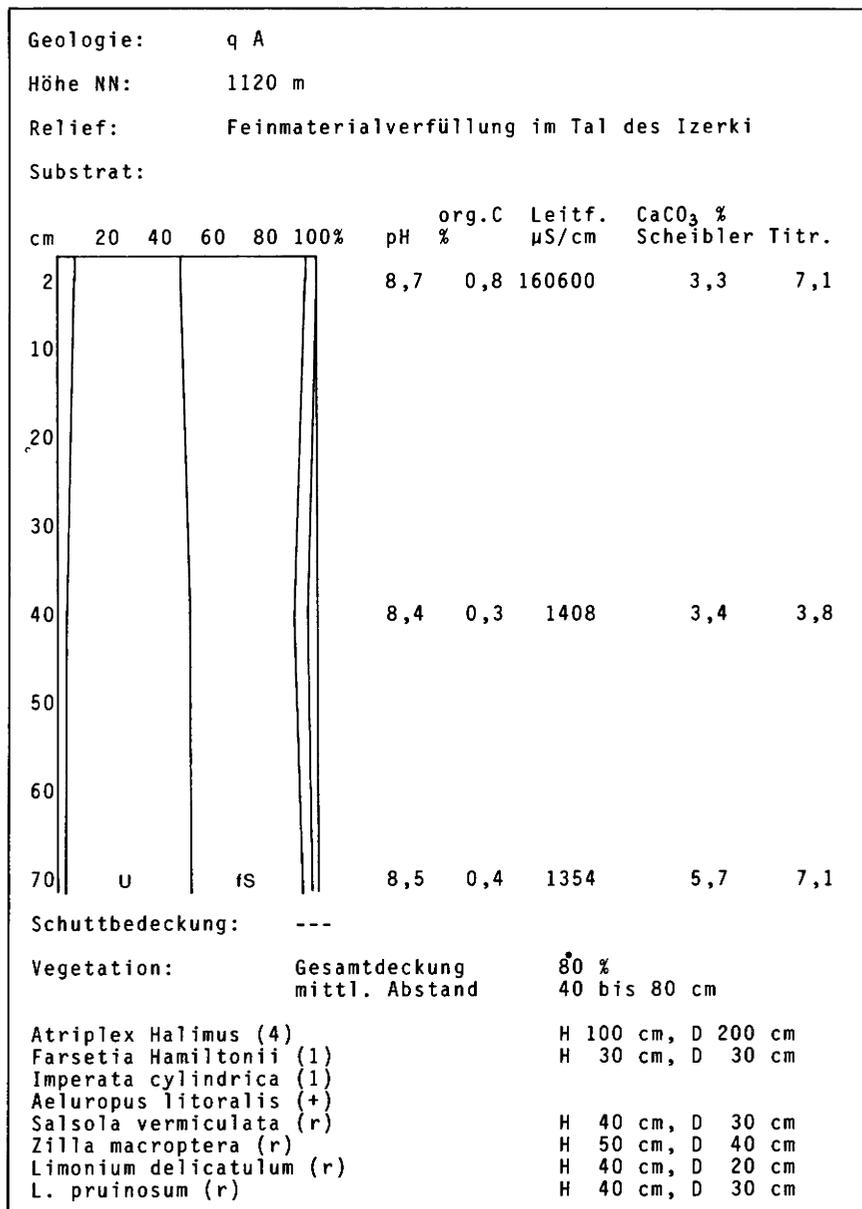


Abb.56: Standort 220/1, Standorttyp der Wadis und Trockentäler.

Südatlas-Subzone auf eine allgemeine Beschreibung der Vegetation ohne im Detail auf die standörtlichen Verhältnisse einzugehen. Für den Jbel Sarhro, der durch mehrere in den Gebirgsbereich hineinführende Pisten besser zugänglich ist, konnte dagegen eine differenziertere Beschreibung charakteristischer Standorte des Gebirgsrandbereiches vorgenommen werden.

6.3.1 Jbel Sarhro

In Abhängigkeit von der Lithologie der präkambrischen Gesteine des Jbel Sarhro (Kap. 4.1) sind die Hänge und Verebnungen im randlichen Gebirgsbereich durch eine Auflage von wenigen Dezimetern

kantigem, häufig plattigem und meist kleinem bis grusigem Verwitterungsschutt gekennzeichnet, wobei jedoch auch häufig große kantige Blöcke den Boden bedecken können. Neben dem hohen Skelettanteil zeichnet sich der Verwitterungsschutt durch einen meist hohen Schluff- und Fein- bis Mittelsandanteil aus (Standort 304/2, 304/4 Abb. 58 und 59). Im Gegensatz zu den Substraten der Glacisflächen ist der Kalkgehalt in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein immer gering (kleiner 2%) und kennzeichnend ist auch die geringe Salinität der Böden.

Dominierende Leitpflanze der schuttbedeckten Hänge und Verebnungen ist *Artemisia herba-alba*, auf dessen charakteristische Merkmale bereits in Kap. 6.1.3.1

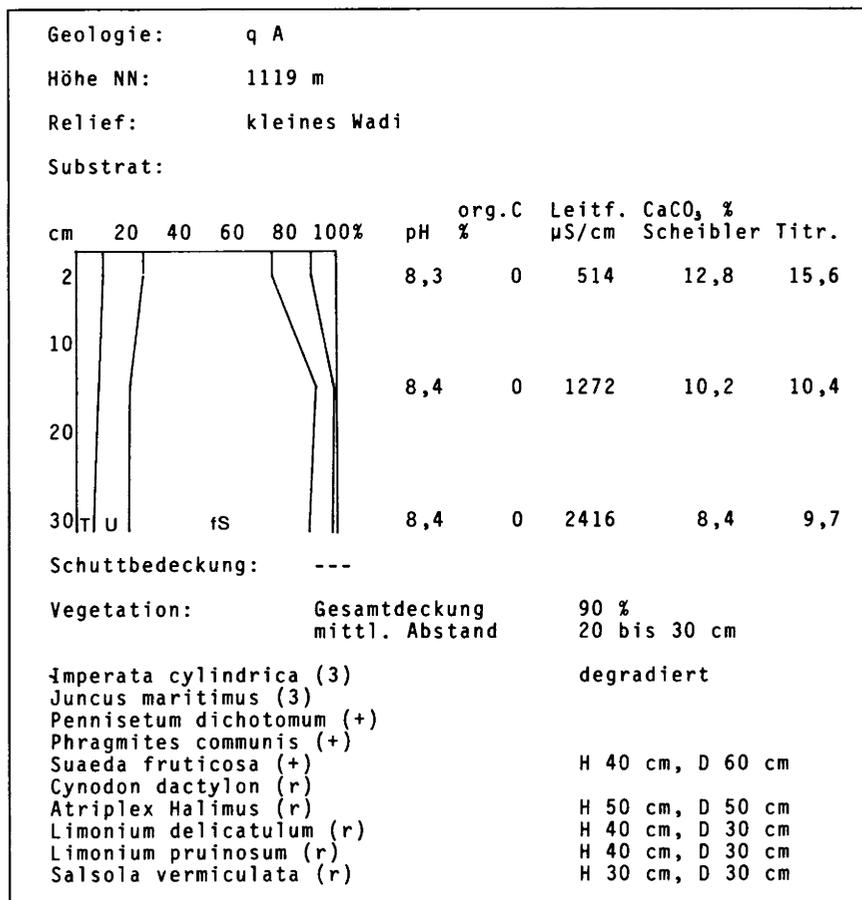


Abb. 57: Standort 319/3, Standorttyp der Wadis und Trockentäler.

eingegangen wurde. Bei geringen Hangneigungen (kleiner 10°) tritt mit höherem Deckungsgrad (+ bis 1) *Anvillea radiata* mit dichtem Wuchs hinzu, dessen Auftreten hier auf die klimatisch günstigeren Bedingungen des Gebirgsbereiches hinweist. Geringeren Anteil weist *Launaea acanthoclada* auf. In Abhängigkeit von Exposition und Topographie erreicht der Vegetationsbestand auf nord- bis westexponierten Hängen meist Deckungsgrade zwischen 10 und 20 % mit einem relativ dichten Bewuchs mit einem mittleren Abstand der einzelnen Pflanzen zwischen 40 bis 80 cm. Deutlich geringer ist die Vegetationsbedeckung dagegen vor allem auf südexponierten Hängen.

Steilere Hänge mit Hangneigungen größer 10° sind durch einen hohen Anteil von *Lygeum spartum* (Esparto) gekennzeichnet. Wie *Artemisia* wurzelt die horstbildende Graminee nur flach (15 bis 25 cm) und zieht flachgründige lehmig-tonige Böden vor, ist aber auch in der Lage auf klüftigem Felsgestein zu wachsen (ZOHARY 1961:203). Esparto ist kälteresistent, aber auch durch Reduzierung der Blattfläche in der Trockenperiode an aride Bedingungen angepaßt. Die gute Futterpflanze zeichnet sich durch hohe

Empfindlichkeit gegenüber degradierenden Einflüssen aus, wobei die Espartobestände bei starker Überweidung vor allem durch *Artemisia* ersetzt werden (KNAPP 1973:516). Das weitgehende Zurücktreten der Espartobestände unterhalb 1700 m NN mit zunehmender Annäherung an das Becken ist deshalb wohl weniger auf standortbedingte Ursachen als auf den in diesem Bereich zunehmenden Beweidungsdruck zurückzuführen.

In großen, schuttverfüllten Talweitungen und auf den flächenhaft jedoch nur gering verbreiteten Glacisflächen im nördlichen Randbereich des Jbel Sahro, tritt dann auf den weniger schluffreichen Substraten (Standort 304/5 Abb.60) der schwach geneigten Niveaus wieder *Haloxylon articulatum* mit höherem Anteil auf, wobei die daraus resultierenden Standorttypen weitgehend in Substrat, Relief und Vegetationszusammensetzung den für das Becken beschriebenen khela-Flächen entsprechen. Auffällig ist der meist gegenüber den Flächenniveaus im Becken dichtere Vegetationsbestand mit einem Deckungsgrad zwischen 20 und 40 % und vergleichsweise kräftigem Pflanzenwachstum, so daß Wuchshöhen bis zu 50 cm und Durchmesser von bis zu 60 cm erreicht werden.

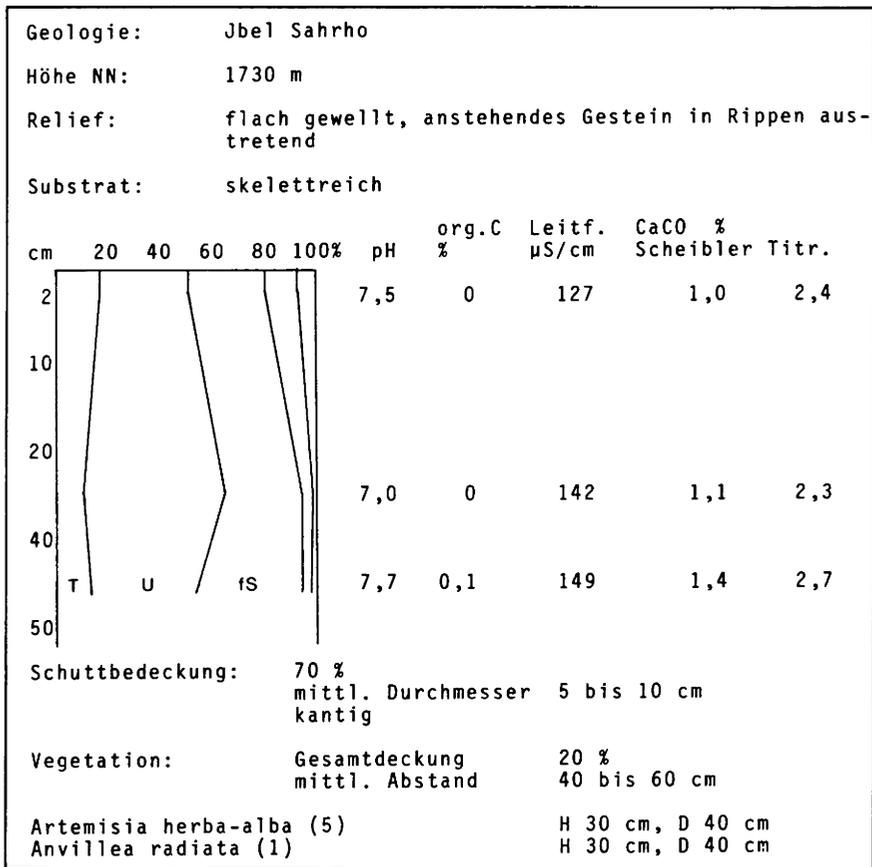


Abb 58: Standort 304/2, Gebirgsbereich des Jbel Sahrho.

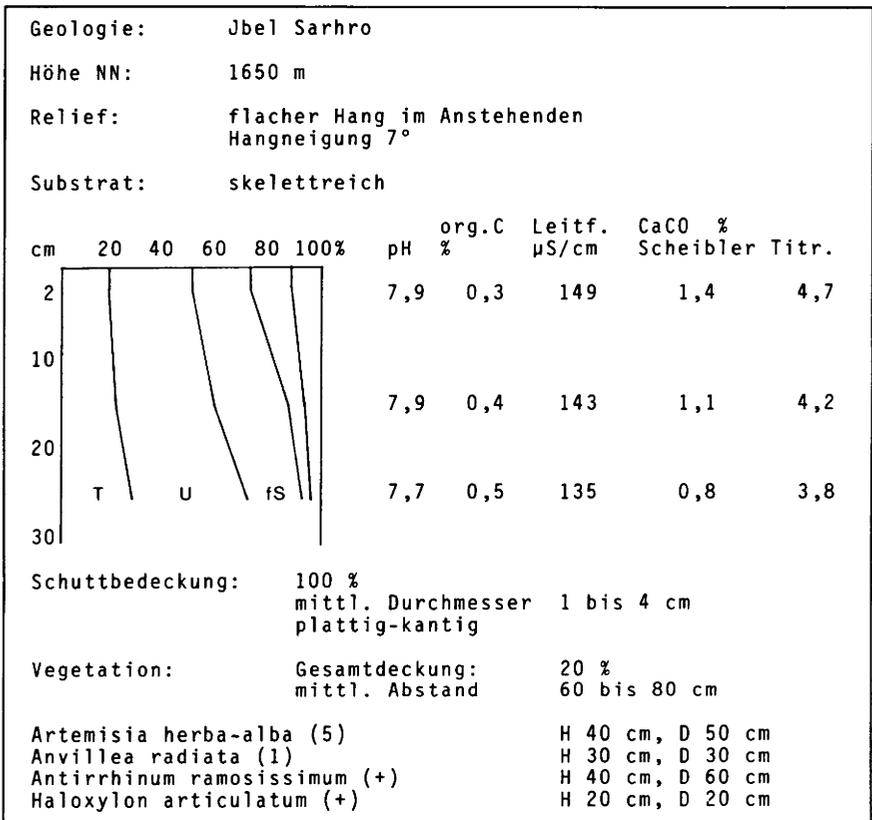


Abb.59: Standort 304/4, Gebirgsbereich des Jbel Sahrho.

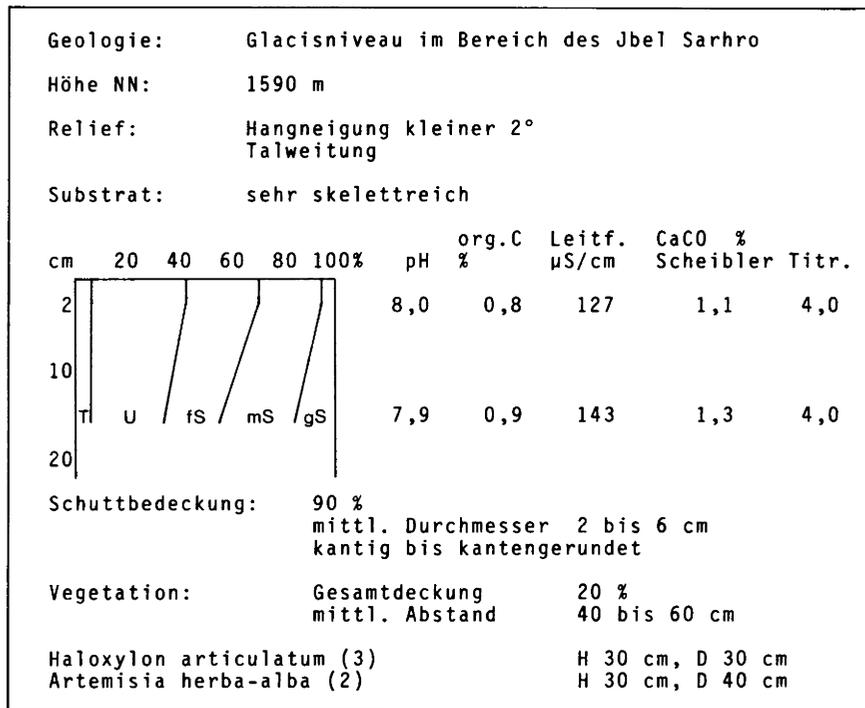


Abb. 60: Standort 304/5, Glacis im Gebirgsbereich des Jbel Sarhro.

Auf den zum Teil von Verwitterungsmaterial entblößten steileren Hängen im anstehenden Gestein und insbesondere an den steilen Hangbereichen kleinerer Wadis, wie auch im Einschneidungsbereich des Dadès bildet ein meist schütterer Bewuchs mit *Carthamus suffruticosus* die kennzeichnende Vegetation. Diese Art erreicht dabei Wuchshöhen von bis 120 cm und Durchmesser von bis zu 150 cm. Mit untergeordnetem Anteil treten weiterhin *Artemisia herba-alba*, *Farsetia Hamiltonii* und *Agyrolobium Saharae* hinzu. Auf grobblockreichen Hängen ist mit dichterem Bestand noch *Convolvulus Trabutianus* vertreten. An geschützten Standorten zwischen größeren Blöcken können außerdem dichte Bestände von *Lavandula multifida*, das hohe Feuchte meidet, aber beschattete Standorte vorzieht, auftreten. Auf unzugänglichen steilen Hängen tritt vereinzelt auch wieder Esparto auf.

Die in das anstehende Gestein eingetieften kleinen Wadis, mit meist steilen Arbeitskanten, sind in der Regel schuttverfüllt. Randlich der vegetationsfreien Gerinne treten jedoch auch häufig Feinmaterialbänke mit sandigem Substrat auf. Die randlichen Bereiche der Täler sind durch die bereits im Zusammenhang mit der Darstellung der für die steilen Hangbereiche des Gebirgsraumes genannten Vegetation geprägt, die jedoch zum Teil größere Dichte aufweisen kann. Zu den oben genannten Arten treten außerdem noch *Antirrhinum ramosissimum*, *Astragalus armatus*, *Inula viscosa*, *Whitania adpressa* und *Zilla macroptera*

hinzü. Auf den randlichen Sandbänken tritt häufig in Vergesellschaftung mit dichteren Beständen von *Vitex agnus-castus*, dessen Vorkommen im Untersuchungsgebiet ausschließlich auf Wadis im Bereich der Fußzone des Jbel Sarhro beschränkt ist, dichter Unterwuchs mit *Artemisia herba-alba*, *Cleome arabica* und *Peganum harmala* auf. Größere Talbereiche sind häufig durch dichtere Bestände von *Nerium oleander* gekennzeichnet, während der Kameldorn in dieser Region weniger häufig als im Becken anzutreffen ist.

6.3.2 Hoher Atlas

In Abhängigkeit von der geologischen Situation der Fußzone des Hohen Atlas bzw. der vorgelagerten Schichtkämme, die vorwiegend aus eozänen Sedimenten gebildet werden, werden die skelettreichen Substrate von einer Schuttauflage gekennzeichnet, die der der mio-pliozänen Konglomerate vergleichbar ist.

Wie im Randbereich des Jbel Sarhro stellt auf den stark geneigten mit Verwitterungsschutt bedeckten Hängen *Carthamus suffruticosus* wieder den dominierenden Bewuchs dar (Abb. 61) und insbesondere auf steileren, mit grobblockigem Schutt bedeckten Hängen tritt wieder *Convolvulus Trabutianus* mit kugelbuschartigem Wuchs von geringer Höhe auf, während zumindest im randlichen Gebirgsbereich



Abb.61: Mit Verwitterungsschutt bedeckte Hänge mit *Carthamus suffruticosus* - Bestand am Südrand des Hohen Atlas

Esparto auf den Hängen nur selten anzutreffen ist. Einen hohen Anteil am Vegetationsbestand erreicht außerdem noch *Astragalus armatus*. Mit geringem Deckungsgrad treten zu den genannten Arten wieder *Asparagus stipularis*, *Zilla macroptera*, *Whitania adpressa*, *Pergularia tomentosa* und vor allem im Osten *Capparis spinosa* hinzu.

Auf den flacheren, schuttbedeckten Hängen stellt auch hier wieder *Artemisia* den größten Anteil der Vegetationsbedeckung, jedoch mit geringerem Deckungsgrad als im Bereich des Jbel Sarhro. Einen auffallend hohe Deckungsgrad weist hier *Ononis Natrix* auf, während andere im Becken häufiger vorkommende Kleinsträucher wie *Helianthemum Lippii*, *Launaea acanthoclada* usw. nur mit geringem Anteil vertreten sind.

In den meist mit Schutt verfüllten Talbereichen kleinerer Wadis, die jedoch in der Regel nur einen geringen Vegetationsbestand aufweisen, dominiert weitgehend der Bewuchs mit *Ononis Natrix*. In der randlichen Fußzone des Hohen Atlas finden sich aber häufiger dichte Bestände von *Zizyphus Lotus*, der mit

beträchtlichen Wuchshöhen und oft mit baumförmiger Wuchsform auftritt. Zum Inneren des Gebirges hin treten dann zunehmend ausgedehntere Bestände des kälteresistenteren und im gesamten Mittelmeerraum vertretenen *Nerium oleander* auf, der aufgrund seiner toxischen Wirkung vom Vieh gemieden wird.

Kennzeichnende Vegetation der großen, sedimentverfüllten intramontanen Becken im Hohen Atlas ist ein dichter Bewuchs mit nahezu reinen *Artemisia herba-alba* - Beständen, die vergleichbar den Synklinalen der Südatlas-Subzone einen hohen Deckungsgrad der Vegetation mit 20 bis 40 % und kräftigen Pflanzenindividuen aufweisen.

Eine weitere Anzahl von Gräsern und Sträuchern, die im randlichen Bereich des Hohen Atlas auftreten, konnten nicht identifiziert werden, da wie auch anhand häufig anzutreffender Steinhütten mit dazugehörigen Viehpferchen ersichtlich war, gerade dieser Bereich in besonderem Maße in die Transhumanz zwischen Beckenbereich und Gebirgsraum einbezogen ist, die in einem beträchtlichen Maße zur Degradierung der Vegetation beiträgt.

7. Geoökologische Gefügemuster

Die in Kapitel 6 für das Becken ausgewiesenen geoökologischen Grundtypen und ihre Varianten können in einer Catena des kleinräumig differenzierten Gefügemusters - unter Ausklammerung der randlich anschließenden Gebirgsbereiche - unter Einbeziehung der bestimmenden Standortfaktoren Relief und Boden zusammengefaßt werden. In einem weiteren Schritt können dann die in Bezug auf den gewählten Darstellungsmaßstab die flächenhaft relevanten geoökologischen Einheiten in einer Übersichtskarte für das gesamte Untersuchungsgebiet zur Kennzeichnung der räumlichen Verteilung des großräumigen Gefügemusters dargestellt und bewertet werden.

7.1 Ableitung einer Catena der geoökologischen Grundtypen

Die für das Untersuchungsgebiet gültige Catena der geoökologischen Grundtypen und ihrer Varianten (Abb. 62) weist deutlich aus, daß das Relief und in Abhängigkeit davon das Substrat die steuernden Faktoren bei der Ausbildung der durch eine jeweils charakteristische Leitvegetation gekennzeichneten Einheiten darstellen. Im Folgenden sollen daher noch einmal kurz die wesentlichen Merkmale, die modellhaft in Abbildung 62 ausgewiesen sind, zusammengefaßt werden.

Prägender geoökologischer Grundtyp, der das Vegetationsbild des gesamten Beckenraumes bestimmt, ist der *Haloxylon articulatum*-Flächentyp. Generell überschreiten die Hangneigungen der von *Haloxylon articulatum* nahezu ausschließlich bestandenen mio-pliozänen Beckensedimente und der quartären Glacisniveaus q2 bis q6 (siehe Kapitel 4.1) nicht 2°. Die Flächen sind in der Regel eben oder nur schwach gewellt und besitzen damit nur eine ausgesprochen geringe Reliefenergie. Die Schuttbedeckung der Bodenoberfläche ist stets dicht, wobei Komponenten in der Größe zwischen 2 bis 6 cm überwiegen. Bei den Substraten handelt es sich vorwiegend um skelettreiche lehmige Sande bis sandige Lehme, die häufig im Unterboden eine mehr oder weniger mächtige und verfestigte Verkrustung aufweisen können. Der Kalkgehalt schwankt an den verschiedenen Standorten beträchtlich zwischen 1 bis 50 %. Die Salinität ist immer gering bis mäßig hoch. Während die Verkrustungen des Bodens weitgehend nur geringen Einfluß auf die Vegetationsdichte haben, ist eine deutliche Differenzierung der Bestandesdichte des mit einer langen Pfahlwurzel versehenen *Haloxylon articulatum* deutlich an den Schluff- und Tongehalt der Böden gebunden, wobei mit zunehmendem

Feinmaterialgehalt die Dichte der Vegetation abnimmt und die Pflanzenindividuen weiter auseinander treten.

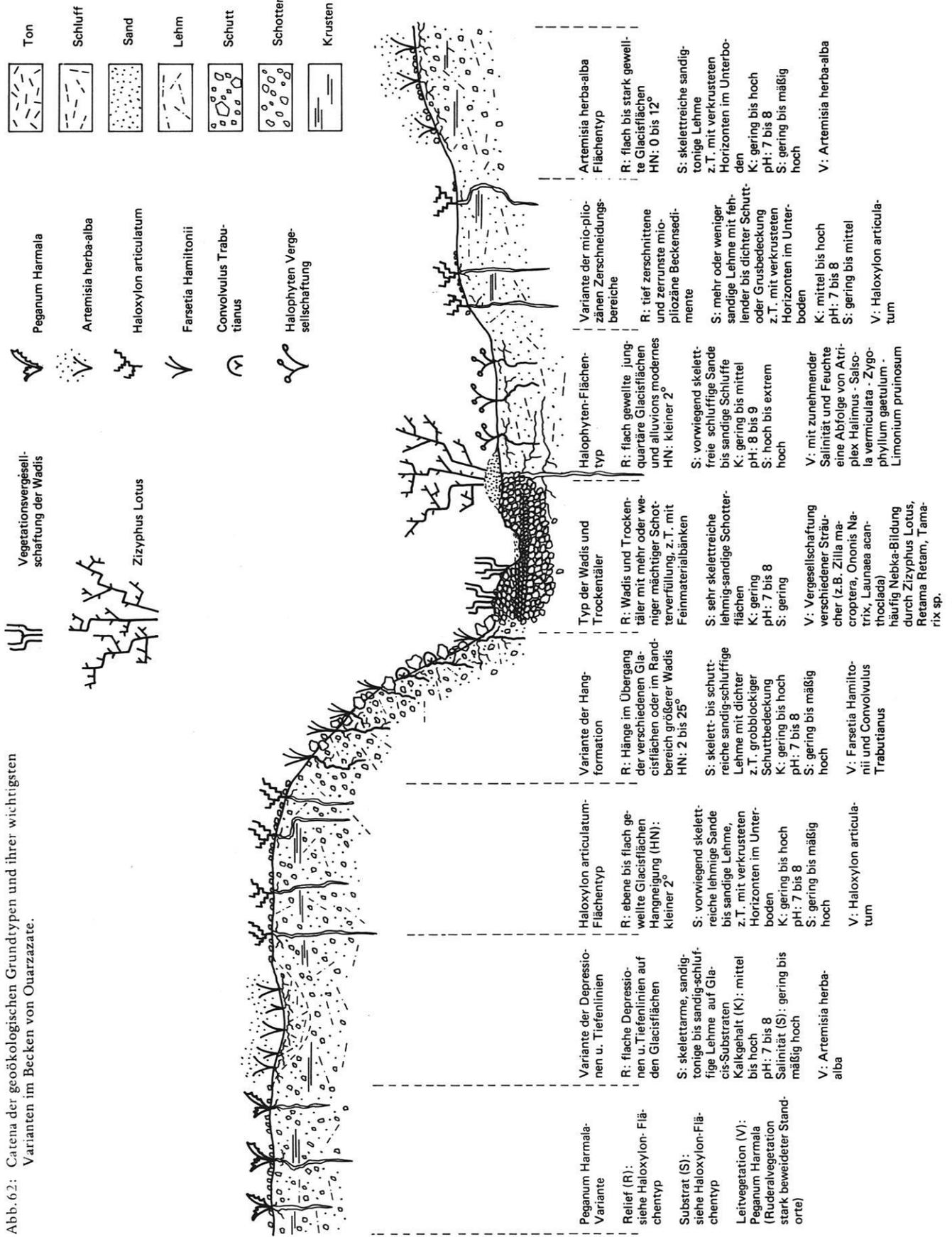
Eine nur kleinräumige Verbreitung weisen die für diesen Flächentyp charakteristischen reliefbedingten Varianten auf. Im gesamten Untersuchungsgebiet vertreten sind die Varianten der Depressionen und Tiefenlinien und der Hangformation.

Kennzeichnend für die meist nur flach in die Glacis eingetieften Depressionen und Tiefenlinien, die gleichfalls mit nur geringer Hangneigung einfallen, ist die mehr oder weniger mächtige Verfüllung mit skelettarmem, durch flächenhaft abfließendes Wasser verlagertem Feinmaterial. Die sandig-tonigen bis sandig-schluffigen Lehme weisen einen mittleren bis hohen Kalkgehalt und nur geringe bis mäßig hohe Salinität auf. Dominierende Leitvegetation ist *Artemisia herba-alba*. Das Auftreten dieser reliefbedingten Vegetationsvariante läßt sich schon von weitem auf den Flächen durch den vergleichsweise dichten Vegetationsbestand - noch unterstrichen durch das häufigere Auftreten verschiedener höherer Sträucher und als einzigem Holzgewächs *Zizyphus Lotus* - ausmachen.

Im Gegensatz zu den Tiefenlinien wird die Variante der Hangformation durch eine dichte Schuttbedeckung mit auch größeren Komponenten geprägt, die die sehr skelettreichen sandig-schluffigen Lehme vor verstärkter Erosion durch das an den Hängen rascher abfließende Wasser schützt. Während bei geringen Hangneigungen bis zu 3° noch *Haloxylon*-Bestände auftreten, ist für die aufgrund des nur geringen Eindringens von Oberflächenwasser in den Boden edaphisch trockenen Hänge als Leitvegetation für Hangneigungen bis 10° vor allem *Farsetia Hamiltonii* und für Hangneigungen größer 10° vor allem *Convolvulus Trabutianus* kennzeichnend.

Eine dritte reliefbedingte Variante, die sich jedoch nicht durch eine Differenzierung des *Haloxylon*-Bestandes hervorhebt, stellen die vor allem im Südwesten des Beckens im Einzugsbereich des Vorfluters Dadès in den vom Steinpflaster entblößten, sandigen Fazies der mio-pliozänen Beckenfüllung lokal ausgeprägten badlandartigen Zerschneidungsbereiche dar. Die meist skelettarmen, aber häufig von einer dichten Grusauflage bedeckten sandig-lehmigen Flächenniveaus werden durch eine Vielzahl von gering bis stark eingetieften, kleinen und grossen Entwässerungsbahnen und Tälchen zerschnitten. Der meist nur spärliche Vegetationsbesatz ist nur auf die mehr oder weniger großen Flächenreste beschränkt.

Abb. 6.2: Catena der geökologischen Grundtypen und ihrer wichtigsten Varianten im Becken von Ouazzazate.



Neben den reliefbedingten Varianten tritt im gesamten Untersuchungsgebiet meist kleinräumig begrenzt die *Peganum Harmala* - Variante auf, deren Relief- und Substrateigenschaften denen des *Haloxylon* - Typs vergleichbar sind. Hoher Beweidungsdruck hat an diesen Standorten jedoch zu einer völligen Degradierung der Vegetation und deren Ersatz durch das nicht beweidete, toxische *Peganum Harmala* geführt.

Als zweiter Flächentyp, der jedoch nur geringe flächenhafte Verbreitung findet, wurde der *Artemisia herba-alba* - Flächentyp ausgewiesen, der sich neben seinem Vegetationsbesatz häufig auch aufgrund stärkerer Hangneigungen und eines stärker differenzierten Reliefs abhebt. Vergleichbar mit der Variante der Tiefenlinien sind die Substratverhältnisse mit einem Überwiegen sandig-toniger Lehme, die jedoch an diesen Standorten sowohl ein dichtes Steinpflaster als auch einen hohen Skelettgehalt im Substrat aufweisen. Häufig finden sich im Unterboden wieder verkrustete Horizonte. Wie auf allen Glacisniveaus variiert der Kalkgehalt erheblich und die Salinität ist nur gering bis mäßig hoch.

Generelles Kennzeichen der Standorte des Halophyten - Flächentyps ist das weitgehende Fehlen einer dichten Schuttbedeckung und von Skelettmaterial in den meist schluffigen Sanden bis sandigen Schluffen, die im Gegensatz zu den Substraten der oben genannten Flächentypen nur einen geringen bis mittleren Kalkgehalt aufweisen. In Abhängigkeit von der topographischen Situation mit zunehmender Grundwassernähe im Südwesten des Beckens erfolgt eine graduelle Abfolge der Vegetation in Zusammenhang mit dem gleichzeitig mit der Feuchte erheblich zunehmenden Salzgehalt im Boden. Entsprechend der Zunahme von hohen zu extrem hohen Salzgehalten paßt sich die Vegetation mit der Abfolge von *Atriplex Halimus* über *Salsola vermiculata* zu den extrem salz- und feuchtetoleranten Arten *Zygophyllum gaetulum* und *Limonium pruinosum* an.

Ein weiterer für das gesamte Untersuchungsgebiet prägender Grundtyp ist an die großen von Norden nach Süden auf den Vorfluter Dadès hin eingestellten Wadis und Trockentäler gebunden. Kennzeichnend ist die Verfüllung der Talsohlen mit mehr oder weniger mächtigen Schotterakkumulationen, die randlich häufig in Glacis terrassen übergehen. Die Substrate der Talverfüllungen werden meist von sehr skelett bzw. schotterreichen lehmigen Sanden gebildet, die diese Standorte mit einer hohen edaphischen Trockenheit ausstatten. Kalkgehalt und Salinität sind stets gering. Als kennzeichnende Leitvegetation tritt eine Vergesellschaftung verschiedener trockenresistenter Sträucher zusammen mit verschiedenen Phanerophyten auf, die im Gegensatz zu der Strauchvergesellschaftung durch die Ausbildung extrem langer Pfahlwurzeln

in der Lage sind, den Grundwasserstrom, der häufig an die großen Wadisysteme gebunden ist (siehe Kapitel 4.2) erreichen und in ganzjährigen Wassergenuß kommen. Im Zusammenhang mit dem Auftreten größerer Sträucher steht häufig auch die Ausbildung von *nebkas*.

7.2 Ableitung einer Karte der flächenhaften Verbreitung der geoökologischen Grundtypen

Anhand der für das Untersuchungsgebiet erstellten Karte (Abb. 63, siehe Beilage) wird deutlich, daß für den Beckenbereich keine klimabedingte Differenzierung der Vegetation im Zusammenhang mit den von Westen nach Osten zunehmenden Niederschlägen und abnehmenden Temperaturen auftritt. Ebenso wenig ist eine im Bezug zum Alter der unterschiedlichen Glacisniveaus stehende Differenzierung des für den gesamten Beckenraum dominanten *Haloxylon articulatum* - Flächentyps festzustellen. Die sich in der Dichte des *Haloxylon articulatum* - Bestandes ausprägenden variierenden Schluff- und Tongehalte der Substrate konnten ebenfalls nicht in Bezug zur geologischen oder geomorphologischen Struktur des Beckens gesetzt werden.

Als Varianten des dominierenden *Haloxylon* - Flächentyps finden nur die *Farsetia Hamiltonii* -, *Peganum Harmala* - und die *Helianthemum Lippii* - *Aristida obtusa* - Variante eine deutliche flächenhafte Verbreitung.

Kennzeichnend für die jungquartären Glacis (q1 und q2) im zentralen Bereich des Beckens nördlich von Skoura ist das Auftreten flächenhaft ausgedehnter Bestände der *Farsetia* - Variante, wobei in diesem Bereich generell vergleichbare Substrat und Reliefverhältnisse wie im Zusammenhang mit den reinen *Haloxylon* - Beständen auftreten, die sich nur durch einen höheren Gehalt an Schluff und Ton unterscheiden. Als deutliches Unterscheidungsmerkmal ist jedoch das weitgehende Fehlen von verkrusteten Horizonten im Boden zu sehen. Im Gegensatz zu den hohen Salzgehalten der vergleichbaren jungen Flächenniveaus im Westen des Beckens, ist die Salinität dieser Substrate nur gering bis mäßig hoch, so daß der Halophyten - Flächentyp hier keine Verbreitung findet.

Generell nur im Osten des Beckens treten flächenhaft ausgedehntere Bestände der *Peganum Harmala* - und *Helianthemum Lippii* - Variante auf. Auch hier ist keine wesentliche Differenzierung des Substrats und des Reliefs zu dem des *Haloxylon* - Flächentyps gegeben, sodaß das Auftreten dieser beiden Varianten in erster Linie im Zusammenhang mit anthropogenen Einflüssen zu sehen ist.

Die flächenhafte Verbreitung von *Pegamum Harmala* auf den Glacisflächen südöstlich Boumalne ist darauf zurückzuführen, daß über die sich südlich an den Jbel Sarhro anschließenden Flächen die einzige gut zugängliche Verbindung in den Gebirgsbereich hinein verläuft, die einerseits den im Gebirge gelegenen größeren Ort Iknioun mit dem Becken verbindet, zum anderen die Anbindung der saharischen Region im Süden an den Norden herstellt. Insbesondere für die Gebirgsbevölkerung und die nomadisierenden Berber, die im Bereich des Jbel Sarhro ihre Weideplätze haben, ist dies der einzige Zugang zum Marktort Boumalne.

Nördlich von Qalaa't Mgouna finden sich in flächenhaft größerer Verbreitung die als gute Weidepflanzen ausgewiesenen Arten *Aristida obtusa* und *Helianthemum Lippii*. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, daß diese Vegetationsvariante in diesem Bereich nicht flächendeckend auftritt, sondern neben dem auch hier vorwiegenden Haloxylon - Flächentyp nur einen deutlich höheren Anteil als im übrigen Beckenbereich aufweist. Im Zusammenhang mit dem Auftreten dieser Variante in dieser Region ist zu sehen, daß, wie auch bei den Geländearbeiten festgestellt werden konnte, im östlichen Teil des Beckens nur vergleichsweise selten Viehherden anzutreffen sind, während im Westen häufig vor allem Ziegenherden von mehr als hundert Tieren die Flächen überqueren. Die Vielzahl der im westlichen Beckenbereich vor allem in den kompakten mio-pliozänen Konglomeraten angelegten Wohnhöhlen der Hirten, die im Osten nur selten anzutreffen sind, geben einen weiteren Hinweis auf den höheren Beweidungsdruck im Westen. Daneben verhindert die intensive Nutzung der Flußoase des Dadès, die gleichzeitig auch die Viehhaltung in den Hintergrund drängt, im Osten den freien Zugang zu den Brunnen und Flußufeln, während im Westen der Dadès weitgehend besser zugänglich ist, außerdem aber auch eine größere Anzahl von Brunnen und Quellen zur Tränkung des Viehs zur Verfügung stehen. Gleichzeitig verringert sich die Ausdehnung der Weideflächen im Osten erheblich durch das engere Zusammenrücken der beiden randlich anschließenden Gebirgsbereiche. Im Westen dagegen sind ausgedehnte Flächen völlig unbesiedelt und bieten noch eher karge Weidemöglichkeiten. Hinzu kommt noch, daß der Osten mit kühleren Wintern und häufigerem Schneefall unfreundlichere Klimaverhältnisse als der Westen aufweist.

Das Auftreten des ebenfalls mit einem höheren Weidewert ausgestatteten an schluff- und tonreiche Substrate gebundenen Flächentyps mit *Artemisia herba-alba* als Leitvegetation ist, abgesehen von kleinen lokalen Vorkommen auf den Glacisflächen, auf Bereiche unmittelbar vor den randlich anschließenden Gebirgen beschränkt. Kennzeichnend für diese

Standorte sind die meist größeren Hangneigungen der Glacis unmittelbar am Gebirgsfuß, die außerdem häufig, geprägt durch eine Vielzahl kleiner und grösserer Entwässerungsbahnen, ein unruhigeres Relief aufweisen. Neben den Substratverhältnissen mag auch eine klimatische Tendenz zu kälteren Wintertemperaturen mit gelegentlichen Schneefällen im Bereich des Hohen Atlas in diesen Bereichen zu einer größeren Verbreitung von *Artemisia* führen.

Die Verbreitung des Typs der Wadis und Trockentäler ist zwangsläufig an die hydrogeographische Situation des Beckens gebunden. Deutlich heben sich jedoch die größeren, durch regelmäßigeren bzw. perennierenden Abfluß geprägten Wadis des Imini, Izerki, Tabia, Mgoun und Dadès mit einem größeren Einzugsbereich im Gebirge durch die intensiv genutzten Anbauflächen hervor. In die Oasen sind vor allem die sandig-lehmigen Ablagerungen der jüngsten Flächenniveaus einbezogen, die im Bereich von Skoura und Boumalne nur eine geringe Salinität aufweisen, während die jungen Flächensysteme im Bereich des Oued Madri, die durch zum Teil extreme Salzgehalte gekennzeichnet sind, nicht genutzt werden. Am Oued Mgoun, der sich tief mit häufig steilen Hängen in die Glacisflächen einschneidet, sind die intensiv genutzten Anbauflächen nur auf den schmalen Bereich der mit Feinsediment verfüllten Talsohle beschränkt. Größere Trockentäler, die mit reinen Schotterakkumulationen verfüllt sind und die sich durch hohe edaphische Trockenheit ausweisen, werden nicht zum Anbau genutzt, spielen aber im Zusammenhang mit der Weidewirtschaft eine wichtige Rolle.

Als eine besondere Erscheinung heben sich die tiefer liegenden jungen Flächenbereiche im Westen des Beckens heraus. Ebenfalls wie die durch die mit dem Bau des Staudamms bei Ouarzazate verbundene Hebung des Grundwasserniveaus stärker durchfeuchteten und gleichzeitig stärker versalzten Flächen im Umkreis des Stausees weisen sie aufgrund der extremen Salzgehalte eine deutlich halophil geprägte Vegetation auf.

Generell gilt für den gesamten Beckenbereich, daß durch die anthropogene Nutzung eine Differenzierung des Vegetationsbestandes im Untersuchungsgebiet weitgehend nivelliert wurde, indem vor allem die Weidevegetation bis auf einige lokal begrenzte Standorte fast völlig verschwunden ist. Die gute Anpassung und hohe Konkurrenzfähigkeit von *Haloxylon articulatum* auf den trockenen Flächenniveaus macht diese Art zum dominierenden Typ des gesamten Untersuchungsgebietes, so daß eine Differenzierung der Vegetation nur noch an Standorten, die sich durch relief- und substratbedingte Gegebenheiten unterscheiden, die für den Tiefwurzler Haloxylon weniger günstig sind, mit der Dominanz anderer Arten

auftritt. Im Zusammenhang mit der Degradierung der Vegetation zum flächenhaften Überwiegen eines uniformen Bestandes mit *Haloxylon* steht die Verschlechterung des Weidepotentials für das gesamte Becken. Während in den Sommermonaten vor allem von den nomadisierenden Berbern auch die Gebirgsbereiche in die Nutzung einbezogen werden, konzentriert sich die Beweidung vor allem im Winter auf die Flächen im Beckenbereich, wobei auch das nur durch geringen Weidewert gekennzeichnete remt von den Ziegenherden beweidet wird und damit auch dieser Vegetationsbestand ständig weiter reduziert und zum Teil durch die nicht beweideten, toxischen harmel-Bestände ersetzt wird. Vegetationsbestände mit höherem Weidewert sind im Westen nur noch auf die Standorte des *Halophyten* - Flächentyps beschränkt, während auch die *Farsetia Hamiltonii* - Variante mit nur geringem Weidewert keine günstigen Voraussetzungen für die Viehhaltung bietet. Gute Weidepflanzen finden sich dann nur noch im Osten und am Gebirgsrand mit der *Helianthemum* - Variante und dem *Artemisia* - Flächentyp, die einen gewissen Schutz nur durch die weite Entfernung zu den Wasserstellen und ihre topographische Lage erfahren. Insbesondere die *Artemisia* - Bestände werden aber noch bedingt durch deren Wert als Heilpflanze

geschädigt, indem die Pflanzen häufig mit der Wurzel ausgegraben und von Frauen über weite Strecken transportiert werden. Ein günstigeres Weidepotential ist daher vor allem nur noch auf die grossen Wadis mit ihrem dichteren Strauchbestand beschränkt. Aber auch hier setzt sich, noch verstärkt durch die Trockenheit der letzten Jahre, die auch auf den Flächen selbst zu einer im Verlauf des Untersuchungszeitraumes deutlich feststellbaren Degradierung der Vegetation führte, eine Verschiebung des Artenspektrums zu den nicht oder weniger beweideten Arten hin durch (z.B. *Launaea acanthoclada*, *Zilla macroptera*). Häufig wird dies noch durch das Auftreten dichter harmel-Bestände unterstrichen.

Versuche der marokkanischen Behörden durch eine Kontrolle des Viehbestandes durch den „Service de l'Élevage“ oder auch das Verbot die spärlichen Zwergstrauchbestände mit den Wurzeln auszugraben bzw. als Brennstoff zu nutzen, stellen nur einen meist vergeblichen Versuch zur Behebung des Mißstandes der ständigen Verschlechterung der potentiellen Weideflächen dar, solange infrastrukturelle Maßnahmen und eine gleichzeitige gezielte Aufklärung der Bevölkerung ausbleiben.

8. Quellenverzeichnis

8.1 Literaturverzeichnis

- ABRAHAM, A. 1954: Examples of root adaptability to aridity. — 8. Congr. Int. Bot. Paris, 1954. Rapports et communications parvenus avant le congrès aux sections 11 et 12: 237-239, Paris.
- AMBOS, R. 1977: Untersuchungen zur pleistozänen Reliefentwicklung im Oberen Todhragebiet am Südrand des Hohen Atlas (SE-Marokko). — Mainzer Geogr. Studien, 12: 11-40, Mainz.
- ANDRES, W. 1977: Studien zur jungquartären Reliefentwicklung des südwestlichen Anti-Atlas und seines saharischen Vorlandes. — Mainzer Geogr. Studien, 9: 1-147, Mainz.
- AYYAD, M.A. 1981: Soil-vegetation-atmosphere interactions. — In: GOODALL, D.W. & PERRY, R.A. (Hg): Arid-land ecosystems. Vol. 2: 9-31, Cambridge.
- BEAUDET, G. & RUELLAN, A. 1971: Le Quaternaire Marocain: état des études. — Rev. Géogr. Maroc, 20: 3-56, Rabat.
- BIBERSON, P. 1963: Quelques précisions sur les classifications du Quaternaire marocain. — Bull. Soc. Géol. France, Sér. 7, 5(4): 607-616, Paris.
- BINET, P. 1955: Action du climat désertique sur le développement, la forme, la structure et le métabolisme de *Zilla macroptera* Coss. — Trav. Centre Rech. Sahar., 1: 1-177, Paris.
- BOBEK, H. & SCHMITHÜSEN, J. 1949: Die Landschaft im logischen System der Geographie. — Erdkunde, 3(2/3): 112-120, Bonn.
- BOYKO, H. (Hg) 1966: Salinity and aridity. New approaches to old problems. — 1-408, Den Haag.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1964: Pflanzensoziologie. — 3. veränderte Auflage: 1-865, Wien, New York.
- BRAUN-BLANQUET, J. & MAIRE, R. 1924: Etudes sur la végétation du Maroc. — Mém. Soc. Sci. Nat. Maroc, 8(1): 1-244, Rabat.
- BURGOS, J.J. & TSCHAPEK, M. 1958: Water storage in semiarid soils. — Arid Zone Res., 11: 72-92, Paris.
- CANNON, W.A. 1911: The root habits of desert plants. — Carnegie Inst. Washington, Publ. No. 131: 1-96, Washington.
- CHAMAYOU, J. & RUHARD, J.P. 1977: Sillon préafricain à l'est du Siroua: Les bassins de Quarzazate et de Errachidia (Ksar-Es-Souk) - Boudenib. — Notes Mém. Serv. Géol., 231: 224-242, Rabat.
- CHAPMAN, V.J. 1966: Vegetation and salinity. — In: BOYKO, H. (Hg): Salinity and aridity. New approaches to old problems: 23;42, Den Haag.
- CHOUBERT, G. 1948: Au sujet des croûtes calcaires quaternaires. — C.R. Acad. Sci., 226(20): 1630-1631, Paris.
- CHOUBERT, G. 1951: Note sur la géologie de l'Anti-Atlas. — C.R. Congr. Géol. Intern. Londres 1948, XIV: 29-44, Paris.
- CHOUBERT, G. 1955: Sur les mouvements tectoniques quaternaires au Maroc. — Geol. Rdsch., 43(1): 2031, Stuttgart.
- CHOUBERT, G. 1961: Quaternaire du Maroc. — Biuletyn Peryglacialny, 10: 9-28, Lodz.

- CHOUBERT, G. & FAURE-MURET, A. 1965: Manifestations tectoniques au cours du Quaternaire dans le sillon préafricain (Maroc). — Notes Serv. Géol. Maroc, 25(185): 57-62, Rabat.
- CHOUBERT, G. & FAURE-MURET, A. 1971: Epoque hercynienne. — In: UNESCO: Tectonique de l'Afrique (Sciences de la terre, 6): 353-371, Paris.
- CHOUBERT, G., JOLY, F., GIGOUT, M., MARCAIS, J., MARGAT, J. & RAYNAL, R. 1956: Essai de classification du Quaternaire continental du Maroc. — C.R. Acad. Sci., 243(5): 504-506, Paris.
- COUVREUR, G. 1973: Etagement de formes et néotectonique sur le versant sud du Haut Atlas. — Rév. Géomorph. Dyn., 22(3): 109-124, Strasbourg.
- COUVREUR, G. 1980: Essai sur l'évolution morphologique du Haut Atlas Central calcaire (Maroc). Tome I et II. — 1-753, 1-877, Lille, Paris.
- DESPOIS, J. & RAYNAL, R. 1967: Géographie de L'Afrique du Nord-Ouest. — 1-570, Paris.
- DIMANCHE, P. 1982: Lutte contre l'ensablement des palmeraies, Maroc. Rapport sur la consultation en pédologie. — Programme des Nations Unies pour le Développement. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Document de travail, 2: 1-49, Ouarzazate.
- DIXEY, F. 1964: The availability of water in semi-arid lands: possibilities and limitations. — Arid Zones Res., 26: 37-45, Paris.
- ELLENBERG, H. 1956: Grundlagen der Vegetationsgliederung. 1. Teil. Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. — 1-136, Stuttgart.
- EMBERGER, L. 1938: La définition phytogéographique du climat désertique. — Mém. Soc. Biogéogr., 6: 9-14, Paris.
- EMBERGER, L. 1971: Travaux de botanique et d'écologie. — 1-520, Paris.
- FAURE-MURET, A. & CHOUBERT, G. 1971: Le Maroc. Domaine rifain et atlasique. — In: UNESCO: Tectonique de l'Afrique (Sciences de la terre, 6): 1-746, Paris.
- FINCK, A. 1970: Beziehungen zwischen Pflanzenernährung und Boden in der ariden und semiariden Zone. — Proc. Kali-Symp. Antibes 1970: 201-209, Worblaufen.
- FLORET, C. & PONTANIER, R. 1982: L'aridité en Tunisie présaharienne. — Trav. Doc. L'O.R.S.T.O.M., 150: 1-544, Paris.
- GANSSEN, R. 1968: Trockengebiete. Böden, Bodennutzung, Bodenkultivierung, Bodengefährdung. — 1-186, Mannheim, Zürich.
- GAUTHIER, H. 1950: Sur le Pliocène et le Quaternaire de la région d'Ouarzazate (versant sud du Haut-Atlas marocain). — C.R. Acad. Sci., 231(25): 1519-1521, Paris.
- GAUTHIER, H. 1957: Contribution à l'étude géologique des formations post-liasiques des bassins du Dadès et du Haut Todra (Maroc méridional). — Notes Mém. Serv. Géol., 119: 1-212, Rabat.
- GAUTHIER, H. & HINDERMEYER, J. 1953: Travertins quaternaires au N de la vallée du Dadès entre Ouarzazate et Skoura (Anti-Atlas). — Notes Serv. Géol., 7 (= Notes Mém. Serv. Géol., 117): 89-94, Rabat.
- GEOGRAPHISCHES INSTITUT DER UNIVERSITÄT ZÜRICH (Hg) 1973: Labor- und Feldmethoden. — 1-15, Zürich.
- GIGOUT, M. 1960: Sur la genèse des crottes calcaires pleistocènes en Afrique du Nord. — C.R. Somm. Soc. Géol. France, 1: 8-10, Paris.
- GOODALL, D.W. & PERRY, R.A. (Hg) 1979: Arid-land ecosystems. Vol. 1. — 1-881, Cambridge.
- GOODALL, D.W. & PERRY, R.A. (Hg) 1981: Arid-land ecosystems. Vol. 2. — 1-605, Cambridge.
- HAASE, G. 1964: Landschaftsökologische Detailuntersuchung und naturräumliche Gliederung. — Pet. Geogr. Mitt., 108(1/2): 8-30, Gotha.
- HAASE, G. 1967: Zur Methodik großmaßstäbiger landschaftsökologischer und naturräumlicher Erkundung. — Wiss. Abh. Geogr. Ges. DDR, 5: 35-128, Leipzig.
- HAASE, G. 1979: Entwicklungstendenzen in der geotopologischen und geochorologischen Naturraumerkundung. — Pet. Geogr. Mitt., 123(1): 7-18, Gotha.
- HARTGE, K.H. 1971: Die physikalische Untersuchung von Böden. Eine Labor- und Praktikumsanweisung. — 1-168, Stuttgart.
- HARTGE, K.H. 1978: Einführung in die Bodenphysik. — 1-364, Stuttgart.
- HUBRICH, H. 1974: Zur Typenbildung in der topischen Dimension. — Pet. Geogr. Mitt., 118(3): 167-172, Gotha.
- IONESCO, R. & SAUVAGE, C. 1962: Les types de végétation du Maroc: essai de nomenclature et de définition. — Rév. Géogr. Maroc, 1/2: 75-86, Rabat.
- JENNY, J. 1983: Les décrochements de l'Atlas de Demnat (Haut Atlas Central, Maroc): prolongation orientale de la zone de décrochement du Tizi-n-Test et clef de la compréhension de la tectonique atlasique. — Eclogae Geol. Helv., 76: 243-251, Basel.
- JOLY, F. 1952: Le sillon sud-atlasique. — Notes Mém., 96: 93-106, Casablanca.
- JOLY, F. 1962: Etudes sur le relief du Sud-Est marocain. — Trav. Inst. Sci. Chérif., Sér. Géol. Géogr. Phys., 10: 1-578, Rabat.
- JOLY, F. 1965: Remarques sur l'emboîtement des formes quaternaires continentales dans le Sud-Est marocain. — Notes Serv. Géol. Maroc, 25(185): 71-77, Rabat.
- KAPPEN, L., LANGE, O.L., SCHULZE, E.D., EVENARI, M. & BUSCHBOM, U. 1972: Extreme water stress and photosynthetic activity of desert plant *Artemisia herba-alba* Asso. — Oecologia, 10: 177-182, Berlin.
- KASSAS, M. 1969: Plant life in deserts. — in: HILLS, E.S. (Hg): Arid lands, a geographical appraisal, 2. Auflage: 145-180, Paris.
- KAUSCH, W. 1959: Der Einfluß von edaphischen und klimatischen Faktoren auf die Ausbildung des Wurzelwerkes der Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung einiger algerischer Wüstenpflanzen. — 1-83, Darmstadt.
- KILLIAN, C. 1943: Plantes et sols au Sahara et leurs relations mutuelles. — Trav. Inst. Rech. Sahar., 2: 37-54, Alger.
- KLINK, H.J. 1972: Geoökologie und naturräumliche Gliederung. Grundlagen der Umweltforschung. — Geogr. Rdsch., 24: 7-19, Braunschweig.
- KLINK, H.J. 1980: Geoökologie. Versuch einer konzeptionellen und methodologischen Standortbestimmung. — Geographie u. Schule, 2(8): 3-11, Köln.
- KNAPP, R. 1973: Die Vegetation von Afrika. — 1-626, Stuttgart.
- KOVDA, V.A., SAMOILOVA, E.M., CHARLEY, J.L. & SKUJINS, J.J. 1979: Soil processes in arid lands. — In: GOODALL, D.W. & PERRY, R.A. (Hg): Arid-land ecosystems. Vol. 1: 439-470, Cambridge.
- LAVILLE, F. 1980: Tectonique et microtectonique d'une partie du versant sud du Haut Atlas marocain (boutonnière de Skoura, nappe de Toundout). — Notes Serv. Géol. Maroc, 41: 81-183, Rabat.
- LAVILLE, F., LESAGE, J.L. & SEGURET, M. 1977: Géométrie cinématique (dynamique) de la tectonique atlasique sur le versant sud du Haut Atlas marocain. Aperçu sur les tectoniques hercyniennes et tardi-hercyniennes. — Bull. Soc. Géol. France, 19: 527-539, Paris.
- LE HOUEROU, H.N. 1981: Long-term dynamics in arid-land vegetation and ecosystems of North Africa. — In: GOODALL, D.W. & PERRY, R.A. (Hg): Arid-land ecosystems, Vol. 2: 357-384, Cambridge.

- LESER, H. 1978: Landschaftsökologie. — 2. veränderte Auflage: 1-433, Stuttgart.
- LESER, H. 1983: Geoökologie. — Geogr. Rdsch., 35(5): 212-221, Braunschweig.
- LESER, H. & STÄBLEIN, G. 1975: Geomorphologische Kartierung. Richtlinien zur Herstellung geomorphologischer Karten 1 : 25 000. — 2. veränderte Auflage. Berliner Geogr. Arb., Sonderheft: 1-39, Berlin.
- MARTIN, J., JOVER, H., LE COZ, G., MAURER, G. & NOIN, D. 1964: Géographie du Maroc. — 1-253, Casablanca.
- McGINNIES, W. 1970: Vegetation of desert environments. — In: McGINNIES, W., GOLDMAN, B.J. & PAYLORE, P.: Deserts of the world: 381-566, Arizona.
- McGINNIES, W., GOLDMAN, B.J. & PAYLORE, P. 1970: Deserts of the world. — 1-788, Arizona.
- MENSCHING, H. 1955: Das Quartär in den Gebirgen Marokkos. — Pet. Geogr. Mitt., Erg. H., 256: 1-79, Gotha.
- MENSCHING, H. 1957: Marokko. Die Landschaften im Maghreb. — 1-254, Heidelberg.
- MENSCHING, H. 1973: Pediment und Glacis - ihre Morphogenese und Einordnung in das System der klimatischen Geomorphologie aufgrund von Beobachtungen im Trockengebiet Nordamerikas (USA und Nordmexiko). — Z. Geomorph., N.F., Suppl.-Bd. 17: 133-155, Berlin, Stuttgart.
- MENSCHING, H. & RAYNAL, R. 1954: Fußflächen in Marokko. — Pet. Geogr. Mitt., 98(2): 171-176, Gotha.
- MÖLLER, K., STÄBLEIN, G., WAGNER, P. & ZILLBACH, K. 1983: Georelief, Abtragung und Gefügemuster an einem aktiven Kontinentalrand - Berichte zum Forschungsprojekt in Süd-Marokko. — Die Erde, 114(4): 309-331, Berlin.
- MÜCKENHAUSEN, E. 1975: Die Bodenkunde. — 1-579, Frankfurt.
- MÜLLER-HOHENSTEIN, K. 1978a: Die ostmarokkanischen Hochplateaus. — Erlanger Geogr. Arb., Sonderbd. 7: 1-186, Erlangen.
- MÜLLER-HOHENSTEIN, K. 1978b: Nordafrikanische Trockensteppengesellschaften. Zur ökologischen Erklärung der räumlichen Differenzierung der Vegetation zwischen Mittelmeer und Sahara. — Erdkunde, 32: 28-39, Bonn.
- MÜLLER-HOHENSTEIN, K. 1979: Die Landschaftsgürtel der Erde. — 1-204, Stuttgart.
- NAIRN, A.E.M., NOLTIMIER, H.C. & NAIRN, B. 1980: Surface magnetic survey of the Souss Basin, Southwestern Morocco: evaluation of the tectonic role postulated for the Agadir and Tafaya fault zones and the South Atlas flexure. — Tectonophysics, 64: 235-248, Amsterdam.
- NEEF, E. 1963: Topologische und chorologische Arbeitsweisen in der Landschaftsforschung. — Pet. Geogr. Mitt., 107(4): 249-259, Gotha.
- NEEF, E. 1964: Zur großmaßstäbigen landschaftsökologischen Forschung. — Pet. Geogr. Mitt., 108(1/2): 1-7, Gotha.
- NEEF, E. 1967: Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre. — 1-152, Gotha.
- NEGRE, R. 1959: Recherches phytogéographiques sur l'étage de végétation méditerranéen arid (sous-étage chaud) au Maroc occidental. — Trav. Inst. Sci. Chérif., Sér. Bot., 13: 1-385, Rabat.
- NEGRE, R. 1961: Petite flore des régions arides du Maroc occidental. Tome I. — 1-413, Paris.
- NEGRE, R. 1962: Petite flore des régions arides du Maroc occidental. Tome II. — 1-566, Paris.
- OPPENHEIMER, H.R. 1960: Adaptation to drought: Xerophytism. — Arid Zone Res., 15: 105-138, Paris.
- OZENDA, P. 1977: Flore du Sahara. — 2. veränderte Auflage: 1-622, Paris.
- QUEZEL, P. 1965: La végétation du Sahara. — 1-333, Stuttgart.
- RAHEJA, P.C. 1966: Aridity and salinity. — In: BOYKO, H. (Hg): Salinity and aridity. New approaches to old problems: 43-116, Den Haag.
- RAUH, W. 1952: Vegetationsstudien im Hohen Atlas und dessen Vorland. — Sitzungsber. Heidelberger Akad. Wiss., Math.-Naturwiss. Kl. Jg. 1952, 1: 1-118, Heidelberg.
- RAYNAL, A. 1962: Pédologie et géomorphologie au Maroc. — Rév. Géogr. Maroc., 1-2: 19-21, Rabat.
- RAYNAL, A. 1965: Morphologie des piedmonts et tectonique quaternaire au Maroc oriental. — Notes Serv. Géol. Maroc, 25(185): 87-90, Rabat.
- SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H.P., HARTGE, K.H. & SCHWERTMANN, U. 1976: Lehrbuch der Bodenkunde. — 1-394, Stuttgart.
- SCHLICHTING, E. & BLUME, H.P. 1966: Bodenkundliches Praktikum. Eine Einführung in pedologische Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land- und Forstwirte und für Geowissenschaftler. — 1-209, Berlin, Hamburg.
- SCHOENENBERGER, A. 1982: Lutte contre l'ensablement des palmeraies, Maroc. Les groupements végétaux de la zone saharienne. Ecologie des espèces intéressantes pour la fixation des dunes et des zones érosives. — Programme des Nations Unies pour le Développement. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Document de travail No. 4: 1-81, Ouarzazate.
- SERVICE GEOLOGIQUE DU MAROC (Hg) 1977: Ressources en eau du Maroc, 3: Domaines atlasique et sud-atlasique. — Notes Mém. Serv. Géol., 231: 1-438, Rabat.
- SHREVE, F. & MALLORY, T.D. 1933: The relation of caliche to desert plants. — Soil Sci., 35: 99-113, Baltimore.
- STÄBLEIN, G. 1968: Reliefgenerationen der Vorderpfalz. — Würzburger Geogr. Arb., 23: 1-191, Würzburg.
- STÄBLEIN, G. 1970: Grobsediment-Analyse. — Würzburger Geogr. Arb., 27: 1-203, Würzburg.
- STÄBLEIN, G. 1972: Modellbildung als Verfahren zur komplexen Raumerfassung. — Würzburger Geogr. Arb., 37 (Gerling Festschr.): 67-93, Würzburg.
- STÄBLEIN, G. 1982: Relief, Sedimente und Gefügemuster der Südatlas-Senke. — Referat am 17.5.1982 im Seminar zum Forschungsprojekt „Mobilität aktiver Kontinentalränder“, Forschungsgebietsschwerpunkt der FU Berlin: 1-15, Berlin.
- STETS, H. & WURSTER, P. 1981: Zur Strukturgeschichte des Hohen Atlas in Marokko. — Geol. Rdsch., 70(3): 801-841, Stuttgart.
- TROLL, C. 1950: Die geographische Landschaft und ihre Erforschung. — Studium Gen., 3(4/5): 163-181, Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- TROLL, C. 1968: Landschaftsökologie. — In: TÜXEN, R. (Hg): Pflanzensoziologie und Landschaftsökologie. — Ber. 7. Intern. Symp. Stolzenau/Weser 1963, Intern. Ver. Vegetationskde.: 1-21, Den Haag.
- TÜXEN, R. (Hg) 1968: Pflanzensoziologie und Landschaftsökologie. — Ber. 7. Intern. Symp. Stolzenau/Weser 1963, Intern. Ver. Vegetationskde.: 1-426, Den Haag.
- UNESCO 1971: Tectonique de l'Afrique (Sciences de la Terre, 6). — 1-602, Paris.
- VOGG, R. 1981: Bodenressourcen arider Gebiete (Untersuchungen zur potentiellen Fruchtbarkeit von Wüstenböden in der mittleren Sahara). — Stuttgarter Geogr. Studien, 98: 1-224, Stuttgart.
- WALTER, H. 1973: Die Vegetation der Erde in öko-physiologischer Betrachtung. Bd. I: Die tropischen und subtropischen Zonen. — 1-743, Stuttgart.
- WALTER, H. & STRAKA, H. 1970: Arealkunde. Floristisch-historische Geobotanik. — 1-478, Stuttgart.
- YARON, B., DANFORS, E. & VAADIA, Y. (Hg) 1973: Arid zone irrigation. — 1-434, Berlin, Heidelberg, New York.

ZOHARY, M. 1961: On hydro-ecological relations of the Near East desert vegetation. – *Arid Zone Res.*, 26: 199-212, Paris.

8.2 Kartenverzeichnis

SERVICE GEOLOGIQUE DU MAROC 1959 (1978): Carte géologique du Maroc, Ouarzazate, 1:500 000. – Notes Mém., 70, Rabat.

SERVICE GEOLOGIQUE DU MAROC 1970: Carte géologique de l'Anti-Atlas Central et de la zone synclinale de Ouarzazate. 1:200 000. – Notes Mém., 138, Rabat.

SERVICE GEOLOGIQUE DU MAROC 1974-1977: Carte géologique du Maroc, Jbel Saghro - Dades, 1:200 000. – Notes Mém., 161, Rabat.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA REFORME AGRICOLE. Direction de Conservation Foncière et des Travaux Topographiques, Division de la Carte, Rabat: Carte du Maroc, 1:100 000:

Feuille NH-30-XIX-1 (Boumalne)
NH-29-XVIII-3 (Ouarzazate)
NH-29-XXIV-2 (Qalaa't Mgouna)
NH-29-XVII-4 (Tazenakht)
NH-29-XXIII-2 (Telouat)

9. Verzeichnis der Pflanzennamen

Aeluropus litoralis Parl. (Abb. 37)
Agyrolobium Saharæ Pomel. (= *Genista Pomeliana* Maire)
Anastatica hierochuntina L.
Antirrhinum ramosissimum Coss. et Dur.
Anvillea radiata Coss. et Dur.
Aristida obtusa Del.
Artemisia herba-alba Asso. = chih (Abb. 33)
Asparagus stipularis Forsk.
Astragalus armatus Lam. (= *Acanthyllis tragacanthoides* Pomel.)
Attractylis delicatula Batt.
Atriplex Halimus L. (Abb. 48)
Capparis spinosa L.
Carduncellus Devauxii Batt.
Carthamus suffruticosus L. (Abb. 61)
Chrysopogon Aucheri Stapf.
Cleome arabica L.
Colocynthis vulgaris Schrad. (= *Citrullus colocynthis* Schrad. = *Cucumis Citrullus* Ser.)
Convolvulus Trabutianus Schweinf. et Muschl. (Abb. 38)
Cynodon dactylon Pers.
Digitaria commutata Schult.
Echinops spinosus L. (= *E. Bovei* Boiss.)
Eryngium ilicifolium Lam.
Fagonia arabica var. *viscidissima* Maire
Fagonia glutinosa Delile
Fagonia zilloides Humbert
Farsetia Hamiltonii Royle (Abb. 25 und 38)
Farsetia ramosissima Hochst.
Fredolia aretioides Coss. et Dur. (= *Anabasis aretioides* Coss. et Moq.)
Haloxylon articulatum Boiss. (= *H. scoparium* Pomel. = *H. tamariscifolium* Pau.) = remt (Abb. 17 und 18)
Helianthemum Lippii Pers. (Abb. 38)

Imperata cylindrica PB.
Inula viscosa Ait.
Juncus acutus L. (Abb. 37)
Juncus maritimus Lam.
Launaea spinosa ssp. *acanthoclada* Maire (Abb. 32 und 36)
Lavandula multifida L.
Limonium delicatulum Kuntze
Limonium pruinatum Kuntze
Lygeum Spartum L. = Esparto
Marrubium deserti De Noe
Moricandia arvensis DC.
Nerium Oleander L.
Odontospermum pygmaeum O. Hoffm. (= *Asteriscus pygmaeus* Coss. et Dur.)
Ononis Natrrix L. (Abb. 52)
Peganum Harmala L. = harmel (Abb. 30)
Pennisetum dichotomum Del.
Pergularia tomentosa L.
Phoenix dactylifera L. (Abb. 15 und 37)
Phragmites communis Trin.
Pituranthos scoparius Benth. et Hook. (= *Deverra scoparia* Coss. et Dur.)
Reseda villosa Coss.
Retama Retam Webb.
Salsola foetida Del.
Salsola vermiculata L.
Suaeda fruticosa Forsk. (= *Salsola fruticosa* L.)
Tamarix articulata Vahl. (= *T. aphylla* L.) (Abb. 48)
Tamarix gallica L.
Teucrium Polium L.
Vitex agnus-castus L.
Whitania adpressa Coss.
Zilla macroptera Coss. (Abb. 52)
Zizyphus Lotus L. = Kameldorn (Abb. 32, 48 und 53)
Zygophyllum gaetulum Emb. et Maire

10. Verzeichnis der Standorte

Standort	x	y	Topographische Karte	x	y	Standort
				221/5	377,8 446,6	Skoura
				225/1	393,5 449,5	"
				225/3	392,5 450,5	"
				226/3	385,3 449,7	"
				226/4	383,3 452,3	"
				227/1	347,7 440,3	Ouarzazate
				230/1	361,9 443,3	"
				304/2	463,2 471,8	Boumalne
				304/4	460,0 475,8	"
115/1	365,3	470,8	Skoura	304/5	457,4 478,2	"
116/5	366,5	467,5	"	304/7	453,2 480,0	"
116/6	362,7	467,5	"	307/3	430,4 475,8	"
116/9	365,3	459,8	Ouarzazate	309/10	415,3 459,8	Qalaa't Mgouna
119/1	366,7	443,5	"	310/5	400,8 466,5	"
201/1	384,3	475,6	Skoura	311/3	351,2 468,4	Skoura
202/1	386,4	464,4	"	312/2	404,1 456,3	Qalaa't Mgouna
206/4	360,5	457,6	"	313/1	384,9 455,3	Skoura
211/5	350,0	459,7	"	316/9	371,2 442,9	Ouarzazate
212/4	349,6	451,9	"	317/2	347,0 440,9	Tazenakht
213/4	353,0	443,9	Ouarzazate	317/3	346,5 441,2	"
215/4	343,1	457,4	Telouat	317/4	342,7 449,5	Telouat
220/1	367,3	443,2	Ouarzazate	319/3	369,6 443,5	Ouarzazate

11. Glossar

Arabische und berberische Begriffe in französischer Transkription:

acheb	annuelle Kräuterflur	nebka	dünenähnliche Akkumulation
assif (berb.)	Wasserlauf, Fluß, entspricht dem arabischen 'oued'		und Festlegung von Sand durch perennierende Vegetation
chih	<i>Artemisia herba-alba</i>	oued (arab.)	Wasserlauf, Fluß
foggara	unterirdischer Bewässerungskanal	reg	schuttübersäte, schwach geneigte Fußflächen und Fußebenen
harmel	<i>Peganum Harmala</i>		
jbel	Berg, Gebirge		
khela	Fußflächen des Hohen Atlas zwischen Ouarzazate und Boumalne	remt	<i>Haloxylon articulatum</i>

Kurzfassung/Summary/Résumé

Geoökologische Gefügemuster in Südmarokko

K u r z f a s s u n g: In dieser Arbeit wurde das Gefügemuster der klein- und großräumigen, lokal und regional wechselnden Vegetationsverhältnisse im Becken von Ouarzazate untersucht. Die Aufnahme der Vegetation als integrierendem Anzeiger des unterschiedlichen geoökologischen Standortcharakters und strukturell bedingter Landschaftseinheiten sollte zu einer Ableitung geoökologischer Grundtypen und ihrer Varianten und deren Zusammenfassung in einem generalisierten Modell in Form einer Catena und zur Ausweisung einer Übersichtskarte des geoökologischen Gefügemusters führen.

Als übergeordneter Faktor prägt die klimatische Trockenheit den gesamten Beckenraum mit der Ausbildung einer Trockensteppenvegetation und einer fast völlig fehlenden Bodenentwicklung. Es stellte sich heraus, daß in erster Linie die anthropogene Überformung durch extensive Viehwirtschaft mit Ziegen und Schafen zu einer Uniformisierung der Vegetation im Untersuchungsgebiet geführt hat. Dominierender Vegetationstyp auf allen flach geneigten älteren Glacisflächen des Beckens mit vorwiegend skelettreichen lehmigen Sanden ist der *Haloxylon articulatum* - Flächentyp, der keinerlei Variationen im Zusammenhang mit der West-Ost - Differenzierung der Niederschlags- und Temperaturverhältnisse oder durch geländeklimatische Gegebenheiten erfährt. Ebensovienig wirken sich das Alter beziehungsweise unterschiedliche klimagenetische und tektogenetische Prozesse bei der Ausbildung der die mio-pliozänen Beckensedimente überlagernden Glacisflächen oder dieser Sedimente selbst aus. Lediglich in der Dichte des Vegetationsbestandes macht sich bei zunehmendem Schluff- und Tongehalt der Substrate eine Differenzierung der *Haloxylon articulatum* - Vegetation durch eine Abnahme der Bestandesdichte bemerkbar, die jedoch auch nicht an geomorphologische oder geologische Untergrundstrukturen gebunden ist. Der auf dem weitaus größten Flächenanteil im Becken vertretene Vegetationstyp besitzt nur einen geringen Weidewert und wird nur von Ziegen in Ermangelung besserer Weidepflanzen beweidet und kennzeichnet daher das Becken von Ouarzazate durch ein nur geringes Weidepotential.

Kleinräumige Differenzierungen des *Haloxylon* - Flächentyps ergeben sich vor allem aufgrund reliefbedingter Standortvarianten:

Mit skelettarmen sandig-tonigen bis sandig-schluffigen Lehmen verfüllte flache Tiefenlinien und Depressionen zeigen einen meist dichten Bestand mit *Artemisia*

herba-alba als dominierender Leitvegetation. Zusammen mit dem höheren Weidewert dieser Art, die häufig mit einer größeren Anzahl weiterer Sträucher vergesellschaftet ist, stellen diese Standorte die einzigen reicheren Weidemöglichkeiten auf den Glacisniveaus dar.

Mit Hangneigungen größer als 30° einfallende Hänge, deren skelettreiche sandig-schluffige Lehme meist von einer grobblockigen Schuttauflage bedeckt sind und die aufgrund ihrer Substratverhältnisse und der topographischen Situation durch eine höhere edaphische Trockenheit gekennzeichnet sind, werden durch einen Bestand von *Farsetia Hamiltonii* und *Convolvulus Trabutianus* dominiert ohne eine expositionsabhängige Differenzierung aufzuweisen. Beide Arten besitzen keine Bedeutung als Weidepflanzen.

Nicht reliefbedingte Varianten des *Haloxylon* - Flächentyps, die auf den östlichen Teil des Beckens mit nur geringer flächenhafter Ausdehnung beschränkt sind und vergleichbare Substrat- und Reliefverhältnisse zum *Haloxylon* - Flächentyp aufweisen, sind in erster Linie auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen:

Das Vorkommen einer *Peganum Harmala* - Variante - einer für stark überweidete Standorte kennzeichnenden Ruderalvegetation - charakterisiert den einzigen gut zugänglichen Verbindungsweg zwischen dem Becken und dem Jbel Sarhro bzw. dem saharischen Süden, der häufig von der im Gebirgsbereich lebenden Bevölkerung und berberischen Nomaden als Zugang zum Marktort Boumalne genutzt wird.

Das Auftreten der von dem durch einen höheren Anteil guter Weidepflanzen gekennzeichneten *Helianthemum Lippii* - *Aristida obtusa* - Variante ist kleinräumig auf für die Beweidung aufgrund ihrer topographischen Situation ungünstigen Flächen im Nordosten des Beckens beschränkt.

Auf die unmittelbar randlich an die Gebirgsketten im Norden und Süden anschließenden Glacisniveaus, die häufig höhere Hangneigungen aufweisen und bedingt durch eine Vielzahl von Abflußbahnen eine stärker reliefierte Oberfläche zeigen, ist das Auftreten des *Artemisia herba-alba* - Flächentyps beschränkt. Die auf den skelettreichen, häufig verkrusteten sandig-tonigen Lehmen dominierende Art ist aufgrund ihres hohen Futterwertes und der Nutzung als medizinisch verwendbare Pflanze häufig degradiert und bietet aber

aufgrund ihrer geringen flächenhaften Verbreitung nur ein beschränktes Weidepotential.

Im Gegensatz zu den oben genannten Flächentypen stellen die *Farsetia Hamiltonii* - Variante des Haloxylon - Flächentyps und der Halophyten - Flächentyp, deren kleinräumige Verbreitung auf die jüngeren Flächenniveaus beschränkt ist, einen deutlichen Bezug zu den geologischen Verhältnissen des Untergrundes her:

Während die *Farsetia Hamiltonii*-Variante Standorte mit skelettreichen sandigen Lehmen, die im Gegensatz zum Haloxylon - Flächentyp keine Verkrustungen des Unterbodens aufweisen, ein ausgedehntes Tensiftien - Niveau mit einer nur mäßig hohen Salinität im zentralen Bereich des Beckens von Ouarzazate kennzeichnet, beschränkt sich der Halophyten - Flächentyp auf die skelettarmen schluffigen Sande des Soltanien - Niveaus und der alluvions modernes des Rharbien im Westen des Beckens. Kennzeichnend für deren im Gegensatz zu den älteren Flächenniveaus feinkörnigen Sedimente ist die mit nach Süden ansteigendem Grundwasserniveau der allgemein tiefer gelegenen Flächen einhergehende Zunahme der Salinität, die mit einer Dominanz halophiler Arten verbunden ist. Im Zusammenhang mit diesem Flächentyp treten eine Anzahl wertvollere Weidepflanzen wenn auch nur wieder mit geringer flächenhafter Verbreitung auf. Aufgrund ihrer Lage in dem stärkerem Beweidungsdruck ausgesetzten Westen des Untersuchungsgebietes, finden sich auch hier stets deutliche Spuren starker Überweidung.

Die größeren Wadis und Trockentäler, die gleichzeitig einen weiteren Standorttyp repräsentieren, gehören mit ihrer reichhaltigeren Vergesellschaftung verschiedener Sträucher und einem höheren Anteil von Phanerophyten, deren Auftreten häufig mit einer nebkä - Bildung verbunden ist, zu den wichtigsten Weidegebieten der extensiven Viehhaltung, so daß sich das auftretende Artenspektrum häufig zu weniger

beweideten bzw. vom Vieh gemiedenen Arten hin verschiebt. Die Strauchvegetation ist in der Regel durch Arten geprägt, die an die edaphische Trockenheit der sandig-lehmigen Schotterakkumulationen auf den Talsohlen angepaßt ist, während die Phanerophyten meist mit einer langen Wurzel ausgestattet sind, die die auf die größeren Wadis konzentrierten Grundwasserreservoirs erreichen. Kennzeichnend für Wadis mit regelmäßigem Abfluß oder hohem Grundwasserniveau, die im Gegensatz zu den Schotterverfüllungen eine Akkumulation von feinkörnigen Sedimenten aufweisen, ist die intensive Nutzung durch Anbauflächen.

Die geringe Verbreitung von Vegetationsbeständen mit guten Weidepflanzen im Zusammenhang mit den semiariden bis ariden klimatischen Verhältnissen und dem gleichzeitig hohen Beweidungsdruck eines trotz staatlicher Überwachung nicht den ökologischen Gegebenheiten des Untersuchungsgebiet angepaßten Viehbestandes haben zu einer Uniformisierung der Vegetation hin zu wenig wertvollen Pflanzenbeständen geführt. Eine ständig weitergehende Degradierung auch dieser artenarmen Gesellschaften insbesondere verstärkt bei Ausbleiben der annuellen Vegetation wie z.B. in den letzten, relativ trockenen Jahren, führt zu einer weiteren Entblößung der weitgespannten Flächensysteme im Becken von Ouarzazate von jeglicher Vegetation. Der sich damit weiter verstärkende Beweidungsdruck, der schließlich zu einer völligen Degradierung auch der an die extremen Standortverhältnisse angepaßten nahezu reinen *Haloxylon articulatum* - Bestände führen muß, schließt dann den Zirkel einer irreversiblen Schädigung der Vegetation. Lediglich ein rigoroser Schutz der häufig nur noch spärlichen Vegetationsbedeckung vor Überweidung und Nutzung als Brennmaterial usw. könnte eine Regenerierung der Vegetation ermöglichen. Dem jedoch steht eine ständig wachsende Bevölkerungszahl, mangelnde Information und vor allem eine fehlende oder nur langsame Veränderung der Infrastruktur im marokkanischen Süden gegenüber.

Geoecological structural patterns in Southern Morocco

S u m m a r y: The structural pattern of the small- and large-scale, local and regional vegetation conditions in the Ouarzazate basin was investigated. The objective was to map the vegetation as an integrating indicator of the different geoecological site types and the structural units of relief. From these results a generalized model in the form of a catena and a map of the geoecological structural pattern were obtained.

The main factor influencing the basin is its arid climate, causing a dry steppe vegetation and the almost total lack of soil formation. Results show that the uniformity of the vegetation in the study area is mainly due to anthropogenic influences (extensive goat and sheep pasturing). The *Haloxylon articulatum* - type of vegetation prevails on all the older, gently sloping glaciais plains covered with mainly loamy sands containing much stony material. Neither

the west-east differentiation of rainfall and temperature conditions, relief-linked climatic factors, age, various climate-genetic and tectogenetic processes during the formation of the glacia plains overlying the Mio-Pliocene basin sediments nor the sediments themselves produced any variation in this vegetation. The only differentiation in the *Haloxylon articulatum* vegetation was a decrease in density corresponding to increasing silt and clay content of the subsoil. However, this decrease is not linked to geomorphological or geological basement structures. The main type of vegetation in the basin has only a limited pasture value and is only grazed by goats for lack of better fodder. The Ouarzazate basin thus possesses only a low potential as pasture land. Small-scale variations in the *Haloxylon* type of vegetation are mainly due to relief-based variations in habitat.

Shallow drainageways and depressions filled with sandy-clayey to sandy-silty loam containing little stony material have a generally thick plant cover with *Artemisia herba-alba* predominating. Since this species has a higher grazing value and is often associated with numerous other shrubs these sites are the only abundant pasture areas on the glacia plains.

Farsetia Hamiltonii and *Convolvulus Trabutianus* predominate on slopes with gradients over 3°, characterized by a coarse debris layer overlying the stony, sandy-silty layer and by greater edaphic aridity due to subsoil conditions and topographic situation. There is no differentiation according to slope orientation. Neither species is important for pasturing.

There are varieties of the *Haloxylon* - type that are due primarily to anthropogenic rather than relief factors. They are limited to the eastern part of the basin, cover only small areas, and their subsoil and relief conditions are comparable to those of the *Haloxylon* type:

The *Peganum Harmala* - variety - a ruderal plant typical of overgrazed sites - occurs along the only easily accessible route from the Ouarzazate basin to Jbel Sarhro and the Saharien South which is often used by the mountain population and the Berber nomads to reach the market village of Boumalne.

The *Helianthemum Lippii* - *Aristida obtusa* - variety with its high proportion of good grazing plants is limited to the areas in the north-east of the basin where relief conditions render grazing almost impossible.

The *Artemisia herba-alba* - variety occurs only on the glacia immediately adjacent to the mountain chains in the north and south. These glacia frequently have

steeper slopes and a pronounced relief, due to the numerous run-off channels. This variety, prevalent on stony, often crustified sandy-clayey loams, is often degraded owing to its high fodder value and its use as a medicinal herb. Because it is not widespread its potential pasture value is limited.

In contrast to the above-mentioned types the *Farsetia Hamiltonii* - variety of the *Haloxylon* - type and the *Halophyte* - type, both limited to the more recent plains, reveal a clear correlation to the geological conditions of the bedrock:

The *Farsetia Hamiltonii* - variety is typical of sites with stony, sandy loams and (in contrast to the *Haloxylon* type) no subsoil crusts, i.e. an extensive Tensiftien plain with only moderate salinity in the centre of the Ouarzazate basin. The *Halophyte* - type, on the other hand, is restricted to the silty sands with low stone content found on the Soltanien plain and the Rharbien "alluvions modernes" in the western part of the basin. Unlike the older plains, the sediments here are fine-grained and increasingly saline as the groundwater level of the generally lower-lying plains rises in the south, resulting in a prevalence of halophile species. In connection with this vegetation type a number of more valuable pasture plants occur, but only in small patches. Because they are situated in the most heavily grazed region, the west of the study area, there are clear traces of heavy overgrazing here too.

The bigger wadis and dry valleys, which represent a further site type, have a more varied association of different shrubs and a higher proportion of phanerophytes, often linked to nebka formation. They belong to the most important grazing areas for extensive animal husbandry, frequently causing the range of species to shift towards the less popular species or those avoided entirely by grazing animals. The shrub vegetation is generally characterized by species adapted to the edaphic aridity of the sandy-loamy gravel deposits on the valley floors, whereas the phanerophytes mostly possess long roots extending down to the groundwater reserves in the bigger wadis. Those wadis with regular discharge or a high groundwater table and finegrained sediments as opposed to gravel accumulations are characterized by intensive cultivation.

The limited distribution of good pasture vegetation, together with the semi-arid - arid conditions and overgrazing have led to a uniform vegetation of low fodder value. The continuous degradation of these low-species associations, intensified by the absence of annuals as in recent, relatively dry years, results in the extensive flat areas of the Ouarzazate basin being increasingly denuded of any vegetation whatsoever. Thus the pressure caused by grazing is increased and

the inevitable result will be the total degradation of the *Haloxylon articulatum* vegetation, thus completing the process of irreversible damage to the vegetation. Plant regeneration is only possible if the remaining, often only sparse vegetation is rigorously

protected from overgrazing, use as fuel etc. However, this necessity is counterbalanced by a continuously increasing population, insufficient information and, above all, the lack or only slow improvement of infrastructure in southern Morocco.

Types géoécologiques au Maroc du Sud

R é s u m é : Dans le bassin de Ouarzazate le type structural de la répartition régionale et locale de la végétation en échelles différentes a été examiné. Le but était de comprendre la végétation comme indicateur intégrant des types géoécologiques différents du paysage et des unités structurales du relief. A la base des résultats de ces recherches un modèle généralisé sous forme d'une catena ainsi qu'une carte sommaire du modèle géoécologique ont été établis.

Comme facteur prédominant, la sécheresse climatique influence tout le bassin par la formation d'une végétation steppique et par le défaut d'une formation de sols. On démontre qu'avant tout la pâturage extensive des chèvres et des moutons mène à une dégradation de la végétation dans la région de recherches. Le type d'*Haloxylon articulatum* domine sur tous les glacis Pré-Rharbien dont l'inclinaison est seulement faible et qui sont couverts de grès argileux contenant beaucoup de matériel caillouteux. Ni la différenciation des pluies et de la température de l'ouest à l'est ou des facteurs climatiques dépendant du relief, ni l'âge ou les procès différents climagénétiques et tectogénétiques pendant la formation des glacis qui couvrent les sédiments Mio-Pliocènes du bassin, ni les sédiments eux-mêmes entraînent une variation de ce type de végétation. La seule variation du type d'*Haloxylon articulatum* est représentée par une diminution de la densité correspondant à l'accroissement de la quantité de silt et d'argile dans le substratum. Mais cette diminution ne correspond pas aux structures géomorphologiques ou au soubassement géologique. Ce type de végétation qui est prédominant dans le bassin a seulement une valeur très limitée comme pâture. Ce buisson est seulement mangé par des chèvres quand il n'y a pas de plantes mieux pâturables. Pour cette raison le bassin de Ouarzazate a seulement une valeur limitée comme région de pâturage.

Des variations à petite échelle de ce type d'*Haloxylon articulatum* dépendent surtout des variations du relief.

Les traces d'écoulement ou les dépressions faibles remplies de limons argilo-sableux à argilo-limoneux qui contiennent peu de squelette ont généralement une couverture relativement dense d'*Artemisia*

herba-alba comme végétation dominante. Parce que cette espèce est bien pâturable et parce qu'elle est souvent associée avec d'autres buissons, les habitats représentent les seules pâturages plus riches sur les glacis.

Farsetia Hamiltonii et *Convolvulus Trabutianus* prédominent sur les versants avec des inclinaisons plus de 30°, caractérisés par une couche de débris grossiers qui couvrent le substratum de limons argilo-limoneux caillouteux, et par une aridité édaphique plus accentuée en raison des conditions du substratum et de la situation topographique. Il n'y a pas de différenciation qui dépend de l'orientation des versants. Les deux espèces ne jouent aucune rôle pour la pâturage.

Les variations du type d'*Haloxylon* dépendent plutôt de l'influence de l'homme que du relief, et n'existent qu'à la partie orientale du bassin et couvrent seulement de superficies limitées. Les conditions du substratum et du relief sont comparables à celles du type d'*Haloxylon*.

La variante avec une supériorité de *Peganum Harmala* - une plante rudérale typique pour des régions surpâturées - ne se trouve que le long de la seule route accessible qui mène du bassin de Ouarzazate à la région du Jbel Sarhro et le Sud saharien. Elle est fréquentée par la population de la montagne et des nomades berbères pour atteindre le lieu de commerce Boumalne.

La variante de *Helianthemum Lippii* - *Aristida obtusa* qui est d'une valeur pâturable plus grande est limitée aux régions au nord-est du bassin, où les conditions du relief rendent l'accès plus difficile.

La variante d'*Artemisia herba-alba* se trouve seulement sur les glacis qui s'attachent immédiatement aux chaînes de montagne au nord et au sud. La plupart des ces glacis a des versants plus inclinés et un relief plus prononcé qui résulte de nombreux chénaux d'écoulement. Cette variante qui prédomine sur des limons argilo-sableux caillouteux croûtés par endroits, est souvent dégradée à cause de sa valeur comme plante pâturable et de l'usage comme plante médicinale. Parce que cette variante n'est pas très répandue, le potentiel pâturable est limité.

Contrairement aux types susmentionnés, la variante de *Farsetia Hamiltonii* du type d'Haloxylon et le type des Halophytes, tous les deux limités aux plaines plus récentes, montrent une relation marquée aux conditions géologiques du soubassement:

La variante de *Farsetia Hamiltonii* est typique pour des habitats avec des limons sableux et caillouteux et - contrairement au type d'Haloxylon - sans croûtes. Il s'agit d'un niveau étendu Tensiftien qui se trouve dans le centre du bassin de Ouarzazate et dont les sols sont seulement médiocrement salés.

Par contre, le type des Halophytes est restreint aux sables limoneux non caillouteux qui se trouvent sur un niveau Soltanien et sur les alluvions modernes Rharbiens dans la partie occidentale du bassin. Au contraire des niveaux Pré-Soltaniens, les sédiments y sont à grain fin. La salinité augmente vers le sud comme la nappe d'eau souterraine s'approche de la surface des plaines moins élevées à la partie méridionale du bassin. La végétation consiste en espèces halophiles. Dans ce type de végétation, il y a une certaine nombre des plantes pâturables, mais elles n'existent qu'en petites taches, parce que ce type se trouve dans la région la plus pâturée, c'est à dire la partie occidentale de la région examinée. Pour cette raison, on y trouve aussi des signes distincts de surpâturage.

Les oueds et les vallées sèches plus grandes qui représentent un autre type d'habitat contiennent une association des buissons plus variée et un plus grand nombre des phanérophytes, qui souvent entraînent le développement des 'nebkas'. Ce type caractérise les régions les plus importantes pour la pâturage

extensive qui souvent mène à un remplacement de cette végétation par des espèces moins pâturables ou même non pâturées. La végétation des arbrisseaux est généralement caractérisée par des espèces adaptées à la sécheresse édaphique sur des accumulations de cailloux sableux-limoneux sur les fonds des vallées. Les phanérophytes possèdent souvent des racines très longues qui atteignent les ressources d'eaux souterraines sous les grands oueds. Les oueds avec un écoulement régulière ou avec une haute surface d'eau souterraine et des sédiments à grain fin sont caractérisés par une cultivation intense.

La distribution limitée de plantes bien pâturables ainsi que des conditions semi-arides à arides et la surpâturage provoquent l'uniformité de la végétation sans valeur pâturable. La dégradation continuelle de ces associations pauvres en espèces qui est aggravée par l'absence de plantes annuelles - par exemple pendant les années passées à cause d'une sécheresse extrême - mènent à une réduction de la végétation sur les surfaces étendues dans le bassin de Ouarzazate. Ainsi la pression de pâturage fut aggravée conduisant au résultat d'une dégradation inévitable de la végétation d'Haloxylon et complètement ainsi le procès de la dévastation irréversible de toute la végétation. Une régénération de la végétation serait seulement possible si les restes de la végétation, souvent ne plus que pauvres, sont protégés contre la surpâturage, l'usage comme combustible etc.

Mais une population toujours croissante, le manque d'information des habitants et avant tout, le déficit ou une réforme seulement très lente de l'infrastructure dans le Maroc du Sud s'opposent à cette nécessité.

Berliner Geographische Abhandlungen

Im Selbstverlag des Instituts für Physische Geographie der Freien Universität Berlin,
Altensteinstraße 19, D-1000 Berlin 33 (Preise zuzüglich Versandkosten)

- Heft 1: HIERSEMENZEL, Sigrid-Elisabeth (1964)
Britische Agrarlandschaften im Rhythmus des landwirtschaftlichen Arbeitsjahres, untersucht an 7 Einzelbeispielen. – 46 S., 7 Ktn., 10 Diagramme.
ISBN 3-88009-000-9 (DM 5,-)
- Heft 2: ERGENZINGER, Peter (1965)
Morphologische Untersuchungen im Einzugsgebiet der Ilz (Bayerischer Wald). – 48 S., 62 Abb.
ISBN 3-88009-001-7 (*vergriffen*)
- Heft 3: ABDUL-SALAM, Adel (1966)
Morphologische Studien in der Syrischen Wüste und dem Antilibanon. – 52 S., 27 Abb. im Text, 4 Skizzen, 2 Profile, 2 Karten, 36 Bilder im Anhang.
ISBN 3-88009-002-5 (*vergriffen*)
- Heft 4: PACHUR, Hans-Joachim (1966)
Untersuchungen zur morphoskopischen Sandanalyse. – 35 S., 37 Diagramme, 2 Tab., 21 Abb.
ISBN 3-88009-003-3 (*vergriffen*)
- Heft 5: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. I. Feldarbeiten 1964/65 (1967)
65 S., 34 Abb., 1 Kte.
ISBN 3-88009-004-1 (*vergriffen*)
- Heft 6: ROSTANKOWSKI, Peter (1969)
Siedlungsentwicklung und Siedlungsformen in den Ländern der russischen Kosakenheere. – 84 S., 15 Abb., 16 Bilder, 2 Karten.
ISBN 3-88009-005-X (DM 15,-)
- Heft 7: SCHULZ, Georg (1969)
Versuch einer optimalen geographischen Inhaltsgestaltung der topographischen Karte 1:25 000 am Beispiel eines Kartenausschnittes. – 28 S., 6 Abb. im Text, 1 Kte. im Anhang.
ISBN 3-88009-006-8 (DM 10,-)
- Heft 8: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. II. Feldarbeiten 1965/66 (1969)
82 S., 15 Abb., 27 Fig., 13 Taf., 11 Karten.
ISBN 3-88009-007-6 (DM 15,-)
- Heft 9: JANNSEN, Gert (1970)
Morphologische Untersuchungen im nördlichen Tarso Voon (Zentrales Tibesti). – 66 S., 12 S. Abb., 41 Bilder, 3 Karten.
ISBN 3-88009-008-4 (DM 15,-)
- Heft 10: JÄKEL, Dieter (1971)
Erosion und Akkumulation im Enneri Bardague-Araye des Tibesti-Gebirges (zentrale Sahara) während des Pleistozäns und Holozäns. – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti, 55 S., 13 Abb., 54 Bilder, 3 Tabellen, 1 Nivellement (4 Teile), 60 Profile, 3 Karten (6 Teile).
ISBN 3-88009-009-2 (20,-)
- Heft 11: MÜLLER, Konrad (1971)
Arbeitsaufwand und Arbeitsrhythmus in den Agrarlandschaften Süd- und Südostfrankreichs: Les Dombes bis Bouches-du-Rhone. – 64 S., 18 Karten, 26 Diagramme, 10 Fig., zahlreiche Tabellen.
ISBN 3-88009-010-6 (DM 25,-)

Berliner Geographische Abhandlungen

Im Selbstverlag des Instituts für Physische Geographie der Freien Universität Berlin,
Altensteinstraße 19, D-1000 Berlin 33 (Preise zuzüglich Versandkosten)

- Heft 12: OBENAUF, K. Peter (1971)
Die Enneris Gonoa, Toudoufou, Oudingueur und Nemagayesko im nordwestlichen Tibesti. Beobachtungen zu Formen und Formung in den Tälern eines ariden Gebirges. – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 70 S., 6 Abb., 10 Tab., 21 Photos, 34 Querprofile, 1 Längsprofil, 9 Karten.
ISBN 3-88009-011-4 (DM 20,—)
- Heft 13: MOLLE, Hans-Georg (1971)
Gliederung und Aufbau fluviatiler Terrassenakkumulation im Gebiet des Enneri Zoumri (Tibesti-Gebirge). – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 53 S., 26 Photos, 28 Fig., 11 Profile, 5 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-012-2 (DM 10,—)
- Heft 14: STOCK, Peter (1972)
Photogeologische und tektonische Untersuchungen am Nordrand des Tibesti-Gebirges, Zentral-Sahara, Tchad. – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 73 S., 47 Abb., 4 Karten.
ISBN 3-88009-013-0 (DM 15,—)
- Heft 15: BIEWALD, Dieter (1973)
Die Bestimmungen eiszeitlicher Meeresoberflächentemperaturen mit der Ansatztiefe typischer Korallenriffe. – 40 S., 16 Abb., 26 Seiten Figuren und Karten.
ISBN 3-88009-015-7 (DM 10,—)
- Heft 16: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. III. Feldarbeiten 1966/67 (1972)
156 S., 133 Abb., 41 Fig., 34 Tab., 1 Karte.
ISBN 3-88009-014-9 (DM 45,—)
- Heft 17: PACHUR, Hans-Joachim (1973)
Geomorphologische Untersuchungen im Raum der Serir Tibesti (Zentralsahara). – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 58 S., 39 Photos, 16 Fig. und Profile, 9 Tabellen, 1 Karte.
ISBN 3-88009-016-5 (DM 25,—)
- Heft 18: BUSCHE, Detlef (1973)
Die Entstehung von Pedimenten und ihre Überformung, untersucht an Beispielen aus dem Tibesti-Gebirge, République du Tchad. – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 130 S., 57 Abb., 22 Fig., 1 Tab., 6 Karten.
ISBN 3-88009-017-3 (DM 40,—)
- Heft 19: ROLAND, Norbert W. (1973)
Anwendung der Photointerpretation zur Lösung stratigraphischer und tektonischer Probleme im Bereich von Bardai und Aozou (Tibesti-Gebirge, Zentral-Sahara). – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 48 S., 35 Abb., 10 Fig., 4 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-018-1 (DM 20,—)
- Heft 20: SCHULZ, Georg (1974)
Die Atlaskartographie in Vergangenheit und Gegenwart und die darauf aufbauende Entwicklung eines neuen Erdatlas. – 59 S., 3 Abb., 8 Fig., 23 Tab., 8 Karten.
ISBN 3-88009-019-X (DM 35,—)
- Heft 21: HABERLAND, Wolfram (1975)
Untersuchungen an Krusten, Wüstenlacken und Polituren auf Gesteinsoberflächen der nördlichen und mittleren Sahara (Libyen und Tchad). – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 71 S., 62 Abb., 24 Fig., 10 Tab.
ISBN 3-88009-020-3 (DM 50,—)

Berliner Geographische Abhandlungen

Im Selbstverlag des Instituts für Physische Geographie der Freien Universität Berlin,
Altensteinstraße 19, D-1000 Berlin 33 (Preise zuzüglich Versandkosten)

- Heft 22: GRUNERT, Jörg (1975)
Beiträge zum Problem der Talbildung in ariden Gebieten, am Beispiel des zentralen Tibesti-Gebirges (Rep. du Tchad). – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 96 S., 3 Tab., 6 Fig., 58 Profile, 41 Abb., 2 Karten.
ISBN 3-88009-021-1 (DM 35,-)
- Heft 23: ERGENZINGER, Peter Jürgen (1978)
Das Gebiet des Enneri Misky im Tibesti-Gebirge, Republique du Tchad – Erläuterungen zu einer geomorphologischen Karte 1:200 000. – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 60 S., 6 Tabellen, 24 Fig., 24 Photos, 2 Karten.
ISBN 3-88009-022-X (DM 40,-)
- Heft 24: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. IV. Feldarbeiten 1967/68, 1969/70, 1974 (1976)
24 Fig., 79 Abb., 12 Tab., 2 Karten.
ISBN 3-88009-023-8 (DM 30,-)
- Heft 25: MOLLE, Hans-Georg (1979)
Untersuchungen zur Entwicklung der vorzeitlichen Morphodynamik im Tibesti-Gebirge (Zentral-Sahara) und in Tunesien. – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 104 S., 22 Abb., 40 Fig., 15 Tab., 3 Karten.
ISBN 3-88009-024-6 (DM 35,-)
- Heft 26: BRIEM, Elmar (1977)
Beiträge zur Genese und Morphodynamik des ariden Formenschatzes unter besonderer Berücksichtigung des Problems der Flächenbildung am Beispiel der Sandschwemmebenen in der östlichen Zentralsahara. – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 89 S., 38 Abb., 23 Fig., 8 Tab., 155 Diagramme, 2 Karten.
ISBN 3-88009-025-4 (DM 25,-)
- Heft 27: GABRIEL, Baldur (1977)
Zum ökologischen Wandel im Neolithikum der östlichen Zentralsahara. – Arbeit aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. 111 S., 9 Tab., 32 Fig., 41 Photos, 2 Karten.
ISBN 3-88009-026-2 (DM 35,-)
- Heft 28: BÖSE, Margot (1979)
Die geomorphologische Entwicklung im westlichen Berlin nach neueren stratigraphischen Untersuchungen. – 46 S., 3 Tab., 14 Abb., 25 Photos, 1 Karte.
ISBN 3-88009-027-0 (DM 14,-)
- Heft 29: GEHRENKEMPER, Johannes (1978)
Ranas und Reliefgenerationen der Montes de Toledo in Zentralspanien. – 81 S., 68 Abb., 3 Tab., 32 Photos, 2 Karten.
ISBN 3-88009-028-9 (DM 20,-)
- Heft 30: STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1978)
Geomorphologische Detailaufnahme. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm I. – 90 S., 38 Abb. und Beilagen, 17 Tab.
ISBN 3-88009-029-7 (DM 18,-)
- Heft 31: BARSCH, Dietrich & LIEDTKE, Herbert (Hrsg.) (1980)
Methoden und Anwendbarkeit geomorphologischer Detailkarten. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm II. – 104 S., 25 Abb., 5 Tab.
ISBN 3-88009-030-5 (DM 17,-)

Berliner Geographische Abhandlungen

Im Selbstverlag des Instituts für Physische Geographie der Freien Universität Berlin,
Altensteinstraße 19, D-1000 Berlin 33 (Preise zuzüglich Versandkosten)

- Heft 32: Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti. V. Abschlußbericht (1982)
182 S., 63 Fig. und Abb., 84 Photos, 4 Tab., 5 Karten.
ISBN 3-88009-031-3 (DM 60,—)
- Heft 33: TRETER, Uwe (1981)
Zum Wasserhaushalt schleswig-holsteinischer Seengebiete. — 168 S., 102 Abb., 57 Tab.
ISBN 3-88009-032-1 (DM 40,—)
- Heft 34: GEHRENKEMPER, Kirsten (1981)
Rezenter Hangabtrag und geoökologische Faktoren in den Montes de Toledo, Zentralspanien. —
78 S., 39 Abb., 13 Tab., 24 Photos, 4 Karten.
ISBN 3-88009-033-5 (DM 20,—)
- Heft 35: BARSCH, Dietrich & STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1982)
Erträge und Fortschritte der geomorphologischen Detailkartierung. Beiträge zum GMK-Schwer-
punktprogramm III. — 134 S., 23 Abb., 5 Tab., 5 Beilagen.
ISBN 3-88009-034-8 (DM 30,—)
- Heft 36: STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1984)
Regionale Beiträge zur Geomorphologie. Vorträge des Ferdinand von Richthofen-Symposiums,
Berlin 1983. — 140 S., 67 Abb., 6 Tabellen.
ISBN 3-88009-035-1 (DM 35,—)
- Heft 37: ZILLBACH, Käthe (1984)
Geoökologische Gefügemuster in Süd - Marokko. Arbeit im Forschungsprojekt Mobilität aktiver
Kontinentalränder. — 95 S., 61 Abb., 2 Tab., 3 Karten.
ISBN 3-88009-036-X (DM 18,—)
- Heft 38: WAGNER, Peter (1984)
Rezente Abtragung und geomorphologische Bedingungen im Becken von Ouarzazate (Süd - Marok-
ko). Arbeit im Forschungsprojekt Mobilität aktiver Kontinentalränder. — 110 S., 63 Abb., 48 Tab.,
3 Karten.
ISBN 3-88009-037-8 (DM 18,—)
- Sonderheft: LESER, Hartmut & STÄBLEIN, Gerhard (Hrsg.) (1975)
Geomorphologische Kartierung. Richtlinien zur Herstellung geomorphologischer Karten 1:25 000,
herausgegeben vom Arbeitskreis Geomorphologische Karte der Bundesrepublik Deutschland. —
39 S. (*vergriffen*)

Abb.3 Übersichtskarte des Beckens von Ouarzazate

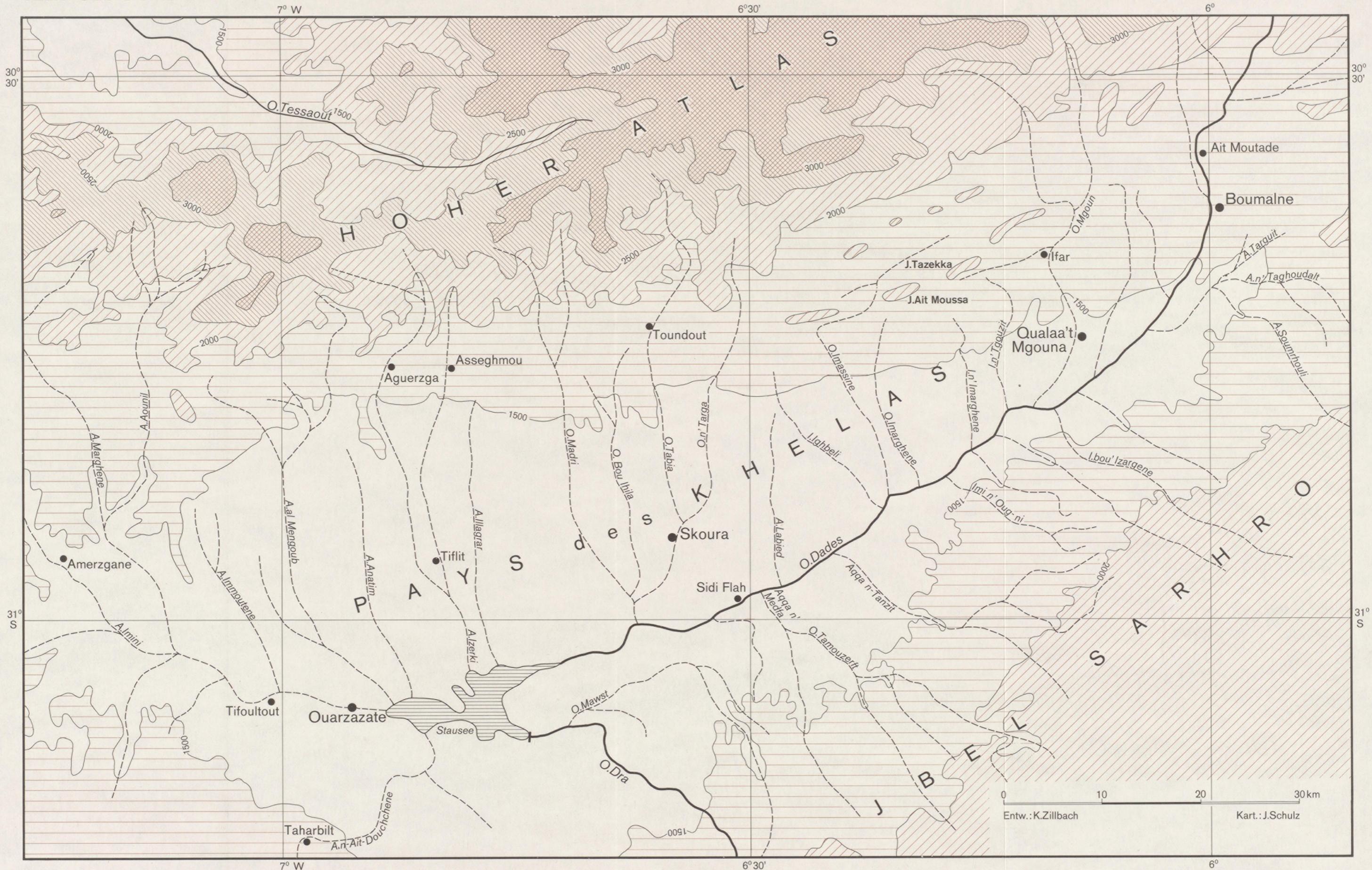


Abb. 4 Geologische Übersichtskarte des Beckens von Ouarzazate

