

- : On the Short-Term Predictability of Frost and Frost Protection - a Case Study on Dunsandle Tea Estate in the Nilgiris (South India). *Agricultural Meteorology*, 19, 1978, im Druck.
- MARBY, H.: Tea in Ceylon. An Attempt at a Regional and Temporal Differentiation of the Tea Growing Areas in Ceylon. *Geocological Research*, Vol. 1, Wiesbaden 1972.
- MITCHELL, N.: The Indian Hill-Station: Kodaikanal. University of Chicago, Department of Geography Research Paper No. 141, Chicago 1972.
- RAMDAS, L. A.: Frost Hazard in India. *Current Science*, 3, 325-333, 1935.
- : Crops and Weather in India. New Delhi 1961.
- : Weather and Climatic Pattern. In: K. S. MANI (Hg.), *Ecology and Biogeography in India*, The Hague, 99-134, 1974.
- SAPPER, K.: Die Tropen. Natur und Mensch zwischen den Wendekreisen. Stuttgart 1923.
- SCHNEIDER, M.: Begriff und Einteilung des Frostes. In: F. SCHNELLE (Hg.) 1963, 3-12.
- SCHNELLE, F. (Hg.): Frostschutz im Pflanzenbau. Quellenwerk über den Nachtfrost, seine Entstehung, Vorhersage und Abwehr, Band I (Die meteorologischen und biologischen Grundlagen der Frostschadensverhütung), München 1963.
- : Physiologische Ursachen der Frostschäden. In: F. SCHNELLE (Hg.) 1963, 384-390, 1963a.
- : Die verschiedenen Formen der Frostschäden. In: F. SCHNELLE (Hg.) 1963, 391-394, 1963b.
- SCHWEINFURTH, U.: Geoökologische Beziehungen zwischen der temperierten Zone der Südhalbkugel und den Tropenbergen im australasiatischen Sektor. *Erdwissenschaftliche Forschungen*, Band 11, Wiesbaden, im Druck.
- VAN STEENIS, C. G. G. J.: Frost in the Tropics. In: R. MISRA und B. GOPAL (Hg.), *Proceedings of the Symposium on Recent Advances in Tropical Ecology*, Vol. 1, Varanasi, 154-167, 1972.
- SUPAN, A.: Die Temperaturzonen der Erde. *Petermanns Geographische Mitt(h)eilungen*, 25, 349-358, 1879.
- SYKES, W. H.: Discussions of Meteorological Observations Taken in India, at Various Heights, Embracing those at Dodabetta on the Neelgherry Mountains, at 8640 Feet above the Level of the Sea. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London for the Year 1850, Part I*, London, 297-378, 1850.
- TROLL, C.: Thermische Klimatypen der Erde. *Petermanns Mitteilungen*, 89, 81-89, 1943a.
- : Die Frostwechselfrequenz in den Luft- und Bodenklimaten der Erde. *Meteorologische Zeitschrift*, 60, 161-171, 1943b.
- : Die tropischen Gebirge. Ihre dreidimensionale klimatische und pflanzengeographische Zonierung. *Bonner Geographische Abhandlungen*, Heft 25, Bonn 1959.
- : Karte der Jahreszeitenklimate der Erde. *Erdkunde*, 18, 5-28 (mit Kartenbeilage: C. TROLL und K. PAFEN, „Die Jahreszeitenklimate der Erde“), 1964.
- VAUPEL, A.: Advektivfrost und Strahlungsfrost. *Mitteilungen des Deutschen Wetterdienstes*, Band 17, Offenbach 1959.
- WADDELL, E.: The Mound Builders. *Agricultural Practices, Environment, and Society in the Central Highlands of New Guinea*. Seattle/London 1972.
- : Frost over Niugini. A Retrospect on Bungled Relief. *New Guinea*, 8, 39-49, 1974.
- VON WERNER, D.: Land Use and Settlement on the High Plains around Nuwara Eliya, Ceylon. (unveröff.) Dissertation, Naturwiss. Fak., Heidelberg 1972.
- VON WISSMANN, H.: Pflanzenklimatische Grenzen der warmen Tropen. *Erdkunde*, 2, 81-92, 1948.
- World Meteorological Organization* (Hg.): Protection against Frost Damage. WMO Technical Note, No. 51, (Nachdruck, 1. Aufl. 1963) Geneva 1969.
- YOSHINO, M. M.: Climate in a Small Area. An Introduction to Local Meteorology. Tokyo 1975.

NORDAFRIKANISCHE TROCKENSTEPPENGESELLSCHAFTEN

Zur ökologischen Erklärung der räumlichen Differenzierung der Vegetation zwischen Mittelmeer und Sahara¹⁾

Mit 4 Abbildungen, 4 Photographien, 2 Tabellen und 2 Beilagen (II a + b)

KLAUS MÜLLER-HOHENSTEIN

Summary: North African arid steppe societies

In contrast to the Mediterranean and even to the northern Sahara the vegetation of the North African belt of arid steppe has so far only been accorded description in surveys of relatively large areas.

This study represents an attempt to make a more exact registration of the most significant plant societies of this

region in the case of the high plateau of eastern Morocco. Defined on the basis of plant sociology *Stipa tenacissima* and *Artemisia herba-alba* societies and their distribution patterns are discussed and explained with the help of selected parameters of edaphic and climatic variants.

The results are indispensable as a basis for further investigations of the economic potential of regions of arid steppe.

¹⁾ Die Grundlagen der hier vorgestellten Ergebnisse wurden während eines 18monatigen Aufenthalts in Marokko in den Jahren 1973/74 im Gelände erarbeitet. Das war nur mit Hilfe einer großzügigen Unterstützung der DFG möglich, der auch an dieser Stelle dafür gedankt sei.

Die vegetationskundliche Erforschung Nordwestafrikas ist im Vergleich zu anderen afrikanischen Räumen erstaunlich weit fortgeschritten. Schon seit der Mitte des 19. Jahrhunderts haben französische Bota-

niker die floristischen Grundlagen im Maghreb erarbeitet (COSSON 1855, 1871; BATTANDIER und TRABUT 1888–1890, 1895). Vor über sechs Jahrzehnten berichtete MARTIN RIKLI (1912) über seine Reise vom Mittelmeer zum Nordrand der Sahara. Er diskutiert bereits Fragen der charakteristischen Zusammensetzung, der örtlichen Bindung und der räumlichen Anordnung von Pflanzengesellschaften.

In der Folgezeit wurden sowohl im eigentlichen klimatisch und durch die Pflanzengesellschaften bestimmten Mittelmeerraum als auch in den wirklich wüstenhaften, saharischen Räumen grundlegende vegetationskundliche Fragen beantwortet. Heute sind hier die potentiell natürlichen Vegetationsformationen weitgehend bekannt, ebenso die gegenwärtigen Ersatzgesellschaften. Ihre Verbreitungsmuster wurden auf pflanzensoziologischer Grundlage erfaßt und in ihrer Abhängigkeit von den natürlichen Faktoren und den menschlichen Einflüssen erklärt. In erster Linie sind hier Arbeiten von EMBERGER (1939), KILLIAN (1943) und QUEZEL (1965) zu nennen.

Zwischen den mediterranen und den saharischen Landschaften, den Küstenebenen und Tellketten im Norden und den wüstenhaften Räumen südlich der Massive des Anti- und Saharaatlas im Süden erstrecken sich im Maghreb die „Hautes plaines algéro-marocaines“. Die Pflanzengesellschaften dieses Raumes, der sich von Ostmarokko bis in den algerisch-tunesischen Grenzbereich erstreckt und der auch als „nordafrikanischer Trockensteppengürtel“ bezeichnet wird, sind bisher kaum näher untersucht worden.

Wie sieht das Pflanzenkleid in diesem Übergangsbereich aus, in dem mediterrane und saharische Einflüsse wirksam werden? Haben sich hier eigenständige Pflanzengesellschaften entwickelt, und wie lassen sich diese gegebenenfalls von den mediterranen und saharischen Gesellschaften abgrenzen? Welche standörtlichen Differenzierungen und kleinräumigen Verbreitungsmuster sind dabei zu erkennen?

Es wird versucht, diese Fragen im folgenden wenigstens teilweise zu beantworten. Für die Geländearbeiten wurden stellvertretend für den nordafrikanischen Trockensteppenraum die ostmarokkanischen Hochplateaus gewählt. Zunächst wird mit Hilfe des Formationsbegriffs die Vegetation dieser Hochplateaus und ihrer mediterranen bzw. saharischen Randlandschaften gekennzeichnet. Nähere Standortuntersuchungen auf den Hochplateaus selbst erlauben sodann eine Skizzierung der Verbreitung verschiedener Pflanzengesellschaften und Gesellschaftsvarianten. Ihre Verbreitungsmuster werden mit ausgewählten Parametern aus dem edaphischen und klimatischen Bereich erklärt.

Die Vegetationsformationen der ostmarokkanischen Hochplateaus und ihrer Randlandschaften

Begrenzt werden diese Hochplateaus im Norden von der Steilstufe der Gaada von Debdou, etwa auf

der Verbindungslinie der Städte Taza und Oujda, im Süden von niedrigen Saharaatlasketten zwischen Midelt und Bouarfa. Die Westgrenze ist die Moulouya-senke und der Ostabfall des Mittleren Atlas, die Ostgrenze schließlich eine bloß politische, die Landesgrenze zwischen Marokko und Algerien, die einen einheitlichen Naturraum durchschneidet.

Nähert man sich den Hochplateaus von der Mittelmeerküste her, so müssen mit dem Küstensaum selbst und den östlichen Rifausläufern Räume gequert werden, deren Pflanzenkleid durch mediterrane Vegetationsformationen gekennzeichnet ist. Stellenweise sind es noch naturnahe Wälder, so in den Beni Snassen, wo wegen der relativ großen Sommertrockenheit der eigentliche westmediterrane Charakterbaum, die Steineiche (*Quercus ilex*), durch die Berberthuya (*Tetraclinis articulata*) ersetzt ist. Es überwiegen aber die ebenso typischen wie anthropogen bedingten Ersatzgesellschaften aus verschiedenen immergrünen Sträuchern, die Macchien. Mediterrane Hartlaubgehölze bedecken auch den feuchten, nach Norden gerichteten Steilabfall der Gaada von Debdou. Nur wenige Kilometer südlich dieser markanten Reliefgrenze treten die Holzgewächse in gleichem Maß zurück und verschwinden schließlich ganz, wie Trockensteppenformationen, in denen das Halfagras (*Stipa tenacissima*) dominiert, Platz greifen.

Der saharische Raum südlich der Hochplateaus besitzt vom Formenschatz und vom Pflanzenkleid her alle Charakteristika, die pauschal als wüstenhaft bezeichnet werden. In Beckenlagen, wie schon im Tamlelt, kommt es örtlich zur Ausbildung von Dünenfeldern und kleinen serir-Flächen; die hamada, die Felswüste, überwiegt jedoch. Pflanzengeographisch muß hier mit WALTER (1963) von kontrahierter Vegetation gesprochen werden, was besagt, daß im Gegensatz zu diffus verbreiteten pflanzlichen Individuen hier die wenigen perennierenden Arten und besonders die kennzeichnenden Therophytenfluren nach größeren Niederschlagsereignissen überwiegend in Tiefenlinien und Senken ausgebildet werden, wo mit Zuschußwasser aus umliegenden Hangbereichen zu rechnen ist. In den nördlich anschließenden höheren Gebirgsmassiven (z. B. Jebel Mesrouk, 2114 m) fehlen die mediterranen Stufen fast ganz. Über der Baumgrenze sind Dornpolsterformationen mit *Bupleurum spinosum* und Astragalusarten kennzeichnend, die eigentlichen, sehr lockeren Gehölzformationen werden vom Schwarzen Wacholder (*Juniperus thurifera*) gebildet. Sie reichen in Ostmarokko auf der Nordabdachung der Gebirgszüge nur bis etwa 1600 m hinunter und werden dort, an der Südgrenze der Hochplateaus, wieder von Halfagrasgesellschaften abgelöst.

Das im Westen den Hochplateaus vorgelagerte Massiv des Mittleren Atlas ist vegetationsgeographisch anders als die Sahara-Atlasketten zu charakterisieren. Zwar sind auch hier über der Baumgrenze ganz ähnliche Dornpolstergesellschaften verbreitet, die darunterliegende Gehölzformation ist aber ein wenigstens noch

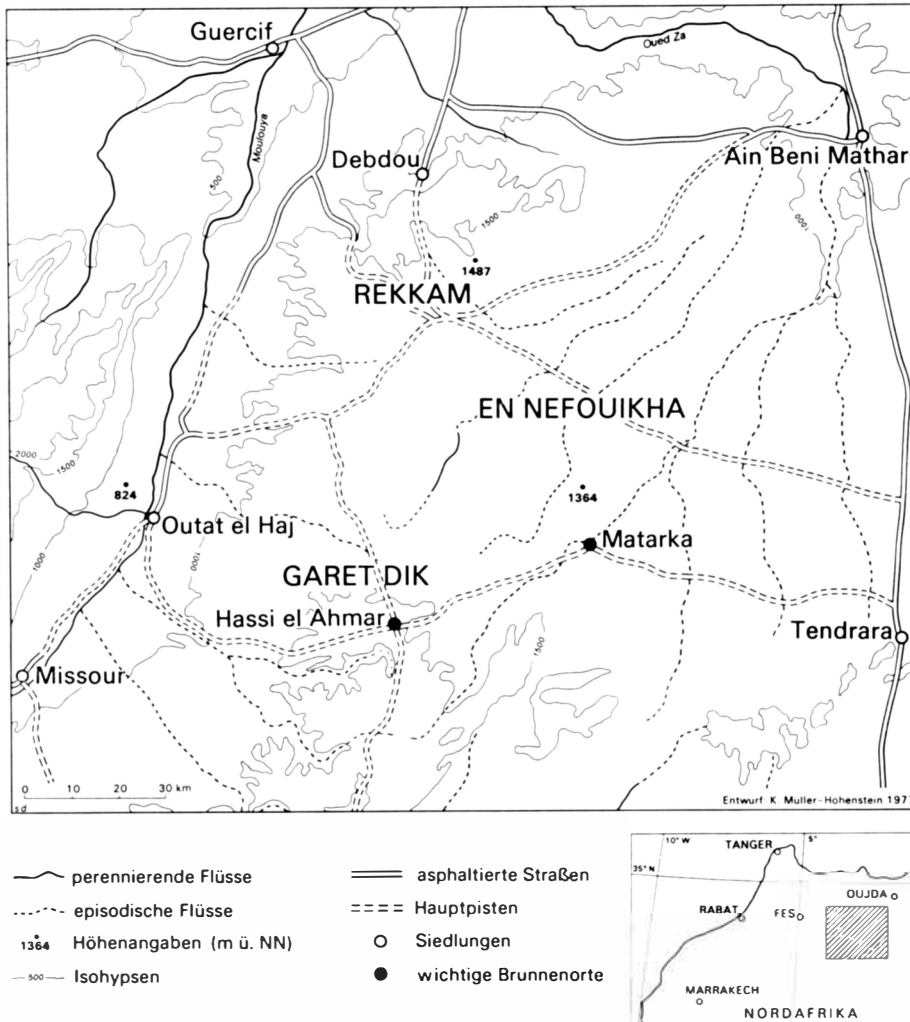


Abb. 1: Die Ostmarokkanischen Hochplateaus – Übersichtsskizze
General sketch of the high plateau of eastern Morocco

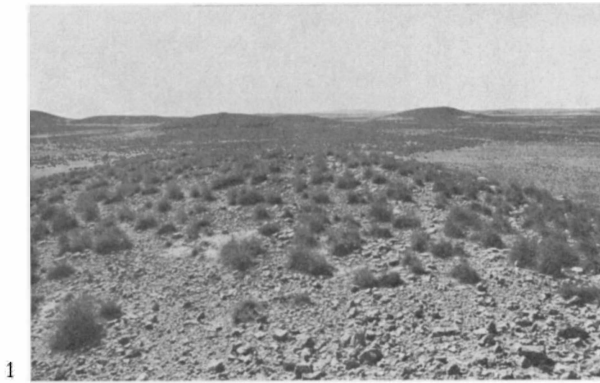
stellenweise gut erhaltener Zedernwald (*Cedrus atlantica*). Auf dem nach Osten gerichteten Steilabfall des Mittleren Atlas schließen sich nach unten mediterrane Gehölzformationen an, im Mittleren Moulouyabecken wird wieder die untere Waldgrenze erreicht. Chenopodiaceengesellschaften mit *Haloxylon scoparium*, *Salsola*- und *Sueda*-Arten und auch der Kameldorn (*Ziziphus lotus*) indizieren besonders aride, ja saharische Verhältnisse für diesen Raum. Erst weiter im Osten setzen mit fast linienhafter Begrenzung auf dem stark zerriedelten Rand der Hochplateaus wiederum die schon genannten Halfagrasgesellschaften ein.

Es muß bisher der Eindruck entstanden sein, daß die 1200 bis 1400 m hoch gelegenen ostmarokkanischen Hochplateaus vegetationsgeographisch ausschließlich durch eine Trockensteppenformation zu kennzeichnen sind, in der überwiegend das Halfagras bestandbildend auftritt. Das trifft aber nur für Teilräume zu.

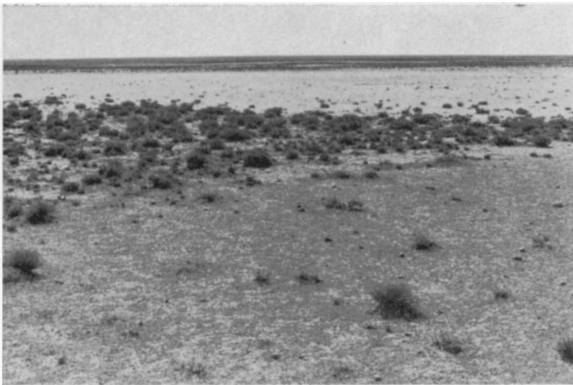
Nach den Grundsätzen der Naturräumlichen Gliederung müssen in den hier vorgestellten Bereichen (vgl. Abb. 1) drei naturräumliche Haupteinheiten unterschieden werden.

Im Westen ist in Höhenlagen um 1400 m über jurassischen Kalken und Dolomiten eine flachwellige bis kuppige Rumpffläche ausgebildet, die im langjährigen Mittel ± 400 mm Niederschlag erhält (Rekkam, vgl. Abb. 1). Die Böden oder bodenäquivalenten Substrate sind steinig und flachgründig. Auch auf den stellenweise in Schloten die Deckgebirgsserien durchstoßenden jungtertiären bis altquartären, basaltischen Laven herrschen gleiche Verhältnisse. Hier überwiegen in der Tat die Halfagrasgesellschaften (Photo 1).

Im Osten herrschen in etwas geringerer Höhenlage um 1200 m bei nur noch 200 bis 300 mm Jahresniederschlag fast völlig ebene Flächen vor, die auch genetisch ganz anders zu deuten sind (En Nefonikha). Es sind



1



2



3

Photo 1: *Stipa tenacissima*-Gesellschaften im sandig-steinigen Milieu der Rumpfflächen (Rekkam)
Stipa tenacissima societies in the sandy-stoney milieu of the planation surfaces (Rekkam)

Photo 2: *Artemisia herba-alba*-Gesellschaften im steinig-kiesigen, feinsandigen und lehmig-tonigen Milieu der Aufschüttungsebenen (En Nefouikha)
Artemisia herba-alba societies in the milieu of the stone and gravel, fine sand and loam and clay of the sedimentary plains (En Nefouikha)

Photo 3: *Stipa tenacissima*-Gesellschaften im steinigen und felsigen Milieu der Schichtstufen (Garet Dik)
Stipa tenacissima societies in the stony and rocky milieu of the scarps (Garet Dik)

junge Beckenfüllungen und Fußflächen oder Ausgleichsflächen zwischen den Rumpfflächen im Westen und dem maßgeblichen Vorfluter im Osten, dem Qued Charef. Diese Fußflächen werden zwar durch rezente und subrezente Entwässerungsbahnen gegliedert, womit eine erhebliche Differenzierung der meist mittel- bis tiefgründigen, lehmig-tonigen Substrate verbunden ist und wodurch sich auch wichtige vegetationsgeographische Unterschiede ergeben, doch herrscht in allen hier verbreiteten Trockensteppenformationen ein perennierender, verholzender Zwergstrauch vor, ein Wermutstrauch (*Artemisia herba-alba*) (Photo 2).

Im Süden sind in den stärker tektonisch beanspruchten jurassischen und kretazischen Kalkstein- und Mergelserien Schichtstufen und -kämme entwickelt, die bis zu 1600 m Höhe erreichen und etwa 400 mm Niederschlag im Jahresmittel erhalten (Garet Dik). In ihrem stark steinigen und felsigen Milieu bestimmen wiederum Halfagesellschaften das Pflanzenkleid, die aber von anderen Arten als im Rekkam begleitet werden (Photo 3).

Die Pflanzengesellschaften der ostmarokkanischen Hochplateaus

a) Methodologische Vorbemerkungen

Die nunmehr grob, unter Verwendung des Formationsbegriffes vorgestellten Halfagras- und Wermutstrauchgesellschaften dieses Übergangsraumes zwischen Mittelmeer und Wüste sollen im folgenden näher differenziert und ihr Verbreitungsmuster biogeographisch erarbeitet und erklärt werden. Dabei wird hier „biogeographisches Arbeiten“ eingeschränkt als raumbezogenes ökologisches Arbeiten aufgefaßt. Ein bestimmter Ausschnitt der charakteristischen terrestrischen Ökosysteme des Untersuchungsgebietes steht im Mittelpunkt des Interesses, nämlich die Ausstattung mit Lebewesen und deren Interrelationen (den Menschen mit eingeschlossen) sowie ihre Zusammenhänge mit den sie maßgeblich bestimmenden abiotischen, im wesentlichen also edaphischen und klimatischen Faktoren. Es wird ausdrücklich auf die so oft geforderte und kaum erreichte umfassende Komplexanalyse von Ökosystemen verzichtet und dieser vielmehr die definierte Partialanalyse gegenüber gestellt.

Die Strukturen von Ökosystemen sind in der Regel so komplex, daß sie heute nur von wenigen näherungsweise bekannt sind. Wesentliche Erkenntnisse sind nur in langjährigem „team-work“ mit hohem apparativem Aufwand erarbeitet worden²⁾. Ein einzelner ist selbst im vorliegenden Fall der relativ einfach strukturierten und nicht so vielseitig und nachhaltig anthropogen beeinflussten Trockensteppenökosysteme überfordert.

Selbst der partielle, also nur auf biotische Strukturelemente und ihre Wechselbeziehungen ausgerichtete

²⁾ z. B. im Rahmen des MAB-Programms der Unesco.

1. Teiltabelle der *Stipa tenacissima*-Gesellschaften

Perimeter-Nr. Aufnahmedatum Deckungsgrad Aufnahme-Nr.	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑	㉒	㉓	㉔	㉕	㉖	㉗	㉘	㉙	㉚	㉛	㉜	㉝	㉞	㉟	㊱	㊲			
	25.5.74	1.5.74	25.5.74	28.4.74	22.4.74	22.4.74	22.5.74	26.5.74	23.5.74	28.4.74	25.5.73	22.6.74	25.4.74	27.5.73	22.5.74	16.8.73	15.6.73	1.5.74	23.5.74	30.4.74	29.4.74	22.4.74	28.4.74	21.4.74	22.4.74	24.4.74	25.4.74	
<i>Rupicapra africana</i>	1.1	+	r	+																								
<i>Moricandia arvensis</i>	1.1	1.1	+																									
<i>Centaurea pungens</i>	+	+																										
<i>Capparis spinosa</i>		r		r																								
<i>Allysum maritimum</i>	+	+	1.1	+	+		r										1.1											
<i>Saxifraga globulifera</i>		+			r																							
<i>Phagnalon saxatile</i>		r			r	+																						
<i>Galium fruticosum</i>		r		r	r																							
<i>Thymus ciliatus</i>	+	1.1	1.1	1.1	1.1	+	r	+	+	+	+	+	+	+			1.1											
<i>Bromus rubens</i>	r	+	+	+	+			+	+	+	1.1	+					1.1	1.1	+									
<i>Matricaria pubescens</i>	+	+									1.1	r																
<i>Echium humile</i>	+						1.1	1.1		+		+					1.1	+										
<i>Sideritis incana</i>								+		r	+	+																
<i>Paronychia arabica</i>						r	+			+							1.1											
<i>Helianthemum virgatum</i>	1.1											+																
<i>Lotonisia lupinifolia</i>	r	+																										
<i>Helianthemum pilosum</i>	1.1	+			+	+			r			+	+	r					+	1.1	1.1							
<i>Symbrium crassifolium</i>	+	+					r	+	r					+					r									
<i>Calendula aegyptiaca</i>		+			+	1.1	+		+	+				1.1														
<i>Scorzonera undulata</i>	+											+	r						+								1.1	
<i>Laurea acanthoclada</i>		1.1	+		+	1.1	1.1				1.1																	1.1
<i>Leucanthemum pelodesum</i>	+	+						+	+	r	+	+								r	+							
<i>Aristida ciliata</i>	r	r						r		r		r								r								
<i>Telesium imperati</i>	r	+																										
<i>Eremopyrum orientale</i>	+													r	+	+			+	r	+							
<i>Asteriscus pygmaeus</i>								+	r	+																		
<i>Asphodelus tenuifolius</i>								r	r																			
<i>Stipa parviflora</i>								r	r																			
<i>Catanancho coerules</i>								r			r																	
<i>Thymus hirtus</i>									+		r																	
<i>Annarrhinum fruticosum</i>								r	r		r																	
<i>Picris coronopifolia</i>								r	r		r									r								
<i>Scabiosa stellata</i>								r	r		r																	
<i>Attractylis cancellata</i>										r	+																	
<i>Caucalis leptophylla</i>										r																		
<i>Linum suffruticosum</i>											r	+																
<i>Astragalus cruziatus</i>																												
<i>Rochelia disperma</i>																												
<i>Vella pseudocytisus</i>																												
<i>Convolvulus lineatus</i>																												
<i>Cruzianella patula</i>																												
<i>Thymelaea passerina</i>																												
<i>Brachypodium dichotomum</i>																												
<i>Achillea leptophylla</i>																												
<i>Colchicum triphyllum</i>																												
<i>Lygeum spartum</i>																												
<i>Pituranthus chloranthus</i>																												
<i>Arnebia decumbens</i>																												
<i>Paronychia argentea</i>																												
<i>Adonis aestivalis</i>																												
<i>Hippocrepis scabra</i>																												
<i>Schismus calycinus</i>																												
<i>Koeleria linearis</i>																												
<i>Ceratocephalus incurvus</i>																												
<i>Manisac linifolius</i>																												
<i>Artemisia herba-alba</i>																												
<i>Matthiola lunata</i>																												
<i>Loantodon hispidulus</i>																												
<i>Reboudia erucarioides</i>																												
<i>Stipa tenacissima</i>	3.2	3.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	4.2	2.2	2.2	3.2	3.2	3.2	4.2	3.2	3.2	3.2	2.2	3.2	2.2	3.2	3.2	
<i>Erodium triangulare</i>	+	+	1.1	1.1	1.1	1.1	+	+	1.1	r	1.1	1.1	1.1	+	+	+	1.1	+	+	1.1	2.1	+	+	1.1	1.1			
<i>Eruca vesicaria</i>			+	+	1.1				1.1	1.1	+	1.1	1.1	+	1.1													
<i>Koeleria pubescens</i>			+																									
<i>Micropus bembicynus</i>		+	+	+	+		1.1	1.1		+	1.1																	
<i>Allysum scutigerum</i>		+					1.1			+	+																	
<i>Plantago albicans</i>	r						+	1.1	+		+																	
<i>Phagnalon rupestre</i>																												
<i>Sedum sediforme</i>	r																											

Arbeitsansatz ist aber nicht nur aus zeitlichen, sondern auch aus sachlichen Gründen kaum kompetent von nur einem Bearbeiter zu verfolgen. Es ist unbedingt erforderlich, Systemelemente und Systemzusammenhänge auszuwählen, die nach eigenen, subjektiven Erfahrungen und Hinweisen aus der einschlägigen Literatur als besonders wichtige, übergeordnete Teilsystemzusammenhänge angesehen werden dürfen.

Diesen Ansatz bezeichnen wir mit LONG (1972) als sektoriell. Konkrete sektorielle Arbeitsansätze, deren Ziel die biogeographische Kennzeichnung und Differenzierung der Trockensteppen ist, und die ökologische Erklärung derselben sollen im folgenden erläutert werden. Zunächst ist zu klären, ob die bereits genannten und im

2. Teiltabelle der *Artemisia herba-alba*-Gesellschaften

Perimeter-Nr.	②	②	②	①	⑦	⑦	⑦	①	⑪	⑦	⑬	⑦	⑬	②	②	⑬	⑪	⑪	⑪	⑪	⑤	⑤			
Aufnahmehäufigkeit	24.4.74	21.5.74	28.5.73	25.4.74	25.5.74	25.5.74	2.5.74	22.5.74	28.4.74	2.5.74	22.4.74	2.5.74	26.5.74	22.4.74	21.5.74	24.4.74	28.4.74	23.5.74	23.5.74	28.4.74	23.5.74	28.4.74	22.4.74	21.5.74	
Deckungsgrad	40	30	30	20	30	30	30	30	30	80	60	80	80	80	30	40	40	40	30	40	40	80	10	10	
Aufnahme-Nr.	5	6	4	2	8	9	7	3	10	20	17	19	18	16	25	24	12	13	11	14	15	21	22	23	
<i>Astragalus fontanesii</i>	1.3	*	1.3	*																					
<i>Stipa retorta</i>	+	+	+																						
<i>Linum suffruticosum</i>				r																					
<i>Helianthemum lippii</i>					+	+	+																		
<i>Marrubium deserti</i>					+	+																			
<i>Atractylis serrataloides</i>	2.1	2.1	2.1		+																				
<i>Echium humile</i>	+		1.1			1.1																			
<i>Herniaria fontanesii</i>	+	1.1			+																				
<i>Erodium guttatum</i>				r		r																			
<i>Bromus rubens</i>		+	1.1	+																					
<i>Asteriscus pygmaeus</i>							1.1			1.1	r	+	+												
<i>Aristida ciliata</i>		+	+		1.1	2.1	1.1			+													+	+	
<i>Paronychia capitata</i>																							r	r	
<i>Haplophyllum linifolium</i>														1.1	1.1										
<i>Xeranthemum inapertum</i>																									
<i>Sonchus maritimus</i>																									
<i>Sisymbrium irio</i>																									
<i>Stipa parviflora</i>																									
<i>Polygonum balansae</i>																									
<i>Lygeum spartum</i>																									
<i>Noaea mucronata</i>	1.1	1.1	1.1				+	+	1.1																
<i>Plantago albicans</i>	1.1	1.1	+	1.1	1.1		+	+	1.1																
<i>Pegamum harmala</i>					+	+	2.1		1.1	+	+	r	r	+											
<i>Atractylis humilis</i>	+	+	1.3					1.3		+	1.1	+			2.3	2.3									
<i>Helianthemum virgatum</i>	+	+		1.1	1.1	2.1																+	+		
<i>Thymus ciliatus</i>	+	1.1	+	+	+	+																1.1	r	1.1	
<i>Eremopyrum orientale</i>				r	+	+	+		+																
<i>Schismus calycinus</i>				+	+	r	+		1.1	+	r	1.1												1.1	
<i>Cossonia africana</i>				+				2.1																	
<i>Hordeum murinum</i>				r					+		1.1	+		1.1	1.1	+								r	
<i>Alyssum scutigerum</i>						1.1																			
<i>Eruca vesicaria</i>					+		+																		
<i>Astragalus cruziatus</i>					+			+																	
<i>Aristida coerulescens</i>								r	r	r		r												r	
<i>Rachelia disperma</i>							r	r	r	+															
<i>Ormenis africana</i>																									
<i>Polygala rupestris</i>							+	+																	
<i>Artemisia herba-alba</i>	2.1	2.1	2.1	1.1	2.1	+	2.1	2.1	1.1	4.2	3.2	4.2	4.2	4.2	1.1	1.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	4.2	+	+
<i>Salvia lanigera</i>	1.1				1.1		+	1.1		+	+				+	1.1	1.1	1.1	1.1						
<i>Centaurea boissieri</i>	+	+								+	+													r	
<i>Ceratocephalus incurvus</i>	+			+		1.1					r														
<i>Plantago ciliata</i>			r	+	+	+			r																
<i>Paronychia argentea</i>		+				+			r																
<i>Erodium triangulare</i>	+	+					+																		
<i>Helianthemum pilosum</i>			r																						

Entw.: K. Müller-Hohenstein 1976

Untersuchungsgebiet charakteristischerweise verbreiteten Halfa- und Wermutgesellschaften objektiv einheitlich zu erfassen sind oder ob sich dahinter gegebenenfalls mehrere Varianten verbergen.

Zur Bearbeitung dieser Fragen war es zunächst nötig, möglichst repräsentative Bezugsflächen (Perimeter) auszuwählen. Bei ihrer Auswahl war entscheidend, daß nach einer ersten Beurteilung im Gelände und mit Hilfe des Studiums der Luftbilder die typischen Ökotope und Ökotopgefüge in allen großen Teilbereichen des Arbeitsgebietes erfaßt werden konnten. In diesen Perimetern wurden unter Berücksichtigung aller diesbezüglichen Regeln – Lage und Größe der Flächen, Aufnahmezeitpunkt, möglichst geringe direkte oder indirekte anthropogene Beeinflussung u. a. m. – pflanzensoziologische Aufnahmen durchgeführt³⁾.

³⁾ Hier können weder methodische und systematische Fragen der Pflanzensoziologie noch der ökologischen Landschaftsgliederung diskutiert werden. Vielmehr muß der Hinweis genügen, daß einerseits nach dem Vorbild der Schule von BRAUN-BLANQUET, andererseits in Anlehnung an NEEF und Schüler vorgegangen wurde.

b) Halfagras- und Wermutstrauchgesellschaften und ihre Verbreitungsmuster

Ein Ergebnis pflanzensoziologischer Aufnahmen ist eine geordnete Teiltabelle, die Aufschluß darüber gibt, ob überhaupt und gegebenenfalls wieviele Gesellschaftsvarianten in allen Aufnahmen erfaßt wurden. In den Tabellen 1 und 2 sind aus insgesamt 19 Perimetern 60 verschiedene Gesellschaftsaufnahmen erfaßt und in Teiltabellen geordnet, wobei die hier besonders interessierenden und sich schon physiognomisch deutlich voneinander unterscheidenden Halfa- und Wermutgesellschaften (*Stipa tenacissima*- und *Artemisia herba-alba*-Gesellschaften) bereits getrennt sind⁴⁾.

Die *Stipa*-Tabelle läßt anhand der eingerahmten Blöcke mindestens drei verschiedene Gesellschaften erkennen, die wenigstens 7 Varianten zugeordnet werden können. Eine ähnliche Blockbildung bei den *Artemisia*-Gesellschaften führt zur Differenzierung von 9 Vari-

⁴⁾ Im folgenden können nicht alle in den Tabellen genannten Perimeter diskutiert werden. Hierzu darf auf MÜLLER-HOHENSTEIN (1977) verwiesen werden.

ten. Diese Varianten lassen sich durch eine oder mehrere, meist perennierende Begleitarten kennzeichnen, die nicht besonders häufig auftreten müssen, jedoch fast ausschließlich in diesen Varianten vorkommen. Sie besitzen somit den Rang von Differentialarten; gleichzeitig sind sie für das Arbeitsgebiet eventuell als Bioindikatoren zu werten, wenn es gelingt, ihnen ein gewisses edaphisches oder klimatisches Spektrum zuzuweisen⁵⁾.

Als erster Geländebefund ist somit festzuhalten, daß das grobe Mosaik von hier Halfagras- und dort Wermutzergstrauchgesellschaften sehr viel stärker zu differenzieren ist. Hieran schließen sich natürlich sofort weitere Fragen an. Wie spiegelt sich die festgestellte Differenzierung in der räumlichen Verbreitung wider, und vor allem: wie kann dieses räumliche Muster erklärt werden?

Mit Hilfe der pflanzensoziologischen Aufnahmen der Geländebegehung und der Überprüfung in Luftbildern war eine kartographische Aufnahme der Pflanzengesellschaften möglich. Hier zeigt sich am Beispiel eines Perimeters am Nordrand des Arbeitsgebietes auf den Rumpfflächen (Jebel el Gaada, Rekkam, vgl. Beilage IIa) wie auch am Südrand in den Schichtkämmen (Garet Dik, vgl. Beilage IIa) ein feinmaschiges Mosaik, zu dem neben den Halfagesellschaften – die als vorherrschend vorgestellt worden waren – auch *Artemisia*- und andere, hier nicht näher zu besprechende Gesellschaften beitragen. Dieses Verbreitungsmuster gilt es zu erklären.

c) Edaphisch bedingte Gesellschaftsvarianten

Bei näherer Betrachtung der beiden ausgewählten Karten fällt auf, daß eine gewisse regelhafte Anordnung der Gesellschaften in bezug auf das Relief besteht. Am Beispiel des Garet Dik ist in der Umgebung der Stufenkanten und herauspräparierten Hangleisten in ausgesprochen felsigem Milieu eine Halfavariante ausgebildet, die durch das Vorkommen von *Capparis spinosa* und *Rupicapnos africana* ausgezeichnet ist, Arten, die schon aus anderen prä-saharischen Bereichen als kennzeichnend für Felsspaltengesellschaften beschrieben worden sind (KNAPP 1973). Hieran schließt sich nach unten in den stark steinigsten steileren Hangpartien eine Variante an, in welcher *Phagnalon saxatile* und *Galium fruticosum* charakteristisch sind. Es folgt in den flachen, sandigen Hangbereichen schließlich eine Halfagesellschaft, in der *Astragalus cruziatus* und *Hippocrepis scabra* nach Niederschlägen sogar aspektbestimmend in den Vordergrund treten können.

Die Annahme einer klimatisch bedingten Höhenstufung scheidet bei den geringen Höhenunterschieden von vornherein aus. Ganz offensichtlich korrespondiert aber die Verbreitung gewisser Varianten mit Bereichen bestimmter Hangneigung (vgl. Beilage IIa).

Das regelhafte Zusammentreffen der Verbreitung bestimmter Halfagrasvarianten mit bestimmten Hangneigungsbereichen (etwa 2–7°, 7–25° und über 25°) läßt schon einen indirekten Zusammenhang erkennen, der über die Bodenbildung als direkter nachgewiesen werden kann. VAGELER (1955) hat gerade für Trockenräume, so auch im benachbarten Algerien, reliefgesteuerte Bodenbildungen in ihrer gesetzmäßigen Abfolge erkannt und hierfür den Catena-Begriff geprägt. Die einzelnen Halfavarianten können solchen Bodenbildungen zugeordnet werden, wobei im wesentlichen drei Gruppen zu berücksichtigen sind: die felsige, die steinig-sandige und die sandige. Die im Überblicksprofil (Beilage IIb) dargestellten Standorte lassen dies auch für die Korngrößenanalysen der jeweiligen Bodenbildungen klar erkennen, wobei hier nicht näher aufgeführte Paralleluntersuchungen in weiteren Perimetern im Norden bzw. im Süden des Arbeitsgebietes diese Ergebnisse voll stützen. Allerdings wird schon wegen der verschiedenen Begleitarten in beiden Räumen deutlich, daß nicht allein der ausgewählte Parameter „Bodenart“ – der ganz wesentlich den Wasserhaushalt, den Bodenluftraum, ja die gesamte Bodenstruktur des Standorts mitbestimmt – für die festgestellten Differenzierungen verantwortlich ist. Hierauf wird später zurückzukommen sein⁶⁾.

Das Spektrum der Bodenarten oder besser das Spektrum der möglichen Korngrößenzusammensetzung der bodenäquivalenten Substrate – denn von Bodentypen kann nur ausnahmsweise örtlich gesprochen werden – läßt nun noch einen weiten Bereich vom Feinsand über Lehme bis zu den Tonen frei, der von anderen Gesellschaften, darunter auch den *Artemisia*-Varianten, besetzt wird, und zwar auch variantenspezifisch. Wenn im Hinblick auf die offensichtlich erstrebenswerten edaphischen Grundlagen beim Halfagras von lockeren, sandigen bis steinigsten und dabei durchaus flachgründigen Substraten gesprochen werden kann, so sieht das entsprechende Wermutmilieu ganz anders aus.

Die Hochebenen im Osten des Arbeitsgebietes (En Nefonikha, vgl. Photo 3) sind schon als Domäne der *Artemisia*-Gesellschaften vorgestellt worden. Auf den ersten Blick scheint hier der Hangneigungswinkel, der nur in Ausnahmefällen über 1 Grad erreicht, für eine reliefgesteuerte Substratdifferenzierung weniger in Frage zu kommen. Dennoch lassen sich sehr schnell

⁵⁾ Die Begriffe „Gesellschaften“, „Varianten“ wie auch „Differentialarten“ dürfen zum gegenwärtigen Stand der Arbeiten noch nicht mit strengen pflanzensoziologischen Maßstäben gemessen werden. Dazu müssen die Befunde noch durch die Auswertung weiteren Materials gestützt bzw. korrigiert werden.

⁶⁾ Die Korngrößenzusammensetzung der Substrate wurde durch Naßsiebung ermittelt, wobei folgende Fraktionen unterschieden und nach ihrem prozentualen Anteil für die Bodentiefen 1, 10, 25, 50 und gegebenenfalls 75 in den Diagrammen in der Waagrechten abgetragen wurden: Grob-boden, Grobsand, Mittelsand, Feinsand, Schluff und Ton.

durch den unterschiedlichen Deckungsgrad und die verschiedene floristische Zusammensetzung mehrere *Artemisia*-Varianten erkennen. Im Bildausschnitt von Photo 3 sind drei davon erfaßt, im Vordergrund mit dem gerade blühenden Harmelstrauch *Peganum hermalis*, im Mittelgrund mit einer sehr dichten Variante, in der *Artemisia herba-alba* selbst vorherrscht, und im Hintergrund ein fast pflanzenleerer Bereich mit einer sehr individuen- und artenarmen Variante, die als treuen Begleiter nur noch *Paronychia capitata* besitzt.

Alle drei Varianten lassen sich schon ohne nähere Analysen verschiedenen Substraten zuweisen und auch verschiedenen Reliefebenen, wobei die Höhenunterschiede kaum Dezimeterbeträge ausmachen und die Grenzen nur selten als scharfe Kanten hervortreten. Zur Erklärung dieser Differenzierungen muß nach den heutigen Prozessen gefragt werden, die in diesem Raum morphogenetisch und pedogenetisch wirksam werden.

Da ist zunächst das nach Regenfällen überwiegend flächenhaft abfließende Wasser zu nennen, welches weite Bereiche beiderseits der rezenten, kaum eingetieften Abflußrinnen erfaßt. Auf diese Überschwemmungsflächen gelangt von den wenig höher und seitlich gelegenen Flußflächen, auf denen kurzzeitig auch flächenhafter Abfluß vorherrscht, vor allem feinkörniges Material. Es wird zum großen Teil abgesetzt, weil auch die Abflußgeschwindigkeit und damit der Abtransport in den Rinnen gering ist. Somit kann also der oberflächennahe Substratgegenatz zwischen den steinig-sandigen bis sandig-lehmigen Flußflächen, auf denen sich Halfa- und Wermutgesellschaften ablösen, und den lehmig-tonigen, vegetationsfeindlichen Überschwemmungsbereichen erklärt werden.

Für die dritte Variante, die sehr dichten *Artemisia*-Gesellschaften, ist neben der umlagernden und sortierenden Kraft des Wassers ein weiterer Faktor zu berücksichtigen. In diesem Raum ist zu allen Jahreszeiten, ja fast ständig mit erheblichen Luftbewegungen zu rechnen.

Durch die schubweise erfolgenden Abflüsse werden in bestimmten Abständen auf den Überschwemmungsflächen wallförmig quer zur Abflußrichtung tonig-schluffige und feinsandige Substrate abgelagert. So muß wohl das Initialstadium für die vegetationsfreundlichen Standortbedingungen für *Artemisia*zweigsträucher auf kleinstem Raum gedacht werden. An diesem durch einige Pflanzen erhöhten Wall wird durch den Wind herbeigeführtes Material angelagert. Insbesondere werden bodennah bewegte, schwerere, also grobkörnigere Partikel aufgehalten. Es entsteht so ein sandig-lehmiges Substrat, welches aufgrund der relativ günstigen Wasserversorgung für die Wermutsträucher einen optimalen Standort bildet.

Besonders eindrucksvoll und in einem besonders charakteristischen Muster zeigen sich die für die östlichen Ebenen beschriebenen Standortverhältnisse in Bereichen, wo noch heute Vorzeitformen den Reliefcharakter mitbestimmen. In einem Luftbildausschnitt

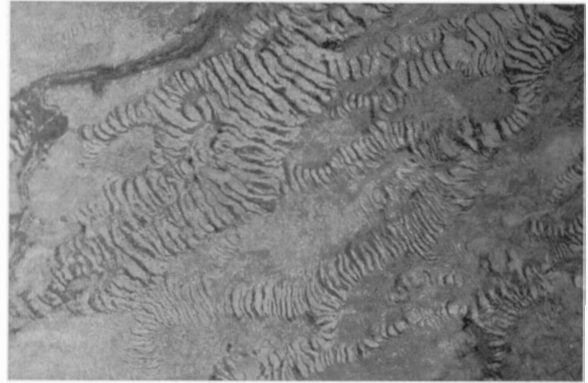


Photo 4: „Zebrafell“-Vegetationsmosaik verschiedener *Artemisia herba-alba*-Gesellschaften der Aufschüttungsebenen im Luftbild. (Für die Genehmigung zur Reproduktion des in der Natur etwa 2 mal 3 km großen Luftbildausschnitts danke ich dem Service Topographique in Rabat.)

„Zebra stripe“ vegetation mosaic of different *Artemisia herba-alba* societies of the alluviation plains in an aerial photograph (with acknowledgements to the Service Topographique in Rabat for kind permission to reproduce the detail from the aerial photograph showing about 2 by 3 km in nature).

(Photo 4) sind schlauchförmige Bereiche mit einem zebrafellartigen Muster zu erkennen. Es sind Reste eines Entwässerungssystems, welches – wie auch Untersuchungen von CONRAD (1963) aus vergleichbaren Räumen in Algerien und WRIGHTY (1958) in der syrischen Wüste ergaben – pluvialzeitlich einzuordnen ist. Es wird nur teilweise von den rezenten Abflußrinnen benutzt, dazwischen liegen unterschiedlich große Inseln meist verkrusteter Flußflächen. Das Zebrastrifenmuster ist durch die erläuterten Vegetations- und Substratunterschiede auf den Spülflächen zu erklären, wobei der angedeutete schubweise Transport in der Dimension dieser Vorzeitformen besonders gut zum Ausdruck kommt. In der kartographischen Aufnahme der Vegetation am Beispiel des Perimeters En Nefonikha (Beilage IIa) sind die verschiedenen *Artemisia*-Varianten in diesem Streifenmuster wiedergegeben.

Auch für die *Artemisia*gesellschaften bzw. -varianten geben die im Überblicksprofil (Beilage IIb) mitgeteilten Analysenwerte der Korngrößen der Substrate zu erkennen, daß lehmig-tonige Substrate bevorzugt und wiederum variantenspezifisch besetzt werden, wobei bei einem Schluff- und Tonanteil von über 70% die Grenzen selbst für die diesbezüglich außerordentlich toleranten Wermutzweigsträucher erreicht werden.

d) Klimatisch bedingte Gesellschaftsvarianten

Es wurde schon bei den Halfagesellschaften im Norden und Süden des Arbeitsgebietes erkannt, daß nicht alle Gesellschaftsvarianten durch verschiedene Substratgrundlagen zu erklären sind. Außer den edaphischen Varianten gibt es also auch solche, deren Zu-

sammensetzung übergeordnet von anderen Faktoren bestimmt wird.

Es liegt nahe, bei der großen Nord-Süd-Erstreckung des Arbeitsgebietes und der nach Süden zunehmenden Kontinentalität an klimatische Varianten zu denken. Leider ist es aber zur Zeit kaum möglich, das sicher nachzuweisen. Die Beobachtungsstationen sind in Ostmarokko zu dünn gesät, noch dazu sind die Erhebungen nicht immer besonders sorgfältig vorgenommen worden. Deshalb dürfen die für ostmarokkanische Stationen in Abb. 4 wiedergegebenen Klimadiagramme auch nicht mit strengen Maßstäben gemessen werden.

Trotzdem soll versucht werden, die klimatischen Varianten auf einem Umweg wenn schon nicht nachzuweisen, so doch wahrscheinlicher zu machen. Dazu sind Arbeitsschritte erforderlich, die einem anderen als dem im engeren Sinn ökologischen Bereich der Biogeographie angehören, dem nämlich der Arealkunde. Hauptaufgabe der Arealkunde ist es, die räumliche Verbreitung einzelner Arten festzustellen. Seit langem weiß man, daß – bedingt durch die eng mit der Klimageschichte verbundene Florenentwicklung – bestimmte Arealtypen vorkommen, d. h. es gibt jeweils mehrere

Arten, die fast identische Areale besetzen und sich dadurch von anderen Gruppen unterscheiden, die ihren Verbreitungsschwerpunkt in benachbarten Arealen haben. Auf diesem Prinzip beruht letzthin auch die florenräumliche Gliederung der Erde in Florenreiche, -regionen, -provinzen usw.

Unter diesem Aspekt liegen die ostmarokkanischen Hochplateaus in einem sehr interessanten Bereich, da durch Nordafrika die Grenze zwischen dem holarktischen Florenbereich im Norden und dem paläotropischen im Süden verläuft. Es soll hier jedoch in erster Linie die arealtypologische Feingliederung des Arbeitsgebietes und seiner Randlandschaften interessieren.

Für die Arten einer Vegetationsaufnahme an einem bestimmten Standort kann nach Kenntnis des Arealtyps ein sogenanntes Arealtypenspektrum skizziert werden. Dabei bietet sich eine Methode an, die erstmals wohl von FILZER (1963) auf den süddeutschen Raum angewandt wurde. Hiernach werden Taxa bestimmter Arealtypen der Lage des Areals entsprechend einer achteiligen Windrose zugeordnet. Für die ostmarokkanischen Hochplateaus bedeutet dies z. B., daß Arten, die in der Mediterraneis ihren Verbreitungsschwerpunkt

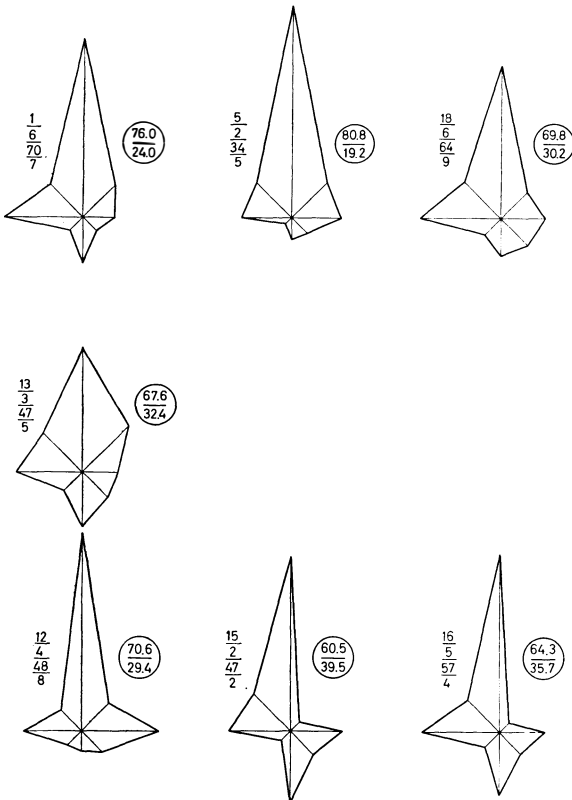


Abb. 2: Arealtypenspektren der *Stipa-tenacissima*-Gesellschaften

Areal-type spectra of *Stipa tenacissima* societies

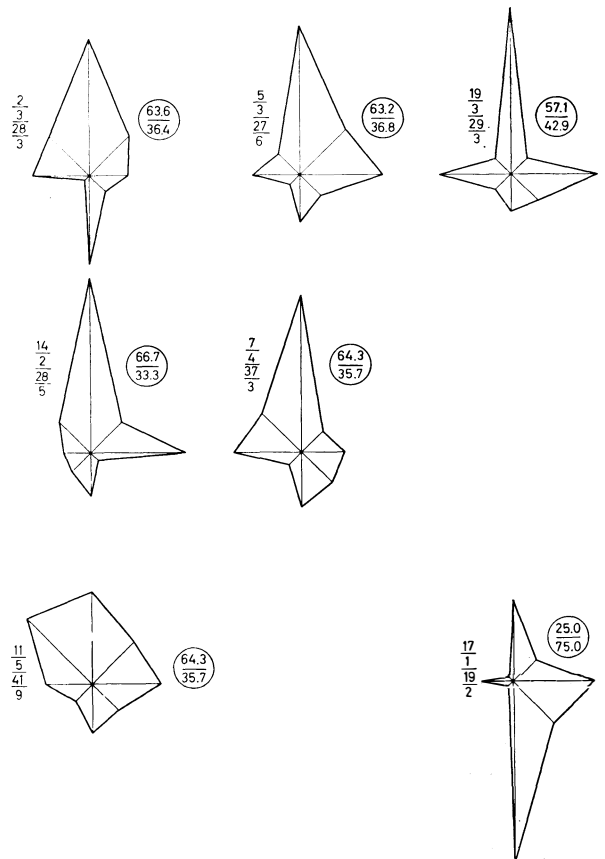


Abb. 3: Arealtypenspektren der *Artemisia herba-alba*-Gesellschaften

Areal-type spectra of *Artemisia herba-alba* societies

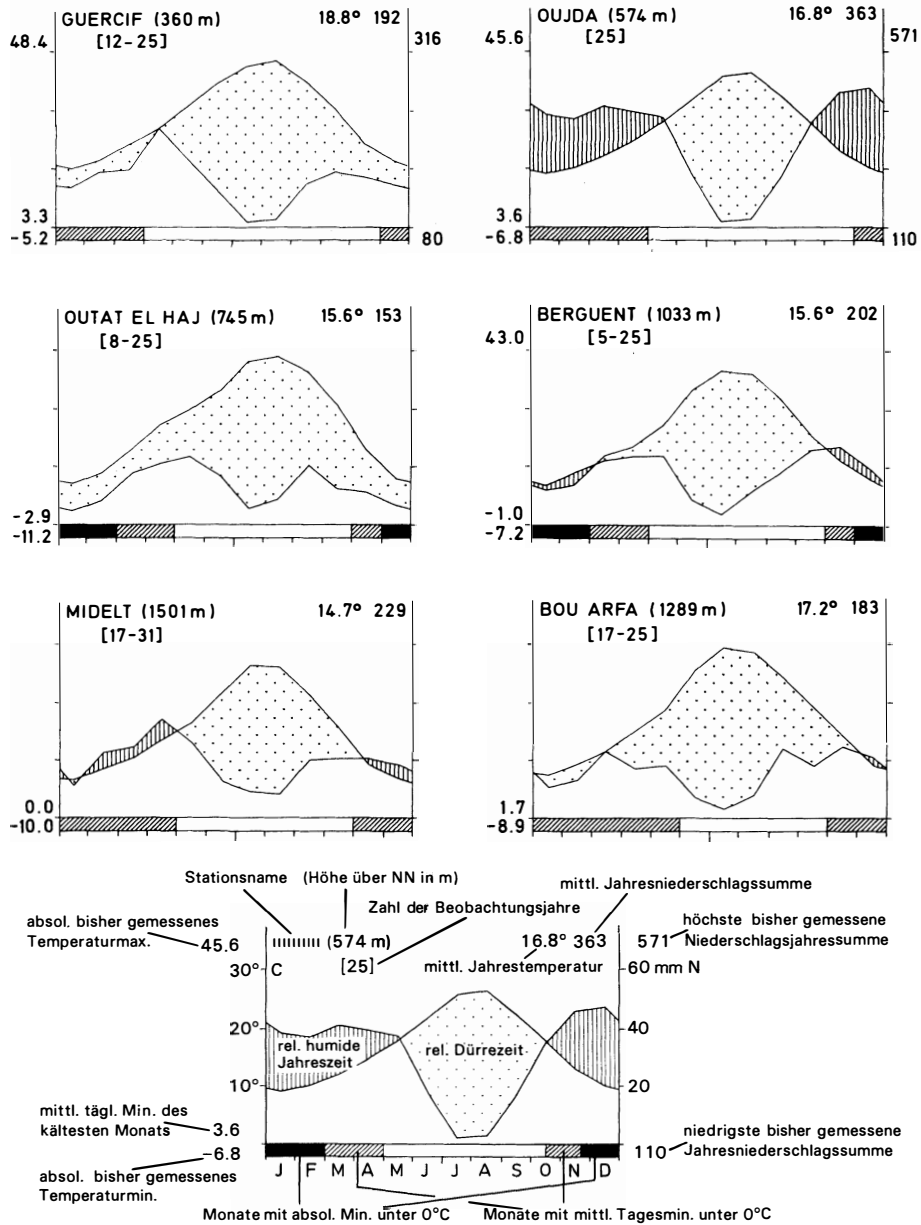


Abb. 4: Ausgewählte Klimadiagramme Ostmarokkos
Selected climatic diagrams for East Morocco

haben, auf dem Nordstrahl abgetragen werden, saharische dagegen auf dem Südstrahl⁷⁾. Endemische Arten

⁷⁾ Im einzelnen erfolgte die Zuordnung der insgesamt auftretenden Arealtypen, die für die einzelnen Arten einheitlich der Algerien-Flora von QUEZEL und SANTA (1962) entnommen wurden, wie folgt: N - circumbor., euras., euras.-med., s-eur., s-eur.-na., med.; NE - iran. tour., e-med., med.-iran.; E - med.-sah.-sind., med.-na.-iran., med.-sah.-iran.; SE - sah.-sind.; S - sah., n-sah., med.-sah.; SW - sah. macar.; W - iber.-maur.; NW - w-med., iber.-mar.

werden gleichteilig den acht Windrosenstrahlen ange-tragen.

Das graphische Ergebnis ist in der Regel eine asym-metrische achteckige Figur. Der Wert dieser Darstel-lung kommt erst im Vergleich mit anderen Diagram-men zum Tragen.

In den Abb. 2 und 3 sind Arealtypenspektren für die Halfagras- bzw. die Wermutstrauchgesellschaften skizziert. Sie sind so angeordnet, daß jedes einzelne Spektrum für ein Neuntel des gesamten Arbeitsgebietes repräsentativ ist, das Diagramm links oben für den

Nordwesten, das mittlere oben für den Norden, das rechts oben für den Nordosten usw.⁸⁾.

Die Arealtypenspektren der *Stipetalia* sind demzufolge im Nord-Süd-Vergleich durch eine nahezu gleichbleibende Zahl mediterraner Arten gekennzeichnet, ebenso aber auch durch eine deutliche Zunahme saharischer. Das als Quotient ausgedrückte Verhältnis der mediterranen und saharischen Arten zeigt das deutlichste Gefälle im mittleren Bereich von etwa 80/20 zu 60/40. Das bestätigt bereits die vorgenommene Varietätenausgliederung. Deutlicher werden die Gegensätze noch bei den *Artemisia*-Gesellschaften, wo sich im Extremfall die entsprechenden Quotienten von 66/33 zu 25/75 gegenüberstehen.

Diese Quotienten wie auch das Gesamtbild der Arealtypenspektrenverteilung geben zu erkennen, daß in den Halfagesellschaften, praktisch im besonderen mikroklimatischen Milieu der oft meterhohen Horstgräser, mediterrane Arten weit nach Süden vorstoßen können. In den niedrigen und oft schütterten Zwergstrauchgesellschaften von *Artemisia herba-alba* finden dagegen zahlreiche saharische Arten bis an die Waldgrenze aus Steineichen (*Quercus ilex*), Berberthuya (*Tetraclinis articulata*) oder Aleppo-Kiefer (*Pinus halepensis*) ihnen zusagende Standorte.

Eine Ausbreitung saharischer Gesellschaften überhaupt gegen die ohnehin durch direkte und indirekte menschliche Eingriffe stark gefährdete Waldgrenze wird durch die Belastung des quasi als Pufferzone dazwischenliegenden Halfagürtels gefördert. Da aber diese Belastung in den vergangenen Jahrzehnten schon sehr stark war und gegenwärtig noch wächst, bei einer möglichen Wiederbesiedlung in der interspezifischen Konkurrenz die Wermutzwegräucher aber den Horstgräsern überlegen sind (vgl. MÜLLER-HOHENSTEIN 1977), ist auch hier wie in vielen Wüstenrandbereichen eine langsame, aber stetige, anthropogen bedingte Ausdehnung der Wüste zu beobachten.

Mit Hilfe dieser arealtypologischen Methode können so die klimatischen, den edaphischen praktisch übergeordneten Varianten zwar nicht nachgewiesen, aber doch wahrscheinlicher gemacht werden. Auch hilft sie bei der Interpretation der gegenwärtigen, anthropogen bedingten räumlichen Dynamik der Pflanzengesellschaften.

Zusammenfassung und Perspektiven einer praktischen Anwendung der Ergebnisse

Mit der Differenzierung der Trockensteppengesellschaften der ostmarokkanischen Hochplateaus auf

pflanzensoziologischer Basis, der Beschreibung der räumlichen Verbreitungsmuster und ersten Versuchen der ökologischen Erklärung dieser Muster mit ausgewählten Parametern wurde versucht, einen Beitrag zur besseren Kenntnis des Pflanzenkleides dieses Trockenraumes zu leisten.

Wenn auch die in Beilage 1 dargestellten Kartenausschnitte nur einen jeweils sehr kleinen Teil der verschiedenen Großräume des Untersuchungsgebietes umfassen, so dürfen doch die dargestellten Verbreitungsmuster der einzelnen Varianten der Halfagras- und der Wermutzweckgesellschaften als typisch angesehen werden. Zwar kommen in allen unterschiedlichen Großräumen auch noch andere Pflanzengesellschaften vor mit ebenso regelhaft erfaßbarem Mosaik ihrer Verbreitung – etwa strauchtige Formationen mit *Retama sphaerocarpa* entlang der größeren Oueds, die „Nebket“-Gesellschaften mit *Ziziphus lotus* in Dünengebieten oder Halophyten-Zwergstrauchformationen in wenigen kleinen, abflusslosen Senken –, doch nehmen sie insgesamt nur kleine Flächen ein.

Diese Pflanzengesellschaften wurden deshalb auch nicht in das schematische Überblicksprofil (Beilage IIb) aufgenommen, vielmehr sollen in diesem Profilschema nochmals die Zusammenhänge zwischen klimatischen, reliefbedingten und edaphischen Parametern und der Vegetation verdeutlicht werden. So ist das Profil als graphische Zusammenfassung der Ergebnisse zu verstehen.

Die auf relativ kleinem Raum gewonnenen Erkenntnisse dürften sich wohl auch ohne wesentliche Korrekturen auf den gesamten nordafrikanischen Trockensteppengürtel übertragen lassen, sie gelten also für den Typus des nordafrikanischen Trockensteppenraumes.

Die Ergebnisse gewinnen aber auch praktische Bedeutung, wenn das Untersuchungsgebiet nicht so sehr als Typ, sondern mehr als Individuum, als Teil des marokkanischen Staatsgebietes betrachtet wird. Unter diesem Aspekt gewinnen die innerhalb Marokkos in mehrfacher Hinsicht besonders peripher gelegenen ostmarokkanischen Hochplateaus als Eignungs- und Ergänzungsraum besondere Bedeutung. Als Eignungsraum gehören sie zweifellos zu den Gebieten in Trockenräumen, die landwirtschaftlich nur durch eine extensive Weidewirtschaft zu nutzen sind. Folgerichtig ist hier heute der Kleintiernomadismus mit Schafen und Ziegen verbreitet; andere, teilweise noch während der Kolonialzeit bestehende Wirtschaftszweige und damit auch Erwerbsmöglichkeiten für eine relativ immobile Bevölkerung entfallen gegenwärtig fast völlig⁹⁾.

Als Ergänzungsraum liefern und liefern die ostmarokkanischen Hochplateaus einen beträchtlichen Anteil des in den städtischen Zentren Ostmarokkos benötigten Hammelfleisches, ja auch in Fes und sogar in

⁸⁾ Die Ziffernsäule links der Diagramme gibt von oben nach unten gelesen Auskunft über: Nummer des Perimeters, Zahl der Vegetationsaufnahmen, Gesamtartenzahl, Zahl der davon endemischen Arten. Mit dem eingekreisten Quotienten rechts der Diagramme wird das Verhältnis von mediterranen zu saharischen Arten ausgedrückt.

⁹⁾ Zu den hier angeschnittenen und noch folgenden Problemen darf auf ausführlichere Darstellungen bei MÜLLER-HOHENSTEIN 1977 verwiesen werden.

Casablanca werden Schafe von den Märkten in Tendirara, Ain Beni Mathar u. a. m. verkauft.

Der auch in den Trockensteppenräumen Ostmarokkos wachsende Bevölkerungsdruck – sogar die Zahl nomadisierender Familien nimmt hier zu –, eine Reihe technischer Errungenschaften und nicht zuletzt die ungewöhnlich hohen und ständig weiter steigenden Preise für Hammelfleisch wie auch gute Absatzchancen für Häute und Wolle haben natürlich auch die Bestockungsdichte mit Schafen und Ziegen in den letzten Jahren anwachsen lassen. Ermöglicht wurde dies besonders durch geländegängige Kleinlastwagen, mit deren Hilfe in dem an bedeutenderen Brunnenstellen armen Raum überall Trinkwasser für Herden bereitgestellt werden kann.

So werden heute auch Weidegründe erreicht, die noch vor einem Jahrzehnt fast unberührt blieben. Es ist somit zu befürchten, daß bei weiterem Anwachsen der Herden die schon von WALTER und VOLK (1954) aus Südafrika beschriebene und auch hier zu beobachtende Zonierung der Pflanzengesellschaften um Wasserstellen zunehmend verschwindet. Alle Bereiche werden bald gleich stark und wahrscheinlich zu stark beweidet und belastet werden.

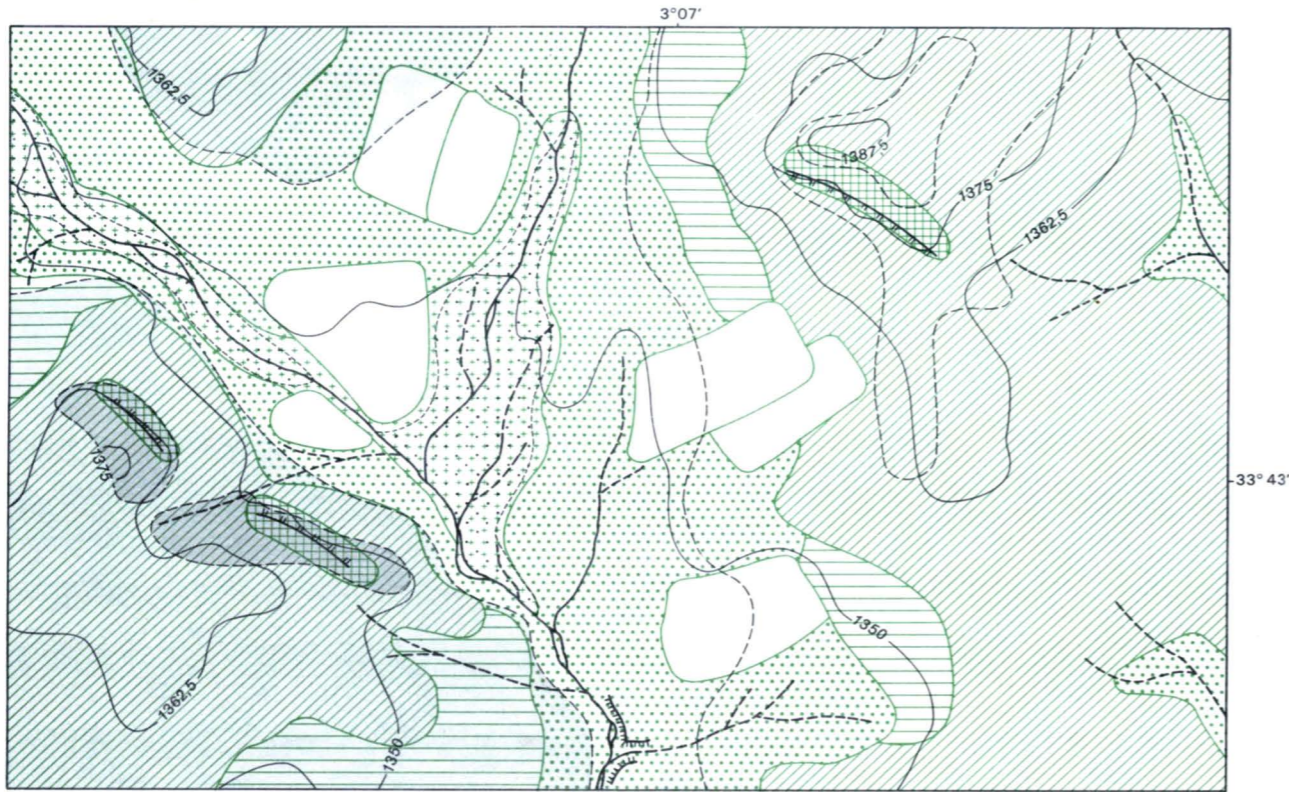
Aufgrund dieser Entwicklung müssen natürlich die Fragen nach dem Produktionspotential und nach der Belastbarkeit dieses Raumes gestellt werden, wobei unter Belastbarkeit in diesem Fall die optimale weidewirtschaftliche Nutzung unter Erhaltung der vollen Regenerationsfähigkeit der jeweiligen Pflanzengesellschaften verstanden wird. Noch können diese gerade in Horstgras- und Zwergstrauchgesellschaften sehr schwer und langwierig zu bearbeitenden Fragen nicht befriedigend beantwortet werden. Grundlage dieser gegenwärtig laufenden Arbeiten sind aber auch die hier vorgestellten Ergebnisse der räumlichen Differenzierungen der Trockensteppengesellschaften auf den ostmarokkanischen Hochplateaus.

Literatur

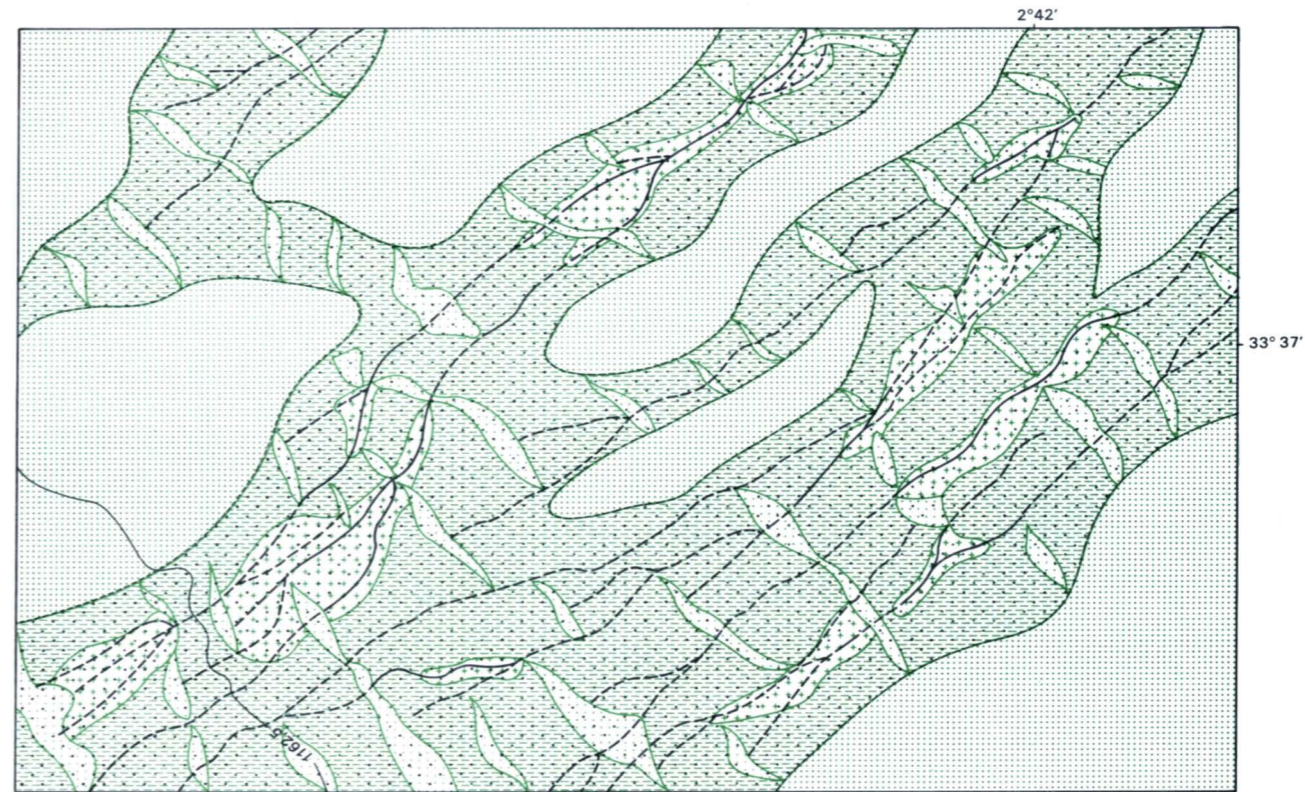
- AUBERT, G.: Arid Zone Soils. A study of their formation, characteristics and conservation. – *Arid Zone Res.* 18, 1962, 115–137.
- BATTANDIER, J. A. und TRABUT, L.: Flore de l'Algérie et catalogue des plantes du Maroc. – 2 Bde. Algier 1888–90, 1895.
- COSSON, E.: Liste des plantes observées par M. le docteur Reboud dans le Sahara algérien. – *Bull. Soc. bot. Fr.* 1855, 242ff.
- : Catalogue des plantes observées au Maroc jusqu'en 1871, avec le tableau de leur distribution géographique. – *Bibl. Durand-Cosson* 1871.
- DAUBENMIRE, R.: Annual cycles of soil moisture and temperature as related to grass development in the steppe of eastern Washington. – *Ecology* 53, 1972, 419–425.
- EMBERGER, L.: Aperçu général sur la végétation du Maroc. Commentaire de la carte phytogéographique du Maroc 1:1500 000. – *Veröff. d. Geobot. Inst. Rübel* 14, 1939, 40–157.
- FILZER, P.: Ein botanischer Beitrag zur Charakterisierung natürlicher Landschaften Süddeutschlands. – *Ber. z. dt. Landeskunde* 31, 1963, 69–83.
- KILLIAN, CH.: Plantes et sols au Sahara et leurs relations mutuelles. – *Inst. de Rech. Sahar.* 2, 1943, 37–54.
- KNAPP, R.: Die Vegetation von Afrika. – *Vegetationsmonographien einzelner Großräume*, Band III. – Stuttgart 1973.
- LONG, G.: Le concept d'intégration en écologie appliquée. – *Canad. Jour. of Bot.* 50, 1972, 533–541.
- MAIRE, R.: Flore de l'Afrique du Nord. – Paris 1952ff.
- MENSCHING, H. und RAYNAL, R.: Fußflächen in Marokko. – *P. M.* 98, 1954, 171–176.
- MONJAUZE, A., FAUREL, L. und SCHOTTER, G.: Note préliminaire sur un itinéraire botanique dans la steppe et le Sahara septentrional algérois. – *Bull. Soc. Hist. Nat. d'Afrique du Nord* 46, 1955, 206–230.
- MÜLLER-HOHENSTEIN, K.: Die Ostmarokkanischen Hochplateaus. Ein Beitrag zur Regionalforschung und zur Biogeographie eines nordafrikanischen Trockensteppenraumes. – *Erlanger Geogr. Arb. Sonderband* 7, 1977 (im Druck).
- NEEF, E.: Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre. – Gotha 1967.
- OZENDA, P.: Flore du Sahara septentrional et central. – *C.N.R.S. (o.O.)* 1958.
- QUEZEL, P.: La végétation du Sahara du Tschad à la Mauritanie. – Stuttgart 1965.
- QUEZEL, P. und SANTA, S.: Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. – 2 Bde. Paris 1962/63.
- RIKLI, M. und SCHRÖTER, C.: Vom Mittelmeer zum Nordrand der Sahara. – *Vierteljahresschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich* LVII, 1912, Heft 1 und 2.
- SOGETIM: Etude des érosions dans le bassin de la Moulouya. Reconnaissance des milieux des hauts plateaux du Maroc oriental et de leurs bordures montagneuses. – Rabat 1956.
- VAGELER, P.: Zur Bodengeographie Algiers. – *P. M.-Erg. Heft* 258, Gotha 1955.
- WALTER, H.: Über die Stoffproduktion der Pflanzen in ariden Gebieten und die Wasserversorgung von Wüstenpflanzen sowie über Bewässerungskulturen. – *Wasserwirtschaft in Afrika*. Köln 1963, 83–95.
- WALTER, H. und VOLK, O.: Grundlagen der Weidewirtschaft in Südwest-Afrika. – Stuttgart 1954.

Verbreitungsmuster von Pflanzengesellschaften der Ostmarokkanischen Hochplateaus an Beispielen aus den Rumpfflächen, den Schichtstufen und den Aufschüttungsebenen

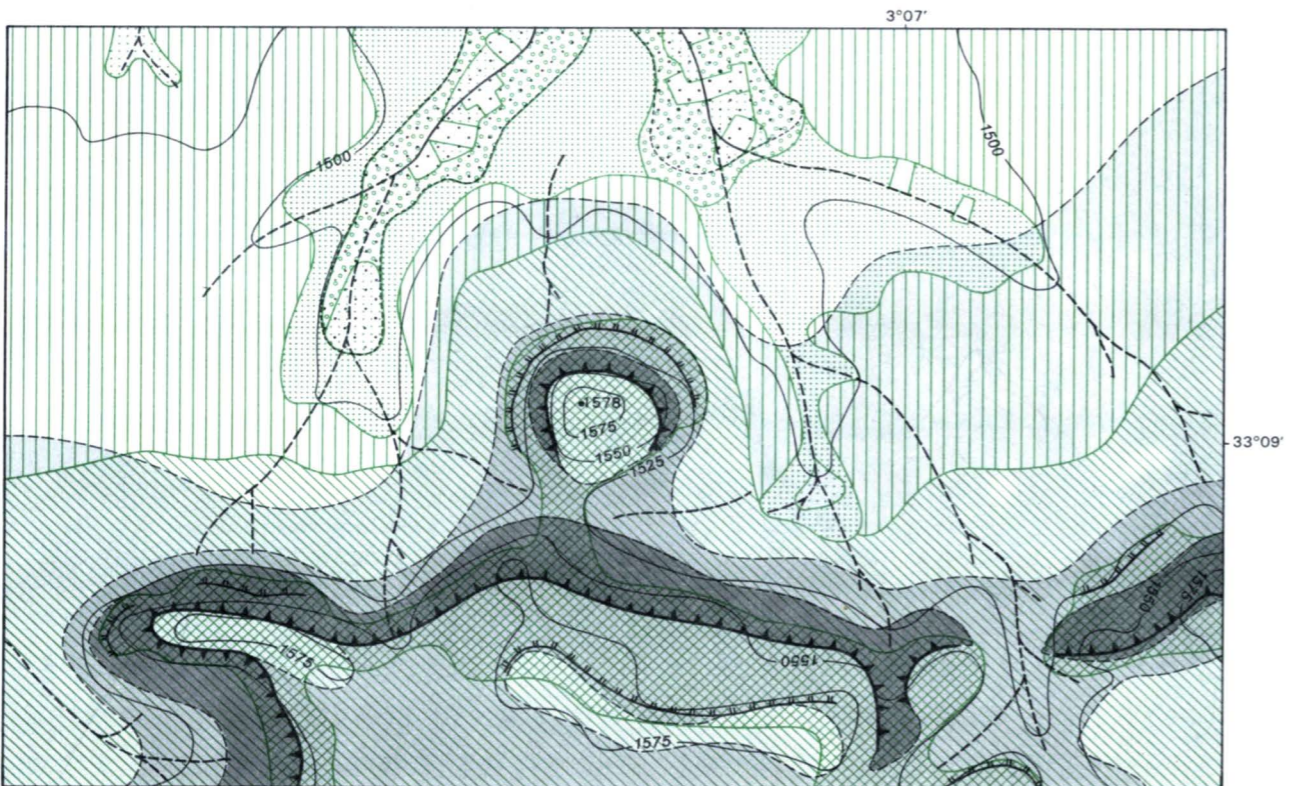
Pattern of distribution of plant societies of the High Plateau of East Morocco, showing examples from planation surfaces, the scarps and the alluviation plains



Die Pflanzengesellschaften der Rumpfflächen am Beispiel des Jebel el Gaada



Die Pflanzengesellschaften der Aufschüttungsebenen am Beispiel von En Nefouikha



Die Pflanzengesellschaften der Schichtstufen am Beispiel des Garet Dik

Legende zu den Karten der Pflanzengesellschaften der Ostmarokkanischen Hochplateaus an Beispielen aus den Rumpfflächen, den Schichtstufen und den Aufschüttungsebenen

- 1550— Isohypse in m
- 1324 Höhenpunkt
- Oueds mit deutlich ausgebildeter Sohle
- - - Erosionsrinnen
- ▲ felsige Stufenkante über 1m hoch
- felsige Hangleiste unter 1m hoch
- ▬ Flußterrassenkante
- Überschwemmungsbereich der Oueds

Hangneigungsbereiche

- unter 1°
- bis 2°
- bis 7°
- über 7°

Stipa tenacissima - Gesellschaften

- ▤ Alyssum-Phagnalon-Variante
- ▥ Rupicapnos-Capparis-Variante
- ▧ Thymus-Sideritis-Variante
- ▨ Thymus-Asteriscus-Variante
- ▩ Achillea-Variante
- Thymelaea-Cruzianella-Variante

Artemisia herba-alba - Gesellschaften

- Astragalus-Variante
- ▬ Haplophyllum-Atractylis-Variante
- ▮ Helianthemum-Marrubium-Variante
- ▯ Paronychia-Variante
- ▰ Sisymbrium-Variante
- ▱ Asteriscus-Variante
- Regenfeldbauparzellen

0 500 m

Schematisches Überblicksprofil der wichtigsten Pflanzengesellschaften der Ostmarokkanischen Hochplateaus und ihrer räumlichen Ordnung

Schematic general profile of the most important plant societies of the High Plateau of East Morocco and their spatial ordering

	RUMPFFLÄCHE (REKKAM)			HOCHEBENE (EN NEFOUIKHA)			SCHICHTSTUFE (GARET DIK)		
FORMENSCHATZ Relieftyp, Hangneigung	RUMPFFLÄCHE felsig-steinig, kuppig, Hangneigung um 7 Grad	RUMPFFLÄCHE sandig-steinig, flachwellig, Hangneigung 2-7 Grad	FUSSFLÄCHE sandig, Hangneigung um 2 Grad	FUSSFLÄCHE verkrustet, örtlich steinig, Hangneigung 0 Grad	ÜBERSCHWEMMUNGSFLÄCHE lehmig-tonig, Hangneigung 0 Grad	ÜBERSCHWEMMUNGSFLÄCHE sandig-lehmig, Hangneigung 0 Grad	FUSSFLÄCHE sandig-steinig, Hangneigung 2-5 Grad	STUFENHANG schuttreich, Hangneigung 5-über 20 Grad	STUFENKANTE felsig, mauerartig versteilt
PROFILSCHEMA Modellartige Aneinanderreihung typischer Ökotope und Ökotopegefüge									
KLIMA Allgemeine Charakteristik und standörtliche Besonderheiten	Sommerwarm und -trocken, winterkalt, relativ schneereich, über 400mm NS, kaum Windschutz Klimadiagramme von MIDELE (T) und OUJDA (NS), (Abb.4)			Sommerheiß und -trocken, winterkalt, 200-300mm NS, völlig ohne Windschutz Klimadiagramme von BERGUELE (T), Abb.4, NS etwas höher			Sommerwarm und -trocken, sehr winterkalt, ±400mm NS, unterschiedlicher Windschutz Klimadiagramm von MIDELE (T), Abb.4,		
VEGETATION Lebensformenspektrum mit Deckungsgrad, Artenzahl, Gesellschaftsbezeichnung und besonders kennzeichnende Arten	 40 STIPA TENACISSIMA-G. mit <i>Alyssum maritimum</i> , <i>Phagnalon saxatile</i>	 60 STIPA TENACISSIMA-G. mit <i>Thymus ciliatus</i> , <i>Sideritis incana</i>	 55 STIPA TENACISSIMA-G. mit <i>Achillea leptophylla</i>	 30 ARTEMISIA HERBA-ALBA-G. mit <i>Helianthemum lippii</i> , <i>Marrubium deserti</i>	 10 ARTEMISIA HERBA-ALBA-G. mit <i>Paronychia capitata</i>	 75 ARTEMISIA HERBA-ALBA-G. mit <i>Asteriscus pygmaeus</i>	 50 STIPA TENACISSIMA-G. mit <i>Thymelaea passerina</i>	 55 STIPA TENACISSIMA-G. mit <i>Thymus ciliatus</i> , <i>Asteriscus pygmaeus</i>	 35 STIPA TENACISSIMA-G. mit <i>Rupicapnos africana</i> , <i>Capparis spinosa</i>
BODEN Allgemeine Charakteristik, Korngrößenzusammensetzung									
	Außer wenigen, feinsandig-lehmigen Spaltenfüllungen kein Lockermaterial	Flach- bis mittelgründig, stark steinig, um die Halfahorste oft sandig	Mittel- bis tiefgründig, feinsandbestimmt	Flach- bis mittelgründig, steinkiesig, meist mit lamellenartigen Kalkanreicherungen	Tiefgründig, ohne Grobboden oberflächennah stark verdichtet	Tiefgründig, mit Sandanreicherung um die Zwergsträucher, oberflächennah locker	Flach- bis mittelgründig, stark steinig, örtlich verkrustet	Flachgründig, schuttreich, örtlich lehmig	Außer wenigen, feinsandig-lehmigen Spaltenfüllungen kein Lockermaterial