

**BONNER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN**

ISSN 0373-0468

Herausgegeben von  
H. Hahn - W. Kuls - W. Lauer - P. Höllermann - K.A. Boesler  
Schriftleitung: H.-J. Ruckert

Heft 58

**Peter Frankenberg**

**Florengeographische Untersuchungen  
im Raume der Sahara**

**Ein Beitrag zur pflanzengeographischen Differenzierung  
des nordafrikanischen Trockenraumes**

1978

In Kommission bei  
Ferdinand Dümmlers Verlag - Bonn

**Peter Frankenberg**

**Florengeographische Untersuchungen  
im Raume der Sahara**

**Ein Beitrag zur pflanzengeographischen Differenzierung  
des nordafrikanischen Trockenraumes**

**BONNER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN**

ISSN 0373-0468

Herausgegeben von

H. Hahn W. Kuls W. Lauer P. Höllermann K. A. Boesler

Schriftleitung: H.-J. Ruckert

---

Heft 58

Peter Frankenberg

**Florengeographische Untersuchungen  
im Raume der Sahara**

Ein Beitrag zur pflanzengeographischen Differenzierung  
des nordafrikanischen Trockenraumes



1978

---

In Kommission bei

**FERD. DÜMMLERS VERLAG · BONN**

— Dümmlerbuch 7558 —

# **Florengeographische Untersuchungen im Raume der Sahara**

**Ein Beitrag zur pflanzengeographischen Differenzierung  
des nordafrikanischen Trockenraumes**

von

**Peter Frankenberg**

**Mit 10 Tabellen, 23 Abbildungen und einer Karte im Text  
sowie 14 mehrfarbigen Karten und Profiltableaus  
als Beilagen im Anhang.**

In Kommission bei

**FERD. DÜMMLERS VERLAG · BONN**

 **Dümmersbuch 7558**

**Alle Rechte vorbehalten**

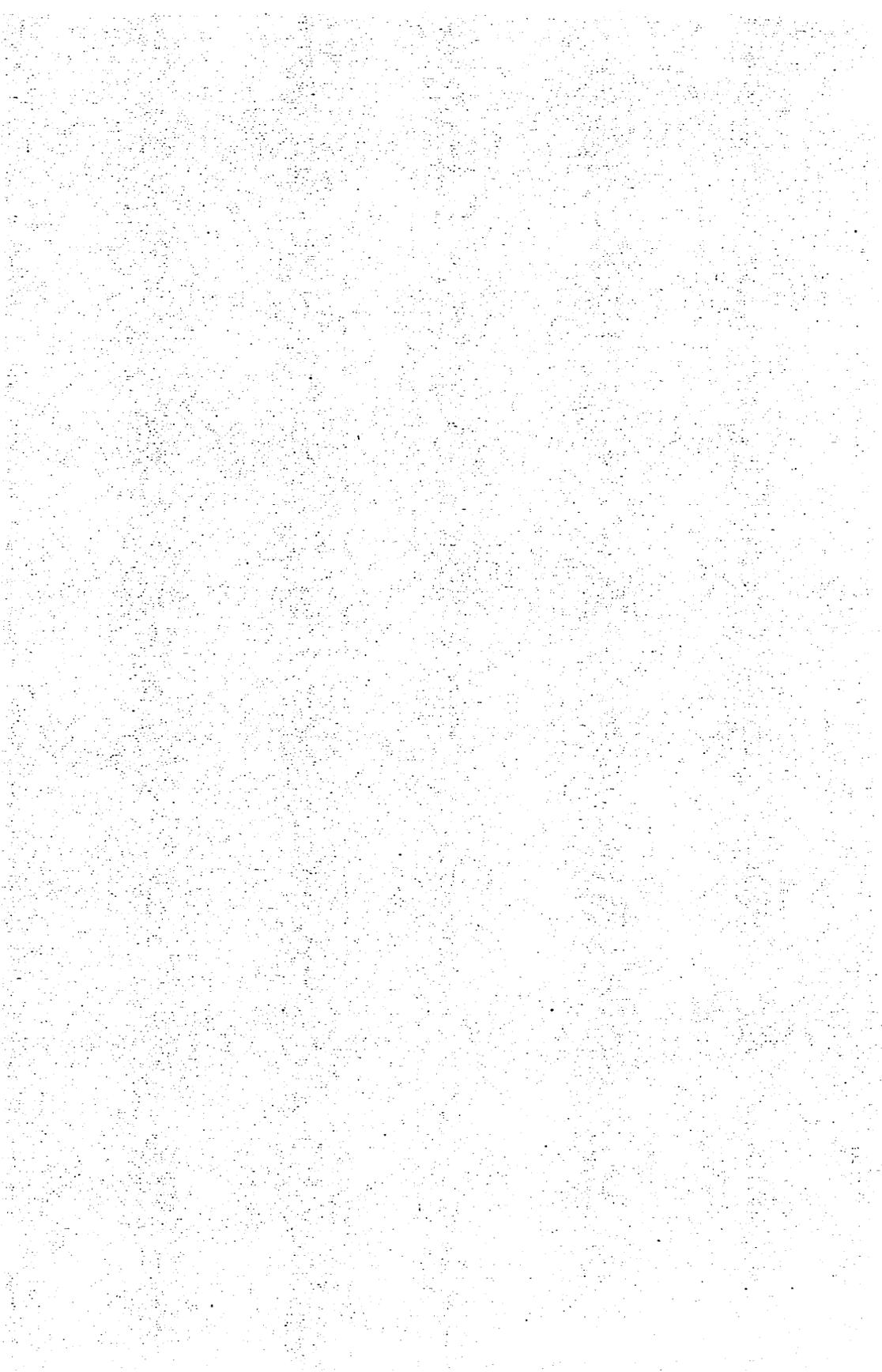
**ISBN 3 – 427 – 75581 – 9**

**© 1978 Ferd. Dümmers Verlag, 5300 Bonn 1**

**Herstellung: city – druck Leopold bonn Verlagsdruckereigesellschaft mbH.**

**Postfach 1947 · 5300 Bonn 1**

**Meiner Frau  
Brigitte**



## Vorwort

Die vorliegende Arbeit ist ein Versuch, die räumliche Anordnung der Pflanzenwelt in der Sahara floristisch zu analysieren.

Diese Aufgabe ist deshalb von wissenschaftlichem Reiz, weil sich in der Sahara, dem großen nordafrikanischen Trockenraum, der Übergang von den tropischen zu den außertropischen Klimaten vollzieht.

Eine genaue Analyse der Taxa könnte Aufschluß über die Übergangsbedingungen geben, wie sie sich vom Pflanzenkleid her ableiten lassen.

Herr Prof. Dr. W. Lauer gab die Anregung zu dem Vorhaben. Er schlug eine Untersuchung der räumlichen Anordnung von Florenelementen vor. Er regte an, diese mit geeigneten Klimaparametern in Beziehung zu setzen, um zu prüfen, ob von pflanzengeographischer Seite her Aussagen über die Struktur und den Verlauf der Tropengrenze in der Sahara gemacht werden können.

Der Verfasser verdankt Herrn Prof. Dr. W. Lauer nicht nur die Anregung zu der vorliegenden Arbeit, sondern auch die ständige wissenschaftliche Beratung und allseitige Unterstützung des Vorhabens.

Herrn Prof. Dr. C. Troll hat der Verfasser für manches klärende Gespräch sowie für die ständige Bereitschaft zu danken, ihm seine umfangreiche Bibliothek zur Einsichtnahme zur Verfügung zu stellen.

Mit Herrn Dr. A. Breuer sowie den Herren Dr. W. Golte und Dr. D. Klaus konnte in vielen Gesprächen manches Detail und mancher methodische Ansatz der Arbeit diskutiert werden.

Königswinter, im Februar 1977

Peter Frankenberg

## Inhalt

<b>A. Gegenstand und Methode der Arbeit</b>	<b>1</b>
<b>I. Erläuterung des Gegenstandes der Arbeit</b>	<b>1</b>
<b>II. Darstellung des Problemkreises</b>	<b>1</b>
<b>III. Die der Arbeit zugrundeliegende Methode</b>	<b>4</b>
a) Untersuchungsgebiet und Grundlagenmaterial	4
b) Grundsätzliche Probleme	4
c) Auswahl und Gruppierung der Florenelemente	8
d) Kartographische Grundlage	13
e) Quantitative absolute und relative räumliche Darstellung der Florenelemente	16
f) Bezugnahme auf Umweltparameter	18
<b>B. Die Untersuchungsergebnisse</b>	<b>20</b>
<b>I. Die horizontal differenzierte Darstellung der absoluten und relativen räumlichen Verbreitung der Florenelemente</b>	<b>20</b>
a) Die absolute räumliche Verbreitung der Florenelemente	20
b) Arealtypenspektrenkartogramm	28
c) Vergleich der Standardabweichungen absoluter Taxazahlen mit Arealtypenspektren	32
d) die floristischen Grenzlinien	35
<b>II. Die Beziehungen zwischen Florenelementen und Klimaparametern</b>	<b>39</b>
a) Beziehungen zwischen Arealtypenspektrenanteilen und Klimaparametern	39
b) Beziehungen zwischen floristischen Grenzlinien und Klimaparametern	53
<b>III. Die vertikal differenzierte Darstellung der relativen Verbreitung der Florenelemente</b>	<b>60</b>
1. Methodische Abweichung zu Kap. B I	60
2. Die vertikal differenzierte Darstellung der relativen Verbreitung der Florenelemente am Beispiel des Tibestigebirges	61
a) Das Arealtypenspektrenprofilogramm	61
b) Die floristischen Höhenstufen (Dominanzprofilogramm)	61
c) Höhenstufengliederung der Endemitenflora	65
d) Statistische Analyse der Zusammenhänge zwischen Florenelementen und der Höhe im Tibestigebirge	66
e) Integrierte Betrachtung der Höhenstufen von Toussidé und Emi Koussi	72

3. Die vertikal differenzierte Darstellung der relativen Verbreitung der Florenelemente am Beispiel des Hoggargebirges	74
a) Das Arealtypenspektrenprofilogramm	74
b) Die floristischen Höhenstufen (Dominanzprofilogramm)	74
c) Die Endemitenflora	76
d) Statistische Analyse der Zusammenhänge zwischen Florenelementen und der Höhe im Hoggargebirge	77
e) Integrierte Betrachtung der Höhenstufen des Hoggar	80
f) Beziehungen zwischen Flora und Klimaparametern	80
<b>IV. Zusammenfassender Vergleich der horizontal und der vertikal differenzierten Analysen</b>	<b>84</b>
<b>C. Zusammenfassende Übersicht über die Ökologie der Flora des Untersuchungsraumes</b>	<b>87</b>
<b>Résumé</b>	<b>93</b>
<b>Tabellen der Arealtypenspektren: horizontal differenzierte Analyse</b>	<b>97</b>
<b>Tabellen der Arealtypenspektren: Tibesti</b>	<b>113</b>
<b>Tabellen der Arealtypenspektren: Hoggar</b>	<b>115</b>
<b>Literaturverzeichnis — Allgemeine Literatur</b>	<b>117</b>
<b>Literaturverzeichnis — Spezielle floristische Literatur</b>	<b>123</b>

## Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

	Seite	
Abb. 1	Grenzen zwischen Paläotropis und Holarktis nach verschiedenen Autoren	2
Abb. 2	Ausschnitt aus der Karte: Croquis des divisions phyto-chorologiques de l'Afrique von Th. Monod (1957), leicht vereinfacht	3
Tab. 1	Floristische Gliederung der Sahara nach verschiedenen Autoren	5
Karte 1	Das Untersuchungsgebiet	6
Abb. 3	Arealtypen	9
Abb. 4	Ausschnitte aus Karten von Klimaklassifikationen zur Stellung des irano-turanesischen Geoelementes	12
Tab. 2	Tabelle der Florenelemente im Vergleich zu denen anderer Autoren	14
Abb. 5	Karte zur Lage der Profile	23
Abb. 6	Diagramme der Standardabweichungen absoluter Artenzahlen	24
Abb. 7	Diagramme der Standardabweichungen absoluter Artenzahlen	26
Abb. 8	Diagramme der Standardabweichungen absoluter Artenzahlen des P-Florenelementes	27
Abb. 9	Karte des mittleren Jahresniederschlages in der Sahara (nach <i>J. Dubief</i> , 1963)	29
Abb. 10	Profildiagramme der Arealtypenspektren	31
Abb. 11	Profildiagramme der Arealtypenspektren	32
Tab. 3	Tabelle der Rangkorrelationskoeffizienten	33
Tab. 4	Tabelle der Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten	43
Abb. 12	Räume der Konzentration von Residuen mehrerer Regressionsrechnungen	48
Tab. 5	Tabelle der multiplen Regressionsgleichungen	50

Tab. 6	Tabelle der F-Werte	52
Tab. 7	Tabelle floristischer Grenzlinien und der sie limitierenden Klimaparameter	54
Abb. 13	Grenzen des 'mousson' und der Polarfront (1963)/floristische Grenzlinien	59
Abb. 14	Karten zur Lage der Profile in Hoggar und Tibesti	62
Abb. 15	Arealtypenspektrenprofilogramm Tibestigebirge	(Beilage)
Abb. 16	Dominanzprofilogramm Tibestigebirge	64
Abb. 17	Die Endemitenflora im Tibestigebirge	(Beilage)
Abb. 18	Regressionsdiagramm T-Florenelemente i.w.S.	68
Abb. 19	Regressionsdiagramm S-Florenelement / Emi Koussi	68
Abb. 20	Regressionsdiagramm S-Florenelement P. Toussidé	68
Abb. 21	Regressionsdiagramm A-Florenelement i.w.S. / Emi Koussi	68
Tab. 8	Tabelle von Arealtypenspektrenanteilen / Meereshöhe der Fundorte Tibesti	69
Abb. 22	Regressionsdiagramme Endm- und Enda-Florenelemente / Emi Koussi und P. Toussidé	71
Abb. 23	Arealtypenspektrenprofilogramm Hoggargebirge	(Beilage)
Abb. 24	Dominanzprofilogramm Hoggargebirge	75
Abb. 25	Die Endemitenflora im Hoggargebirge	(Beilage)
Tab. 9	Tabelle von Arealtypenspektrenanteilen / Meereshöhe der Fundorte: Hoggar	78
Abb. 26	Regressionsdiagramm S-Florenelement / Hoggar, SW-Hang, Westprofil	79
Abb. 27	Klimaparameter und floristische Höhenstufen im Hoggargebirge	82/83
Tab. 10	Vergleichende Tabelle der Höhenstufen von Hoggar und Tibesti	85

## **Verzeichnis der Karten**

**Karte 1** Das Untersuchungsgebiet (im Text)

Alle folgenden Karten befinden sich als Beilage in der Falttasche am Schluß des Bandes.

**Karte 2** Karte der Klimastationen

**Karte 3** Florenelementkarte Tropisches Florenelement (T)

**Karte 4** Florenelementkarte Tropisch-saharisches Florenelement (TS)

**Karte 5** Florenelementkarte Saharo-arabisches Florenelement (S)

**Karte 6** Florenelementkarte Außertropisch-saharisches Florenelement (AS)

**Karte 7** Florenelementkarte Außertropisches Florenelement (A)

**Karte 8** Florenelementkarte Pluriregionales Florenelement (P)

**Karte 9** Florenelementkarte Endemische Florenelemente (Enda, Ends, Endm)

**Karte 10** Arealtypenspektrenkartogramm (2 Blätter)

**Karte 11** Dominanzkartogramm der Florenelemente

**Karte 12** Karte der floristischen Grenzlinien und der Florenregionen

## A. Gegenstand und Methode der Arbeit

### I. Erläuterung des Gegenstandes der Arbeit

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Erstellung einer quantitativen floristischen Analyse, Gliederung und Abgrenzung des weiteren Sahararaumes auf der Basis möglichst aller erfaßten Pflanzenarten des entsprechenden Untersuchungsgebietes. Besonderes Gewicht wird dabei auf die Herausarbeitung spezifischer physischer Eigenschaften der Tropen unter floristischen und klimageographischen Gesichtspunkten gelegt. Es wird von der Notwendigkeit einer dreidimensionalen Analyse im Sinne *C. Troll's* ausgegangen und so neben eine horizontal differenzierte und vertikal integrierte eine vertikal differenzierte floristische Analyse der Hochgebirge gestellt.

### II. Darstellung des Problemkreises

Die eigentliche Problemstellung dieser Arbeit wird von R. Schnell sehr präzise angesprochen:

„... c'est l'un des problèmes les plus discutés par les phytogéographes que de savoir dans quelle mesure, dans quelle proportion de son étendue, le Sahara est à considérer comme faisant partie du monde biologique tropical.“<sup>1</sup>

Im folgenden sei zunächst ein exemplarischer Abriss der floristischen Zuordnung der Sahara nach dem bisherigen Stand der Forschung gegeben. (vgl. Abb. 1 und Tab. 1)

*A. Chevalier* (1927); *P. Graebner* (1929); *Th. Monod* (1932); *A. Engler* (in: *H. Melchior*, 1964); *L. Diels* und *R. Good* (in: *H. Walter*, *H. Straka*, 1970) lösen das Problem unitär, indem sie die Grenze zwischen Paläotropis und Holarktis mehr oder weniger mit der Nordgrenze der Sahara gleichsetzen, d.h. das nordafrikanische Wüstengebiet nahezu vollständig der Paläotropis zuordnen.

*A. Hayek* (1926); *A. Eig* (1931); *J. Trochain* (in: *Th. Monod*, 1937) bieten eine inverse unitäre Lösung an. Sie rechnen die Sahara weitestgehend der Holarktis zu, lassen also die Grenze zur Paläotropis in etwa mit der Südgrenze der Sahara zusammenfallen.

*A. Hettner* (1935); *O. Drude* (1884); *L. Diels* (1945); *Th. Monod* (1954-1957); *P. Quézel* 1965; *L. Emberger* (in: *R. Schnell*, 1970); *A. Supan* (1896) und *B. Zolotarevsky*, *M. Murat* (1938) treten für eine binäre Lösung ein. Sie lassen die Holarktis/Paläotropisgrenze irgendwo innerhalb des Wüstenraumes verlaufen. Dabei kann sie dann einmal weiter im Norden (*A. Hettner*), etwa entlang dem Wendekreis (*O. Drude*, *L. Emberger*, *Th. Monod*), oder auch weiter im Süden der Sahara (*A. Supan*, *B. Zolotarevsky*, *M. Murat*) gelegen sein.

*A. Grisebach* (1872) und *G. Lemée* (1967) deuten als vierte Lösungsmöglichkeit an, die Sahara floristisch gleichsam neutral (Übergangsraum) zwischen beiden Florenreichen zu belassen.

1 *R. Schnell*, Introduction, 1970, Bd. 2, S. 756

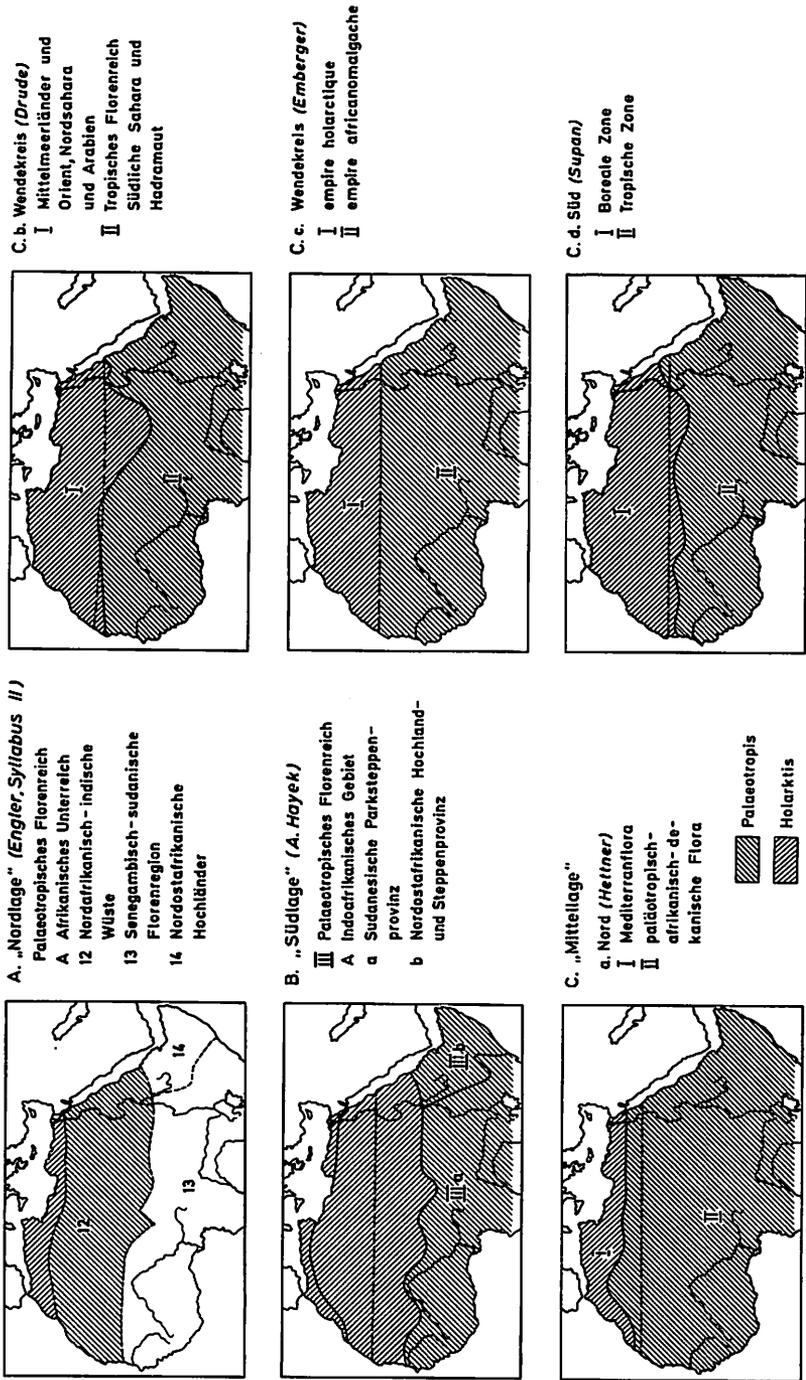


Abb. 1: Grenzen zwischen Paläotropis und Holarktis nach verschiedenen Autoren

*Th. Monod*<sup>2</sup> stellt resümierend fest, daß es heute nicht mehr möglich sei, „die Sahara als bioklimatische Einheit zu begreifen“, man müsse auf eine „unitäre Lösung“ verzichten.

Dies entspricht dem Forschungsstand nach dem Kongreß der Phytogeographen zu Yangambi, demzufolge *Th. Monod* (1957) einen „Croquis des Divisions phyto-chorologiques“ entworfen hat, aus dem die folgende Abb. 2 einen Ausschnitt widergibt.

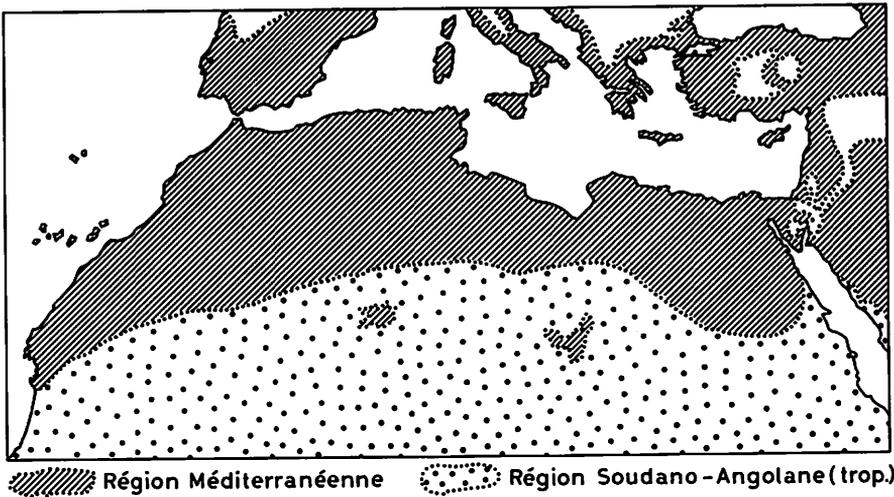


Abb. 2 Ausschnitt aus der Karte: Croquis des divisions phyto-chorologiques de l'Afrique von *Th. Monod* (1957), leicht vereinfacht

Neben den angeführten globalen floristischen Gliederungen stehen regionale floristische Gliederungen, die sich auf das nordhemisphärische Afrika beschränken und über die oben diskutierten Fragestellungen hinaus diejenige einer weiter differenzierten inneren floristischen Gliederung der Sahara aufwerfen. In Form der Tabelle 1 werden die geläufigsten Gliederungen dieser Art vorgestellt.

Dem Verfasser scheint es überdies angebracht, Aussagen verschiedener Klimaklassifikationen über die klimatische Zuordnung der Sahara, insbesondere im Hinblick auf eine Abgrenzung der Tropen, anzuführen.

Die „vorwiegend effektiven“<sup>3</sup> Klimaklassifikationen ordnen die Sahara entweder im Sinne einer unitären Lösung vollständig der Subtropenzone zu (*A. Philippon*, 1925), teilen sie gemäß einer binären Lösung in einen tropischen und einen außer-

2 *Th. Monod*, Tiere und Pflanzen, in: Die Sahara und ihre Randgebiete, Bd. III, 1973, S. 122

3 Die Begriffe „vorwiegend effektiv“ und „genetisch“ sind im Sinne von *J. Blüthgen*/Klimageographie, 1966, gebraucht.

tropischen Teil (*H. v. Wissmann*, in: *J. Blüthgen*, 1966 und *C. Troll, K. H. Paffen*, 1964), wobei die Bedeutung des Frostes für die Tropengrenzziehung hervorgehoben wird, oder lassen, so *W. Köppen* (1900, 1931), die Stellung der Sahara in einem intermediären Sinne offen.

Die „genetischen“ Klimaklassifikationen bevorzugen weitgehend die binäre Lösung (*A. Hettner*, 1934 und *M. Hendl*, 1960), da sie nur die von Winterregen betroffenen Teile der Sahara den Subtropen zuordnen. *B. P. Alissow* (in: *H. Flohn*, 1957) läßt die Sahara dagegen vollständig im Bereich seiner „tropischen Luftmassen“ liegen.

Die Bedeutung der Differenzierung von Tages- und Jahreszeitenklima für eine Abgrenzung der Tropen heben *C. Troll* (1943) und *K. H. Paffen* (1967) hervor. Den bisher wohl wesentlichsten Beitrag zu dem Problem einer pflanzengeographischen Tropengrenze in ihrer Beziehung zu Klimaparametern hat *H. v. Wissmann* (1948) geliefert.<sup>4</sup> Er sieht in der „absoluten Frostgrenze“ die klimatische Begrenzung der tropischen Pflanzenwelt, im ozeanischen Gebiet erreiche sie diese Frostgrenze allerdings nicht mehr, sondern finde bereits an einer „Wärmemangelgrenze“ der Mitteltemperatur des kältesten Monats von 18,3°C<sup>5</sup> ihre klimatische Begrenzung.

### III. Die der Arbeit zugrundeliegende Methode

#### a) Untersuchungsgebiet und Grundlagenmaterial

Die Erstreckung des der quantitativen floristischen Untersuchung zugrundeliegenden Raumes ist der Karte 1 zu entnehmen.

Die floristisch-pflanzengeographische Analyse wurde auf der Basis von Arten höherer Pflanzen mit Hilfe von Florenlisten, regionalen pflanzengeographischen Monographien sowie pflanzensoziologischen und ökologischen Abhandlungen, die im Literaturverzeichnis unter „Flora und Vegetation“ vollständig verzeichnet sind, durchgeführt.

#### b) Grundsätzliche Probleme

Bei jeder florenstatistischen Analyse tritt das Problem des Faktors Zeit auf, denn auch die vorliegende Untersuchung muß die Flora der Sahara und angrenzender Gebiete als quasi statisch ansehen. Im Jahresrhythmus erscheint vor allem die Therophytenflora als ein dynamisches Element.

Es zeigt sich hierbei nun der Vorteil einer auf möglichst vielen Quellen basierenden florenstatistischen Analyse; da für einen Raum oft jeweils mehrere und

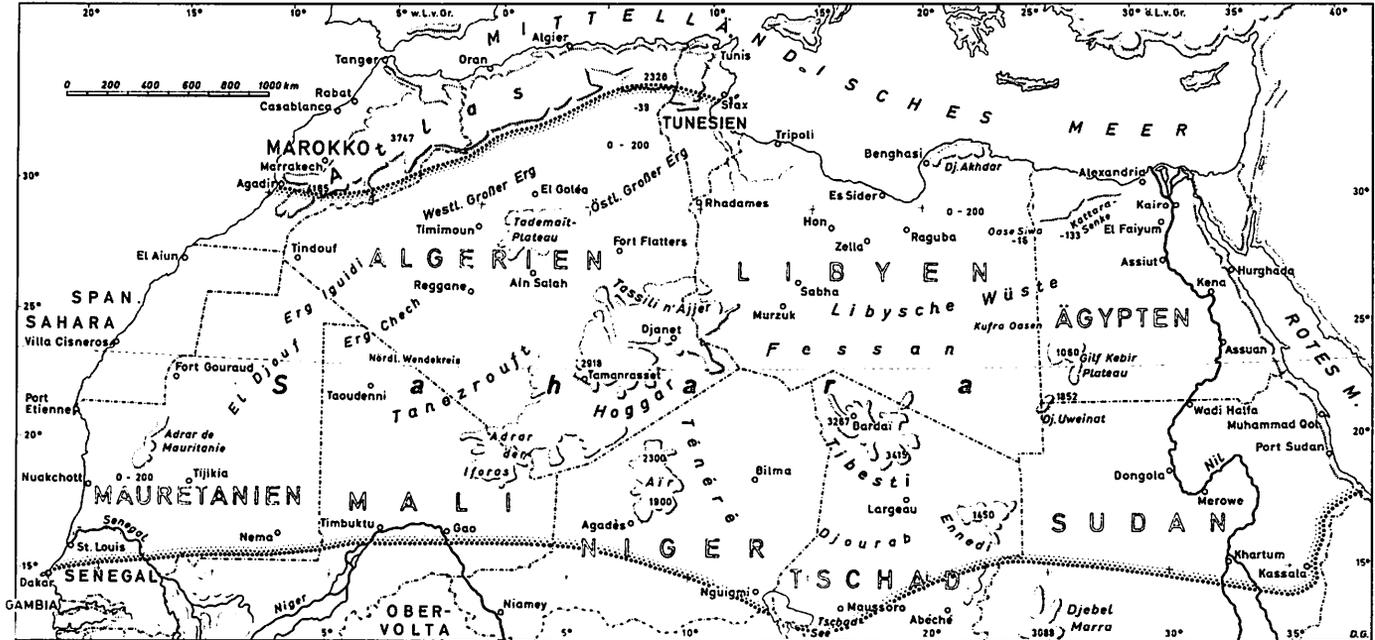
---

4 *H. v. Wissmann*, Pflanzenklimatische Grenzen, Erdkunde II, 1948, S. 81 - 92

5 1948 hatte *H. v. Wissmann* die Jahresmitteltemperatur von 18,3° angeführt, dies jedoch 1966 korrigiert (in: *J. Blüthgen*, Klimageographie, 1966, S. 528 f.)

**Tabelle 1 Floristische Gliederung der Sahara nach verschiedenen Autoren**

<i>Monod (1932)</i>	<i>Monod (1938)</i>	<i>Monod (1954)</i>	<i>Chevalier (1927)</i>	<i>Quézel (1965)</i>	<i>Zolotarevsky Murat Climat méd.</i>	<i>Engler</i>
Rég. méd. Province steppique Nord-afr.	Holarctijs Rég. méd. Domaine mauritano-stepp.	Holarctijs Rég. méd.	Rég. méd. Domaine Mauritano-méditerranéen	Empire Holarctique	Zone saharienne	Boreales Florenreich
Rég. désert. et subdes. intertropicale de L'ancien m. I. Prov. saharo méd. II. Prov. saharo africaine	Rég. saharosindienne Domaine saharo-méd. Domaine saharo-africain <b>Palaeotropis</b>	Rég. saharosindienne 1. Domaine saharo-méd. (sah. subtrop.) <b>Palaeotropis</b> 2. Domaine saharo-africain (sah. tropical)	Région désertique intertropicale. Domaine du Sahara occ. Secteur alg. Secteur soud.	Rég. méd. Rég. saharosindienne 1. Domaine du Sah. sept. 2. Domaine du Sah. nord. occ. 3. Domaine du Sah. océanique <b>Empire Palaeotropical</b> Rég. du complexe méd. sah. sind. soud. angolais 4. Domaine des hautes montagnes sah. Rég. du complexe sah. sind. soud. angolais	Sous-zone saharo-sept. Sous-zone sah. médiane Climat <b>tropical</b> Sous-zone sah. mer.	Mediterran-gebiet, med. Wüste
III. Prov. saharo sahélienne a. Sousprov. sahélo dés. b. Sousprov. sahélo soudanaise	Rég. soudanodeccanienne Domaine sahélien a. Secteur sahélo-saharien b. Secteur sahélo-soudanais	Rég. soudanodeccanienne 1. Domaine sahélien	Rég. intertropicale africaine Domaine sahélien		Zone sahélo saharienne	Palaeotropisches Florenreich Nordafr. indisches Wüstengeb. a. Südmarok. Provinz b. Provinz der großen oder zentralen Sahara
Rég. intertropicale africaine						thab. nub. Provinz
Prov. Soudanaise	Domaine soudanais	2. Domaine soudanais	Domaine soudanais	5. Domaine du Sah. central 6. Domaine du Sah. occidental Rég. soudano-angolaise	Zone soudanaise	Übergangs-provinz westl. Zone Centrale Z. östl. Zone
Prov. Guineo-forestière	Rég. congo-indienne Domaine guinéen Domaine forestier	Rég. congo-guineenne ?	Domaine guinéen Domaine de la forêt dense équatoriale	Sous-région éremitique afr. ou sah. africaine 7. Domaine du Sahara mer. ou saharo-afr. sous région sahélienne		Afr. Wald- und Steppengeb.



..... Grenzen des Untersuchungsgebietes

längerfristige Untersuchungen zur Verfügung standen, die zudem meist frühere Arbeiten einbezogen haben, konnten auch die Therophyten weitgehend erfaßt werden.

So kann zwar nicht auf eine Jahresrhythmik der Flora eingegangen werden, es scheint aber gelungen, für weite Räume die taxonomischen Einheiten zu erfassen, die dort im Laufe der Zeit auftreten oder perennieren.

Neben einem Jahresrhythmus treten aber auch langfristige Veränderungen in der Zusammensetzung der Flora auf. Die Saharaflora unterlag vor allem im Pleistozän und früheren Holozän bedeutender Dynamik (Pluvialzeiten!).<sup>1</sup>

Man kann jedoch davon ausgehen, daß sich die Umweltverhältnisse in der Sahara und ihren Randgebieten während der letzten 50 Jahre vor 1960 nicht derart gewandelt haben, daß eine diese Untersuchung beeinträchtigende Veränderung in der Zusammensetzung der Flora hätte eintreten können.

Ein weiterer Einwand ist der Hinweis auf eine möglicherweise anthropogen beeinflusste Zusammensetzung der Flora. Hierzu ist klarzustellen, daß keine „natürliche Flora“, sondern die „aktuelle Flora“, die sicherlich in weiten Gebieten der Sahara keinem wesentlichen anthropogenen Einfluß ausgesetzt ist, diesem aber in den Randgebieten und Oasen sehr wohl unterliegt (Beweidung), Gegenstand der Analyse ist.

Zudem ist das Areal jeder Art Ausdruck ihrer „ökologischen Konstitution“<sup>2</sup>, und solange der Mensch diese und die Umweltfaktoren nicht direkt verändert, scheint eine Analyse vorliegender Art möglich, denn die Spezies vermögen eben trotz des indirekten anthropogenen Einflusses nur dort zu gedeihen, wo ihnen die natürlichen Umweltbedingungen die Aufrechterhaltung ihrer physiologischen Lebensvorgänge ermöglichen. Allerdings führt z. B. die Beweidung zu einer Veränderung des interspezifischen Wettbewerbs. So können einzelne Arten bevorzugt werden, aber es ist sehr unwahrscheinlich, daß auf diese Weise die Relationen ganzer Artengruppen zueinander wesentliche Veränderungen erfahren.

Es sind aber, um einen gravierenden Begriff des „homo sapiens“ nicht einfließen zu lassen, alle Adventivpflanzen<sup>3</sup> ausgegliedert worden, ebenso sind alle niederen Pflanzen unberücksichtigt geblieben.

Da die floristische Untersuchung auf der Basis der taxonomischen Grundeinheit „Art“ (Spezies) durchgeführt wurde, ergibt sich als ein weiterer Einwand die Subjektivität des Artbegriffes.<sup>4</sup> Er stellt kaum eine natürliche systematische Einheit dar. Diese nicht streng objektivierbare Grundlage der Arbeit erscheint dennoch als die einzig mögliche einer florenstatistischen Analyse, und so muß dieser Mangel an Objektivität bewußt in Kauf genommen werden.<sup>5</sup>

---

1 nach P. Quézel, Flora und Vegetation der Sahara, in: Die Sahara ... Hrsg. H. Schiffers. Bd. I, 1971, S. 454 f.

2 H. Walter, Arealkunde, 1970, S. 60

3 im Sinne von G. Schmidt, Vegetationsgeographie, 1969, S. 60

4 H. Walter, H. Straka, Arealkunde, S. 29

5 vgl. auch H. Meusel u. a. Vergleichende Chorologie, 1965, S. 13

Subspezies und Varietäten sind zwar eigentlich niederrangigere taxonomische Einheiten als die Art, sie gehen dennoch in die Florenstatistik gleichrangig mit der Art ein, da der Übergang von einer Varietät bzw. Subspezies zur Art fließend und in sehr vielen Fällen umstritten ist. Auch haben Varietäten und Subspecies häufig eine eigenständige „ökologische Konstitution“ sowie ein von dem Artareal stark abweichendes Verbreitungsgebiet. Zudem ist so die mangelnde Objektivität des Artbegriffes teilweise kompensiert, indem der Artbegriff in allen Fällen sehr eng gefaßt ist.

### c) Auswahl und Gruppierung der Florenelemente

Das gesamte floristische Grundlagenmaterial wurde auf der Basis des engen Artbegriffes zu einer homogenisierten Florenliste der Sahara und ihrer Randgebiete zusammengefaßt. Eine derartige homogenisierte Florenliste ist Voraussetzung für eine Gruppierung der Arten zu Florenelementen.

Im folgenden wird der Begriff Florenelement entsprechend der Definition von *H. Walter, H. Straka*<sup>6</sup> angewendet, wobei Florenelement im Sinne von „Goelement“<sup>7</sup> aufgefaßt wird.

Ein Florenelement beinhaltet demnach in der vorliegenden Arbeit Arten gleicher Hauptverbreitung, also mit zumindest ähnlichem Areal. Als entscheidend tritt so die räumliche Komponente hervor. Dies gilt jedenfalls für alle eurytopen Arten, nicht jedoch für stenotope Spezies, Reliktendemiten, die nach ihrem Ursprungsgebiet Florenelementen im Sinne von Goelement zugeordnet worden sind.

Alle in der homogenisierten Florenliste verzeichneten Arten wurden gemäß ihrem Areal bzw. ihrer Herkunft zu Florenelementen gruppiert. Die Abb. 3 soll in etwa den Arealtypus<sup>8</sup> der eurytopen Florenelemente (Goelemente) deutlich werden lassen, der für diese Zuordnungskriterium war.

Die Gruppierung der Flora nach Arealtypen (eurytope Arten) und Genotypen (Endemiten) hat zu der Ausgliederung von sieben Florenelementen geführt: drei Grundelemente, zwei Verbindungselemente, ein polychores<sup>9</sup> Element sowie endemische Elemente (Goelemente):

#### A. Grundelement

- |                                    |   |   |
|------------------------------------|---|---|
| 1. Tropisches Florenelement        | = | T |
| 2. Außertropisches Florenelement   | = | A |
| 3. Saharo-arabisches Florenelement | = | S |

#### B. Verbindungselemente

- |  |   |    |
|--|---|----|
| 1. Tropisch-saharisches Florenelement      | = | TS |
| 2. Außertropisch-saharisches Florenelement | = | AS |

6 *H. Walter, H. Straka, Arealkunde, 1970, S. 288*

7 nach *Kleopow* in: s.o.

8 *G. Reichelt, O. Wilmanns, Vegetationsgeographie, 1973, S. 20*

9 *A. Eig, Eléments phytogéographiques, 1931, S. 15*

### C. Polychore Elemente

zusammengefaßt zu einem pluriregionalen  
Florenelement = P

### D. Endemische Elemente

1. Tropisch-endemisches Florenelement = Enda (afrikanisch)
2. Außertropisch-endemisches Florenelement = Endm (mediterran)
3. Saharisch-endemisches Florenelement = Ends (saharisch)

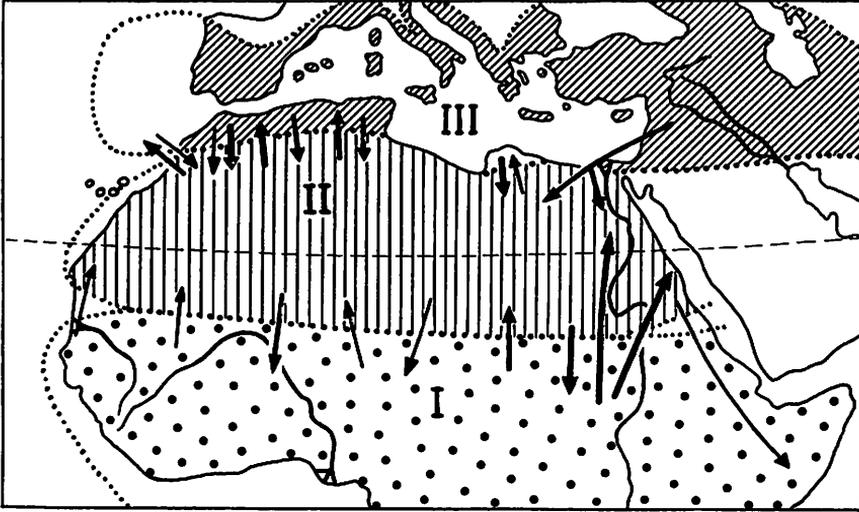


Abb. 3: Die Arealtypen

I tropischer Arealtyp

II saharo-arabischer Arealtyp

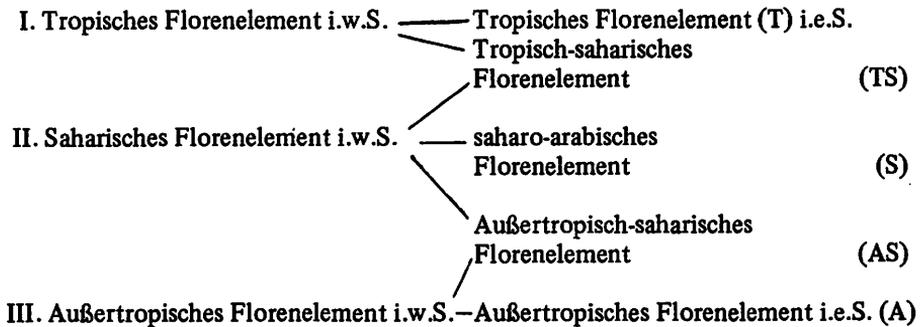
III mediterran-makaronesisch-irano/turanesischer Arealtyp

Pfeile deuten wechselseitige Einstrahlungen an

Das außertropische Florenelement (A) sowie das tropische Florenelement (T) sind tropische bzw. außertropische Florenelemente im engeren Sinne (i.e.S.), denn auch das tropisch-saharische Florenelement wird ebenso als floristisch den Tropen zugehörig erachtet, wie das außertropisch-saharische als ein den Außertropen zugehöriges Florenelement angesehen wird. Beide Florenelemente i.e.S. stellen demnach zusammen mit den genannten Verbindungselementen außertropische bzw. tropische Florenelemente im weiteren Sinne (i.w.S.) dar.

Andererseits können sowohl das außertropisch-saharische Florenelement wie auch das tropisch-saharische Florenelement zusammen mit dem saharo-arabischen Florenelement einem saharischen Florenelement i.w.S. zugeordnet werden, wodurch der Typus „Verbindungselement“ der beiden erstgenannten Florenelemente deutlich zum Ausdruck kommt.

Das folgende Schema soll nun die Stellung von Florenelementen i.w.S. verdeutlichen helfen:



Die Zuordnung der einzelnen eurytopen Taxa zu Florenelementen (Geoelementen) i.e.S. beruht weitgehend auf den allgemeinen Verbreitungsangaben in Pflanzenlisten und Monographien. Zu jeder Art ist diesbezüglich in der homogenisierten Florenliste jede Verbreitungsangabe verzeichnet worden. Darüber hinaus wurde *A. Englers* und *K. Prantls*<sup>10</sup> Werk über „Die natürlichen Pflanzenfamilien“ ebenso wie das *H. Meusels*: „Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora“<sup>11</sup> zu Rate gezogen. Endlich konnte *C. Troll* strittige Fälle klären helfen.

Aus der Summe dieser Verbreitungsangaben konnte in der Regel eine befriedigende Synthese gezogen und jedes betreffende Taxon einem Florenelement i.e.S. zugeordnet werden.

Die Zuordnung der Endemiten zu ihren Florenelementen (Genoelementen) ist in nahezu allen Fällen nach *P. Quézel*<sup>12</sup> vorgenommen worden.

Die Charakterisierung der Florenelemente i.e.S. erfolgt in Anlehnung an *A. Eig*<sup>13</sup>. Das tropische Florenelement i.e.S. (T) hat als Summe ähnlicher Artareale sein Hauptverbreitungsgebiet in *A. Eigs* „région soudano-deccanienne“, welche sich zwischen Wüste und äquatorialen Regenwald schiebt, dabei Süd-arabien und Teile des Indischen Dekkan einbeziehend. Dabei handelt es sich größtenteils um „espèces sahéliennes“, „est-africaines“ und „orophytes africaines“ nach *P. Quézel*<sup>14</sup>. Das Ausgreifen der Areale dieser Taxa in die Sahara hat häufig den Charakter von „irradiations“ im Sinne *A. Eigs*.

Das außertropische Florenelement i.e.S. (A) umgreift die Arten, die ihr Hauptverbreitungsgebiet in *A. Eigs* „région irano-touranienne“ sowie seiner „région méditerranéenne“, als auch in der makaronesischen Florenregion haben. Die Einbeziehung der makaronesischen Elemente scheint gerecht-

10 *A. Engler, K. Prantl*, Pflanzenfamilien, 23 Bde., 2. Aufl. 1924 ff

11 *H. Meusel, E. Jäger, E. Weinert*, Vergleichende Chorologie, Jena 1965

12 *P. Quézel*, La végétation du Sahara, 1965

13 *A. Eig*, Elements phytogéographiques, 1931, Bd. I

14 vgl. Anm. 12

fertigt, da nach *P. Sunding*<sup>15</sup> zwei Drittel der makaronesischen Endemitenarten Verwandtschaftsbeziehungen zu mediterranen Arten aufweisen.

Ebenfalls ist die Zusammenfassung von mediterranen und irano-turanesischen Elementen in einem Florenelement vertretbar, gehören doch beide in ihrem Ursprung zur „Flore mésogéenne“<sup>16</sup>, weisen beide ihr Hauptverbreitungsgebiet jenseits einer wie auch immer definierten Tropengrenze auf, und ist beider Verbreitungsgebiet großenteils klimageographisch nicht voll wüstenhaft.

Die Klimate beider Räume sind sich sogar durchaus ähnlich<sup>17</sup>, wie Abb. 4 zu entnehmen ist. Die Irano-Turanesische Region erscheint danach in gewissem Sinne als kontinental geprägte Fortsetzung der mediterranen Region nach Osten hin.

Die Anzahl der Taxa, die im Untersuchungsgebiet einem irano-turanesischen Florenelement zuzuordnen wären, ist überdies vergleichsweise gering. Meist handelt es sich um Verbindungselemente mediterran / irano-turanesischer Verbreitung, so daß die Integrierung beider Elemente insgesamt nicht als unzulässige Vereinfachung erscheint.

Die Hauptverbreitungsgebiete der zu dem außertropischen Florenelement i.e.S. gehörigen Taxa erstrecken sich also von den makaronesischen Inseln über das gesamte Mittelmeergebiet bis Kleinasien, einschließlich der nordafrikanischen Steppegebiete des Atlasgebirges.

Die Pflanzenwelt der Steppen Nordafrikas bezeichnet *A. Eig* dagegen floristisch eher als „territoire très spécialisé“<sup>18</sup> seiner saharo-sindischen Region.

Im Sinne einer Zuordnung der typischen Steppenflora zu dem außertropischen Florenelement i.e.S. sind bei *P. Quézel*<sup>19</sup> die entsprechenden Arten meist als mediterran/irano-turanesisch bezeichnet. Das Areal der Charakterpflanze dieser Steppen, *Stipa tenacissima*, endet überdies nahezu ausschließlich nördlich der 100 mm Isohyete, die als eine der klassischen Nordabgrenzungen der Sahara anzusehen ist. Ökophysiologisch sind die Steppenpflanzen zudem keineswegs an Bedingungen der heißen Wüste (Sahara) adaptiert, befinden sich ihre Wuchsorte doch in relativ kühlen Höhenregionen mit noch regelmäßigen Winterregen.

Das saharo - arabische Florenelement faßt die Areale aller Taxa zusammen, welche ihre Hauptverbreitung in *A. Eigs* „région saharo-sindienne“<sup>20</sup> aufzuweisen haben. Diese erstreckt sich vom Atlantischen Ozean bis zu den Wüsten Sind, Thar und Penjab sowie in das südliche Afghanistan.

Das tropisch - saharische Florenelement umfaßt Taxa, die vor allem in der Sahelzone<sup>21</sup> und dazu in der Südsahara verbreitet sind. Entspricht

15 in: *F. Kämmer*, Klima und Vegetation auf Tenerife, 1974, S. 5

16 *P. Quézel*, La végétation du Sahara, 1965, S. 32 f

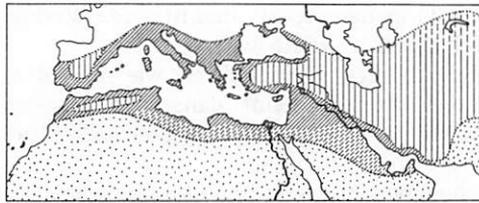
17 vgl. Abb. 3 mit Abb. 4

18 *A. Eig*, éléments phytogéographiques, Bd. I, 1931, S. 33 f, von der Bezeichnung saharo-sindisch ist gemäß *M. Zohary* abgegangen worden, vgl. *H. Walter*, die Vegetation der Erde, Bd. I, 1973, S. 700

19 *P. Quézel*, La végétation du Sahara, 1965

20 *A. Eig*, éléments phytogéographiques, Bd. I, 1931, S. 39

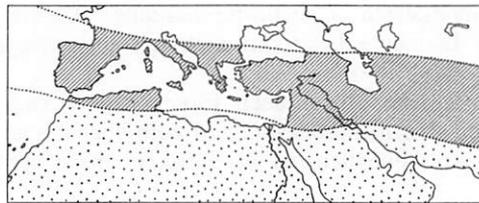
21 Als Sahelzone ist hier der gesamte Bereich der „Dornsavanne“ entsprechend *F. Jäger* anzusehen



**SUBTROPISCHE KLIMATE**

-  Winterregen
-  Frühlingsregen
-  Passatkimate

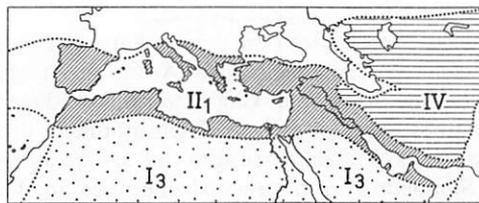
E. Kupfer (1954)



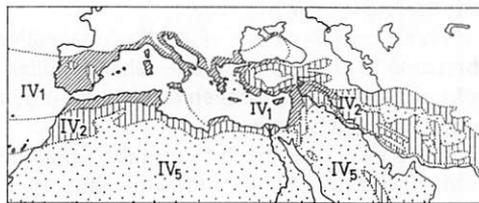
 Subtropenzone

 Zone der tropischen Luftmassen

B.P. Alissow  
in: H. Flohn, 1957



-  I<sub>3</sub> Permanentes kontinentales Kernpassatklima (trop.)
  -  II<sub>1</sub> Zyklonales Wechselklima mit sog. Kernpassat-Periode (subtrop.)
  -  IV Azonale Plateau- bzw. Binnenkimate
- M. Hendl (1960)



-  IV<sub>1</sub> Winterfeucht sommertrockene Mediterrankimate
-  IV<sub>2</sub> Winterfeucht sommerdürre Stepenkimate
-  IV<sub>5</sub> Halbwüsten- und Wüstenkimate

n. C. Troll, K. H. Paffen (1964)  
(vereinfacht)

D.G.

**Abb. 4: Ausschnitte aus Karten von Klimaklassifikationen zur Stellung des irano-turanesischen Geoelementes**

dieses Verbindungselement den „groupes de liaison de la Région soudano-deccanienne paléotrope“ mit der „Région saharo-sindienne voisine“ nach *A. Eig*, so entspricht das außertropisch-saharische Florenelement seinen „groupes de liaison de trois régions xéothermiques holarctiques (méditerranéenne, irano-touranienne et saharo-sindienne)<sup>22</sup>.

Die Erstreckung der entsprechenden Areale bezieht die südlichen Teile des Atlas, die gesamte Mittelmeerküste von der tunesischen Sahelregion bis zur Türkei und bis in die südliche und westliche irano-turanische Region, dazu den Nordteil des saharo-arabischen Wüstenraumes ein.

Das pluriregionale Florenelement beinhaltet in der vorliegenden Arbeit alle Arten, deren zugehörige Areale dadurch charakterisiert sind, daß sie sich eindeutig über mehrere Florenreiche, wie auch immer sie gegeneinander abgegrenzt sein mögen, erstrecken. Sie können kaum zu einer floristischen Gliederung herangezogen werden, weil ihr Charakteristikum im Übergreifenden liegt.

Die endemischen Taxa wurden ihrer Abstammung nach (Genotyp) drei endemischen Florenelementen zugeordnet.

In der vorliegenden Arbeit ist der Begriff des Endemismus relativ eng gefaßt, so daß er dem von *Meusel, Jäger* und *Weinert*<sup>23</sup> geprägten Terminus der „Lokalendemiten“ entspricht. Es handelt sich dabei hier weitgehend um Reliktendemiten. Die Dreiteilung des endemischen Florenelementes i. w. S. entspricht dem Typus des „Goelementes“ nach *Kleopow*<sup>24</sup>, demzufolge nun tropisch gleich tropischer Provenienz, außertropisch in der Regel mediterraner oder makaronesischer Provenienz bedeutet, wogegen saharisch heißt, daß eine genetisch bedingte Zuordnung auf Arten zurückgeht, die bereits zu früheren Zeiten einen saharischen Trockenraum besiedelt haben.

Einen Vergleich der in dieser Untersuchung im Sinne von Goelement herausgearbeiteten eurytopen Florenelemente mit floristischen Einheiten anderer Autoren, deren Angaben und Einteilungen teilweise zur Einordnung der Taxa in die entsprechenden Florenelemente mit herangezogen worden sind, soll die nachstehende Tabelle (2) ermöglichen.

#### d) Kartographische Grundlage

Grundlage der kartographischen Darstellung der absoluten wie auch der relativen Verbreitung der Florenelemente (Florenelementkarten, Arealtypenspektrenkartogramme) im Raum bilden für die horizontal differenzierte Analyse zwei Karten im Maßstab 1 : 4 000 000<sup>25</sup>. Diese sind anderen möglichen Unterlagen vorgezogen

---

22 *A. Eig*, vgl. Anm. 20, S. 139

23 *H. Meusel, E. Jäger, E. Weinert*, Vergleichende Chorologie, 1965, Bd. I, S. 27

24 vgl. *H. Walter*, Arealkunde, 1970, S. 268

25 Carte de Michelin, Blätter 153 u. 154, 7. ed., 1971

Tabelle 2: Tabelle der Florenelemente im Vergleich zu anderen Autoren

<i>Florem.</i>	<i>P. Quézel (1965)</i>	<i>Guinet Sauvage (1954)</i>	<i>R. Maire (1940)</i>	<i>R. Corti (Fezz.)</i>	<i>Th. Monod (1952)</i>	<i>C. Leredde (1953)</i>	<i>A. Eig (1931)</i>
T	Espèces: Sahéliennes Est-africaines Orophytes-afr.	Élément soudano-deccanien	Élément soudano-deccanien	Elementi Sudan deccaniani	Élément soudano-deccanien	Élément: tropical soudano-deccanien	Élément soudano-deccanien
A	Espèces: Méditerranéennes Irano-touraniennes Circum Boréales Macaronésiennes Liaison M+IT Liaison M+EU (Européenne)	Élément médit.	Élément méd.	Elementi: Irano-turanici Mediterranei Gruppi: Medit-Irano-Tur. Eurosib.-Boreoam Med.-Irano Tur.	Élément: médit.	Élément: méditerranéen méditerranéo-irano-touranien	Élément médit. Élément: Irano-touranien Liaison: méd.-Irano-touran. eurosib-boréoam.-méd.-Irano-tour.
S	Espèces: Saharo-sindiennes Sahariennes	Élément saharo-sindien omni sah.-sind.-sah.-sind. occ.	Élément saharo-sindien End.sah.-sind.	Elementi: Saharo-sindici End.saherlano	Élément saharo-sindien	Élément: saharo-sind. sah.-sind.occ. End.sah.-sind.	Élément saharo-sindien End. des territoires sah. sind.
TS	Liaison sahé. et sah.-sind.	Liaison soud. decc et sah. sind.	Élément désertique soudanais	Gruppi Sah.Sind.-soud. decc.	Liaison sah. sind-soud. decc.	Élément sah. sind.-soudano-deccanien	Liaison saharo-sind.-soudano-decc.
AS	Liaison méd. et sah.-sind.	Élément sah. sind.-méditerran. Liaison méd.-sah. sind.	Élément désertique méd.	Elementi + Gruppi: Sah.Sind.-Irano-Tur. Medit.-Irano-Tur.-Sah. sind.	Liaison méd.-sah. sind.	Élément sah. sindien-irano-touranien	Liaison médit.-saharo-sind Liaison saharo-sind.-irano-tour. Liaison médit.-irano-tour.-sah. sind.
P	Cosmopolites Liaison: sahé.-sahar.-médit.-sahéli.	Pluri-régionaux	Cosmopolites	Medit.-Sah.sind.-Soud. decc. Boreotropicali Medit.-Trop. Medit.-Irano-Tur. etc.	Pluri-régionales	Polychoras	Espèces: subtropico-trop. boréo-trop.
<i>End. elem.</i>	<i>P. Quézel (1965)</i>	<i>R. Maire (1940)</i>		<i>R. Corti (Fezzan)</i>	<i>Th. Monod (1952)</i>	<i>C. Leredde (1953)</i>	<i>A. Eig (1931)</i>
Enda	Endémiques de souche: africaines End.oro-africaines	Endémique d'affinité soud.-decc.		—	Endémiques	Endémique tropical	Endémique d'origine soudano-deccanienne
Endm	Endémiques de souche: européenne méditerranéenne	Endémique d'affinité méd.		—	Endémiques	—	Endémiques: d'origine méditerranéenne de souche irano-tour. d'origine euro.-sib. boréam.
Ends	Endémique	Endémique d'affinité sah. sind.		Elem. endemico saharlano	Endémiques	Endémique d'affinité sah. sind.	Endémique des territoires sah. sind.

worden, weil sie als Ergebnis ständiger Verbesserungen, auch der morphologischen Angaben, auf dem jeweils neuesten Stand topographischer Erkenntnisse stehen<sup>26</sup>.

Als grundlegendes räumliches System zur Erfassung und Gliederung der Flora und zur kartographischen Darstellung der absoluten und relativen Verbreitung der Florenelemente, d.h. einmal als Basiseinheit der florenstatistischen Analyse, zum anderen als räumliche Einheit zur Darstellung der absoluten Taxazahlen und der Relativwerte, ist ein Gitternetz gewählt worden.

Punktkarten, in denen jeder Fundort einzeln Darstellung findet, sind zwar genauer als Gitternetzskarten<sup>27</sup>, bei denen alle Fundorte eines Gitters gleichsam vereinigt werden, doch ist diese genaueste Möglichkeit der floristischen Analyse und deren kartographischer Darstellung aus folgenden Gründen verworfen worden:

1. Die Fundortangaben in den für diesen Untersuchungsraum herangezogenen Florenlisten sind zu ungenau.

2. Verschiedene nahe beieinanderliegende Fundorte sind häufig Standorte mit sehr differenziertem Geofaktorenkomplex. Es würden so die verschiedenen Vegetationsformen bei der Punktkarte ein relativ kleinräumig heterogenes floristisches Bild vermitteln, das eine großräumige Gliederung erschweren würde.

3. Vor allem würde eine Beziehung zu Klimaparametern herzustellen erschwert, denn die einzelnen sehr differenzierten Standorte sind bezüglich ihrer Standortfaktoren verschieden stark von den klimatischen Gegebenheiten abhängig. Zudem stellt sich die Frage, welche Flora welchen Standortes mit den Klimawerten welcher Station in Beziehung gesetzt werden sollte. Diese Schwierigkeiten treten nicht auf, wenn nahe beieinanderliegende differenzierte Fundorte jeweils zu einem Quasi-Fundort zusammengezogen werden. Hinzu kommt, daß von einer großen Anzahl von Fundorten eine zu geringe Zahl von Sippeneinheiten bekannt ist, als daß die floristische Zusammensetzung der Pflanzenwelt solcher Fundorte für repräsentativ erachtet werden könnte. Auch in diesem Falle ist die Zusammenfassung mehrerer Fundorte zu einem Quasi-Fundort vorteilhaft, weil so die Artenzahl pro Einheit wesentlich größer und damit auch repräsentativer wird.

Als Bezugssystem der Quasi-Fundorte, d.h. als objektivierte Grundlage einer Zusammenfassung von Fundorten zu Quasi-Fundorten, bietet sich das Gitternetz an<sup>28</sup>.

Bei der Zusammenfassung von Einzelfundorten zu Quasi-Fundorten werden alle Einzelfundorte, die innerhalb eines Gitters liegen, zu einem Quasi-Fundort zusammengezogen. Den an das Gitternetz gestellten Ansprüchen hat dessen Maschenweite zu entsprechen, denn von dieser hängt direkt die Zahl der Einzelfundorte ab, die zu einem Quasi-Fundort zusammengezogen werden. An die Maschen-

---

26 vgl. *C.D. Cornelius*, Die Wissenschaft von der Sahara, Die Sahara und ihre Randgebiete, Bd. II, 1972, S. 574

27 vgl. *G. Schmidt*, Vegetationsgeographie, 1969, S. 53

28 Zur Arealkartierung bedienen sich der Gitternetzmethode:

- a) Die Arbeitsgemeinschaft z. florist. Kartierung Mitteleuropas
- b) *W. Christiansen* für Schleswig-Holstein, Neue kritische Flora, 1953
- c) *F. H. Perring, S. M. Walters*, Atlas of British Flora, 1962

weite sind daher folgende Anforderungen zu stellen:

1. Es dürfen keine extrem unterschiedlichen Landschaftseinheiten (Großlandschaften)<sup>29</sup> in einem Gitter zusammenfallen, damit der Quasi-Fundort möglichst der einer relativ homogenen Landschaftseinheit ist.

Dieses Kriterium begrenzt die Maschenweite nach oben.

2. Möglichst viele Gitter sollen eine ausreichende Zahl von Fundorten mit jeweils so vielen Sippeneinheiten beinhalten, daß ein repräsentatives Spektrum der Flora erstellt werden kann. Die Repräsentativität läßt sich durch Vergleich benachbarter Quasi-Fundorte in etwa feststellen.

Dieses Kriterium begrenzt die Maschenweite nach unten. Drei Maschenweiten: 100 km, 80 km und 50 km sind zur Diskussion gestellt und an Beispielen erprobt worden (Hoggar, Nildelta, Spanische Sahara).

Die 100 km Maschenweite entspräche der üblichen Definition des „Florenkontrastes“<sup>30</sup>. Gegen sie spricht die erste der genannten Bedingungen, der 50 km Maschenweite steht die zweite Bedingung entgegen, dazwischen steht die gewählte Maschenweite von 80 km. Sie führt zur Ermittlung eines Florenkontrastes auf die 80 km Distanz. Es wird dabei von einer abstrakten Mittelpunktlage der Quasi-Fundorte in den Gittern ausgegangen. Als Bezugseinheit der Flora dient somit nicht ein Quadrat, sondern ein quasi flächenmäßig abstrakter Punkt.

Bei der vertikal differenzierten floristischen Untersuchung und Darstellung ist von der Gitternetzmethodik abgegangen und eine echte Punktdarstellung in Profilform gewählt worden, da die betreffenden Gebirge eine ausreichende Anzahl von Fundorten genauer Höhenangaben längs einem oder zwei Profilen aufzuweisen haben, deren Artennennungen ein repräsentatives Bild vermitteln. Hierbei sind alle Vorteile der größeren räumlichen Genauigkeit der Punktdarstellung genutzt worden; jedoch haben die oben genannten Nachteile sehr differenzierter Standortfaktoren nicht gänzlich vermieden werden können. Der Anspruch auf eine möglichst genaue Höhenstufung hat jedoch eine Zusammenfassung mehrerer Fundorte zu Quasi-Fundorten kaum möglich erscheinen lassen.

#### e) Quantitative absolute und relative räumliche Darstellung der Florenelemente

Als erstes werden pro Quasi-Fundort die absoluten Artenzahlen eines jeden Florenelementes im Rahmen des Gitternetzes räumlich dargestellt. Für jedes einzelne eurytope Florenelement ist eine gesonderte Verbreitungskarte erstellt worden (Florenelementkarte). Die Wiedergabe der absoluten Artenzahlen und die innere Differenzierung der Florenelementkarten erfolgt mit Hilfe der statistischen Methode der Standardabweichung<sup>31</sup>. Es wird für jedes Florenelement unter Ausnahme der End-Florenelemente die Standardabweichung berechnet und als Schwellenwert

---

29 Großlandschaften im Sinne von *J. H. Schulze*, *Landschaft*, 1973, S. 212 f: Als Komplexe mit ähnlichen Geofaktoren

30 vgl. *H. Walter, H. Straka*, *Arealkunde*, 1970, S. 57

31 vgl. *H. J. Nelson*, *A service classification*, 1955

zur inneren Differenzierung jeder einzelnen Florenelementkarte herangezogen. So ist dem einzelnen Quasi-Fundort nicht direkt die absolute Taxazahl, sondern die entsprechende Standardabweichung zugeordnet.

Jedes andere Gliederungsprinzip als das der Standardabweichung, jede subjektive Schwellenwertbildung, hätte eine unerlaubte „a priori“ Interpretation der Florenelementkarten bedeutet und mußte somit abgelehnt werden.

Eine Synthese aus den Florenelementkarten stellt die Berechnung des relativen Anteils der Arten jedes einzelnen Florenelementes an der Gesamtzahl der Species aller Florenelemente pro Quasi-Fundort dar. Diese relativen Anteile der einzelnen Florenelemente repräsentieren zusammen das „Arealtypenspektrum“ eines Quasi-Fundortes.<sup>32</sup>

In der vorliegenden Arbeit wird unter Arealtypenspektrum die differenzierte Gesamtheit der relativen Anteile aller an einem Quasi-Fundort vertretenen Florenelemente verstanden.

Die räumliche Verbreitung dieser Arealtypenspektren wird im Rahmen der Gitternetzkarte in Form eines Arealtypenspektrenkartogramms dargestellt und damit pro Quasi-Fundort der relative Anteil der Taxa eines jeden Florenelementes an der Gesamtzahl der Taxa<sup>33</sup> aller dort vertretenen Florenelemente unter Ausnahme des P-Florenelementes verzeichnet. Das P-Florenelement bleibt infolge seines über die Florenreiche greifenden Charakters unberücksichtigt.

Die Darstellung der räumlichen Verbreitung der Arealtypenspektren in Form eines Arealtypenspektrenkartogramms, dergestalt, daß pro Gittereinheit die prozentualen Anteile eines jeden Florenelementes an dem gesamten jeweiligen Arealtypenspektrum als Flächensignatur dargestellt werden (1 % = 1 mm<sup>2</sup> in der Karte), wobei jedem Florenelement eine bestimmte Farbsignatur zugewiesen ist, erscheint für die Verdeutlichung einer räumlichen Verbreitung der Arealtypenspektren in all ihren Abstufungen als die womöglich aussagekräftigste. Alternative Darstellungsmöglichkeiten sind verworfen.<sup>34</sup>

Die innere Differenzierung und Typisierung des Arealtypenspektrenkartogramms lehnt sich an die pflanzensoziologische Methode von *J. Braun-Blanquet*<sup>35</sup> an, denn ein Arealtypenspektrum stellt ebenso eine Vergesellschaftung von Florenelementen dar, wie eine „Pflanzengesellschaft“ (Phytozönose) eine Artenkombination darstellt.<sup>36</sup> Der Rang des Florenelementes innerhalb eines Arealtypenspektrums wird so von seiner Taxazahl im Vergleich zu derjenigen aller übrigen Florenelemente bestimmt, wie der Rang einer Art in der in der Pflanzengesellschaft u.a. von der

---

32 vgl. *G. Reichelt, O. Wilmanns, Vegetationsgeographie, 1973, S. 24*

33 Die Prozentzahlen sind in den Tabellen des Anhangs angegeben (Anhang, Tab. 1)

34 Alternative Darstellungsmöglichkeiten wären gewesen z.B.: Säulendiagramm: vgl. *M. Schwickerath, in G. Reichelt, O. Wilmanns, Vegetationsgeographie, 1973, S. 25*

Kreisdiagramm: vgl. *J. Braun-Blanquet, La végétation alpine des Pyrénées orientales, Barcelona, 1948*

Arealspektrogramm: vgl. *P. Filzer, Ein botan. Beitrag, Ber. z. dt. Landeskunde, 31, H 1, 1963, S. 69 - 83*

35 *J. Braun-Blanquet, Pflanzensoziologie, 1964*

36 vgl. *G. Reichelt, O. Wilmanns, Vegetationsgeographie, 1973, S. 56 ff*

Individuenzahl her definierbar ist. Demnach geht die Rangstufung innerhalb eines Arealtypenspektrums bei der vorliegenden Arbeit von der Taxaabundanz eines Florenelementes aus. Dabei werden die beiden ersten Rangstufen zur Charakterisierung von Typen herangezogen. Es wird zwischen einem dominierenden (Florenelementdominanz) und einem zweitrangigen Florenelement unterschieden, wofür bei der horizontal differenzierten Analyse nur T-, TS-, A-, AS- und das S-Florenelement in Frage kommen (= fünf Haupttypen).

Als dominierend wird ein Florenelement definiert, das absolut oder relativ die größte Anzahl von Taxa (Taxaabundanz) an einem Quasi-Fundort vereint, als zweitrangig ein solches, das die entsprechend zweitgrößte Artenzahl umfaßt. In diesem Sinne konnte jeder Quasi-Fundort florenstatistisch typisiert werden. Je nachdem, ob nun absolute Dominanz (Anteil über 50 %) oder relative Dominanz vorliegt sowie entsprechend dem zweitrangigen Florenelement, konnten die fünf sich ergebenden Haupttypen in jeweils 12 tropische und 12 außertropische sowie fünf saharische Untertypen gegliedert werden, deren Rang als Ausdruck des tropischen bzw. außertropischen Charakters des entsprechenden Quasi-Fundortes gesetzt worden ist.

In einem weiteren Schritt sind Quasi-Fundorte gleicher Florenelementdominanz durch primäre Grenzlinien zusammengefaßt und diejenigen der S-Dominanz durch eine sekundäre Grenzlinie geschieden worden, je nachdem, ob das zweitrangige Florenelement ein tropisches i.w.S. oder außertropisches i.w.S. ist (Dominanzkartogramm der Florenelemente).

Anhand der Dominanzmethode hat auch weitgehend die innere Differenzierung und Typisierung der Arealtypenspektrenprofilogramme der vertikal differenzierten Analyse zu Dominanzprofilogrammen der Florenelemente vorgenommen werden können, d.h. sind floristische Höhenstufen ausgegliedert worden.

Bei der horizontal differenzierten Analyse sind die absoluten Zahlen der Taxa eines jeden Florenelementes (ausgedrückt in Standardabweichung) anhand der repräsentativen Beispiele mehrerer Profile mit den entsprechenden relativen Werten der Arealtypenspektren vermittels einer Rangkorrelation in Beziehung gesetzt worden, um sie auf Signifikanz von Rangdifferenzen zu prüfen. Auf diese Weise erscheint es möglich zu klären, ob ein Florenelement relativ hohe Werte im Arealtypenspektrum erreicht, weil es durch verhältnismäßig viele Sippeneinheiten repräsentiert ist oder nur deshalb, weil die Zahl der Taxa anderer Florenelemente niedrig liegt.

Bei der floristischen Analyse wäre eine Hinzuziehung der Individuenzahlen wünschenswert gewesen, da die angewendete Methode alle Sippeneinheiten, gleich, ob sie am Fundort soziologisch dominieren oder nur Begleiter sind, florenstatistisch gleichrangig behandelt. Darauf mußte jedoch verzichtet werden, weil derartige Angaben nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen.

#### f) Bezugnahme auf Umweltparameter

H. Walter, H. Straka<sup>37</sup> betonen eine „deutliche Abhängigkeit“ der Arealgrenzen von Klimafaktoren. Sie sehen das Areal gleichsam als Ausdruck der „ökologischen Konstitution“ einer Art an.

<sup>37</sup> H. Walter, H. Straka, Arealkunde, 1970, S. 39 u. S. 45

Ist die Arealform Ausdruck von Klimafaktoren, so muß dies auch für die Summe ähnlicher Areale, d.h. für Florenelemente im Sinne von Geoelement, zutreffen.

Die statistische Analyse der Zusammenhänge zwischen Klima und Arealtypenspektren unterliegt jedoch gewissen unvermeidbaren Einschränkungen, einmal bedingt durch den Konkurrenzfaktor der Pflanzen, zum anderen durch die historische Dynamik der Arealgrenzen. Darüber hinaus repräsentieren die Klimawerte das Makroklima, wogegen für die Pflanzen die mikroklimatischen Bedingungen entscheidend sind. Zudem erscheint es kaum möglich, die Beziehungen zu dem wesentlichen Faktor „Boden“ großräumig quantitativ zu erarbeiten, weil in der Sahara kaum „eigentliche Böden“ vorkommen.<sup>38</sup>

Bezüglich der Klimadaten<sup>39</sup> ist generell der Beobachtungszeitraum von 1926 - 1950 herangezogen worden, weil nur dieser Zeitraum bei allen Stationen und allen herangezogenen Parametern durchgehend verfügbar gewesen ist. Der gewählte Beobachtungszeitraum entspricht überdies in etwa dem, innerhalb dessen der Großteil der floristischen Erforschung, die in den Florenlisten Niederschlag gefunden hat, durchgeführt wurde. Für die weitaus größte Anzahl der Stationen steht so mit 25 Beobachtungsjahren eine wohl ausreichende Datenreihe zur Verfügung.

Die Analyse der vermuteten Zusammenhänge zwischen Klimaparametern und relativen Anteilen der Florenelemente an Arealtypenspektren ist anhand folgender statistischer Methoden durchgeführt worden: Regressionsrechnung, multiple Regressionsrechnung, Korrelationsrechnung nach *Bravais*, Chi-Quadrat Test, Standardfehler nach *Bravais* und *Filon* sowie Berechnung des Phi-Koeffizienten mit Hilfe von Vierfeldtafeln<sup>40</sup>. Letzteres Verfahren bildet die Grundlage für den statistischen Vergleich floristischer Grenzlinien mit Klimawerten.

Es sind bei der horizontal differenzierten Analyse jeweils die Klimawerte der Klimastationen mit den floristischen Werten der Quasi-Fundorte des jeweils gemeinsamen Gitters in Beziehung gesetzt worden.

Für die vertikal differenzierte Analyse konnte keine statistische Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Klimaparametern und relativen Anteilen von Florenelementen an Arealtypenspektren durchgeführt werden, weil dort keine ausreichende Anzahl von Klimastationen zur Verfügung steht. Es sind alternativ die Zusammenhänge von Flora und Meereshöhe der Fundorte einer statistischen Analyse unterzogen worden, in der Annahme, daß sich die klimatischen Verhältnisse mit der Höhe ändern, und sich dem auch die Zusammensetzung der Arealtypenspektren anpassen muß.

---

38 vgl. *R. Ganssen*, Trockengebiete, 1968, S. 79

39 entnommen v. a. aus: *J. Dubief*, 1959 und 1963; ergänzt durch: *A. N. Lebedev*, 1970; *H. N. le Houérou*, 1959; *A. Fantoli*, 1967, 1969 und 1970; Klimatafeln Afrika des Dt. Wetterdienstes in Offenbach; *H. E. Landsberg*, 1972; Air Ministry, 1958; Climatological Normals for the UAR, 1968, (Daten homogenisiert)

40 Verfahren 1 - 5 nach *F. Fliri*, Statistik und Diagramm, 1969, Verfahren 6 nach *W. Haseloff*, *H. J. Hoffmann*, Statistik, 1970, dazu *D. Marsal*, Statistische Methoden, 1967

## B. Die Untersuchungsergebnisse

### I. Die horizontal differenzierte Darstellung der absoluten und relativen räumlichen Verbreitung der Florenelemente

#### a. Die absolute räumliche Verbreitung der Florenelemente (vgl. Karten 3 - 9)

Die sogenannten Florenelementkarten stellen die absolute Anzahl der Taxa eines jeden eurytopen Florenelementes pro Quasi-Fundort als Standardabweichung der jeweiligen absoluten Artenzahlen dar.

Die sich aus den Standardabweichungen ergebenden Schwellenwerte absoluter Artenzahlen sind den Kartenlegenden zu entnehmen. Dabei mußten die T- und A-Florenelemente unterhalb der Schwelle von 1s (1s = einfache Standardabweichung etc.) noch einmal in 0,125s, 0,25s und 0,5s unterteilt werden, da der einfachen Standardabweichung so hohe Artenzahlen entsprechen, daß eine Ansetzung der Schwelle bei 1s wesentliche Differenzierungen ihrer Verbreitung verwischt hätte.

Bei den saharischen Florenelementen i.w.S. (TS, AS, S) sowie dem P-Florenelement hat die unterste Schwelle mit 1s angesetzt werden können. Die differenzierte Darstellung der absoluten räumlichen Verbreitung der stenotopen Florenelemente (Endemitenflora) geht bewußt von der Methode der Standardabweichung ab und stellt in einer Karte mit verschiedenen Signaturen für Ends, Endm und Enda die absolute Anzahl der Endemitentaxa pro Quasi-Fundort dar, da die betreffenden absoluten Taxazahlen sich für eine sinnvolle Untergliederung mit Hilfe der Standardabweichung als zu niedrig erwiesen haben.

Das T-Florenelement (vgl. Karte 3) weist ein nahezu geschlossenes Verbreitungsgebiet (Florenelementareal) auf. Im Raume der westlichen Sahara, primär in der Küstenregion, reicht es nach Norden bis Südmarokko; ansonsten schließt es den Raum etwa südlich des 20. Breitenkreises, das Zentralsaharische Gebirge (Hoggar, Tassili n'Ajjer, Tefedest, Mouydir) und das Tibestigebirge sowie im Osten das gesamte Niltal, Nildelta und die Ostküste bis an das Mittelmeer ein.

Verbreitungsschwerpunkte (Standardabweichung  $> 0,5$ ) sind die Quasi-Fundorte des äußersten Südens sowie der südlichen Gebirge: Adrar von Mauritanien, Tagant, Adrar der Iforas, Tibesti und Ennedi, dazu solche des gesamten Niltales und der Ostküste, wo sich im Bereich der Nebeloase Erkowit die absolut höchste Standardabweichung, dazu am Dj. Elba extrem hohe Standardabweichungen deutlich abheben.

Extrazonal gehören einige Quasi-Fundorte der Mittelmeerküste und eine große Anzahl von Quasi-Fundorten der östlichen Oasen (Fezzan, Marada, Kufra, große ägyptische Oasen) sowie der Dj. Uweinat zu diesem Florenelementareal.

Das Florenelement von TS umgreift nahezu den gesamten Untersuchungsraum (vgl. Karte 4).

Als Schwerpunkte seiner Verbreitung ( $s > 1$ ) werden deutlich: Die westliche Sahara in einigem Abstand von der Küste bis hin nach Südmarokko, der gesamte Raum Mauritanien südlich und einschließlich des Adrar sowie westlich des Gebietes von

Aouker, das Zentralsaharische Massiv einschließlich Adrar der Iforas und Air sowie des zwischen diesen beiden Gebirgsstöcken gelegenen Gebietes, dazu der Raum von Tin Toumma, Tibesti- und Ennedigebirge, das Niltal bis Qena sowie die Ostküste.

Die Schwerpunkte der Verbreitung des TS-Florenelementes liegen demnach innerhalb des Florenelementareals von T.

Das gleichfalls geschlossene Florenelementareal von S erstreckt sich ebenfalls nahezu über den gesamten Untersuchungsraum (vgl. Karte 5).

Die Schwerpunkte seiner Verbreitung ( $s > 1$ ) liegen eindeutig im Norden des Untersuchungsgebietes und greifen von Norden her nach Süden weitgehend dorthin über, wie es beim TS-Florenelement von Süden nach Norden der Fall war, nämlich in den Bereich der Westsahara bis zum Adrar von Mauritania, in das Zentralsaharische Massiv sowie das Tibestigebirge.

Das Florenelementareal von AS ist weit weniger geschlossen und umgreift nur noch einen Teil des Untersuchungsraumes. Es ist vor allem nördlich des Wendekreises gelegen, erstreckt sich aber entlang der Westküste bis in den Staat Senegal und reicht auch im südlichen Hoggar, im Tibesti, entlang dem Niltal und an der Ostküste weit über den Wendekreis nach Süden hinaus (vgl. Karte 6).

Extrazonal erscheinen am Südrand dazugehörige Quasi-Fundorte in den Gebirgen Adrar der Iforas, Air, Ennedi und im Raume des Dj. Uweinat.

Schwerpunkte der räumlichen Verbreitung des AS-Florenelementes ( $s > 1,0$ ) treten in folgenden Räumen hervor: der Nordwestsahara, dem am Rande des Saharaatlases gelegenen Nordrand der Wüste, der tunesisch-tripolitanischen Schichtstufenlandschaft, der mediterranen Küste, dem Nildelta, der nördlichen Ostküste, dem Zentralsaharischen Massiv, einigen ägyptischen Oasen und dem Dj. Elba sowie der Nebeloase Erkowit.

Das A-Florenelementareal entspricht in etwa dem Schwerpunkt der räumlichen Verbreitung des AS-Florenelementareals (vgl. Karte 7): Westküste und Nordwestsahara, südmarokkanische Hammadass, Plateau von Tademaït, Zentralsaharisches Massiv, Tunesien, Dj. Nefoussa, Fezzan und im Osten der Raum nördlich von  $28^{\circ}$  Breite sowie das Niltal bis Merowe.

Schwerpunkte der Verbreitung ( $s > 0,5$ ) sind: Südrand des Saharaatlases, nördliches Hoggargebirge, tunesisch-tripolitanische Schichtstufenlandschaft, mediterrane Küste, Niltal, Nildelta, einige große ägyptische Oasen sowie die Nebeloase Erkowit.

Als extrazonal zugehörige Quasi-Fundorte treten hervor: Adrar von Mauritania, Air, Kaouar, Tibesti, Kufra, große ägyptische Oasen, Dj. Elba, Nebeloase Erkowit sowie das südliche Küstengebirge des Roten Meeres.

Das Florenelementareal der pluriregionalen Arten (P) umfaßt zwar nahezu den gesamten Untersuchungsraum, weist jedoch deutliche Lücken in den hyperariden Gebieten von Nordostmauritania und Teilen der libyschen Wüste auf (vgl. Karte 8).

Schwerpunkt seiner räumlichen Verbreitung ( $s > 1$ ) sind: Südrand des Saharaatlases, Mittelmeerküste, Niltal bis zur Mündung des W. Halfa, viele Oasen (Tohat, In Salah, Ghadames, Fezzan, Giarabub, gr. ägyptische Oasen, Kufra), Ostküste, Dj. Elba, Nebeloase Erkowit, Zentralsaharisches Gebirge, südliche Westküste, Adrar von Mauritania, Air, Tibesti, Ennedi sowie das Nigerknie.

Die Areale der stenotopen Florenelemente (vgl. Karte 9) weisen keine Geschlossenheit auf (disjunkte Florenelementareale). Sie erstrecken sich im wesentlichen in folgenden Räumen: Nordwestsahara und Zemmour, Cap Blanc, Saharaatlantisch-südlich, tunesisch-tripolitanische Schichtstufenlandschaft, Mittelmeerküste, Nildelta, nördliche Ostküste, Zentralsaharisches Gebirge, Chegga, Hank und Nordtibesti, jeweils von einem sehr deutlichen Überwiegen mediterraner Endemiten gekennzeichnet; nur an der Nordwestküste tritt das Ends-Florenelement relativ stark hervor. Südair, Südtibesti, Ennedi sowie die Nebeloase Erkowit prägt diesbezüglich in erster Linie das Enda-Florenelement.

Es besteht die Möglichkeit, in Teilräumen des Air, Tibesti und an der Ostküste eine Tropengrenze der Endemiten zu definieren und festzulegen, welche Air und Tibesti zerteilen, nördlich des Ennedigebirges verlaufen und zwischen Dj. Elba und der Nebeloase Erkowit an der Ostküste stoßen würde. Südlich von ihr dominiert die Artenzahl des Enda-, nördlich diejenige des Endm-Florenelementes.

Die stenotopen Taxa konzentrieren sich also im wesentlichen auf Küsten und Gebirge. Beiden Rückzugstandortgebieten ist die relative Mäßigung des ansonsten extremen saharischen Klimas gemeinsam, die es auch den nicht-saharischen Reliktendemiten erlaubt zu überdauern.

Eine Zusammenschau der absoluten Artenzahlen der fünf erstgenannten und für eine floristische Gliederung und Abgrenzung der Sahara bedeutsamen eurytopen Florenelemente soll ihre gemeinsame Darstellung in Profildiagrammen ermöglichen. Die Lage der entsprechenden Profile (vgl. Abb. 5) gestattet, die gewonnenen Erkenntnisse als repräsentativ für nahezu den gesamten Untersuchungsraum anzusehen.

Auf der Ordinate der Diagramme sind die Standardabweichungen, auf der Abszisse die Gitternetzbezeichnung der Quasi-Fundorte, die entlang dem Profil liegen, abgetragen. Die Standardabweichungen sind jeweils Ausdruck verschiedener absoluter Artenzahlen: einer Standardabweichung entsprechen: bei T 40, 42, bei A 74, 08, bei S 17, 94, bei AS 17, 81 und bei TS 12, 01 Arten.

Das erste Westprofil (W 1) (vgl. Abb. 6) soll die gegenseitigen Relationen der Standardabweichungen der fünf eurytopen Florenelemente in der noch ozeanisch beeinflussten Westsahara, dem Adrar von Mauritien sowie den sich südöstlich anschließenden Gebieten deutlich machen.

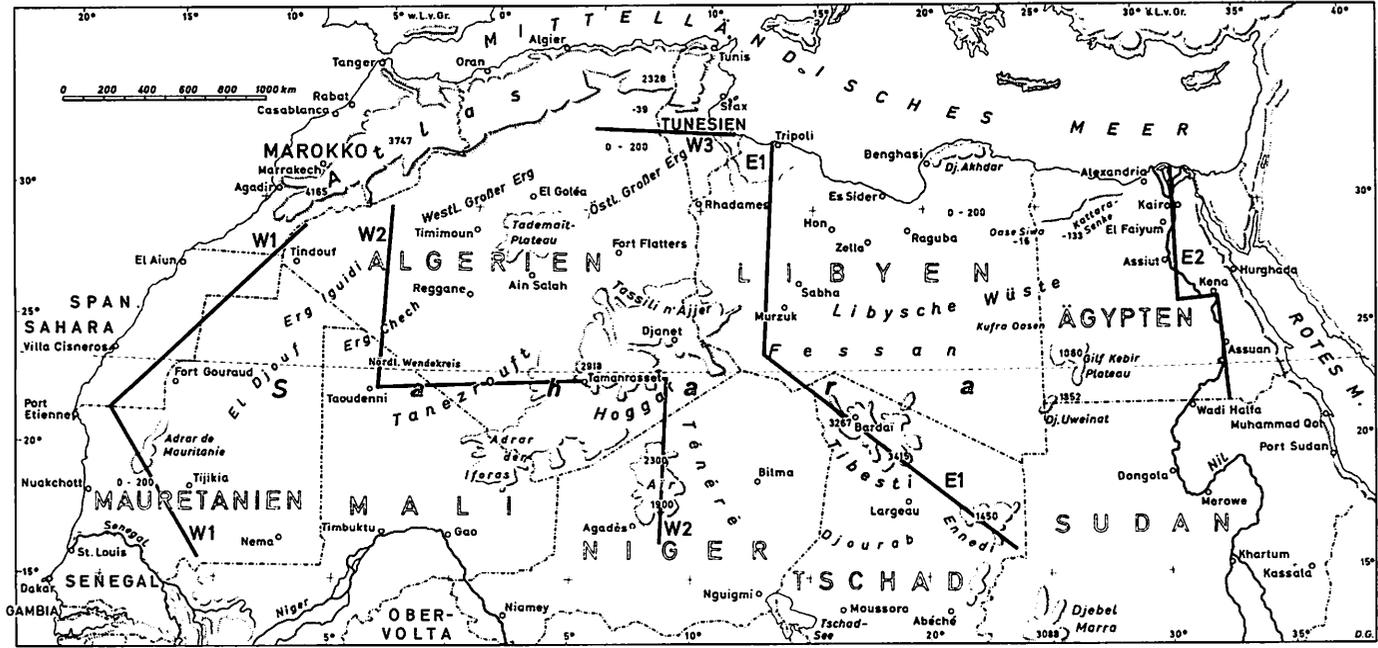
Als primäre Häufungszentren der Flora, in denen nahezu alle fünf Florenelemente maximale Standardabweichungen erreichen, sind die Quasi-Fundorte 10 H, 16 E und 23 D hervorzuheben, d.h. Gebiete in Südmarokko, der Raum von Zemmour sowie der Adrar von Mauritien.

Als Örtlichkeiten allgemein minimaler Standardabweichung, niedriger Taxazahlen also, treten die Quasi-Fundorte der Gitter 15 e, 18 D und 24 d hervor, extrem aride Räume.

Auffallend erscheint überdies die Konstanz der Standardabweichungen aller angeführten Florenelemente südlich der Gitter von 25 d / 26 E.

Das zweite Westprofil (W 2) (vgl. Abb. 6) soll die absoluten floristischen Gegebenheiten in den extrem ariden kontinentalen Räumen der westlichen Zentralsahara sowie von Hoggar und Air vergleichend analysieren helfen. Dabei treten die primären Häufungszentren sehr einheitlich an folgenden Quasi-Fundorten auf: 15 L, 20 q - 20 S, 27 T / 28 T, nämlich ausschließlich in den Gebirgsräumen der Eglabs, des Hoggar und des Air.

Abb. 5: Karte zur Lage der Profile der Standardabweichungen absoluter Artenzahlen und der Arealtypenspektren



W1  
Lage der Profilschnitte (Bezeichnungen s. Text)

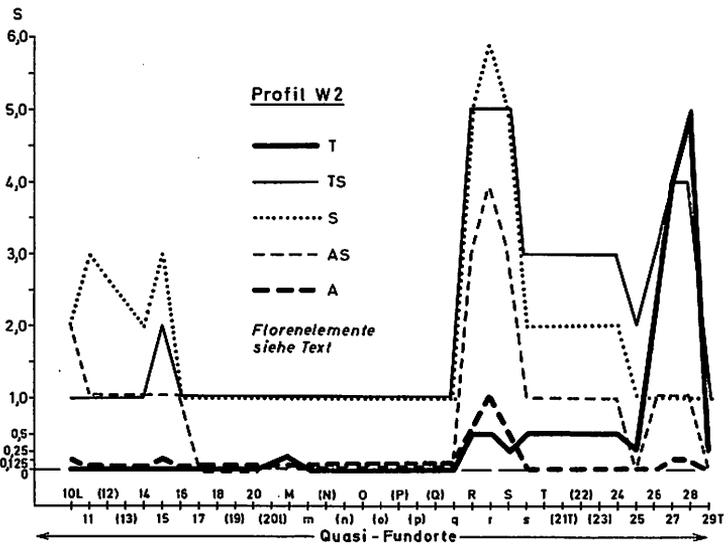
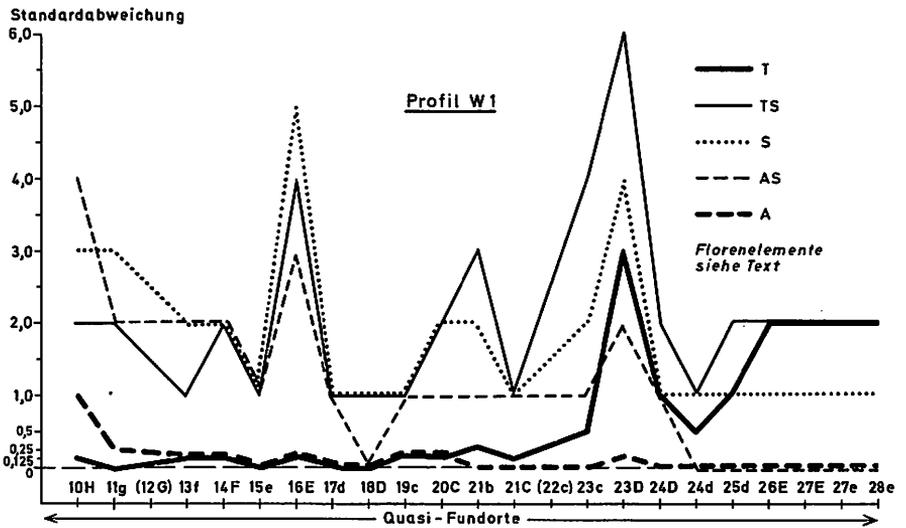


Abb. 6: Diagramme der Standardabweichungen absoluter Artenzahlen

Absolute Minima der Standardabweichungen kennzeichnen dagegen sehr einheitlich den Raum zwischen Eglabs und Hoggar sowie in abgeschwächtem Maße denjenigen zwischen Hoggar und Air.

Das dritte Profil (W 3) (vgl. Abb. 7) verläuft west-östlich. Es schneidet die Halbwüstensteppe der Djeffara und das Schichtstufenland der Matmatas, um dann mit der Landterrasse in den westlichen Erg abzufallen. Das TS-Florenelement zeigt hier Konstanz der Standardabweichungen. Die nicht-tropischen Florenelemente (A, AS, S) machen primäre Maxima der Standardabweichungen bei 6 u, d. h. den Daharstufen sowie bei 6 S, der Oase El Oued, deutlich. Sie haben zudem ein einheitliches Minimum an dem Quasi-Fundort 6 s, d. h. im Erggebiet, aufzuweisen.

Das vierte Profil (Ostprofil 1 = E 1) (vgl. Abb. 7) entspricht in seinem Verlauf in etwa dem Profil W 2, quert es doch extrem aride, nun aber vergleichsweise kontinentalere Räume der östlichen Zentralsahara sowie Gebirge: Dj. Nefousa, Tibesti und Ennedi.

Primäre Maxima der Standardabweichungen aller Florenelemente sind mit typischer Zweigipfligkeit eines sekundären Maximums am Tibesti zu konstatieren (vgl. Hoggar), wobei jeder Kurvengipfel einem der beiden höchsten Erhebungen dieses Gebirges (Toussidé, Emi Koussi) entspricht.

Die tropischen Florenelemente (T, TS) weisen eigenständige Häufungszentren im Bereiche des Ennedigebirges auf, die außertropischen Florenelemente (A, AS) sowie das saharo-arabische Florenelement im Raum Mittelmeerküste - Dj. Nefousa.

Minima der Standardabweichungen treten zwischen Dj. Nefousa und Tibesti, unterbrochen von einem schwach ausgeprägten Maximum (Ausnahme S) innerhalb der Fezzanoasen (15 a), sowie zwischen Tibesti und Ennedi (Ausnahme AS) hervor.

Das fünfte und letzte Profil (E 2) (vgl. Abb. 7) folgt der Nilstromoase. Im Bereich des Quasi-Fundortes 10 O, bei Cairo, kann ein einheitliches Maximum der Standardabweichung aller Florenelemente festgestellt werden. Südlich von 14 O bilden die tropischen Florenelemente i.w.S. schwächere Maxima aus, wogegen sich dort die nicht-tropischen Florenelemente S, AS und A nahezu gleichbleibend verhalten, nachdem sie bei 11 O / 12 O ein relatives Minimum durchschritten haben.

Vergleicht man die Maxima und Minima der Kurvenverläufe der ersten vier Profile untereinander, so fällt auf, daß Maxima der Standardabweichungen in 72,7 % aller Fälle an Gebirge, Minima dagegen an die zwischen diesen gelegenen Flächen gebunden sind.

Die Maxima der Standardabweichungen können in drei Gruppen eingeteilt werden: eine erste, in der sowohl tropische als auch außertropische Florenelemente i.w.S. sowie das saharo-arabische Florenelement Maxima ausbilden, eine zweite, in der vor allem maximale Standardabweichungen tropischer Florenelemente i.w.S. auftreten; endlich eine dritte, bei der in erster Linie die außertropischen Florenelemente i.w.S. maximale Standardabweichungen aufzuweisen haben.

Primäre floristische Mischgebiete<sup>1</sup> der Sahara und ihrer Randräume stellen daher

---

1 Der Begriff 'Mischgebiet' ist als deutscher Ausdruck auch in die francophone Literatur eingegangen.

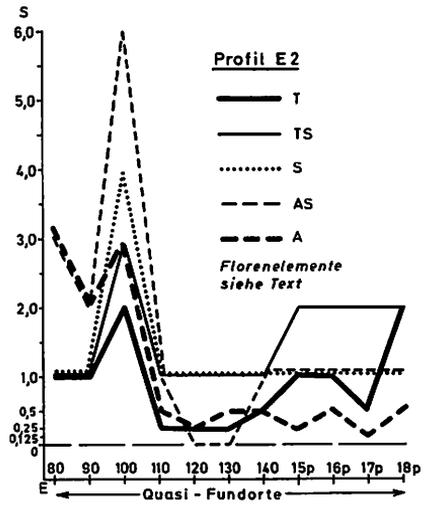
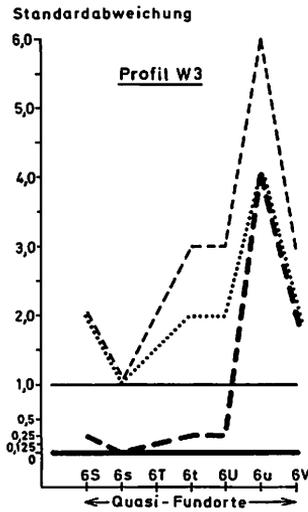
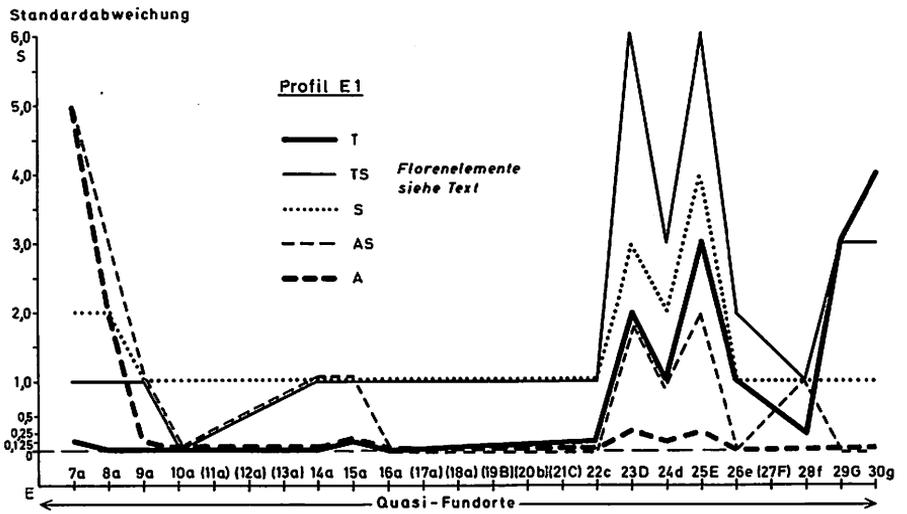


Abb. 7: Diagramme der Standardabweichungen absoluter Artenzahlen

die Quasi-Fundorte der ersten Gruppe, sekundäre Mischgebiete die der zweiten und dritten Gruppe. Primäre Mischgebiete der Flora weisen relativ zentrale, sekundäre Mischgebiete dagegen südlich (zweite Gruppe) oder nördlich periphere Lage (dritte Gruppe) auf.

Ähnlich den vorgenannten Florenelementen verhält sich das polychore Florenelement (P) (vgl. Abb. 8).

Grundsätzlich verdient festgehalten zu werden, daß die Maxima der jeweiligen Taxazahlen aller analysierten Florenelemente, ausgedrückt in Standardabweichungen, sehr häufig an den gleichen Quasi-Fundorten gemeinsam auftreten oder aber in eine nichttropische A-, AS-, S- sowie eine tropische T-, TS-Gruppe zu unterteilen sind.

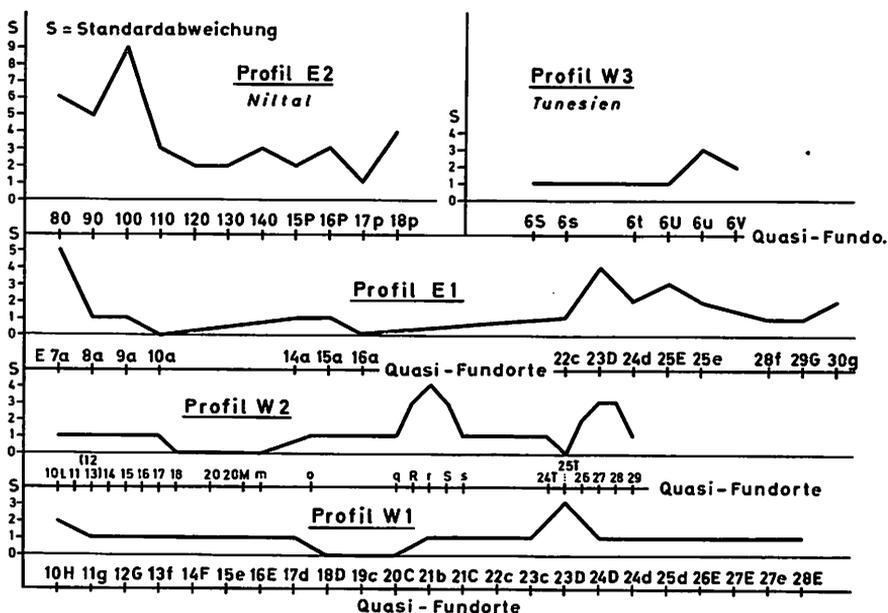


Abb. 8: Diagramm der Standardabweichungen absoluter Artenzahlen des P Florenelementes

Wenngleich auf Zusammenhänge zwischen Flora und Umweltparametern erst bei der Arealtypenspektrenanalyse eingegangen werden wird, soll doch bereits an dieser Stelle als klärender Hinweis auf die Frage möglicher Ursachen des Zusammenfallens der Maxima von Standardabweichungen absoluter Taxazahlen verschiedenster Florenelemente ein Klimaparameter in die Betrachtung einbezogen werden.

Es muß Umweltbedingungen geben, die es mehreren Florenelementen gemeinsam möglich machen, hohe Taxazahlen zu erreichen. Diese Bedingungen müßten allen Quasi-Fundorten, an denen maximale Standardabweichungen auftreten, gemeinsam sein.

Auf Klimafaktoren beschränkt kommen die thermischen Verhältnisse isoliert wohl kaum in Frage, da die betreffenden Gebiete diesbezüglich keine ausreichenden Gemeinsamkeiten aufweisen. So bleibt der Faktor Feuchtigkeit.

In der Tat sind 81 % der Quasi-Fundorte maximaler Standardabweichung absoluter Taxazahlen (Zemmour, Hoggar, Adrar von Mauritaniens, Adrar der Iforas, Air, Toudsidé und Emi Koussi, Ennedi, Dj. Nefousa, Dahar, Südmarokko) relativ höhere Niederschläge als der weiteren Umgebung gemeinsam (vgl. Abb. 9).

Die Minima der Standardabweichungen sind dagegen ausschließlich an extrem aride Räume (< 20 mm) gebunden. Demnach ist relativer Niederschlagsreichtum (> 50 mm) mit verhältnismäßig reich entfalteter Flora aller analysierten Florenelemente und extreme Aridität mit taxonarmer Flora zu parallelisieren.

Als Wirkung des Temperaturfaktors ist anzusehen, daß in südlich peripherer Lage S, AS oder A gegenüber TS und T keine oder nur sehr schwach ausgeprägte Maxima hervorbringen können, und der umgekehrte Fall für nördlich periphere Quasi-Fundorte charakteristisch ist.

Der Sonderfall des Niltales, ebenfalls ein primäres Mischgebiet der Flora, beruht auf der Möglichkeit ständiger, von direkten Niederschlägen an den Quasi-Fundorten relativ unabhängiger Wasserversorgung der Spezies.

#### b. Arealtypenspektrenkartogramm (vgl. Karte 10)

Arealtypenspektren in ihrer räumlichen Anordnung sollen nun Gegenstand der Analyse und Darstellung sein<sup>2</sup>.

Die Arealtypenspektrenkartogramme (vgl. Karte 10) machen einen relativ kontinuierlichen Florenwandel deutlich: von Gebieten hervortretender Prägung durch das A-Florenelement zu solchen starker Vertretung des AS-Florenelementes; über einen von dem saharo-arabischen Florenelement geprägten Zentralraum, in dem das TS-Florenelement verstärkt einzusetzen beginnt, bis in die Räume, in denen die tropischen Florenelemente dominieren.

Von einer generell Nord-Süd gerichteten kontinuierlichen Veränderung der Zusammensetzung der Arealtypenspektren kann jedoch nicht die Rede sein, greifen doch relativ hohe Anteile der tropischen Florenelemente i.w.S. im Bereich der Westsahara, des südlichen Zentralsaharischen Gebirges, vor allem aber an der Ostküste und im Niltal nach Norden aus (vgl. auch Absolutdarstellung); ebenso wie es die außertropischen Florenelemente i.w.S. entlang der Westküste, dem Niltal und in dem Zentralsaharischen Gebirge nach Süden hin tun.

Innerhalb des Niltales begegnen sich so die beiden nichtsaharischen Florenelemente A und T, ohne daß sich bedeutende Anteile von AS, S, oder TS, d.h. des saharischen Florenelementes i.w.S., dazwischenschoben, weil der eigentliche Trokenraum in der Nilstromoase aussetzt.

Eine detaillierte Interpretation der Arealtypenspektrenkartogramme erfolgt wie diejenige der Florenelementkarten auf der Basis von Profildiagrammen gleicher

---

2 Zur Methode vgl. Kap. A IV. Das P-Florenelement ist aus den in A IV angeführten Gründen in diese Analyse nicht einbezogen worden.

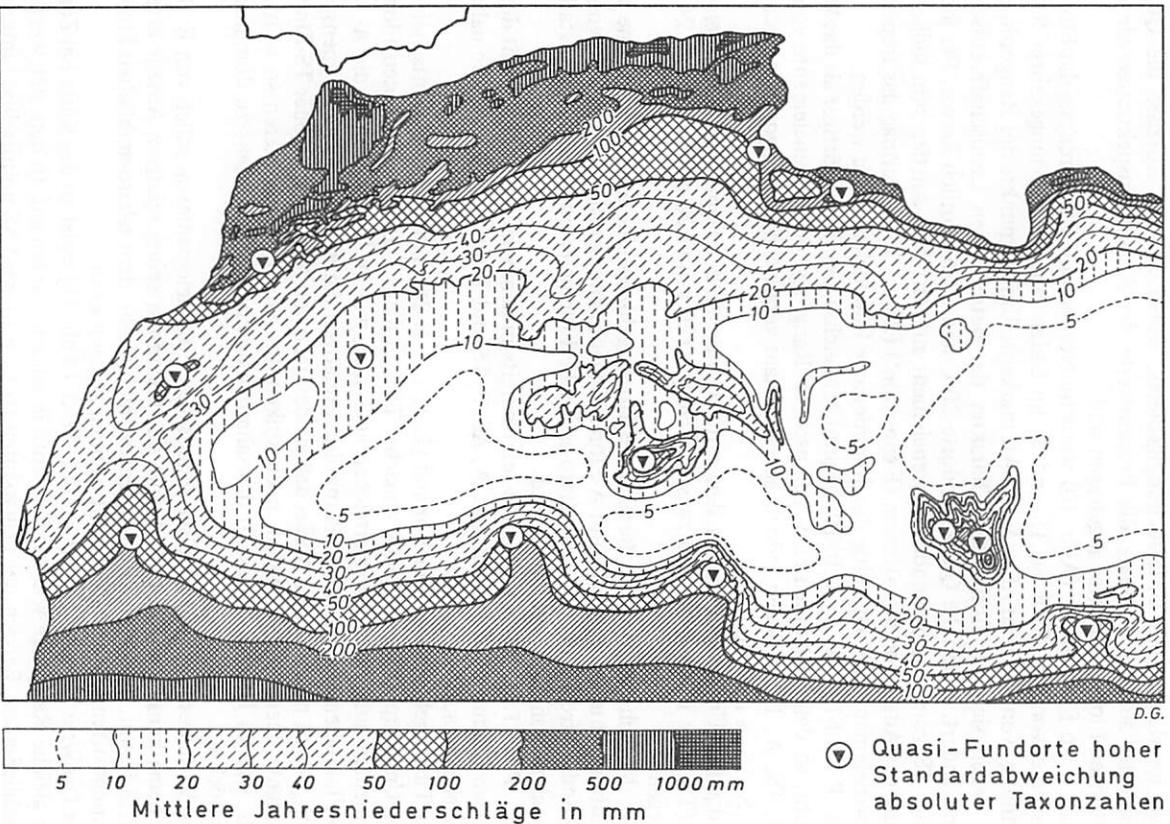


Abb. 9: Karte des mittleren Jahresniederschlages in der Sahara, gezeichnet nach:  
*J. Dubief* (1963), Beilage  
 Eingetragen sind Quasi-Fundorte hoher Standardabweichung absoluter Artenzahlen  
 jeweils mehrerer Florenelemente

Lage im Raume des Untersuchungsgebietes, wobei auf der Abszisse die Quasi-Fundorte, auf der Ordinate die Prozentwerte der Arealtypenspektrenanteile des jeweiligen Florenelementes abgetragen sind.<sup>3</sup>

Das Profil W 1 (Abb. 10) weist im Norden eine Rangordnung der Florenelemente von AS, S, A zu TS und T, im Süden eine nahezu umgekehrte Rangordnung von T, TS zu AS = A auf. Als markante Umkehrpunkte der Rangordnung, an denen sich der floristische Charakter der betreffenden Landschaft entscheidend ändert, treten die Quasi-Fundorte 20 C und 21 b deutlich hervor. Bei ihnen steigt TS zum dominierenden Florenelement auf. Mit dem Anstieg zum südlichen Hang des Adrar von Mauritanien (Exposition!) (23 c - 23 D) vermag das tropische Florenelement i.e.S. endgültig das dominierende Florenelement zu werden.

Das Profil W 2 (Abb. 10) beginnt vergleichsweise saharawärtiger als das W 1-Profil, so daß im Norden eine 'saharischere' Rangfolge der Florenelemente von S, AS, TS, A, T, im Süden jedoch eine durchaus vergleichbare Rangordnung von T, TS, S, AS, A auftritt.

Endgültige Umkehrpunkte, an denen die Dominanz der tropischen Florenelemente (TS oder T) einsetzt, sind zwischen Hoggar (20 q und 20 s) und Air (ab 24 T) gelegen.

Sehr deutlich erscheint im Bereich des Hoggargebirges eine erneute Zunahme von relativen Anteilen der AS- und A-Florenelemente zuungunsten der Anteile von S, TS und T, trotzdem wird das saharo-arabische Florenelement in Folge sehr starker Abnahme von TS dort dominierend.

Das Profil E 1 (Abb. 10) setzt bereits in dem vom A-Florenelement dominierten Raum mit der Rangfolge: A, AS, S, TS und T ein, welche im Süden nahezu umgekehrt lautet.

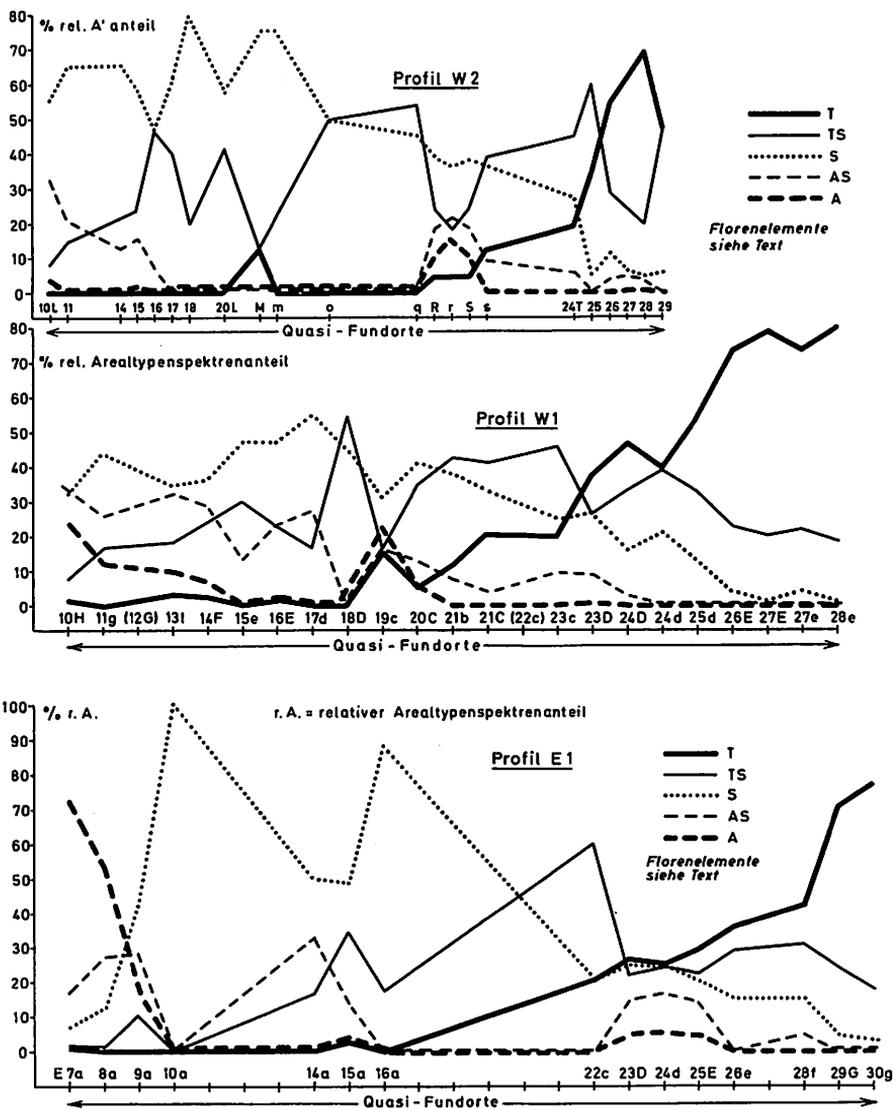
Das Tibestigebirge und sein Vorland (E 22 c – E 26 c) markieren die entscheidenden Umkehrpunkte, an denen zunächst TS und dann T zu dominierenden Florenelementen aufsteigen. Zwar erreichen auch hier, wie im Hoggargebirge, die A- und AS-Florenelemente erneut Maxima ihres relativen Anteils an den Arealtypenspektren, jedoch nicht in dem Maße, daß sie den relativen Anteil der T- oder TS-Florenelemente übertreffen könnten, noch sinken die Anteile der letzteren so weit ab, daß, wie im Hoggar, insgesamt das saharo-arabische Florenelement zu dominieren vermöchte.

Das Verhalten des außertropisch-saharischen Florenelementes nördlich von E 10 a ist bemerkenswert. Es erreicht dort das Maximum seiner relativen Anteile erst in einem Raum, der dem A-Florenelement nicht mehr, dem saharo-arabischen Florenelement offensichtlich noch nicht optimal zusagen kann.

Das Ost-West verlaufende Profil W 3 (Abb. 11) weist an der Küste bei Zarzis die gleiche Rangfolge wie das E 1-Profil in seinem Norden auf. In dem sich westlich anschließenden Bereich der Daharstufen (6 U, 6 u) wird AS unmittelbar hinter der Trauf dominierendes Florenelement, nämlich wiederum dort (vgl. Profil E 1), wo das außertropische Florenelement i.e.S. schon in einem relativen Minimum, das S-Florenelement dagegen noch nicht in einem Maximum seiner relativen Entwicklung steht.

---

3 Die End-Florenelemente sind wegen ihrer geringen Anteile nicht dargestellt.



**Abb. 10: Profildiagramme der Arealtypenspektren**

Bei dem Nilalprofil (E2) (Abb. 11) wird die besondere Situation der Flußoase deutlich. Es dominieren jeweils die nichtsaharischen A- oder T-Florenelemente, wobei als Umkehrpunkt deutlich die Quasi-Fundorte 14 O / 15 P hervortreten.

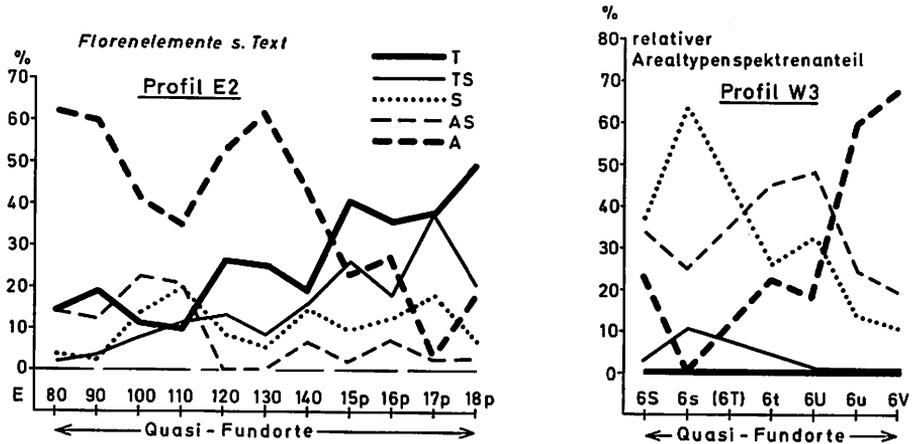


Abb. 11: Profildiagramme der Arealtypenspektren

Insgesamt weisen die außertropischen A- und AS-Florenelemente Maxima ihrer relativen Anteile stets im Norden des Untersuchungsgebietes und in den Gebirgen auf. Die Kurvenverläufe der TS- und S-Florenelemente kulminieren mit ihren relativen Anteilen an den Arealtypenspektren gerade in den extrem ariden zentralsaharischen Ebenen. Das TS-Florenelement erreicht indes seinen Kulminationspunkt stets südlich der höchsten Maxima des saharo-arabischen Florenelementes und unmittelbar vor dem Raum, in dem der relative Anteil des T-Florenelementes mit deutlich ansteigender Tendenz beginnt.

Den S- und TS-Florenelementen sind darüber hinaus mehr oder minder ausgeprägte Minima ihres relativen Anteils in den Gebirgsräumen sowie abnehmende Tendenzen in den nördlichen Randgebieten gemeinsam. Der relative Anteil des tropischen Florenelementes i.e.S. an den Arealtypenspektren steigt gemeinhin relativ stetig von Norden nach Süden an.

### c. Vergleich der Standardabweichungen absoluter Taxazahlen mit Arealtypenspektren

Die Untersuchung der relativen Anteile einzelner Florenelemente an den Arealtypenspektren kann für sich genommen keine Aussage darüber erlauben, ob ein Florenelement hohe relative Anteile, d.h. einen hohen Rang in den Arealtypenspektren erreicht, weil es an dem betreffenden Quasi-Fundort auch durch relativ viele Taxa vertreten ist (hohe Standardabweichung). In diesem Falle würde es den hohen Rang im Arealtypenspektrum gleichsam aktiv einnehmen. Andererseits

können dem hohen Rang in den Arealtypenspektren auch nur relativ wenige Taxa entsprechen (geringe Standardabweichung), so daß dieser Rang weitgehend darauf zurückzuführen wäre, daß dritte Florenelemente zurücktreten, wodurch der hohe Rang in den betreffenden Arealtypenspektren gleichsam passiv zustande käme. Ebenso ist der umgekehrte Fall möglich, daß ein Florenelement trotz hoher absoluter Taxazahlen (hohe Standardabweichung) einen nur relativ niedrigen Rang im Arealtypenspektrum einzunehmen vermag, weil andere Florenelemente mit verhältnismäßig noch höheren Standardabweichungen ihrer Taxazahlen aufwarten können.

Um die einzelnen Florenelemente entsprechend als aktiv oder passiv zu charakterisieren, werden die Ränge der Standardabweichungen absoluter Taxazahlen mit den Rängen, welche die entsprechenden Florenelemente in den Arealtypenspektren einnehmen, mittels der statistischen Methode der Rangkorrelation in Beziehung gesetzt; und zwar die Wertepaare der Profildiagramme, da diese die typischen Teilräume (Landschaftsblöcke) des Untersuchungsraumes schneiden und nicht alle Quasi-Fundorte zu der Ranganalyse herangezogen werden können, weil sich Rangkorrelationen für zu lange Reihen kaum eignen.<sup>4</sup>

Anhand der folgenden Tabelle von Rangkorrelationskoeffizienten ( $r$ ) und  $\text{Chi}^2$  Werten kann eine aktiv-passiv-Charakterisierung der Florenelemente vorgenommen werden. Daneben ist in der Tabelle auch die Sicherungswahrscheinlichkeit ( $S$ ) nach *Pearson* und *Spearman* angeführt.<sup>5</sup>

In den Fällen ausreichend signifikanter Sicherung des Zusammenhanges zwischen absoluten Artenzahlen und relativer Stellung der Florenelemente schlägt sich die absolute Anzahl der Taxa direkt auf die Stellung eines Florenelementes im Arealtypenspektrum nieder, es erreicht seinen Rang darin somit aktiv.

Tabelle 3: Tabelle der Rangkorrelationskoeffizienten:

	T			TS			S			AS		
	r	Chi <sup>2</sup>	S	r	Chi <sup>2</sup>	S	r	Chi <sup>2</sup>	S	r	Chi <sup>2</sup>	S
W 1	0,855	12,42	99	0,262	1,44	—	0,612	7,86	99	0,708	7,01	99
W 2	0,500	2,75	≈ 95	0,101	0,22	—	0,071	0,004	—	0,757	7,45	99
E 1	0,806	6,50	99	0,283	1,12	—	0,042	0,026	—	0,254	0,58	—
E 2	0,125	0,17	—	0,471	2,43	—	0,527	3,06	—	0,946	8,05	99

	A		
	r	Chi <sup>2</sup>	S
W 1	0,655	3,43	95
W 2	0,964	6,51	99
E 1	0,643	2,89	≈ 95
E 2	0,571	3,58	95

— = deutlich unter 95 %

4 F. Fliri, Statistik, 1969, S. 70

5 F. Fliri, s.o., S. 71

Umgekehrt bedeutet nicht ausreichende Signifikanz (S deutlich unter 95 %), daß die Stellung eines Florenelementes in den Arealtypenspektren dem Rang der Standardabweichung der absoluten Zahl seiner Taxa an den gegebenen Quasi-Fundorten in der Regel nicht entspricht, ja z.T. sogar eine indirekte Proportionalität besteht. Der Rang in den Arealtypenspektren wird in diesen Fällen weitgehend von dritten Florenelementen bestimmt, also passiv eingenommen.

Bei den außertropischen Florenelementen i.w.S. (A, AS) besteht in jeweils drei von vier Fällen ausreichende ( $S > 95$ ) oder hoch gesicherte Signifikanz ( $S > 99$ ) der Übereinstimmung zwischen den Rängen der absoluten und der relativen Werte.

Das A-Florenelement hat dazu bei E 2 einen Korrelationskoeffizienten aufzuweisen, dessen Sicherungswahrscheinlichkeit nur knapp unter 95 % liegt, der also unter Vorbehalt ebenfalls noch als schwach signifikant gesichert angesehen werden könnte.

Es handelt sich daher bei A und AS um aktive Florenelemente. In keinem Fall ist die genannte Beziehung für das TS-Florenelement signifikant gesichert, für das saharo-arabische Florenelement nur in dem einen Falle des W 1-Profiles.

Dementsprechend führen bei den TS- und S-Florenelementen hohe bzw. niedrige Taxazahlen in der Regel nicht zu entsprechenden Rängen in den Arealtypenspektren, eher tritt der umgekehrte Fall ein (vgl. extrem niedrige  $\text{Chi}^2$  Werte bei S). Beide Florenelemente sind daher als passiv zu bezeichnen.

Das tropische Florenelement i.e.S. (T) ist dagegen unter Einschränkung den außertropischen A- und AS-Florenelementen an die Seite zu stellen, d.h. als aktiv zu charakterisieren, erscheint doch bei ihm die entsprechende Beziehung in zwei Fällen hochsignifikant und in einem Falle noch schwach signifikant (S knapp unter 95 %) gesichert.

Die bisherigen Darlegungen gestatten einige Aussagen über die ökologische Konstitution der Florenelemente im Hinblick auf ihre Stellung in den Arealtypenspektren: Die passiven TS- und S-Florenelemente nehmen dort ihre stärkste Stellung in den Arealtypenspektren ein, wo sie nur mit relativ wenigen Taxa vertreten, wo also die Standortsbedingungen für sie keineswegs optimal zu nennen sind. Wo sie dagegen hohe absolute Taxazahlen erreichen, d.h. wo ihnen die Standortsbedingungen weit eher zusagen (Gebirge), erscheint ihre Stellung in den Arealtypenspektren geschwächt, weil dort dritte Florenelemente den Anstieg ihrer absoluten Taxazahlen deutlich überkompensieren. Bei den aktiven Florenelementen entspricht dagegen ein höherer Rang in den Arealtypenspektren auch optimaleren Standortsbedingungen.

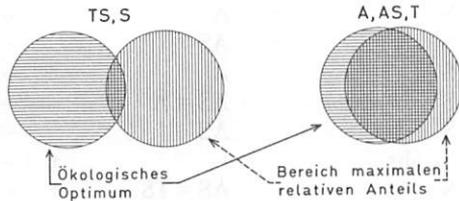
Nimmt man, wie *H. Walter* es für „Spezies“ getan hat<sup>6</sup>, auch für ein Florenelement den Begriff des „ökologischen Optimums“ in Anspruch, welches räumlich dort anzusetzen wäre, wo möglichst viele Taxa eines Florenelementes in Konkurrenz zu anderen Florenelementen relativ optimale Standortsbedingungen vorfinden, so deckt sich dieses „ökologische Optimum“ der TS- und S-Florenelemente räumlich

---

6 vgl. *H. Walter*, Die Vegetation der Erde, Bd. I, 1973, S. 38 ff. Eine solche Begriffsübertragung erscheint dem Vf. problematisch, soll indes gewagt sein, da sie zu einer ökophysiologischen Charakterisierung der Florenelemente beitragen kann.

keineswegs mit dem Bereich maximaler Anteile an den Arealtypenspektren, wogegen dies bei den aktiven Florenelementen weitgehend der Fall sein dürfte.

**d. Die floristischen Grenzlinien**  
(Dominanzkartogramm der Florenelemente) (vgl. Karte 11)



Florelementkarten, Arealtypenspektrenkartogramme sowie ein Vergleich der entsprechenden absoluten und relativen Werte haben eine weitgehende Charakterisierung der Florenelemente und die Darstellung ihrer räumlichen Verbreitung erbracht. Sie haben jedoch noch keine floreogeographische Gliederung des Untersuchungsgebietes ermöglicht.

Es ist das Ziel der nun folgenden Herausarbeitung floristischer Grenzlinien, anhand der in Kap. A IV vorgestellten Methode aus dem Kontinuum der Arealtypenspektrenkartogramme floristisch einheitlich definierte Räume auszugliedern und gegeneinander abzugrenzen.

Bereits die Profildiagramme der Arealtypenspektrenkartogramme (Kap. B I b) haben verdeutlichen können, daß die floristische Gliederung des Untersuchungsraumes mittels der Methode einer Rangabstufung der Florenelemente im Hinblick auf das dominierende Florenelement (Dominanzmethode) sich zu einer floristischen Charakterisierung und Differenzierung von Räumen eignet.

Im folgenden soll zunächst für alle in Frage kommenden Florenelemente ein tabellarischer Überblick der aus ihren Rängen in den Arealtypenspektren resultierenden floristischen Typen (Untertypen) und der Typen floristischer Dominanz (Haupttypen) gegeben werden. Ein Florenelement wird als dominierend angesehen, wenn es in dem entsprechenden Arealtypenspektrum zumindest die einfache (relative) Mehrheit der Artenzahl erreicht. Bei Gleichstand zweier Florenelemente wird in

**Tabelle der floristischen Typen:**

1. Rang	2. Rang	Faktor	Florelementdominanz
Untertyp		Haupttyp	
A abs	AS	- 12	A
A	AS	- 11	A
A	AS = S	- 10	A
A =	AS	- 9	A
A	S	- 8	A
A abs	T	- 7	A
A	T	- 6	A
-----			
AS	A	- 5	AS
AS	A = S	- 4	AS
AS abs	S	- 3	AS
AS	S	- 2	AS
AS	TS	- 1	AS
-----			

1. Rang	2. Rang	Faktor	Florenelementdominanz
Untertyp		Haupttyp	
S	= A	- 1,5	S (AS, A)
S	= AS	- 1	S “
S	A	- 0,5	S “
S	AS = A	- 0,5	S “
S	AS	- 0,5	S “
S abs	-	+ - 0	S
S	AS = TS	+ - 0	S “
<hr/>			
S	TS	+ 0,5	S (TS, T)
S	TS = T	+ 0,5	S “
S	T	+ 0,5	S “
S	= TS	+ 1	S “
S	= T	+ 1,5	S “
<hr/>			
TS	S	+ 2,0	TS
TS abs	S	+ 3,0	TS
TS	T = AS	+ 4,0	TS
TS abs	-	+ 5,0	TS
TS	T = S	+ 6,0	TS
TS	T	+ 7,0	TS
TS	= T	+ 8,0	TS
<hr/>			
T	A	+ 8,0	T
T	S	+ 9,0	T
T	TS = S	+ 10,0	T
T	TS	+ 11,0	T
T abs	TS	+ 12,0	T

(abs bedeutet, daß das entsprechende Florenelement einen Anteil von mehr als 50 % an den Arealtypenspektren erreicht).

der Regel das jeweils außertropischere Florenelement als dominierend gerechnet und damit zum Haupttyp.

Positive Faktoren kennzeichnen einen floristisch primär tropischen, negative Faktoren einen entsprechend außertropischen, Null-Faktoren einen unter Vorbehalt neutral gewichteten Typ: S abs – sowie S / AS = TS (vgl. Karte 11).

Ansonsten ist auch die dominierende Stellung des saharo-arabischen Florenelementes gleichsam neutral gewertet und die  $\pm$  Faktorenzuordnung jeweils nach dem zweitrangigen Florenelement vorgenommen worden. Die quasi neutrale Gewichtung des S-Florenelementes scheint gerechtfertigt, weil es ökologisch und räumlich zwischen den tropischen und außertropischen Florenelementen i.w.S. steht.

Die räumliche Integration von Haupttypen zu Räumen gleicher Florenelementdominanz (Florenregionen) bedingt Grenzlinien zwischen diesen Räumen, die entsprechend als primäre Grenzlinien der Florenelementdominanz bezeichnet werden (vgl. Karte 12).

Sekundäre Grenzlinien trennen innerhalb einer Florenregion Räume, die sich in dem zweitrangigen Florenelement unterscheiden.

Von Norden nach Süden fortschreitend stellt sich als erste Grenzlinie (Typ 'primäre Grenzlinie') diejenige des A-Haupttyps (Dominanz des A-Florenelementes) gegen den AS- oder S-Haupttyp (Dominanz des AS- bzw. des S-Florenelementes) dar. Sie kann somit als 'floristische Nordgrenze der Sahara' angesehen werden (vgl. jeweils Karte 12). Sie verläuft von Westen nach Osten entlang dem Südrand des AntiAtlas, des Saharaatlas sowie in einigem Abstand von der Mittelmeerküste, den Dj. Nefousa und das nördliche Niltal auf der außersaharischen Seite belassend.

Einige Oasen gehören gleichsam extra- und azonal dem A-Haupttyp an<sup>7</sup>: Tohat, Marada, Giarabub, große ägyptische Oasen.

Als zweite Grenzlinie ('primäre Grenzlinie') erscheint die des AS-Haupttyps (Dominanz des AS-Florenelementes) gegen den S-Haupttyp. Die Regionen des AS-Haupttyps und damit auch die entsprechende Grenzlinie sind deutlich an Küstennähe orientiert; er umfaßt ein kleines Gebiet an der Küste von Spanisch-Sahara, die äußerste Nordwestsahara, die Schottregion, das Dahar-Stufenland, die südliche Djeffaraebene sowie eine relativ breite Zone, die südlich des Dj. Nefousa beginnt und am nördlichen Roten Meer endet. Eine große Lücke tritt am Südrand des Saharaatlas mit Ausnahme von Teilen des Mzab deutlich hervor. Die Südabgrenzung dieser Florenregion wird als 'primäre floristische Südgrenze der außertropischen Sahara' bezeichnet.

Sie bildet zusammen mit der 'floristischen Nordgrenze der Sahara' eine geschlossene Grenzlinie gegen den von dem saharo-arabischen Florenelement dominierten Raum. Beide Linien umgrenzen gemeinsam den Raum der Dominanz des außertropischen Florenelementes i.w.S. nach Süden hin. Aus diesem Grunde kann die kombinierte Grenzlinie als 'primäre floristische Außertropengrenze' bezeichnet werden, wenn man von der Annahme einer neutralen Stellung des S-Florenelementes ausgeht.

Die dritte floristische Grenze, eine 'sekundäre Grenzlinie', zweiteilt den Raum des S-Haupttyps (Dominanz des S-Florenelementes) in einen nördlichen, zweitrangig von außertropischen Florenelementen und einen südlichen, zweitrangig durch tropische Florenelemente induzierten, jeweils floristisch saharo-arabisch dominierten Raum.

Betrachtet man diesen Raum des S-Haupttyps als zwischen Tropen und Außertropen stehend, dann handelt es sich bei dieser Grenzlinie um eine 'sekundäre floristische Tropengrenze', weil sie die in den Arealtypenspektren jeweils zweitrangigen, d.h. sekundären tropischen und außertropischen Florenelemente trennt.

Nimmt man jedoch das S-Florenelement als ein im weitesten Sinne noch außertropisches Geoelement an, dann stellt diese floristische Grenzlinie die Nordgrenze des sekundären tropischen Einflusses in einem noch gerade außertropisch geprägten (dominierten) Raume, d.h. eine in einem anderen Sinne 'sekundäre floristische Tropengrenze', dar.

---

7 extrazonal, weil außerhalb des Hauptverbreitungsgebietes gelegen, azonal, weil an die Besonderheit der phreatischen Feuchte in einem sonst extrem trockenen Raum gebunden.

Diese kann bei gleicher Argumentation auch als 'sekundäre floristische Außertropengrenze' bezeichnet werden, wenn man nicht die Abgrenzung der Tropen, sondern eine solche der Außertropen in den Vordergrund stellt.

Die 'sekundäre floristische Tropengrenze' verläuft im Westen bei Cap Blanc beginnend zunächst küstenparallel nach Norden, dann südlich der Hamadas du Draa sowie des Plateaus von Tademaït ohne größere Abweichungen nach Osten, um bei Ras Gharib das Rote Meer zu erreichen.

Extrazonal den entsprechenden Untertypen des S-AS/A-Haupttypes zugehörig erscheinen die höheren Teile folgender Gebirge: Plateau der Eglabs, Hoggar und Tassili n'Ajjer, die bereits bei dieser vertikal integrierenden Analyse als gleichsam außertropischere Höheninseln in dem Räume des S-TS/T-Haupttypes hervortreten. Darüber hinaus kommen ebenfalls südlich der 'sekundären floristischen Tropengrenze' Quasi-Fundorte rein saharo-arabischer Flora vor (S = 100 %), die trotz einer möglichen Zugehörigkeit von S zur außertropischen Flora im weitesten Sinne als neutral gewichtet werden.

Die vierte floristische Grenzlinie ('primäre Grenzlinie') scheidet den Raum des TS-Haupttyps von dem allgemein nördlicher gelegenen Raum des S-Haupttyps. Es handelt sich um die nördlichste Grenze der Dominanz eines tropischen Florenelementes, d.h. um die 'primäre floristische Tropengrenze', wobei die Tropen floristisch als ein Raum definiert werden, in dem ein tropisches Florenelement (T oder TS) den ersten Rang in den Arealtypenspektren einzunehmen vermag, wohingegen Außertropen als Raum der Dominanz außertropischer Florenelemente (A oder AS) verstanden werden.

Bemerkenswert an dem Verlauf der Grenzlinie erscheint, daß sie erst in einigem Abstand von der Westküste in den Bereich der Spanischen Sahara hinein nach Norden ausbuchtet, welches ein zweites Mal zu dem Südfuß des Zentralsaharischen Gebirges, in abgeschwächtem Maße zu dem Dj. Uweinat, vor allem aber an der Ostküste der Fall ist.

Die fünfte und letzte floristische Grenzlinie ('primäre Grenzlinie') verläuft zwischen dem Raum des TS-Haupttyps und dem des T-Haupttyps. Da das T-Florenelement in keiner Weise der saharischen Flora i.w.S. zugehörig ist, wird diese Grenzlinie als 'floristische Südgrenze der Sahara' bezeichnet.

An ihrem Verlauf fällt auf, daß sie jeweils einen Bogen nach Norden in den Bereich der südlichen Randgebirge: Adrar von Mauritania, Adrar der Iforas, Air und Tibesti hinein beschreibt, sowie im Niltal und an der Ostküste lobenförmig ebenfalls weit nach Norden, zwischen den Gebirgen aber ebensoweit nach Süden hin ausbuchtet (floristischer Lee-Effekt).

In der folgenden tabellarischen Übersicht werden den floristisch definierten Grenzlinien Bezeichnungen der entsprechenden Florenregionen zugeordnet, so daß sich eine ideale N-S-Abfolge von Florenregionen und Grenzlinien gleicher Florenelementdominanz ergibt (vgl. auch Legende zu Karte 12).

#### Subtropen-Randraum

floristische Nordgrenze der Sahara  
randlicher Subtropen-Wüstenraum  
primäre floristische Südgrenze der  
außertropischen Sahara

+

primäre floristische  
Außertropengrenze

zentraler Wüsten-Subtropenraum  
sekundäre floristische Außertropengrenze = sekundäre floristische  
Tropengrenze

zentraler Wüsten-Subtropen-Tropenraum  
primäre floristische Tropengrenze  
randlicher Tropen-Wüstenraum  
floristische Südgrenze der Sahara  
Tropen-Randraum

## II. Die Beziehungen zwischen Florenelementen und Klimaparametern

Es werden im folgenden die von der Pflanzenphysiologie her sinnvollen Beziehungen zwischen Flora und Klima einer statistischen Regressions- und Korrelationsanalyse, eingeschränkt durch chorologische Kohärenz, unterzogen. Die möglichen Zusammenhänge sind allerdings so komplex und auch weitgehend indirekt (Wettbewerb)<sup>1</sup>, daß nicht direkt auf ökophysiologische Kausalbeziehungen geschlossen werden kann, wie ja überhaupt statistische Analysen keineswegs Kausalitäten ergründen können.

### a. Beziehungen zwischen Arealtypenspektrenanteilen und Klimaparametern

Zunächst werden die relativen Anteile jedes einzelnen eurytopen Florenelementes (ohne P) an den Arealtypenspektren mit ausgewählten Klimaparametern in Beziehung gesetzt<sup>2</sup>. Dabei bilden die floristischen Werte eines jeden Quasi-Fundortes, in dessen Gitter eine Klimastation gelegen ist, mit dem jeweiligen Klimawert ein Variablenpaar<sup>3</sup>.

Die relativen Anteile des A - Florenelementes werden zu der Jahresniederschlagssumme, dem mittleren Maximum der Jahrestemperatur sowie dem Trockenheitsindex nach *Reichel* in Beziehung gesetzt (vgl. Tab. 4). Die möglichen Zusammenhänge zwischen den Arealtypenspektrenanteilen von A und der Jahresniederschlagssumme werden untersucht, weil das Hauptverbreitungsgebiet des A-Florenelementes einen im Vergleich zu dem sich südlich anschließenden Wüstenraum relativ feuchten Raum einnimmt<sup>4</sup>, und so die Veränderung der relativen Anteile von A mit zunehmender Trockenheit interessiert.

1 vgl. *H. Walter*, Die Vegetation d. Erde, Bd. 1, 1973, S. 55

2 vgl. Kap A. IV: Regressions- und Korrelationsrechnung

3 siehe Karte der Klimastationen (Karte 2)

4 vgl. Isohyromene 1 bei *W. Lauer*, Humide u. aride Jahreszeiten, Bonner Geogr. Abh., 9, 1952

Die mittleren Maximumtemperaturen und die Jahresmitteltemperatur wirken sich wohl auf die relative Stellung des A-Florenelementes aus, weil sie nach Süden hin stetig höhere Werte erreichen, die Auswirkungen auf Eiweißsynthese, Enzymaktivität, Semipermeabilität und Viskosität sowie die Vakuolisierung des Protoplasmas haben könnten.<sup>5</sup>

Temperatur und Wasserhaushalt stehen in einer so komplexen Wechselwirkung mit dem Pflanzenleben, daß auch ein Ariditätsindex in seiner Wirkung auf die relativen Anteile des A-Florenelementes an den Arealtypenspektren untersucht werden soll.

Der Trockenheitsindex nach *E. Reichel*  $\frac{N \times R}{T + 10}$  ist für diese und auch alle folgenden entsprechenden Untersuchungen als Ariditätsindex ausgewählt worden.<sup>6</sup> Er erscheint den Untersuchungen arider Klimate angemessen, da in ihm die Zahl der Niederschlagstage als Ausdruck der Dauer einer verhältnismäßig humiden Phase einget, von kürzeren humiden Zeiträumen kein ausreichendes Datenmaterial vorliegt und längere „humide“ Perioden in dem eigentlichen Wüstenraum nicht vorkommen. Zudem ist der *Reichelindex* (Ri) an den Index von *de Martonne* angelehnt, der sich vor allem in der von *W. Lauer* entwickelten Form (vgl. Anm. 4) für eine Abgrenzung arider Klimate bewährt hat.

Die relativen Anteile des *AS-Florenelementes* sind auf zwei Arealtypenspektren bezogen (vgl. Tab. 4); auf das von der A-Florenelementanalyse her bekannte, das als 'weiteres Arealtypenspektrum' bezeichnet wird, und auf ein 'engeres Arealtypenspektrum':  $\frac{AS \times 100}{AS + S}$ , welches die Relationen von AS zu S in ihrer Beziehung zu Klimaparametern klären soll, wohingegen das erstere sich auf alle mono- oder biregionalen Florenelemente bezieht. Beide Analysen setzen aus den gleichen Gründen wie bei der vorhergehenden Untersuchung die relativen Anteile des AS-Florenelementes an den Arealtypenspektren mit dem Trockenheitsindex nach *Reichel* und dem mittleren Maximum der Jahrestemperatur in Beziehung, da zu vermuten ist, daß die AS-Arten als den A-Arten räumlich und genetisch am nächsten stehend, im Prinzip ähnlicher klimatischer Bedingungen, nur nach der trockeneren und wärmeren Seite hin verschoben, bedürfen.

Die relativen Anteile des *S-Florenelementes* werden, auf das 'weitere Arealtypenspektrum' bezogen (vgl. Tab. 4), mit der Jahresmitteltemperatur, dem mittleren Maximum der Jahrestemperatur sowie dem Trockenheitsindex nach *Reichel* (Ri) in Beziehung gesetzt. Dabei soll die Analyse mit dem Trockenheitsindex Auskunft darüber geben, in welchem Maße sich das der Wüste eigentümliche saharo-arabische Florenelement tatsächlich mit zunehmender Aridität immer mehr in den Arealtypenspektren durchsetzt, wie es ja bereits bei der Interpretation des Arealtypenspektrenkartogramms angedeutet worden ist.

Die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den relativen Anteilen des S-Flo-

5 vgl. *K. H. Kreeb*, Ökophysiologie, 1974, S. 40 f, auch Lipoidtheorie und Koagulations-theorie

6 *E. Reichel*, nach *W. Lauer*, vgl. Anm. 4, da S. 15 und *W. Lauer*, l'indice xérothermique, Erdkunde 7, 1948, S. 48 ff. N = Jahresniederschlagssumme, R = Anzahl der Regentage, T = Jahresmitteltemperatur; andere Indices: *Ångstrom*, *Emberger* etc. entsprachen nicht dem Datenmaterial oder bezogen den „humiden“ Zeitraum nicht mit ein.

renelementes und der Maximumtemperatur soll feststellen, ob und in welcher Größenordnung die saharo-arabischen Arten mit zunehmend höheren Temperaturmaxima außertropische und tropische Arten i.w.S., deren Arealschwerpunkte jeweils in thermisch weniger exzessiven Räumen liegen, in den Arealtypenspektren verdrängen.

Ähnlichen Fragestellungen könnte auch die Analyse mit der Jahresmitteltemperatur nachgehen, doch soll sie in erster Linie die Relationen von S zu TS und T analysieren helfen, da tropische Arten i. w. S. seit *A. de Candolle* (1874) als thermophil gelten.

Die Analyse der korrelativen Zusammenhänge zwischen der relativen Stellung des TS-Florenelementes und ausgewählten Klimaparametern wird ebenso wie bei dem AS-Florenelement auf zwei Arealtypenspektren bezogen: auf ein 'weiteres' sowie auf ein 'engeres Arealtypenspektrum' (vgl. Tab. 4).

Das 'engere Arealtypenspektrum' wird hinzugezogen, um das Verhältnis von TS zu S in Bezug auf entsprechende Klimaparameter einer Analyse unterziehen zu können, wobei es möglich erscheint, Ausdrücke der klimatischen Bedingungen zu finden, die den für die Fragestellung einer floristischen Tropengrenze entscheidenden Übergang von einem durch das S-Florenelement dominierten zu einem durch das TS-Florenelement dominierten Raum prägen. Die relativen Anteile des TS-Florenelementes an beiden Arealtypenspektren werden mit der Jahresmitteltemperatur, der mittleren Minimumtemperatur des kältesten Monats und mit dem Trockenheitsindex nach *Reichel* korreliert.

Die Minimumtemperatur soll die Frage einer Empfindlichkeit tropisch-saharischer Spezies gegenüber Kälte- oder Erkältungsschäden klären helfen<sup>7</sup>, die für ihren relativen Anteil an den Arealtypenspektren eine wesentliche Rolle spielen könnten. Da sich das TS-Florenelement von der absoluten Frostgrenze weniger abhängig erweist, wird keine Analyse mit absoluten Minimumtemperaturen durchgeführt.

Die Jahresmitteltemperatur soll als Ausdruck einer den Spezies zur Verfügung stehenden Jahreswärmesumme herangezogen werden, deren Bedeutung in Bezug auf die Stoffproduktion beispielhaft durch die tropischen  $C_4$  Gräser herausgestellt wird, deren Temperaturoptima weit über denen von Gräsern ( $C_3$  Pflanzen) der gemäßigten Breiten liegen.<sup>8</sup>

Für die Relationen von TS zu T in den Arealtypenspektren bei zunehmender Feuchte vermag in erster Linie die Korrelations- und Regressionsrechnung mit dem Trockenheitsindex ( $R_i$ ) von Interesse zu sein, da die tropischen Arten i.e.S. ihr Hauptverbreitungsgebiet auf der feuchteren Seite haben.

Die relativen Anteile des T-Florenelementes an den Arealtypenspektren (vgl. Tab. 4) werden auf ihre Beziehungen zu folgenden Klimaparametern hin untersucht: Absolute Minimumtemperatur, mittlere Minimumtemperatur des kältesten Monats, Trockenheitsindex nach *Reichel* sowie Jahresniederschlagssumme.

Insofern diese Parameter bereits bei der TS-Florenelementanalyse Verwendung finden, wird auf die dortigen Erläuterungen verwiesen.

---

7 vgl. *K. H. Kreeb*, *Ökophysiologie*, 1974, S. 42

8 vgl. *K. J. Treharne, J. P. Cooper*, *Effect*, *J. exp. Bot.*, 20, 1969, S. 107 ff

Dazu kommt die absolute Minimumtemperatur, weil sich das T-Florenelement als eng mit der absoluten Frostgrenze korrelierend erweist.

Nach der folgenden Phi-Koeffizient-Rechnung (Vierfeldanalyse) kommen jenseits der absoluten Frostgrenze mit einer hohen Wahrscheinlichkeit nicht mehr als 1 % T-Arten mehr vor:  $\chi^2 = 49,22$ ;  $r = 0,608 \pm 0,0388$ ;  $N = 132^9$ .

Die Berücksichtigung der Jahresniederschlagssumme dient nur dem Vergleich mit den Ergebnissen der Trockenheitsindexanalyse (vgl. Anmerkung zu Tab. 4). Abschließend werden die relativen Anteile des tropischen Florenelementes i. w. S. an den Arealtypenspektren einer korrelativen Analyse mit der Mitteltemperatur des kältesten Monats unterzogen, weil diese bei *H. v. Wissmann* (1966) als Ausdruck eines die Tropen pflanzengeographisch in maritimen Räumen limitierenden Wärmemangels angeführt ist.

Zudem hat sich der entsprechende Mitteltemperaturwert von ca.  $18^\circ\text{C}$  bei den in Kap. B II b vorgestellten Phi-Koeffizienten-Tests als höchst signifikant mit der 'primären floristischen Tropengrenze' korrelierend erwiesen.

Die Ergebnisse der avisierten Regressions- und Korrelationsrechnungen sind der Tab. 4 zu entnehmen. Die Gleichungen geben genaue Auskunft über die Beziehungen zwischen den einzelnen Variablen, d.h. über die Relationen von Floren- und Klimawandel. Die Korrelationskoeffizienten beschreiben das Maß der Interdependenz.

Im folgenden soll abschließend eine zusammenfassende Interpretation der Ergebnisse erfolgen (vgl. jeweils Tab. 4):

Die relative Stellung des A-Florenelementes in den Arealtypenspektren wird wohl primär von den hygrischen Faktoren positiv bestimmt, wobei der Trockenheitsindex nach *Reichel* gegenüber der Jahresniederschlagssumme als der signifikanter gesicherte Ausdruck erscheint. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, daß der Trockenheitsindex durch die Berücksichtigung der Niederschlagsdauer und der Temperatur – als Ersatz für Verdunstungsparameter – dem Wasserhaushalt außertropischer Spezies i. e. S. besser gerecht wird. Zudem geht in dem A-Florenelementareal von Süden nach Norden in der Regel die Zunahme des Niederschlagsaufkommens mit einer Temperaturabnahme einher, d.h. die beiden in die Formel (Ri) eingegangenen Klimaparameter erhöhen den Index gleichgerichtet. Beide korrelieren überdies jeder für sich mit den relativen Werten des A-Florenelementes. Der Trockenheitsindex korreliert so gleichsam doppelt.

Die mittlere Maximumtemperatur des Jahres zeitigt nur dort eine signifikant gesicherte negative Wirkung auf den relativen Anteil von A an den Arealtypenspektren, wo verhältnismäßig gleiche hygrische Bedingungen infolge ihrer weitgehenden Unabhängigkeit von direkten Niederschlägen von der hygrischen Seite her einen modifizierenden Einfluß ausschließen, oder wo diese ausreichend homogen erscheint.

---

9 Nach *M. Rikli*, Pflanzenkleid, 1942-1948, machen tropische Arten ca. 1 % der Mittelmeerflora aus. Entsprechend hat sich hier für das T-Florenelement, das auch die Vertreter tropischer Taxa im mediterranen Raum stellt, dieser Prozentsatz als unterster Schwellenwert in bezug auf die absolute Frostgrenze herausgestellt.

Tabelle 4: Tabelle der Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten

No	Variable: Klimawert	Variable: Florawert	Anteilsformel d. Florenelem. an d. Arealtypenspektrum	N	Chi <sup>2</sup>	Korr. koeff.	Rang	Regressionsgleichung	Sign.*	Bereich
1	Jahresniederschlag log.	relativer Anteil von A	$\frac{A \times 100}{\sum A, AS, S, TS, T + \sum End}$	53	36,51	0,826	2	$y = +70,611x - 97,984$	++	alle Quasi-Fundorte mit einem Anteil > 10 % von A, ohne Oasen
2	Mittl. Maximum d. Jahrestemperatur	relativer Anteil von A	"	19	13,73	-0,864	3	$y = -4,446x + 177,418$	++	Niltal, gr. Ägypt. Oasen + Marede
3	"	relativer Anteil von A	"	34	5,17	-0,387	4	$y = -5,126x + 193,028$	+	Quasi-Fundorte mit Ri > 100
4	Trockenheitsindex log.	relativer Anteil von A	"	53	40,12	0,871	1	$y = +41,378x - 33,635$		siehe No 1
5	Trockenheitsindex	relativer Anteil von AS	$\frac{AS \times 100}{\sum A, AS, S, TS, T + \sum End}$	49	24,01	-0,704	2	$y = -13,78x + 53,243$	++	außertrop. Bereich ohne Oasen u. Gebirgsstandorte
6	Mittl. Maximum d. Jahrestemperatur	relativer Anteil von AS	"	69	35,77	-0,722	1	$y = -3,177x + 118,813$	++	Gesamtraum südl. florist. Nordgr.d.Sahara ohne Gebirgsstandorte
7	Trockenheitsindex log.	relativer Anteil von AS	$\frac{AS \times 100}{AS + S}$	81	57,15	0,837	1	$y = +19,887x + 23,629$	++	Außertrop. Bereich ohne Oasen- u. Gebirgsstandorte
8	Mittl. Maximum d. Jahrestemperatur	relativer Anteil von AS	"	82	49,89	-0,784	2	$y = -5,063x + 194,925$	++	"
9	Trockenheitsindex log.	relativer Anteil von S	$\frac{S \times 100}{\sum A, AS, S, TS, T + \sum End}$	100	56,28	-0,748	1	$y = -16,409x + 51,232$	++	ohne Oasenstandorte
10	Jahresmitteltemperatur log.	relativer Anteil von S	"	89	34,21	0,616	3	$y = +220,715x - 262,03$	++	nur außertropischer Raum
11	Jahresmitteltemperatur	relativer Anteil von S	"	34	6,00	-0,421	4	$y = -1,843x + 61,887$	+	nur tropischer Raum
12	Mittl. Maximum d. Jahrestemperatur	relativer Anteil von S	"	87	48,94	0,746	2	$y = +4,077x - 83,910$	++	nur außertropischer Raum
13	Jahresmitteltemperatur	relativer Anteil von TS	$\frac{TS \times 100}{\sum A, AS, S, TS, T + \sum End}$	57	30,38	0,728	1	$y = +3,911x - 74,481$	++	nur für den eigentlichen Seh.-Raum ohne Gebirgsstandorte
14	Jahresmitteltemperatur	relativer Anteil von TS	"	31	0,61	0,139	5	$y = +0,662x + 4,866$	-	nur für den Raum südl. d. florist. Südgrenze d. Sahara
15	Mittl. Minimumtemp. d. kält. Monats	relativer Anteil von TS	"	53	23,46	0,453	3	$y = +1,315x + 4,207$	(+)	siehe No 13
16	Trockenheitsindex log.	relativer Anteil von TS	"	33	5,28	-0,405	4	$y = -4,491x + 34,411$	+	Raum südl. d. sek. florist. Tropengrenze
17	Trockenheitsindex log.	relativer Anteil von TS	"	64	27,04	-0,647	2	$x = -4,235x + 12,603$	++	Raum nördl. d. sek. florist. Tropengrenze
18	Jahresmitteltemperatur	relativer Anteil von TS	$\frac{TS \times 100}{TS + S}$	88	59,17	0,825	1	$y = +7,913x + 150,389$	++	Raum südl. d. florist. Nordgrenze d. Sahara
19	Mittl. Minimumtemp. d. kält. Monats	relativer Anteil von TS	"	87	56,88	0,7988	2	$y = +5,149x - 0,377$	++	Raum südl. d. florist. Nordgrenze d. Sahara
20	Trockenheitsindex log.	relativer Anteil von TS	"	33	16,17	0,703	3	$y = +16,826x + 44,929$	++	Raum südl. d. sek. florist. Tropengrenze
21	abs. Minimumtemp.	relativer Anteil von T	$\frac{T \times 100}{\sum A, AS, S, TS, T + \sum End}$	73	27,16	0,610	3	$y = +3,91x + 23,35$	++	für den Gesamttraum
22	Mittl. Minimumtemp. d. kält. Monats	relativer Anteil von T	"	77	32,35	0,650	2	$y = +4,13x - 8,82$	++	für den Gesamttraum
23	Jahresmitteltemperatur	relativer Anteil von T	"	77	46,85	0,780	1	$y = +6,15x - 119,50$	++	für den Gesamttraum
24	Trockenheitsindex log.	relativer Anteil von T	"	33	13,94	0,646	5	$y = +22,515x + 7,934$	++	nur für den Raum südl. der florist. Nordgrenze der Sahara
25	Jahresniederschlag log.	relativer Anteil von T	"	33	17,11	0,719	4	$y = +40,156x + 35,145$	++	und ohne Oasenstandorte
26	Mitteltemp. d. kält. Monats	relativer Anteil d. Trop. Florenelem. i.w.S.	$\frac{(T+S) \times 100}{\sum A, AS, S, TS, T + \sum End}$	66	54,09	0,905	-	$y = +6,946x - 65,9547$	++	für den Raum südl. d. prim. florist. Außertrop. Grenze

\* - = unter 95 %; + = zwischen 95 % und 99 %; ++ = über 99 %

Der ökophysiologische <sup>10</sup> Charakter des A-Florenelementes erscheint daher relativ zu den übrigen Florenelementen hygrophil und thermisch-temperat.

Im folgenden wird auch jedes der übrigen Florenelemente auf ähnliche Weise ökophysiologisch charakterisiert. Den einzelnen Arten eines Florenelementes wird demnach ein verhältnismäßig einheitliches Verhalten ihrer Physis gegenüber den Standortfaktoren des Klimas unterstellt. Dies scheint nach den korrelativen Analysen durchaus gerechtfertigt. Es ist jedoch nicht anzunehmen, daß jede einzelne Art eines Florenelementes in ihrer ökologischen Konstitution der ökophysiologischen Charakterisierung des Florenelementes entspricht, denn diese kann nur das relative Verhalten einer Gemeinschaft von Arten gleicher Hauptverbreitung gegenüber den anderen Gemeinschaften in Bezug auf Klimaparameter kennzeichnen.

Die relative Stellung des A S - F l o r e n e l e m e n t e s in den 'weiteren Arealtypenspektren' wird von den klimatischen Umweltparametern her in erster Linie negativ durch den Temperaturparameter, in zweiter Linie ebenfalls negativ durch den Trockenheitsindex nach *Reichel* bestimmt.

Niedrige Temperaturmaxima und relative Trockenheit begünstigen demnach die Stellung des AS-Florenelementes in den 'weiteren Arealtypenspektren'.

Mit zunehmender Feuchtigkeit engt das vorstehend als verhältnismäßig hygrophil charakterisierte A-Florenelement die relative Stellung des AS-Florenelementes ein; mit steigenden Temperaturmaxima hat dieses jedoch vor allem gegenüber den S- und TS-Florenelementen zurückzutreten.

Das AS-Florenelement sei soweit ökophysiologisch als thermisch-temperat xerisch gekennzeichnet.

Gegenüber dem S-Florenelement alleine ('engeres Arealtypenspektrum') erscheint der Trockenheitsindex als primär bestimmender Faktor, der die relative Stellung von AS gegenüber S positiv prägt.

Der Temperaturparameter begünstigt dagegen die Position des saharo-arabischen Florenelementes zuungunsten von AS. In Relation zu dem S-Florenelement wäre das AS-Florenelement daher als hygrophil und thermisch-temperat zu bezeichnen (vgl. auch multiple Regressionsanalyse). Es scheint so nicht nur chorisch, sondern auch ökophysiologisch zwischen dem A- und dem S-Florenelement zu stehen.

Insgesamt ist das AS-Florenelement wohl als semixerisch thermisch-temperat charakterisierbar, wobei letztere Eigenschaft den außertropischen Wesenszug verdeutlicht.

Die relative Stellung des S - F l o r e n e l e m e n t e s in den Arealtypenspektren wird von der klimatischen Seite her primär durch den Trockenheitsindex stets negativ, sekundär durch die Temperaturmaxima und die Jahresmitteltemperatur im außertropischen Raum positiv, im tropischen Raum negativ geprägt.

In erster Linie drängt somit eine zunehmende Aridität verhältnismäßig hygrophilere Florenelemente zugunsten der relativen Anteile des S-Florenelementes an den Arealtypenspektren zurück (S = passives Florenelement!). Zudem erscheinen die S-Arten exzessiven Temperaturen verhältnismäßig gut angepaßt (Überdauerungsvermögen).

---

10 vgl. *H. Walter, Vegetationszonen, 1970, S. 6*

Die korrelationsstatistische Koinzidenz mit der Jahresmitteltemperatur erlaubt indes nicht, das S-Florenelement als thermophil zu charakterisieren, denn es wird zwar gegenüber dem außertropischen Florenelement i.w.S. durch hohe Jahresmitteltemperaturen gestärkt, gegenüber dem tropischen Florenelement i.w.S. jedoch deutlich geschwächt. Zudem ist es keineswegs frost- oder erkältungsempfindlich.

Es sei ökophysiologisch als xerisch und thermisch-exzessiv gekennzeichnet.

Die relative Stellung des T S - F l o r e n e l e m e n t e s ('weiteres Arealtypenspektrum') wird im Sahararaum primär von Seiten der Jahresmitteltemperatur und sekundär durch die mittleren Temperaturminima des kältesten Monats positiv geprägt.

Dieser thermophile Wesenszug erscheint als ein typisch tropischer.

Die sich als invers herausstellenden Beziehungen des Trockenheitsindex mit den TS-Arealtypenspektrenanteilen gestatten primär für den Raum nördlich der 'sekundären floristischen Tropengrenze' eine xerisch-Charakterisierung des TS-Florenelementes (saharischer Wesenszug!).

Soweit könnte das TS-Florenelement als thermophil und xerisch charakterisiert werden.

In dem Tropen-Randraum, in dem das T-Florenelement dominiert, besteht dagegen kein signifikant gesicherter Zusammenhang zwischen dem TS-Florenelement und der Jahresmitteltemperatur. Dort begünstigt nämlich ein Anstieg der Temperaturen in erster Linie die T-Spezies i.e.S. in den Arealtypenspektren (vgl. Tab. 4). Darauf weist auch die Berechnung des Zusammenhanges zwischen der absoluten Artenzahl des TS-Florenelementes und der Jahresmitteltemperatur hin:  $\bar{y} = -1,247x + 56,883$ , welche wohl trotz eines geringen Signifikanzniveaus eine Abnahme der TS-Artenzahl innerhalb des 'Tropen-Randraumes' anzudeuten vermag.

Bezogen auf die relative Stellung des TS-Florenelementes in den 'engeren Arealtypenspektren', d.h. gegenüber dem S-Florenelement, wirken alle in die Untersuchung einbezogenen Klimafaktoren positiv, wobei die Temperaturparameter, in erster Linie wohl die Jahresmitteltemperatur, den Zusammenhang signifikanter gesichert beschreiben als der Trockenheitsindex nach *Reichel*.

Das TS-Florenelement ist damit gegenüber dem S-Florenelement als thermohygrophil zu charakterisieren (vgl. multiple Regressionsanalyse).

Insgesamt könnte es daher ökophysiologisch thermophil semixerisch benannt werden.

Die relative Stellung des T - F l o r e n e l e m e n t e s in den Arealtypenspektren erweist sich in erster Linie positiv von den Temperaturparametern her und wahrscheinlich erst in zweiter Linie, wenn auch ähnlich positiv, von Seiten der hygrischen Parameter bestimmt.

Die Signifikanzreihenfolge lautet für die Temperaturparameter: Jahresmitteltemperatur, mittlere Minimumtemperatur des kältesten Monats und endlich absolute Minimumtemperatur. Von den beiden hygrischen Parametern erscheint die Jahresniederschlagssumme als der signifikanter gesicherte Ausdruck, obwohl der Ariditätsindex dem Wasserhaushalt tropischer Spezies wohl eher entspricht (vgl. A-Florenelementanalyse).

Der Widerspruch erklärt sich weitgehend aus dem Fehlen von Verdunstungswerten, denn so geht gerade der Temperaturparameter als Ersatz für Verdunstungswerte

negativ in die Formel des *Reichel-Index* ein, der den signifikantesten gesicherten Ausdruck des positiven Zusammenhanges zwischen relativen Anteilen des T-Florenelementes und Klimaparametern stellt.

Die Signifikanzreihenfolge der Temperaturparameter erfordert eine genauere Interpretation.

Nach der bekannten Frost- und Erkältungsempfindlichkeit tropischer Arten hätten die Minimumtemperaturen die signifikantesten gesicherten Ausdrücke der Zusammenhänge mit den floristischen Werten stellen müssen.

Tropische Spezies bedürfen jedoch vor allem in Konkurrenz zu Arten anderer Hauptverbreitungstypen sehr wahrscheinlich bestimmter Jahreswärmesummen zu ausreichender Nettophotosynthese (vgl. Schlußkap.), die die Jahresmitteltemperatur am besten repräsentieren kann, zum anderen sind in die Jahresmitteltemperatur auch die Minimumtemperaturen eingegangen, so daß die Mittelwerte gleichsam doppelt auf die relative Stellung von T in den Spektren einwirken und so auch das höchste Signifikanzniveau zeitigen können. Einmalige Minima sind für tropische Arten i.e.S. wohl weniger limitierend. Erst eine Abfolge mehrerer schädigender Minimumtemperaturen in kurzer Zeit verhindert eine Erholung, so daß die mittlere Minimumtemperatur des kältesten Monats gegenüber der absoluten Minimumtemperatur den Zusammenhang mit den relativen Anteilen von T an den Arealtypenspektren signifikanter gesichert zu beschreiben vermag.

Es stellt sich die Frage, ob wohl der primäre Einfluß der Jahresmitteltemperatur auf die relative Stellung des tropischen Florenelementes i. w. S. nicht näher präzisiert werden kann.

Die korrelative Analyse der relativen Anteile des tropischen Florenelementes i. w. S. mit der Mitteltemperatur des kältesten Monats (vgl. Tab. 4, No. 26) hat ein derartig hohes Signifikanzniveau gezeigt, daß zwar die Jahresmitteltemperatur – im Sinne von Wärmesumme – als entscheidend anzusehen ist, daß es dabei aber in erster Linie auf die Wärmesummen ankommt, die auch noch in der kältesten Phase des Jahres die Stoffproduktion tropischer Pflanzen so bestimmen, daß diese nicht geschädigt werden und zudem in ihrer ja nur relativen Ruheperiode sich noch im Wettbewerb mit nichttropischen Arten behaupten können.

Das T-Florenelement wäre nun insgesamt als thermohygrophil zu charakterisieren. Es kann jedoch absolut ebensowenig als hygrophil gelten wie das A-Florenelement, da zu den feuchteren Seiten hin noch wesentlich hygrophilere Flora folgt, so das sudano-guineensische Florenelement.

Daher werden die T- und A-Florenelemente bezüglich ihrer Ansprüche an den Wasserhaushalt als meso-hygrophil bezeichnet.

Abschließend wird die ökophysiologische Charakterisierung der einzelnen Florenelemente im Überblick verdeutlicht:

**Thermische Faktoren:**

**hygrische Faktoren:**

	xerisch	semixerisch	meso-hygrophil
temperat		AS	A
excessiv	S		
thermophil		TS	T

Es bedarf nun noch der Überlegung, inwieweit diese ökophysiologische Charakterisierung der Florenelemente auch der ökologischen Konstitution der einzelnen jeweils dazugehörigen Arten entsprechen kann.

Die Meso-Hygrophilie und der thermisch temperate Charakter des A-Florenelementes in seiner relativen Stellung dürften wohl der ökologischen Konstitution vieler A-Arten weitgehend entsprechen (A = aktives Florenelement!).

Demnach führt zunehmende Humidität bei relativ gemäßigten Temperaturen zu größerem Artenreichtum des A-Florenelementes, einhergehend mit einer Stärkung seiner relativen Position in den Arealtypenspektren.

Je günstiger die Umweltbedingungen sind, desto mehr Spezies vermögen nämlich zu gedeihen, da immer weniger spezifische Anpassungsmerkmale (an pessimale Bedingungen), die nur einer jeweils geringeren Anzahl von Arten eigen sind, gefordert werden.

Der semixerisch thermisch-temperate Charakter des AS-Florenelementes in seiner relativen Stellung dürfte nur teilweise der ökologischen Konstitution der AS-Arten entsprechen.

Gemäßigte Temperaturen bieten zwar günstige Voraussetzungen, relative Trockenheit stellt jedoch kaum die adäquate Standortbedingung einer AS-Art.

Dort, wo das A-Florenelement dominiert, vermögen nämlich mehr AS-Spezies zu wachsen (vgl. Kap B Ib) als dort, wo das eigene Florenelement vorherrscht.

Absolut steigt die AS-Artenzahl bis zu einer durch den Konkurrenzdruck von A gesetzten Schwelle mit zunehmender Feuchtigkeit an, relativ nimmt das AS-Florenelement jedoch erst dort eine starke Stellung ein, wo eine gewisse Aridität die Konkurrenzkraft der A-Spezies soweit schwächt, daß sie den AS-Arten weitgehend das Feld überlassen müssen. Zu dem von S dominierten Raum hin entspricht die ökophysiologische Charakterisierung des AS-Florenelementes dagegen weitgehend der ökologischen Konstitution vieler AS-Arten (aktives Florenelement!).

Der relativ xerische und thermisch-exzessive Charakter des S-Florenelementes kann keineswegs der ökologischen Konstitution der S-Arten entsprechen.

Es vermögen nämlich um so mehr S-Arten zu gedeihen, je feuchter die Bedingungen innerhalb des Hauptareals von S sind (vgl. Kap. B I B). Gerade in diesen feuchteren Regionen wird die relative Stellung des S-Florenelementes durch die jeweils hygrophileren Florenelemente geschwächt, so daß erst der Konkurrenzdruck dieser Florenelemente zu der xerisch-Charakterisierung des S-Florenelementes führt.

Einige S-Arten sind aber wohl an das Überdauern längerer Trockenzeiten, wenn auch nur als Samen, und das Ertragen exzessiver Temperaturen besser angepaßt als Arten anderer Hauptverbreitung, mit Ausnahme einiger TS-Species, die indes gegenüber tiefen Temperaturen empfindlicher sind.

Die semixerisch thermophil-Charakterisierung des TS-Florenelementes in seiner relativen Stellung entspricht wohl auch nur teilweise der ökologischen Konstitution der TS-Arten.

Sie sind wahrscheinlich durchaus an hohe Wärmesummen gebunden. Ihre Beziehungen zu den hyperischen Klimaparametern erscheinen denen des AS-Florenelementes ähnlich, nur daß nun die Relationen zu T und zu S gesehen werden müssen.

Auch hier ist die relative Stellung des TS-Florenelementes weitgehend an die nachlassende Konkurrenzkraft des T-Florenelementes bei zunehmender Aridität ge-

bunden (TS = passives Florenelement!). Gegenüber dem S-Florenelement setzen sich die TS-Arten aber wahrscheinlich aktiv durch.

Der thermisch meso-hygrophile Charakter des T - F l o r e n e l e m e n t e s in seiner relativen Stellung dürfte in gleicher Weise wie derjenige des A-Florenelementes (s.o.) der ökologischen Konstitution vieler T-Arten entsprechen (T = aktives Florenelement!).

Es wird unterstrichen, daß dem Konkurrenzfaktor für die relative Stellung der Florenelemente eine nicht unerhebliche Rolle zukommt, vor allem, wenn die nachlassende Konkurrenzkraft hygrophilerer Florenelemente die relativen Maxima der sogenannten xerischen Flora passiv in die arideren Räume verdrängt, obwohl auch deren Spezies absolut zahlreicher unter feuchteren Bedingungen vorzukommen vermögen.

Die ökophysiologische Charakterisierung von Florenelementen im Sinne von Geoelement macht überdies deutlich, daß eine scharfe Trennung zwischen Geo- und Ökoelement <sup>11</sup> kaum möglich erscheint, da jedwede räumliche Verbreitung von Pflanzen großräumig in irgendeiner Abhängigkeit von klimatischen Gegebenheiten steht.

Sind die Korrelations- und Regressionsrechnungen Ausdruck einer Norm der Beziehungen zwischen Florenelementen und Klimaparametern, so soll ein Gesamtvergleich von Residuen die Abweichungen von dieser Norm räumlich zusammenfassend darstellen.

Die Residuenanalyse<sup>12</sup> berücksichtigt nur diejenigen Abweichungen von den Regressionsgeraden, die über eine Standardabweichung (1s) hinausgehen, da der Bereich im Rahmen je einer Standardabweichung zu beiden Seiten der Regressionsgeraden als Norm einer Abweichung aufgefaßt werden kann.

Im folgenden werden nur die Räume vorgestellt, deren Quasi-Fundorte und Klimastationen bei mindestens zwei korrelativen Analysen Residuen über 1s aufzuweisen haben (vgl. Abb. 12).

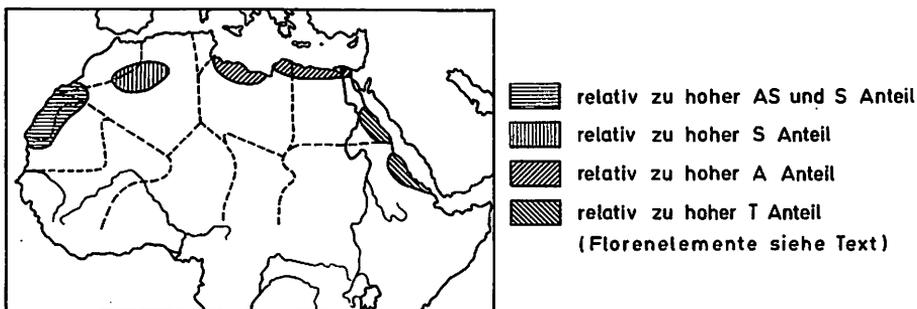


Abb. 12: Räume der Konzentration von Residuen  $> 1s$

11 vgl. H. Walter, H. Straka, Arealkunde, 1970, S. 268 f.

12 lotrechter Abstand

Im Raume der Westsahara scheint bis zu einer Linie Akka-Semara-Ft. Gouroud der S- und AS-Anteil an den Arealtypenspektren den Klimaparametern unentsprechend hoch zu liegen und zwar zuungunsten der T- und TS-Anteile.

Diese Relationen finden ausschließlich für den unmittelbaren Westküstenbereich Entsprechung bei der Jahresmitteltemperatur. Der sich östlich an die Linie Akka-Semara anschließende Raum der mittleren Nordwestsahara ist durch eine den Klimaparametern nicht innerhalb der Toleranzgrenzen (1s) adäquate Verschiebung der relativen Anteile an den Arealtypenspektren zugunsten des S- und zum Nachteile des TS-Florenelementes geprägt. Weite Teile des libyschen und ägyptischen Mittelmeerraumes zeigen einen in Relation zu den Klimaparametern zu hohen relativen Anteil des A-Florenelementes an den Arealtypenspektren. Der entsprechend zu geringe T-Anteil läßt sich hier mit Hilfe der Jahresmitteltemperatur begründen, nicht jedoch der relativ zu niedrige S-Anteil.

An der Ostküste sind die Arealtypenspektren, umgekehrt wie an der Westküste, zu der feuchteren tropischen Seite hin verschoben, den Klimaparametern entsprechen dort nach den Regressions- und Korrelationsanalysen höhere S-Anteile an den Arealtypenspektren. An der Westküste sind die thermischen Bedingungen den floristischen Werten über die Toleranzgrenzen von  $\pm 1s$  hinaus unentsprechend, an der Ostküste die hygrischen Faktoren.

Im Westen bedingt der kalte Kanarenstrom zu geringe Wärmesummen, im Osten ermöglichen lokalklimatische Gegebenheiten die mangelnde atmosphärische Feuchte zu kompensieren: Meerwasser (tropische Mangrovenvegetation), und Wadis aus den stärker beregneten Küstengebirgen.

Im Anschluß an die Analysen mit einzelnen Klimaparametern sollen nun multiple Regressionsrechnungen<sup>13</sup> die Art der Beziehungen jeweils zweier Klimaelemente zu den relativen Arealtypenspektrenanteilen aufzeigen (vgl. Tab. 5).

Die Gleichung 1 in Tab. 5 erlaubt für den Raum nördlich der 'primären floristischen Tropengrenze' folgende Aussagen:

Bei konstantem Niederschlag sinkt der relative AS-Anteil an den 'engeren Arealtypenspektren' gegenüber dem S-Florenelement um 1,75 % im Falle einer Steigerung von T max. um 1,0°C. Umgekehrt steigt der entsprechende AS-Anteil bei konstanter Maximumtemperatur um 27,12 % an, falls sich der Niederschlag um log. 1,0 erhöht.

Es wird auch hier deutlich, daß unter zunehmend ariden Bedingungen sich das S-Florenelement immer mehr gegenüber dem AS-Florenelement in seiner relativen Stellung durchsetzt, und daß bei zunehmend humideren Verhältnissen genau der umgekehrte Fall eintritt.

Nach der Gleichung 2 in Tab. 5 würde sich unter der Annahme konstanten Niederschlags der relative S-Anteil an den Arealtypenspektren um 1,82 % erhöhen, falls die Maximumtemperatur um 1,0°C ansteigt. Umgekehrt würde bei Temperaturkonstanz der relative S-Anteil an den Arealtypenspektren um 21,72 % zurückgehen, wenn sich der Niederschlag um log. 1,0 erhöhte.

---

13 Nach den Korrelationskoeffizienten erklärt die Gleichung 1 = 72,3 % der Varianz der floristischen Werte, die Gleichung 2 = 67,2 %, die Gleichung 3 = 85 % und die Gleichung 4 ca. 55 %.

Tabelle 5: Tabelle der multiplen Regressionsgleichungen

No	Variable Flora- wert	Variable $X_1$	$r_1$	Variable $X_2$	$r_2$	Anteilsformel d. Florenelem. a.d. Arealtypen- spektrum	multiple Regressionsgleichung	R abs.	Bereich
1	relativer Anteil von AS	Mittl.Max. der Jahres- temperatur	- 0,78	Jahres- summe d. Nieder- schlags	+0,8	$\frac{AS \times 100}{AS + S}$	$y = +54,02 - 1,75x_1 + 27,12x_2$	0,85	siehe entspr. Einzelkorr. in Tabelle 3
2	relativer Anteil von S	Mittl.Max. d. Jahres- temp.	+0,75	Jahres- summe d. Nieder- schlags log.	- 0,72	$\frac{S \times 100}{\sum A, AS, S, TS, T + \sum \text{End.}}$	$y = +17,78 + 1,82x_1 - 21,72x_2$	0,82	nur außertrop. Raum
3	relativer Anteil von TS	Jahres- mittel- tempe- ratur	+0,82	Jahres- summe d. Nieder- schlags log.	+ 0,7	$\frac{TS \times 100}{TS + S}$	$y = - 31,53 + 2,24x_1 + 21,81x_2$	0,92	nur für den Raum südl. d. sek. fl. Tropengrenze
4	relativer Anteil von T	Jahres- mittel- tempe- ratur	+0,78	Jahres- summe d. Nie- der- schlags	+ 0,7	$\frac{T \times 100}{\sum A, AS, S, TS, T + \sum \text{End.}}$	$y = - 143,33 + 5,51x_1 + 21,30x_2$	0,74	ohne Ausnahme

( $r_1, r_2$  = partielle Korrelationskoeff.) ( R = multipler Korrelationskoeffizient)

Im Vergleich mit den Gradienten der ersten Gleichung stellt sich heraus, daß gleiche Größenordnungen vorliegen, die Vorzeichen jedoch umgekehrt sind:

$$\begin{aligned} AS / T_{\max} &: - 1,75 & AS / \text{Niederschlag} &: + 27,12 \\ S / T_{\max} &: + 1,82 & S / \text{Niederschlag} &: - 21,72 \end{aligned}$$

Niederschlags- und Temperaturänderungen führen demnach in dem gemeinsamen Raume der AS- und S-Florenelemente zu etwa gleichgroßen mutuellen Verschiebungen der relativen Anteile von AS und S an den Arealtypenspektren.

Die relative Stellung des TS-Florenelementes wird in den 'engeren Arealtypenspektren' wohl nur bei Niederschlags- und Temperaturerhöhung zuungunsten des S-Florenelementes gefestigt, da die höheren Ansprüche der TS-Spezies an den Temperaturhaushalt nicht von denen an den Wasserhaushalt zu trennen sind.

Dementsprechend (vgl. Gleichung 3 in Tab. 5) steigt der relative TS-Anteil an den Arealtypenspektren gegenüber S um 9 % an, wenn mit einer Niederschlags-erhöhung von log. 1,0 eine solche der Jahresmitteltemperatur von 3,0°C einhergeht.

Die klimatischen Verhältnisse in den Räumen, in denen das T-Florenelement seine relative Stellung verhältnismäßig kontinuierlich auszubauen vermag, sind einmal durch eine etwa gleichgerichtete Zunahme der Temperaturmittel und des Niederschlags, zum anderen durch eine Zunahme des Niederschlags bei konstanter Jahresmitteltemperatur gekennzeichnet.

Im ersten Fall würde (vgl. Gleichung 4 in Tab. 5) eine Niederschlagssteigerung um log. 0,25, einhergehend mit einer solchen der Temperatur um 1,0°C, zu einer Zunahme des relativen Anteils von T an den Arealtypenspektren um ca. 10,8 % führen, im zweiten Falle zu einer Erhöhung von 5,3 %.

Die multiple Regressionsgleichung gestattet auch, Auswirkungen von Klimaschwankungen auf die Zusammensetzung der Flora modellhaft zu prognostizieren. Eine langfristige Temperaturabsenkung von 0,3°C<sup>14</sup> würde zusammen mit einer Reduktion der Niederschlagssumme von log. 0,5 etwa zu einer Verminderung des relativen Anteils des tropischen Florenelementes i.e.S. an den Arealtypenspektren um 12,3 % führen.

Bei den bisherigen statistischen Analysen sind die Ergebnisse jeweils auf den gesamten entsprechend floristisch definierten Raum bezogen worden.

Strenggenommen können alle Resultate aber nur für den Umkreis derjenigen Quasi-Fundorte mit ihren Klimastationen Gültigkeit beanspruchen, die auch in die jeweilige statistische Analyse eingegangen sind.

Es stellt sich die Frage, inwieweit die 'zwangsläufige Stichprobe' der Quasi-Fundorte, in denen die Klimastationen gelegen sind, die Gesamtpopulation der Fundorte des entsprechend floristisch definierten Raumes repräsentieren kann.

Es ist daher zu prüfen, ob die 'zwangsläufige Stichprobe' und die entsprechende Gesamtpopulation derselben Grundgesamtheit angehören oder nicht.

---

14 vgl. H. Flohn, Background of a Geophysical Model of the Initiation of the next Glaciation, Quaternary Research, 4, 1974, S. 385 (Aufsatz: S. 385 - 404)

Als Vergleichswerte bieten sich die jeweiligen Streuungen an, da die Standardabweichungen als wesentliches Kriterium einer regional differenzierten floristischen Untersuchung und ein wesentliches Charakteristikum jeder Population angesehen werden können.

Der Vergleich der jeweiligen Streuungen ist nach dem *Snedecor*-F-Test durchgeführt worden.<sup>15</sup>

Tabelle 6: Tabelle der F-Werte:

Typ der Korrelation/Regression	F-Wert	Signifikanzniveau
<b>T - Florenelement/relativ</b>		
<i>Reichel</i> -Index	1,24	unter 95 %
Niederschlag	1,46	knapp unter 95 %
Absolute Minimumtemperatur	1,08	unter 95 %
Mittlere Minimumtemperatur des kält. Monats	1,097	unter 95 %
Jahresmitteltemperatur	1,097	unter 95 %
<b>TS - Florenelement/relativ</b>		
Mittlere Minimumtemperatur des kält. Monats	2,55 (N = 133)	über 95 %
Jahresmitteltemperatur	2,52 (N = 89)	über 95 %
<i>Reichel</i> -Index	2,56	über 95 %
	2,17 (N = 33)	über 95 %
	2,45 (N = 64)	über 95 %
<b>S - Florenelement/relativ</b>		
Jahresmitteltemperatur	4,05	über 95 %
<i>Reichel</i> -Index	2,07	über 95 %
Mittlere Maximumtemperatur des Jahres	4,06	über 95 %
<b>AS - Florenelement/relativ</b>		
<i>Reichel</i> -Index	1,24	unter 95 %
Mittlere Maximumtemperatur des Jahres	1,31	unter 95 %
<b>A - Florenelement/relativ</b>		
<i>Reichel</i> -Index	1,28	unter 95 %
Niederschlag	1,26 (N = 53)	unter 95 %
	1,37 (N = 60)	unter 95 %

15 vgl. D. Marsal, Statistische Methoden, 1967, S. 63

Die Ergebnisse des F-Testes sind der Tab. 6 zu entnehmen. Sie läßt zwei deutlich verschiedene Resultattypen erkennen: Es scheinen, soweit dies die Streuung auszusagen erlaubt, alle Korrelations- und Regressionsanalysen mit dem T-, dem AS- und dem A-Florenelement die Gesamtpopulation der Florawerte ausreichend zu repräsentieren; alle Regressions- und Korrelationsanalysen mit dem S- und dem TS-Florenelement können dagegen strenggenommen nur für die Bereiche der 'zwangsläufigen Stichprobe' Gültigkeit beanspruchen.

## b. Beziehungen zwischen floristischen Grenzlinien und Klimaparametern

Die folgende Analyse sucht zu klären, welche klimatischen Bedingungen an den Übergängen von einer Florenregion zur anderen herrschen, d.h. sie versucht mit Hilfe des Phi-Koeffizienten<sup>16</sup> Zusammenhänge zwischen Grenzlinien der Florenelementdominanz und Klimaparametern auf ihre Signifikanz zu prüfen.

Dabei stellt der Wert eines mit einer Grenzlinie der Florenelementdominanz korrelierenden Klimaparameters in der Regel den jeweils signifikantesten gesicherten Fall der Interdependenz dar, d.h. ihm ist in Relation zu den übrigen Werten des gleichen Klimaparameters der höchste Phi-Koeffizient ( $r$ ) in Beziehung zu der entsprechenden floristischen Grenzlinie eigen.

Die floristischen Grenzlinien mußten ihrem Charakter nach in Beziehung zu den Klimabedingungen zwei verschiedenen Typen zugeordnet werden.

Als 'überregionale Grenzlinien' werden nur die 'primäre' und die 'sekundäre floristische Tropengrenze' verstanden, die, gleichsam abgestufte Grenzen von Holarktis und Paläotropis, jeweils als den gesamten Untersuchungsraum zerteilend angesehen werden, so daß alle verfügbaren Quasi-Fundorte mit ihren Klimastationen in die entsprechenden statistischen Analysen einbezogen werden konnten.

Die übrigen floristischen Grenzlinien sind dagegen nur regionaler Natur: 'regionale Grenzlinien'. Sie grenzen in Beziehung zu Klimaparametern ihre Florenregion gegen die beiden nächsten Florenregionen oder Subflorenregionen ab<sup>17</sup>, so daß auch nur die Wertepaare dieser Bereiche in die Berechnung eingehen.

In der tabellarischen Zusammenfassung der Ergebnisse (Tab. 7) sind der Phi-Koeffizient ( $r$ ), der Standardfehler nach *Bravais* und *Filon* ( $sr$ ), die Anzahl der in die Analyse einbezogenen Quasi-Fundorte und Klimastationen, der entsprechende  $\chi^2$  Wert sowie das Signifikanzniveau (vgl. Tab. 4) angegeben.

---

16 vgl. O. W. Haseloff, H. J. Hoffmann, Statistik, 1970, S. 119 f.; die Analyse wird auf der Basis von Klimastationen und zugehörigen Quasi-Fundorten durchgeführt. Bei einer Viererfeldanalyse ergeben sich dabei vier Möglichkeiten: Arealtypenspektrum des Quasi-Fundortes mit geforderter Dominanz und mindestens dem geforderten Klimawert oder die jeweils gegenteiligen Fälle. Die Gewichtung der resultierenden vier Fallzahlen entscheidet über den Phi-Koeffizienten, d.h. das Signifikanzniveau.

17 Subflorenregionen sind durch das zweitrangige Florenelement charakterisiert, sie liegen innerhalb einer Florenregion, die durch die Dominanz eines Florenelementes definiert ist.

**Tab. 7: Tabelle floristischer Grenzlinien und der sie limitierenden Klimaparameter**

Typ d. Grenzlinie	zugeordneter Klimaparameter	S	sr	Chi <sup>2</sup>	Fundortzahl	Phi Koeffizient
Floristische Nordgrenze d. Sahara	Ri = 90 N = 95mm Tmax=27,2°C	++	+0,020	68,04	84	0,9000
		++	+0,025	64,68	84	0,8775
		++	+0,036	66,34	107	0,7874
primäre floristische Südgrenze d. außertrop. Sahara	Tmax=29,0°C Ri = 12	++	+0,107	12,27	52	0,4800
		+	+0,122	7,44	48	0,3940
sekundäre florist. Tropengrenze = entspr. Außertropengrenze	T = 23,2°C Tmin d. kält. Mon. = 7,2°C	++	+0,026	100,05	145	0,8307
		++	+0,064	32,22	144	0,4730
primäre florist. Tropengrenze	T d. kält. Mon.=18,0°C T = 24,5°C Tmin d. kält. Mon. = 9,5°C So/Wi N = 1 absolute Frostgrenze	++	+0,033	83,08	134	0,7874
		++	+0,035	82,08	144	0,7550
		++	+0,041	72,93	143	0,7150
		++	+0,043	71,76	156	0,6783
		++	+0,055	48,96	136	0,6000
Floristische Südgrenze d. Sahara	N = 100 mm N = 100 mm <sup>+</sup> Ri = 35 T = 26,0°C	++	+0,040	40,71	59	0,8307
		++	+0,049	45,36	81	0,7483
		++	+0,046	38,35	59	0,8062
		++	+0,059	38,23	81	0,6871

Stat. Ausdrücke vgl. Tab. 4 bzw. den Text

Abkürzungen f. d. Klimaparameter: Ri = Trockenheitsindex nach *Reichel*; N = Jahresniederschlagssumme; Tmax = Mittlere Maximumtemperatur des Jahres; T = Jahresmitteltemperatur; Tmin d. kält. Monats = Mittlere Minimumtemperatur des kältesten Monats; T d. kält. Mon. = Mitteltemperatur des kältesten Monats; So/Wi N = Relation von Sommer zu Winderniederschlag; Sommer N = Summe d. Monate 6, 7, 8, 9, Winter N = Summe d. Monate 12, 1, 2, 3

+ Es sind zwei Berechnungen durchgeführt worden, einmal mit allen Quasi-Fundorten und Klimastationen, für die auch Ri-Werte errechnet werden konnten, zum anderen zusätzlich mit denjenigen Orten, für die das nicht möglich gewesen ist, für die aber Niederschlagswerte vorliegen.

Die ermittelten Beziehungen zwischen der 'floristischen Nordgrenze der Sahara' und Klimaparametern (vgl. Tab. 7) bringen zum Ausdruck, daß die A-Spezies mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit primär einer Feuchte von  $R_i = 90$  bei einer Jahresniederschlagssumme von mindestens 95 mm bedürfen, um eine dominierende Stellung in den Arealtypenspektren zu erlangen, sowie, daß sie dies in der Regel nur in einem Raume vermögen, in dem die mittlere Maximumtemperatur des Jahres  $27,2^{\circ}\text{C}$  nicht überschreitet.

Ein kausaler ökophysiologischer Zusammenhang wird damit indes nicht aufgezeigt, sondern allenfalls Ausdrücke desselben.

Die Analyse der Interdependenz von Klimawerten und der 'primären floristischen Südgrenze der außertropischen Sahara' (vgl. Tab. 7) macht deutlich, daß das AS-Florenelement in erster Linie erst dort zu dominieren vermag, wo die mittlere Maximumtemperatur des Jahres  $29,0^{\circ}\text{C}$  nicht über- und  $27,2^{\circ}\text{C}$  nicht unterschreitet, bzw. wo der Feuchtigkeitshaushalt zwischen  $R_i = 12$  und  $R_i = 90$  liegt. Jenseits dieser Schwellenwerte dominieren entweder das A oder das S-Florenelement.

Die außertropische Flora i.w.S. (A + AS) bedarf also in jedem Falle einer gewissen Mindestfeuchte bei nicht zu hohen Temperaturen, da die entsprechenden Spezies sonst auf die in Kap. B II a angedeutete Weise geschädigt werden könnten.

Die korrelative Untersuchung von Zusammenhängen zwischen der 'sekundären floristischen Tropengrenze' und klimatischen Umweltbedingungen zeigt auf, daß diese überregionale Grenzlinie klimatisch allein thermisch bedingt ist (vgl. Tab. 7). Dabei scheint der Zusammenhang mit der Jahresmitteltemperatur von  $23,2^{\circ}\text{C}$  weit signifikanter gesichert als derjenige mit der mittleren Minimumtemperatur des kältesten Monats von  $7,2^{\circ}\text{C}$  (ebenso: Kap. B II a).

Beide angeführten Temperatureinflüsse üben ihren Einfluß auf tropische Arten i.w.S. wohl über deren Stoffbilanz und relative Erkältungsempfindlichkeit aus (vgl. Kap. B II a + Schluß). Tropische Arten i.w.S. reagieren demnach zwar eindeutig auf Minimumtemperaturen, aber eine größere Anzahl von ihnen, vorwiegend TS-Spezies, hat ihren Standort in durchaus frostgefährdeten Gebieten, wohingegen tropische Arten i.e.S. ihre Areale mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit auf frostfreie Räume beschränken. TS-Arten stellen somit nahezu ausschließlich die Vertreter der tropischen Spezies i.w.S. zwischen der absoluten Frostgrenze und der 'sekundären floristischen Tropengrenze'. Sie erweisen sich zwar als thermophil, wenn sie mit hoher Wahrscheinlichkeit den sekundären Rang in den Arealtypenspektren gegenüber dem AS-Florenelement erst dort einzunehmen vermögen, wo die Jahresmitteltemperatur  $23,2^{\circ}\text{C}$  nicht unterschreitet, andererseits stellen sie die wohl kälteresistentesten Spezies aller tropischen Arten i.w.S.

Es konnten keinerlei Beziehungen zwischen der 'sekundären floristischen Tropengrenze' und einem Wert des Trockenheitsindex hergestellt werden, da beiderseits der Grenzlinie ähnlich extrem aride Bedingungen herrschen.

Bei dieser 'sekundären floristischen Tropengrenze' und vor allem bei der 'primären floristischen Tropengrenze', die im folgenden Gegenstand der Abhandlung ist, handelt es sich jeweils um eine Warmtropengrenze<sup>18</sup>, denn die korrelationsstatisti-

18 Zur Frage von 'warmen' und 'kalten Tropen' vgl. *W.Lauer*, Wesen d.Tropen, 1975, S.9 ff u. S. 15 ff.

schen Analysen erlaubten, die beiden tropischen Florenelemente T und TS eindeutig als thermophil zu charakterisieren, wonach beide Florenelemente warmtropische Elemente sind.

Nach den Ergebnissen der Phi-Koeffizienten-Analyse von Zusammenhängen zwischen der 'primären floristischen Trogengrenze' und ausgewählten Klimaparametern (vgl. Tab. 7) vermag die tropische Flora (T- oder TS-Florenelement) erst dann zumindest relativ zu dominieren, d.h. beginnen die Tropen nach dem floristischen Dominanzbegriff erst dann, wenn die mittlere Minimumtemperatur des kältesten Monats von  $9,5^{\circ}\text{C}$  und/oder die Mitteltemperatur des Jahres von  $24,5^{\circ}\text{C}$ , bzw. diejenige des kältesten Monats von ca.  $18,0^{\circ}\text{C}$ , mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht mehr unterschritten werden, und wenn der betreffende Raum als weitestgehend frostfrei gelten kann. Tropische Spezies i.w.S. erlangen folglich erst dort ihr relatives Übergewicht, wo in der Regel keine Fröste, aber auch keine unter einer bestimmten Temperaturschwelle liegenden, regelmäßig wiederkehrenden Minimumtemperaturen, die zu Erfrierungs- oder Erkältungsschäden an tropischen Arten i.w.S. führen können, auftreten<sup>19</sup>, und wo zudem die Wärmesummen, ausgedrückt mit Hilfe der Mitteltemperaturen, ausreichen, einen der Nettphotosynthese tropischer Spezies i.w.S. in etwa optimalen Temperaturbereich genügend lange anzubieten.<sup>20</sup>

In den kontinentalen Räumen stimmt der Verlauf von Isolinien aller angeführten Temperaturparameter nahezu überein und koinzidiert mit der 'primären floristischen Trogengrenze'. Im maritimen Bereich buchtet die absolute Frostgrenze und in geminderter Form die Isotherme der mittleren Minimumtemperatur des kältesten Monats jedoch über die floristische Trogengrenze weit nach Norden aus (vgl. Residuenanalyse!). Dort koinzidieren nur noch die Jahresmitteltemperatur und die Mitteltemperatur des kältesten Monats weitgehend mit der floristischen Trogengrenze.

Demnach entspricht die 'primäre floristische Trogengrenze' im maritimen Bereich in erster Linie einer Wärmemangelgrenze, während in den kontinentalen Räumen dazu die Faktoren Erkältung und Erfrieren treten.<sup>21</sup>

Die eine klimatische Wärmemangelgrenze ausdrückenden Temperaturparameter (Mitteltemp. d. Jahres + d. kält. Monats) haben zudem in ihrer Beziehung zu der 'primären floristischen Trogengrenze' die höchsten Phi-Koeffizienten aufzuweisen, was den Ergebnissen der entsprechenden Regressions- und Korrelationsanalysen entspricht.

Die Feuchteverhältnisse sind für die überregionale floristische Abgrenzung der Tropen in diesem Trockenraum nicht relevant, wohl aber korreliert die 'primäre floristische Trogengrenze' mit der jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge, nämlich mit dem So/Wi-Niederschlagskoeffizienten 1, d.h. der eigentlichen Sommer-Winter-Niederschlagsgrenze (vgl. Tab. 7).

---

19 vgl. K. H. Kreeb, *Ökophysiologie*, 1974, S. 42

20 Es handelt sich um eine bereits angeführte Hypothese des Photosyntheseverhaltens tropischer Arten, die im Schlußkapitel näher erläutert wird.

21 vgl. H. v. Wissmann, *Pflanzenklimatische Grenzen*, *Erdkunde* 1948, S. 82 f. + in H. J. Blüthgen, 1966, S. 528 f.

Demnach ist die Dominanz tropischer Flora womöglich an Sommerregen gebunden, weil tropische Spezies i.w.S. eines Trockenraumes wahrscheinlich an eine Winter-Trockenruhe angepaßt sind; umgekehrt scheint die Dominanz außertropischer Flora mit Winterregen zu koinzidieren, weil der außertropischen 'Trockenflora' wohl eine Sommer-Trockenruhe eigentümlich ist. Abweichend von der weitgehenden Koinzidenz der So/Wi Regengrenze mit der 'primären floristischen Tropengrenze' sind die Verhältnisse an der Ostküste, die auch dort, wo sie floristisch eindeutig den Tropen zuzuordnen ist, ein deutlich ausgeprägtes Winterregenmaximum aufweist, wohingegen bereits den Quasi-Fundorten und Klimastationen des Küstengebirges das Niederschlagsmaximum in den Sommermonaten eigen ist.

Von den Küstengebirgen strömt dann wohl auch im Sommer der Küstenebene in den nach Osten abgehenden Wadis Wasser zu; überdies kann die tropische Mangrovenflora als von dem Niederschlagsregime relativ unabhängig angesehen werden, so daß der tropischen Flora der Küstenebene des Roten Meeres auch im Sommer durchaus genügend Wasser zur Verfügung steht.<sup>22</sup>

Die Prüfung des Zusammenhanges des Trockenheitsindex mit der Grenzlinie der TS-Florenelementdominanz mußte im Sinne einer 'regionalen Grenzlinie' vorgenommen werden, da die floristische Grenzlinie zwar weitgehend in einem relativ extremen Trockenraum verläuft, sich aber im Norden wie im Süden in einigem Abstand ein jeweils humiderer Raum anschließt (vgl. Tab. 7).

Danach vermögen die TS-Spezies gegenüber den S-Arten erst eine relativ dominierende Rolle zu spielen, wenn ein Trockenheitsindex von  $R_i = 25$  zumindest erreicht wird. Dies entspricht weitgehend der betreffenden Regressions- und Korrelationsanalyse.

Nach der Vierfeldanalyse (Phi-Koeffizient) möglicher Koinzidenzen der 'floristischen Südgrenze der Sahara' mit marginalen Klimabedingungen erreicht das T-Florenelement erst dort eine dominierende Stellung in den Arealtypenspektren, wo eine Jahresniederschlagssumme von 100 mm bei einem Trockenheitsindex von  $R_i = 35$  zumindest erreicht wird. Erst sekundär sollte dort eine Jahresmitteltemperatur von mindestens  $26^{\circ}\text{C}$  herrschen, wohl, um eine ausreichende Stoffproduktion der Pflanzen zu garantieren.

Die mittlere Minimumtemperatur des kältesten Monats sowie die absoluten Temperaturminima haben dagegen keine ausreichend signifikant gesicherte Koinzidenz mit der 'floristischen Südgrenze der Sahara' zeitigen können, die von derjenigen mit der 'primären floristischen Tropengrenze' abweichend gewesen wäre.

Bemerkenswert erscheint, daß bei dieser Analyse ein Trockenheitsindex von  $R_i = 35$  einer Jahresniederschlagssumme von 100 mm weitgehend entspricht, wohingegen die vergleichbare Untersuchung mit der 'floristischen Nordgrenze der Sahara' einem Jahresniederschlag annähernd gleicher Höhe einen Trockenheitsindex von  $R_i = 90$  etwa entsprechen ließ. Die Begründung dieser Diskrepanz dürfte wohl bei den im Süden wesentlich höheren Temperaturen, d.h. einer gesteigerten Evapotranspiration zu suchen sein. Demnach müßte das T-Florenelement, vor allem also sahelische Arten, einer größeren Aridität angepaßt sein als das A-Florenelement, ob-

---

22 vgl. ebenfalls die Residuenanalyse in Kap. B IV a die Jahresniederschlagssumme betreffend, bzw. den Trockenheitsindex.

wohl die Grenzlinien beider Florenelementdominanzen etwa mit den gleichen Isohyeten signifikant korrelieren.

Die Phi-Koeffizienten-Analyse erbringt insgesamt zwei Interdependenztypen: einen primär hygrisch und einen primär thermisch bestimmten Typ.

Die 'floristische Nord-' bzw. die 'floristische Südgrenze der Sahara' werden in erster Linie klimatisch hygrisch determiniert. Die 'primäre' und die 'sekundäre floristische Tropengrenze', die Holarktis und Paläotropis abstuft trennen, erscheinen klimatisch primär thermisch bestimmt.

Die floristischen Grenzen der Sahara sind demnach 'Feuchtemangelgrenzen', die pflanzengeographischen Tropengrenzen in erster Linie 'Wärmemangelgrenzen'.

Abschließend sollen nun die floristischen Grenzlinien auf das den bisher angeführten Klimawerten übergeordnete Zirkulationsgeschehen (Innertropische Konvergenz: ITC, Polarfront) bezogen werden.

Dabei mußte die Methode des optischen Linienvergleichs angewendet werden, da Stationswerte über die jeweiligen Positionen der ITC und der Polarfront nicht greifbar gewesen sind.

So dient eine Karte<sup>23</sup> von *J. Dubief*, die die Südgrenze der Polarfront, die extreme Nordgrenze des 'Monsun' (mousson)<sup>24</sup> und die normale Nordgrenze des 'Monsun' beinhaltet, als Grundlage der Untersuchung (vgl. Abb. 13).

Der Vergleich zwischen dem Vordringen des weitgehend an die ITC gebundenen tropischen Niederschlagsregimes des 'Monsun' nach Norden während des Nordsummers sowie des entsprechenden Vordringens des an die Polarfront gebundenen außertropischen Niederschlagsregimes nach Süden im Nordwinter mit den floristischen Grenzlinien scheint aufschlußreich, stehen doch ITC und Polarfront für zirkulationsbedingten tropischen bzw. außertropischen Einfluß.<sup>25</sup>

Die normale Nordgrenze des 'Monsun' steht in verhältnismäßig enger Beziehung zu der 'floristischen Südgrenze der Sahara' und zwar am deutlichsten im Bereich der Gebirge: Adrar von Mauritien, Adrar der Iforas, Air und Ennedi.

Am SW-Abhang des Tibestigebirges, im Niltal und an der Ostküste überschreitet die floristische Grenzlinie diejenige des 'Monsun' weit nach Norden hin. Im Niltal gewährt wohl ein hygrischer Oaseneffekt der tropischen Flora i.e.S. eine verhältnismäßige Unabhängigkeit vom Regime des Monsun. Am Gebirgsfuß des SW-Tibesti sammeln sich die höheren Sommerregen der Gipfelregionen des Massivs (vgl. Station Trou au Natron). Im Bereich der Ostküste können wohl die „trajectoi-

---

23 *J. Dubief*, *Le climat du Sahara*, Bd. II, 1963, Carte 2

24 ebenda werden die Niederschläge des tropischen Regimes, die an die ITC gebunden sind, als „mousson“ bezeichnet. Sie sollen deshalb hier 'Monsun' genannt werden, ohne sie damit in Verbindung zu dem Chromowschen Monsunbegriff zu bringen.

25 Die Nordgrenze des 'Monsun' ist nicht direkt mit der ITC gleichzusetzen, da die entsprechenden Luftmassen erst bei einer bestimmten vertikalen Erstreckung regenbürtig werden. Die ITC dürfte daher stets nördlich des Nordsaumes tropischer Sommerregen ('Monsun') gelegen sein, so daß der meteorologisch-tropische Einfluß über den in der Abb. 13 verzeichneten Bereich des Monsun in der bodennahen Schicht nach Norden ausgreift.

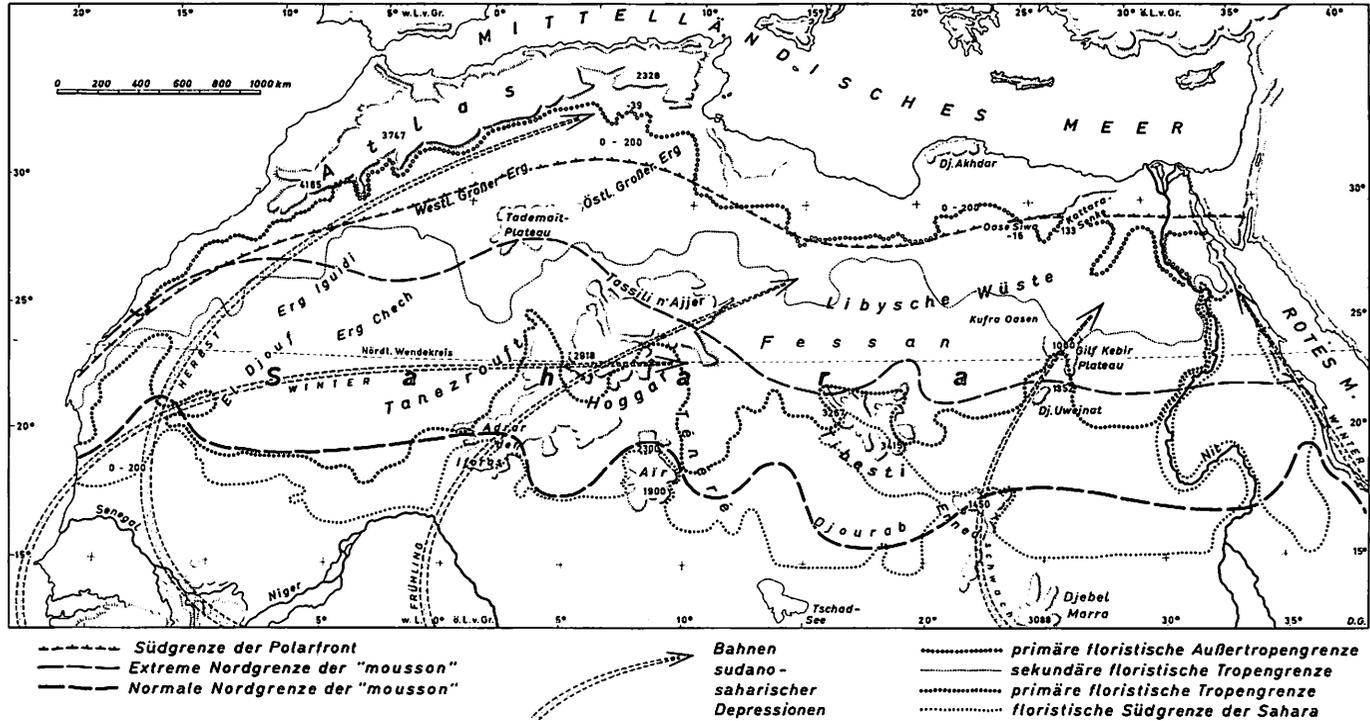


Abb. 13: Grenzen des 'mousson' und der Polarfront nach J. Dubief (1963)/floristische Grenzlinien

res des perturbations soudano-sahariennes", die edaphische Feuchte der Mangrovenstandorte und die Sommerregen der Küstengebirge (Wadis!) das Fehlen des 'Monsun' kompensieren.

Die 'primäre floristische Tropengrenze' verbleibt, ohne optisch kongruierbar zu sein, fast stets südlich der extremen Nordgrenze des 'Monsun', d.h. stets im meteorologisch tropischen Bereich. Die 'sekundäre floristische Tropengrenze' verläuft ausschließlich südlich der Polarfront und über weite Strecken nördlich der extremen Nordgrenze des 'Monsun', wodurch der floristisch verhältnismäßig intermediäre Charakter dieser Grenzlinie auch in den meteorologischen Gegebenheiten Entsprechung findet. Die 'primäre floristische Außertropengrenze' liegt am Südabhang des Atlasgebirges nördlich der Polarfrontgrenze, im Bereich der Mittelmeerküste kongruiert sie jedoch weitestgehend mit ihr; unter Ausnahme der Oasen und des Niltales, wo der hygrische Oaseneffekt den außertropischen Spezies i.w.S. eine verhältnismäßige Unabhängigkeit von dem Polarfrontniederschlagsregime gewährt.

Räume der Dominanz außertropischer Arten i.w.S. liegen demnach weitgehend im Bereich der außertropischen Zirkulation des Westwindregimes; Räume der Dominanz tropischer Flora (i.w.S.) in demjenigen tropischer Konvergenzzirkulation.

### III. Die vertikal differenzierte Darstellung der relativen Verbreitung der Florenelemente

#### 1. Methodische Abweichung zu Kap. B I

Die Untersuchung der dritten Dimension wird bewußt auf Hoggar<sup>1</sup> und Tibesti, d.h. auf die beiden Hauptgebirgsmassive des saharischen Kernraumes beschränkt.

Nicht Quasi-Fundorte, wie bei der horizontal differenzierten Analyse, sondern Einzelfundorte bilden die Grundlage der floristischen Untersuchung der dritten Dimension, da Quasi-Fundorten kaum genaue Höhenangaben zugeordnet werden können.

Die räumliche Anordnung der Einzelfundorte in den Gebirgsräumen erlaubt eine Untersuchung und Darstellung der floristischen Differenzierung mit der Höhe entlang dreier Profile<sup>2</sup> (vgl. Abb. 14 zur Lage der Profile).

Die Auswahl der Fundorte und das notwendige Abgehen von dem Prinzip der Quasi-Fundorte hat eine gesonderte Untersuchung und Darstellung der endemischen Flora notwendig gemacht. Abweichend von der horizontal differenzierten

---

1 unter 'Hoggar' wird hier nur der Kernraum des Zentralsaharischen Gebirges verstanden, d.h. Atakor und Annexe

2 alle Aussagen können somit strenggenommen nur für die von den Profilen abgedeckten Räume, nicht aber für die Gebirge als Ganzes Gültigkeit beanspruchen

Analyse, bei der die endemische Flora in Relation zu allen anderen Florenelementen nahezu keine Rolle spielt, tritt sie bei der vertikal differenzierten Analyse an vielen Einzelfundorten in bestimmten Höhenstufen der Gebirge deutlich hervor.

Eine integrierte Untersuchung endemischer und nichtendemischer Florenelemente<sup>3</sup> würde dabei wesentliche Aussagemöglichkeiten verwischen, nämlich eine getrennte Höhenstufengliederung eurytope und stenotoper Flora.

Eine deutliche und relativ kontinuierliche Änderung in der Zusammensetzung der Arealtypenspektren mit zunehmender Höhe (Arealtypenspektrenprofilogramm) kann nur für umfassendere eurytope Florenelemente als bei der horizontal differenzierten Analyse erarbeitet werden, weil aufgrund des zu heterogenen floristischen Bildes von Einzelfundorten gegenüber den Quasi-Fundorten ein anderer Weg der Generalisierung gefunden werden mußte.

Das tropische Florenelement i.w.S., das außertropische Florenelement i.w.S. und das saharo-arabische Florenelement sind daher im folgenden Gegenstand der vertikal differenzierten Untersuchung von Arealtypenspektren.

Die floristischen Grenzen der Tropen (Höhengrenzen) müssen auch bei dieser vertikal differenzierten Analyse als Grenzen der Warmtropen verstanden werden, da tropisch montane Arten, also Vertreter der Kalttropen, dem Hoggar weitestgehend abgehen und im Tibestigebirge so selten sind, daß sie keine dominierende Stellung erlangen.

## **2. Die vertikal differenzierte Darstellung der relativen Verbreitung der Florenelemente am Beispiel des Tibestigebirges**

### **a) Das Arealtypenspektrenprofilogramm (vgl. Abb. 15, Beilage)**

Das Arealtypenspektrenprofilogramm des Tibestigebirges weist eine (vgl. Abb. 15) verhältnismäßig kontinuierliche Veränderung in der Zusammensetzung der Arealtypenspektren mit zunehmender Meereshöhe der Fundorte auf. Immer mehr weicht das tropische Florenelement i.w.S. zurück und macht dem saharo-arabischen Florenelement und dem außertropischen Florenelement i.w.S. Raum (zu den genauen Prozentwerten vgl. Tabelle im Anhang).

Das folgende Dominanzprofilogramm erweist deutlich, daß es durchaus gerechtfertigt ist, dieses Kontinuum anhand der Dominanzmethode in floristische Höhenstufen zu gliedern.

### **b) Die floristischen Höhenstufen (Dominanzprofilogramm) (vgl. Abb. 16)**

Das Dominanzprofilogramm der vertikal differenzierten Analyse stellt die Grundlage der floristischen Höhenstufengliederung dar. Wie bei dem Dominanz-

---

3 Endemische Florenelemente werden auch als stenotope Florenelemente, nichtendemische als eurytope Florenelemente bezeichnet.



kartogramm eine Florenregion, so wird hier eine Höhenstufe (Flora-Stufe) durch das jeweils dominierende Florenelement definiert.

Unter Ausnahme der S-Florenelementdominanz ist jedoch auf die weitergehende Differenzierung verzichtet worden, welche sich für das Dominanzkartogramm auf das zweitstärkste Florenelement gestützt hat (s.o.).

Die floristische Höhenstufengliederung ist dennoch mit der horizontalen Gliederung in Florenregionen vergleichbar, da beide Differenzierungen auf der Florendominanz aller eurytopen Florenelemente basieren.

Das Dominanzprofilogramm des Tibesti (vgl. Abb. 16) macht deutlich, daß im wesentlichen nur zwei floristische Höhenstufen ausgegliedert werden können: eine untere Höhenstufe der Dominanz tropischer Spezies i.w.S., von denen das tropische Florenelement i.e.S. den weitaus größten Anteil stellt und eine obere Höhenstufe der Dominanz des S-Florenelementes mit AS als zweitstärkstem Florenelement oder auch der Dominanz dieses AS-Florenelementes, das jeweils den Hauptanteil des außertropischen Florenelementes i.w.S. stellt.

Bei Anwendung des Gliederungsprinzips der horizontal differenzierten Analyse liegt die obere Höhenstufe weitgehend auf der außertropischen Seite der 'sekundären floristischen Tropengrenze', die untere Höhenstufe dagegen auf der tropischen Seite der 'primären floristischen Tropengrenze'. 'Primäre' und 'sekundäre floristische Tropengrenze' fallen so weitgehend zu einer einzigen floristischen Tropen-Höhengrenze zusammen, denn gegenüber dem Dominanzkartogramm fehlen größtenteils die Fundorte, welche floristisch durch die Dominanz des S-Florenelementes mit TS als zweitstärkstem Florenelement gekennzeichnet sind. Zudem erscheint weder eine durchgehende innere Differenzierung der floristisch tropischen, noch der entsprechenden außertropischen Höhenstufe möglich.

Stellt sich die untere tropische Höhenstufe, in erster Linie vom tropischen Florenelement i.e.S. geprägt, floristisch relativ homogen dar, so ist für die obere außertropische Höhenstufe, v.a. im Bereich des Emi Koussi, ein verhältnismäßig regelloser Wechsel von AS und S/AS dominierten Fundorten festzustellen.

Die Höhenregionen von 3000 m und 2400 m weisen jedoch ein deutliches Überwiegen der von dem AS-Florenelement dominierten Fundorte auf, ebenso auch die Gipfelregion des Emi Koussi.

Die innere Struktur der floristischen Höhenstufen am Pic Toussidé kommt derjenigen des Emi Koussi nahe, obwohl weit weniger Fundorte zur Verfügung stehen. Im Raume des Trou au Natron (En. Tabitou, Tarso Abeki, Tarso Voon) schieben sich drei S/TS dominierte Fundorte zwischen die 'eigentliche floristische Höhengrenze der Tropen' und die 'außertropische Flora-Stufe'. Hier besteht demnach eine 'sekundäre floristische Höhengrenze der Tropen' und eine 'saharisch-tropische Flora-Stufe', wie sie vermutlich auch weiter im Norden des Gebirges auftritt (No. 76 + 1). In dem Gesamtrahmen des Profilschnittes fällt diese Florzstufe jedoch kaum ins Gewicht. Die folgende Aufstellung verdeutlicht noch einmal die floristische Höhenstufengliederung des Tibestigebirges im Bereich des Profiles:

außertropische Flora-Stufe	ab 1850/2350 m
eigentliche floristische Höhengrenze der Tropen	1800 - 2300 m
tropische Flora-Stufe	ab ca. 600 m erfaßt.

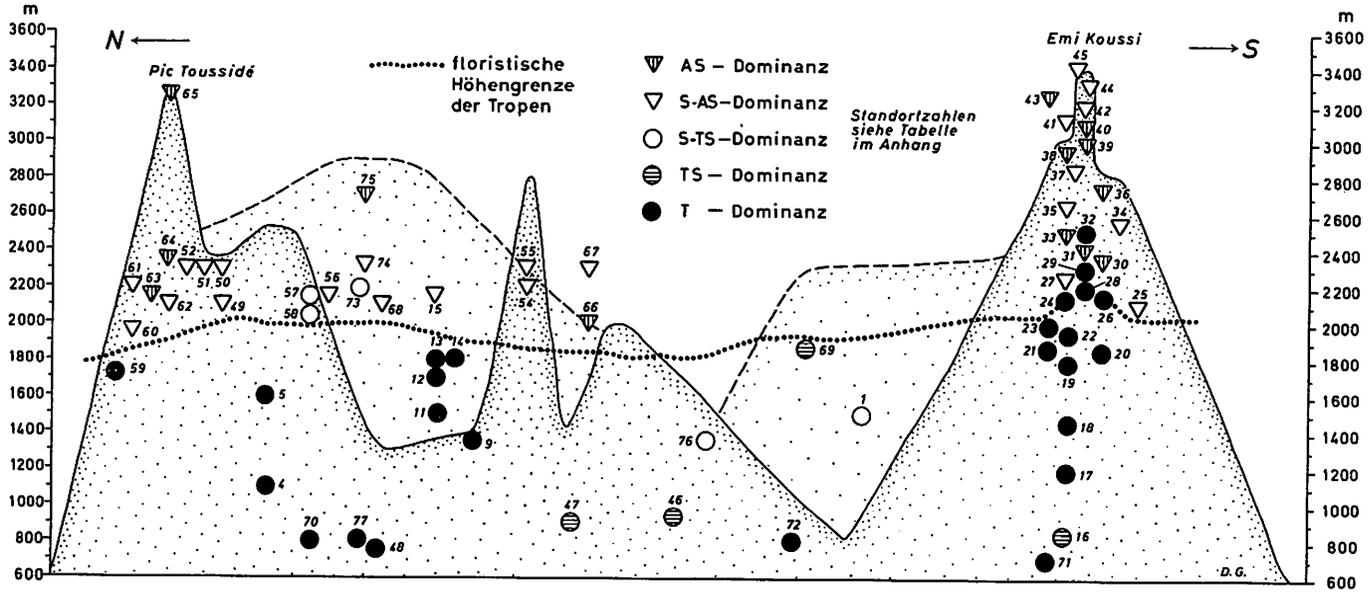


Abb. 16: Dominanzprofilogramm Tibestigebirge

Anhand der relativ weit nordöstlich des Profilschnittes gelegenen Fundorte 1 und 76 läßt sich ein Absinken der 'eigentlichen floristischen Höhengrenze der Tropen' nach Nordosten unter 1300 m und im Bereich von Fundort 10 gar unter 1000 m feststellen.<sup>4</sup> Sie liegt demnach wie eine von SE nach NW einfallende schiefe Ebene im Massiv des Tibesti.

**c) Höhenstufengliederung der Endemitenflora (Abb. 17, Beilage)**

Das Höhenstufendiagramm der Endemitenflora stellt für jeden Fundort die absolute Anzahl der Spezies des Endm- sowie des Enda-Florenelementes dar.

Die wenigen Arten des Ends-Florenelementes sind dem S-Florenelement zugeordnet worden und damit in die Höhenstufengliederung der eurytopen Florenelemente eingegangen, da sie seltener Reliktendemiten, vielmehr häufiger Arten mit sehr kleinem Verbreitungsgebiet innerhalb des Hauptareals des saharo-arabischen Florenelementes sind und daher kaum wie Endm und Enda unter Geoelement, sondern eher wie S unter Geoelement subsumiert werden müssen.

Das Höhenstufendiagramm der Endemitenflora (Endm, Enda) zeigt deutlich drei verschiedene Höhenstufen (vgl. Abb. 17): eine untere Höhenstufe, die von endemischer Flora nahezu frei ist, eine mittlere Höhenstufe des Überwiegens tropisch-endemischer Flora und als obere Höhenstufe eine solche der Präponderanz außertropisch-endemischer Spezies.

Die untere floristische Höhenstufe wird von der mittleren durch die 'floristische Untergrenze der Endemiten', die mittlere und die obere Höhenstufe werden voneinander durch die 'floristische Tropenhöhengrenze der Endemiten' getrennt.

Die folgende Übersicht soll diese Höhenstufengliederung der Endemitenflora verdeutlichen:

außertropische Endemitenflora Stufe	Pic T./Trou; Goubone; Emi Koussi bis zum Gipfel		
<b>floristische Tropenhöhengrenze der Endemiten</b>	1800/2300 m	1900/2000 m	2400/2500 m
tropische Endemitenflorstufe	ab: s.u.		
<b>floristische Untergrenze der Endemiten</b>	1600 m	1400 m	1800 m
Stufe fast ohne Endemitenflora			

4 Die entsprechenden Fundorte sind auf der Karte des Profilschnittes verzeichnet, vgl. Abb.14 + Tabelle im Anhang

Oberhalb der 'floristischen Tropenhöhengrenze der Endemiten' vermögen außertropische Endemiten (Endm) innerhalb der 'außertropischen Endemitenflora-Stufe' als einziges endemisches Florenelement im Bereiche des Emi Koussi ab 3125 m und am Pic Toussidé bei 2200/2300 m und zwar nur dort, jeweils unter Ausnahme der Gipfelregionen, eine relativ dominierende Stellung auch über alle eurytopen Florenelemente zu erlangen, so daß die genannten Höhen bei integrierter Betrachtung der stenotopen und der eurytopen Florenelemente von der Dominanz des Endm-Florenelementes geprägt erscheinen.

#### **d) Statistische Analyse der Zusammenhänge zwischen Florenelementen und der Höhe im Tibestigebirge**

Für den Raum, den das Tibesti-Profil abzudecken vermag, stehen nur die Daten zweier Klimastationen zur Verfügung, so daß eine Regressions- und Korrelationsanalyse des Zusammenhanges zwischen relativen Anteilen von Florenelementen an Arealtypenspektren und Klimaparametern nicht durchführbar ist. Daher wird die den Fundorten entsprechende Meereshöhe (Höhe) als Ersatzausdruck für klimatische Umweltparameter angenommen. Es wird demnach die Veränderung des relativen Anteils eines jeden Florenelementes an den Arealtypenspektren mit zunehmender Höhe der Fundorte analysiert.

Die Korrelations- und Regressionsrechnungen werden, den Arealtypenspektrenprofilogrammen entsprechend, für die eurytopen und die stenotopen Florenelemente jeweils gesondert durchgeführt.

Um möglichst nur die Meereshöhe als Standortelement<sup>5</sup> in die Berechnungen eingehen zu lassen und andere Lagefaktoren, wie größere Expositionsunterschiede, auszuschalten, werden die Berechnungen auf möglichst homogene Teilkomplexe des Gebirges beschränkt, nämlich auf solche von Emi Koussi und Toussidé. An beiden Komplexen stehen ab ca. 600 m an einheitlichen Hangsystemen durchgehende Fundortreihen zur Verfügung. Für Emi Koussi und Pic Toussidé werden daher jeweils getrennte Berechnungen erstellt.

Das Regressionsdiagramm (Abb. 18), das die Zusammenhänge zwischen den relativen Anteilen des tropischen Florenelementes i.w.S. an den Arealtypenspektren und der Höhenlage der entsprechenden Fundorte am Emi Koussi darstellt, verdeutlicht, daß die Interdependenz gleichsam zweigeteilt ist (Sprungstelle bei 2100/2500 m), wogegen im Bereich des Pic Toussidé die Beziehungen einheitlich linear erscheinen.

Die Einzelpunktwolken der Emi Koussi-Analyse sollen zumindest für Teilbereiche des Gesamtpunktbildes Steigungsmaße und Sicherungsgrenzwerte angeben und so das heterogene Gesamtbild, das keine sinnvolle unitäre statistische Korrelationsrechnung erlaubt, wenigstens auf Teilstrecken quantitativ fassen helfen.

---

5 analog der Differenzierung: Klimatelement, Klimafaktor wird hier der Begriff Standortelement neben den Begriff Standortsfaktor gestellt. In diesem Sinne sei auch 'Lagerfaktor' verstanden.

Dem gleichen Ziel dienen auch ähnlich differenzierte korrelative Untersuchungen mit anderen Florenelementen, für die kein einheitliches relatives Verhalten zur Höhenlage der Fundorte feststellbar ist.

Den Regressions- und Korrelationsrechnungen zufolge (vgl. Tab. 8) nimmt am Emi Koussi bis 2500 m Höhe der relative Anteil tropischer Arten i.w.S. an den Arealtypenspektren mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit um 2,18 % pro 100 m Höhenzunahme ab; in den Höhen zwischen 2100/2500 m und 3420 m Höhe kann dagegen nur eine Indifferenz der Beziehungen des relativen Anteils des tropischen Florenelements i.w.S. zu der Höhenlage der Fundorte festgestellt werden. Am Pic Toussidé erfolgt eine Reduktion des relativen Anteils tropischer Arten i.w.S. mit hoher Wahrscheinlichkeit um 4,73 % pro 100 m Höhenzunahme. Der Gradient übersteigt den entsprechenden des Emi Koussi um mehr als das Doppelte. Dies könnte seine Ursache in der um 150 km nördlicheren Lage des Pic Toussidé haben.

Die Regressionsdiagramme (Abb. 19 und 20) der relativen Anteile des saharo-arabischen Florenelementes an den Arealtypenspektren und der Höhe der entsprechenden Fundorte lassen für beide Bergkomplexe Diskontinuitäten annehmen, doch ergeben auch Korrelations- und Regressionsrechnungen für die jeweilige Gesamtpunktwolke durchaus signifikant gesicherte Beziehungen. Danach erhöht sich im Bereich des Emi Koussi der relative S-Anteil an den Arealtypenspektren um 1,28 % pro 100 m Höhenzunahme der Fundorte, am Pic Toussidé um 1,05 % (vgl. Tab. 8).

Die konstatierte Stärkung der relativen Stellung des saharo-arabischen Florenelementes mit der Höhe verwundert, da die wenigen Klimadaten, die zur Verfügung stehen, auf eine mit zunehmender Höhe gesteigerte Humidität hinweisen.

Eine, wenn auch verhältnismäßig willkürliche Herausarbeitung von Diskontinuitäten, d.h. die Aufgliederung der Gesamtpunktwolken in Einzelpunktwolken, denen Korrelations- und Regressionsrechnungen für einzelne Höhenbereiche entsprechen, verdeutlicht, daß zumindest am Emi Koussi in bestimmten Höhenbereichen der relative S-Anteil mit der Höhe deutlich zurückgeht, was den Klimabedingungen gemäß der ökophysiologischen Charakterisierung des S-Florenelementes eher entspricht (vgl. Tab. 8).

Danach erscheint nun am Emi Koussi unterhalb von 1800 m kein statistisch faßbarer Zusammenhang gegeben. Zwischen 1800 m und 2500 m Meereshöhe nimmt mit hoher Wahrscheinlichkeit der relative Anteil der S-Arten an den Arealtypenspektren um 2,29 % pro 100 m Höhenzunahme ab. In einer dritten Höhenstufe zwischen 2650 m und 3250 m Höhe besteht ebenfalls eine Tendenz der Abnahme des relativen S-Anteils an den Arealtypenspektren und zwar um 4,47 % pro 100 m Höhenzunahme der Fundorte.

Am Pic Toussidé ließe sich dementsprechend für die unteren Höhen bis 1100 m ein weitgehend indifferentes Verhalten der relativen Anteile des S-Florenelementes an den Arealtypenspektren zu der Höhenlage der Fundorte vermuten. Für den Bereich zwischen 1100 m und 1800 m Höhe erscheint es trotz der geringen Fallzahl möglich, von einer Tendenz der Zunahme des relativen S-Anteils an den Arealtypenspektren um ca. 2 % pro 100 m Höhenzunahme auszugehen, wohingegen oberhalb von 1800 m eine indifferente Relation wahrscheinlich ist.

Das außertropische Florenelement i.w.S. zeigt ähnlich dem tropischen Florenelement i.w.S. bezüglich des Emi Koussi in seiner relativen Stellung

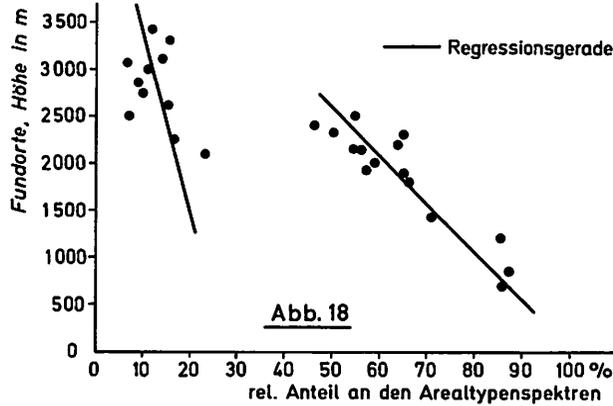


Abb. 18: Regressionsdiagramm T Florelement i.w.S.

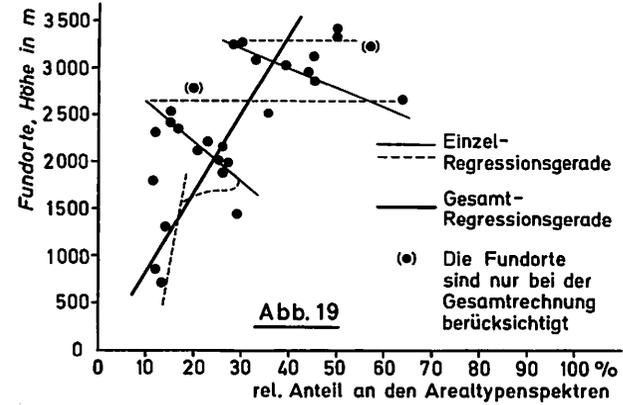


Abb. 19: Regressionsdiagramm S Florelement/Emi Koussi

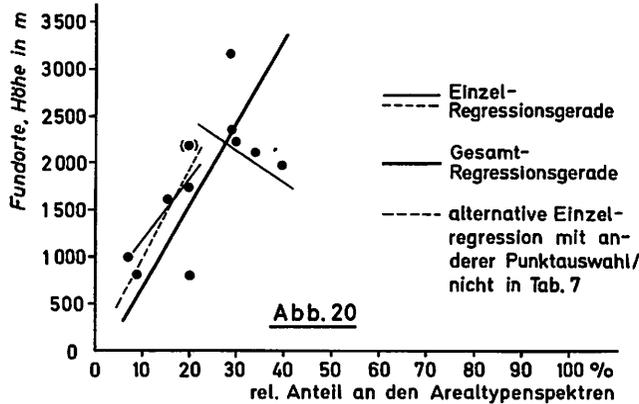


Abb. 20: Regressionsdiagramm S Florelement/P. Toussidé

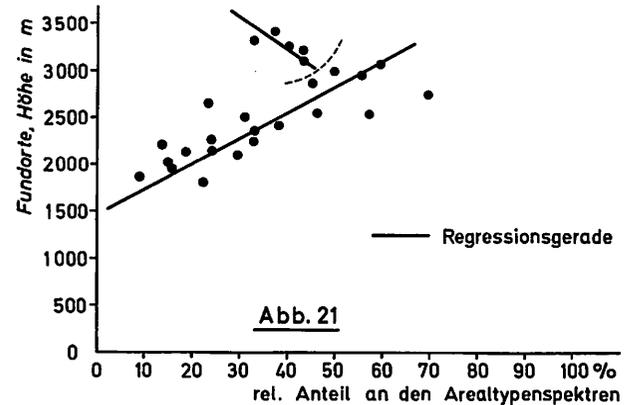


Abb. 21: Regressionsdiagramm A Florelement i.w.S./Emi Koussi

**Tabelle 8: Tabelle v. Arealtypenspektrenanteilen/Meereshöhe d. Fundorte Tibesti**

No.	Variablen	Anteilsformel d. Florenelemente an d. Arealtypenspektren	N	r	Regressionsgleichung	Sign. niveau	Bereich
1	rel. Anteil v. T+TS/Höhe	$\frac{(T+TS) \times 100}{(A+AS) + S + (T + TS)}$	15	0,890	$y = -0,0218x + 101,71$	++	bis 2500 m,
2	"	"	11	0,411	$y = -0,0480x + 26,54$	-	E. Koussi
3	"	"	16	0,866	$y = -0,0473x + 122,97$	++	E. Koussi, 2100/2500 m-3420 P. Toussidé
4	rel. Anteil v. S/Höhe	$\frac{S \times 100}{(A + AS) + S + (T + TS)}$	26	0,670	$y = +0,0128x - 1,50$	++	E. Koussi
5	"	"	11	0,744	$y = +0,0105x + 3,87$	++	P. Toussidé
6	"	"	5	0,215	$y = +0,0034x + 11,87$	-	E. Koussi bis 1800 m
7	"	"	10	0,854	$y = -0,0229x + 70,75$	++	s.o.1800-2500 m
8	"	"	7	0,913	$y = -0,0477x + 184,77$	++	s.o.2650-3250 m
9	"	"	3	0,985	$y = +0,0194x - 14,45$	-	P. Toussidé 1100 - 1800 m
10	"	"	5	0,600	$y = -0,0318x + 98,59$	-	s.o. ab 1800 m
11	rel. Anteil v. A + AS/Höhe	$\frac{(A + AS) \times 100}{(A + AS) + S + (T + TS)}$	20	0,822	$y = +0,0375x - 55,86$	++	E. Koussi bis 3100 m
12	"	"	5	0,759	$y = -0,0272x + 128,05$	-	s.o. ab 3100 m
13	"	"	8	0,904	$y = +0,0281x - 18,48$	++	P. Toussidé
14	rel. Anteil v. Enda/Höhe	$\frac{\text{Enda} \times 100}{\text{Enda} + \text{Endm} + (A+AS) + S + (T+TS)}$	12	0,888	$y = +0,0309x - 55,96$	++	E. Koussi 1800 - 2500 m
15	"	"	5	0,858	$y = +0,0052x - 7,50$	knapp -	s.o.2500-3100 m
16	"	"	4	0,496	$y = +0,0243x - 41,34$	-	P. Toussidé
17	rel. Anteil v. Endm/Höhe	$\frac{\text{Endm} \times 100}{\text{Enda} + \text{Endm} + (A+AS) + S + (T+TS)}$	15	0,785	$y = +0,0240x - 48,07$	++	E. Koussi
18	"	"	5	0,765	$y = +0,0511x - 96,41$	-	P. Toussidé

Zu den Abkürzungen siehe Tabelle 4

lung zur Höhenlage der Fundorte eine deutliche Sprungstelle (vgl. Abb. 21); bezüglich des Pic Toussidé verhält es sich ähnlich homogen wie das tropische Pendant.

Die Sprungstellen liegen indes am Emi Koussi jeweils in Höhenregionen, für die am Pic Toussidé keine Fundorte zur Verfügung stehen. Nach dem Gesamtbild der Punkte erscheint die Sprungstelle am Emi Koussi bei 3100 m. Dort ist daher auch die Differenzierung der Gesamtpunktwolke in Einzelpunktwolken angesetzt worden.

Eine durchaus mögliche Zusammenfassung aller Punkte zu einer Punktwolke hätte in diesem Falle der Realität des Verhaltens außertropischer Flora wohl weniger zu entsprechen vermocht.

Der statistischen Analyse zur Folge steigt am Emi Koussi zwischen 1800 m und 3100 m der relative Anteil des außertropischen Florenelementes i.w.S. an den Arealtypenspektren mit einer hohen Wahrscheinlichkeit um 3,75 % pro 100 m Höhenzunahme an, wohingegen unterhalb von 1800 m Höhe das außertropische Florenelement i.w.S. an keinem Fundort vorkommt.

Oberhalb von 3100 m Höhe besteht ein nicht ausreichend signifikant gesicherter Trend der Abnahme des relativen Anteils der außertropischen Spezies i.w.S. um 2,72 % pro 100 m (vgl. Tab. 8).

In den verschiedenen Höhenregionen des Pic Toussidé nimmt oberhalb von 1100 m Höhe der relative Anteil des außertropischen Florenelementes i.w.S. an den Arealtypenspektren mit einer hohen Wahrscheinlichkeit um 2,81 % pro 100 m zu.

Unterhalb von 1100 m ist die außertropische Flora i.w.S. dort nicht vertreten. Dem Gradienten der Zunahme des relativen Anteils außertropischer Arten i.w.S. am Emi Koussi zwischen 1800 und 3100 m stehen die Gradienten der Abnahme der relativen Anteile tropischer Spezies i.w.S. sowie der generellen Zunahme saharo-arabischer Arten an den Arealtypenspektren gegenüber. Oberhalb von 3100 m weist nur das S-Florenelement noch eine Zunahme, jedes der beiden anderen Florenelemente dagegen eine Abnahme ihrer relativen Anteile an den Arealtypenspektren mit zunehmender Meereshöhe der Fundorte auf.

Für den Pic Toussidé liegt der durchgehend positive Gradient außertropischer Flora i.w.S. deutlich unter dem entsprechenden negativen Gradienten des tropischen Florenelementes i.w.S., weil ja generell die relative Stellung der saharo-arabischen Arten mit zunehmender Höhe gefestigt wird.

Die Analyse der Zusammenhänge zwischen den relativen Anteilen des außertropischen Florenelementes i.w.S. und der Höhe hat am Emi Koussi markante Sprungstellen bzw. Grenzen in 1800 m und in 3100 m Höhe hervortreten lassen.

Die Höhen von 1800, 2500 und 3100 m erscheinen dort nun insgesamt als deutliche Umkehr- oder Sprungstellen bei der Zu- oder Abnahme des jeweiligen relativen Anteils der drei Florenelemente an den Arealtypenspektren in Relation zu der Höhe der entsprechenden Fundorte.

Am Pic Toussidé tritt die Höhe von 1100 m als ein charakteristischer Einschnitt hervor. Die S-Florenelementanalyse hat darüber hinaus eine für die floristische Höhenstufengliederung des Toussidé ebenso bedeutsame Sprungstelle in 1800 m Höhe erkennen lassen.

Die bisherigen Regressions- und Korrelationsanalysen der vertikal differenzierten Untersuchung haben für die Räume beider ausgewählter Bergkomplexe eine durchaus ähnliche Veränderung der Arealtypenspektren mit zunehmender Höhenlage

der Fundorte erbracht.

Insgesamt stellt aber wohl der Emi Koussi den floristisch tropischeren Bergkomplex dar.

Die relativen Anteile des Enda- bzw. des Endm-Florenelementes an einem Arealtypenspektrum werden ebenfalls mit der Höhe der entsprechenden Fundorte in Beziehung gesetzt. Das betreffende Arealtypenspektrum beinhaltet alle Florenelemente, also auch die eurytopen Geoelemente unter Ausnahme des P-Florenelementes. Damit ist die Vergleichbarkeit der beiden endemischen Florenelemente untereinander gegeben, darüber hinaus jedoch auch die Bedeutung der Endemiten in Relation zu den nicht-endemischen Florenelementen analysierbar.

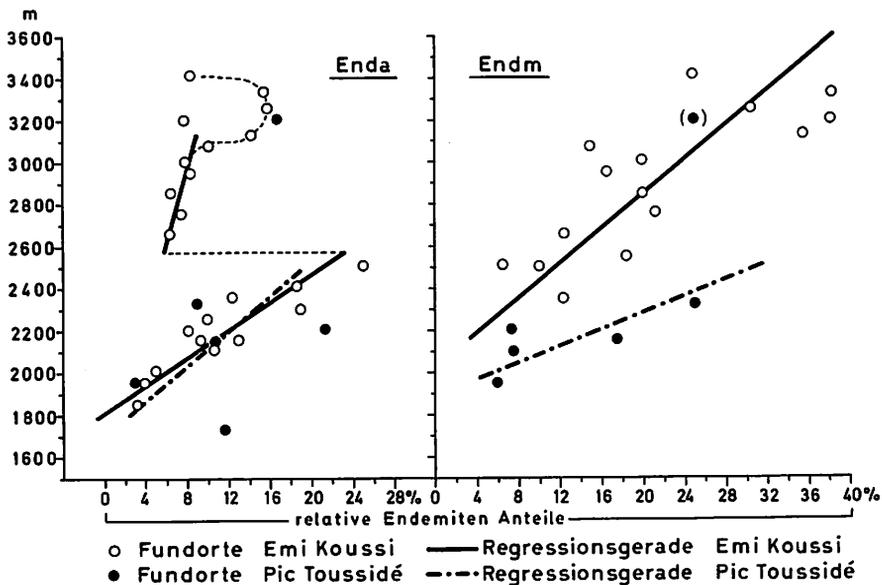


Abb. 22: Regressionsdiagramme Endm und Enda Florenelemente/Emi Koussi und Pic Toussidé

Die Regressionsdiagramme (Abb. 22) stellen die Beziehungen der relativen Anteile von Enda und Endm zu der Höhe der entsprechenden Fundorte dar.

Nach den entsprechenden Regressions- und Korrelationsanalysen (vgl. Tab. 8) steigt im Bereiche des Emi Koussi zwischen 1800 m und 2500 m Höhe mit einer hohen Wahrscheinlichkeit der relative Anteil des Enda-Florenelementes an den Arealtypenspektren um ca. 3,1 % pro 100 m Höhenzunahme an, wohingegen im Bereiche des Toussidé zwischen 1900 m und 2400 m Höhe nur ein statistisch nicht ausreichend signifikant gesicherter Trend der Zunahme des relativen Enda-Anteiles an den Arealtypenspektren von ca. 2,4 % pro 100 m Höhenzunahme verzeichnet werden kann.

Am Emi Koussi erfolgt oberhalb einer negativen Sprungstelle bei 2500/2600 m eine äußerst schwach gesicherte Tendenz sehr geringer Zunahme des relativen Enda-Anteiles an den Arealtypenspektren um 0,52 % pro 100 m Höhenzunahme bis in eine

Höhe von 3000/3100 m. Oberhalb dieser Höhe steigt der relative Anteil von Endm an den Arealtypenspektren generell wiederum bis ca. 3300 m Höhe an, um dann bis zum Gipfelbereich des Emi Koussi abzunehmen.

Das Endm-Florenelement tritt in den Höhenregionen des Emi Koussi unter Ausnahme zweier Fundorte erst ab 2500 m, am Toussidé dagegen ohne Ausnahme bereits ab 1900 m Höhe auf. Von diesen Höhen ab zeigt das Regressionsdiagramm (Abb. 22) beider Gebirgsstöcke nur je eine Punktvolke.

Den entsprechenden Regressionsgleichungen und den Korrelationskoeffizienten zur Folge (vgl. Tab. 8) steigt mit hoher Wahrscheinlichkeit im Bereich des Emi Koussi zwischen 2300 m und 3500 m der relative Endm-Anteil an den Arealtypenspektren um 2,4 % pro 100 m Höhenzunahme an; im Bereich des Toussidé besteht dagegen nur eine Tendenz des Ansteigens des relativen Anteiles von Endm an den Arealtypenspektren um 5,11 % pro 100 m Höhenzunahme.

Der Zunahmegradiant liegt demgemäß für den Bereich des Toussidé erheblich höher als für den des Emi Koussi. Umgekehrt liegt der Zunahmegradiant tropisch endemischer Flora im Raume des Emi Koussi deutlich über demjenigen des Toussidé-Bereiches. Demnach vollzieht sich am Emi Koussi der Übergang von den floristisch endemischen Tropen zu den entsprechenden Außertropen allmählicher als am Toussidé, wie es in ähnlicher Weise für den Übergang von den nicht-endemisch floristischen Tropen zu den entsprechenden Außertropen festgestellt werden konnte. Dies findet womöglich, wie bereits geltend gemacht, in der verhältnismäßig südlicheren Lage des Emi Koussi eine Begründung. Im Gesamtbild zeigen beide endemischen Florenelemente zusammengenommen eine Steigerung ihres relativen Anteils an den Arealtypenspektren mit zunehmender Höhe der Fundorte, d.h. mit zunehmender Meereshöhe gewinnen im allgemeinen die Endemiten, gleich welcher Provenienz, eine immer größere Bedeutung in Relation zu den eurytopen Florenelementen. Die Steigerung des relativen Anteils eines endemischen Florenelementes geht also im wesentlichen nicht zu Lasten des anderen stenotopen Florenelementes, sondern zu Lasten der eurytopen Florenelemente. Die Analyse des Endm-Florenelementes hat Höhenbereiche in 1900 m (1800 m) Höhe am Toussidé und in 2500 m Höhe im Bereiche des Emi Koussi hervortreten lassen, in denen sich die Zusammensetzung der Flora entscheidend ändert und für die dies bereits anhand einiger vorhergehender Analysen festgestellt werden konnte.

#### **e) Integrierte Betrachtung der Höhenstufen von Toussidé und Emi Koussi**

Im folgenden sollen alle floristischen Höhengrenzen und Sprungstellen zusammenfassend charakterisiert werden.

Im Bereiche des Emi Koussi tritt bei 1800 m ein positiver Sprung des relativen S-Anteiles an den Arealtypenspektren auf, dazu die Obergrenze der endemitenfreien Höhenstufe (floristische Untergrenze der Endemiten) und die Untergrenze des Vorkommens außertropischer Arten.

Am Toussidé entsprechen dem zwei Höhen: 1100 m und 1500 m. Bei 1100 m Höhe tritt eine Sprungstelle des relativen S-Anteils an den Arealtypenspektren

auf, dazu die Obergrenze der endemitenfreien Höhenstufe (floristische Untergrenze der Endemiten) und die Untergrenze des Vorkommens außertropischer Arten.

Am Toussidé entsprechen dem zwei Höhen: 1100 m und 1500 m. Bei 1100 m Höhe tritt eine Sprungstelle des relativen S-Anteils an den Arealtypenspektren hervor, dazu beginnt von dieser Höhe ab das außertropische Florenelement i.w.S. in den Arealtypenspektren der Fundorte vertreten zu sein. Erst in 1500 m Höhe setzt die floristische Untergrenze der Endemiten ein.

Eine 'mittlere eigentliche floristische Höhengrenze der Tropen'<sup>6</sup> befindet sich am Emi Koussi in 2300 m Höhe, sie fällt am Toussidé in 1800 m Höhe zusammen mit einer 'mittleren floristischen Tropenhöhengrenze der Endemiten' sowie einem positiven Sprung des relativen Anteils der S-Arten an den Arealtypenspektren. Im Raume des Emi Koussi koinzidiert die 'mittlere floristische Tropenhöhengrenze der Endemiten' und die Obergrenze eines Mischbereiches der floristischen Tropen mit einem negativen Sprung des relativen Anteils tropischer Spezies i.w.S., einem positiven Sprung des relativen Anteils saharo-arabischer Arten sowie einem negativen Sprung des relativen Enda-Anteils an den entsprechenden Arealtypenspektren.

Eine weitere markante Höhengrenze zeigt sich in 3100/3200 m Höhe am Emi Koussi; dort beginnt, wie in 2200 m Höhe am Toussidé, die absolute Dominanz des Endm-Florenelementes, dort fällt ein positiver Sprung des relativen Anteils tropischer Arten i.w.S. mit einem negativen Sprung des relativen Anteils außertropischer Arten i.w.S. bei sprunghafter Steigerung des relativen Anteils saharo-arabischer Arten an den Arealtypenspektren zusammen.

Das relative Verhalten der Florenelemente in Beziehung zu der Meereshöhe der Fundorte sowie die deutliche Herausbildung von floristischen Höhengrenzen stehen sehr wahrscheinlich in einem engen Zusammenhang mit Klimaparametern.

Der allgemeine Rückgang des relativen Anteils tropischer Arten i.w.S. an den Arealtypenspektren mit zunehmender Höhe der Fundorte könnte seine Begründung in der Temperaturabnahme mit der Höhe haben (Thermophilie tropischer Spezies!). Dies sollen die Werte der Jahresmitteltemperaturen zweier Klimastationen belegen<sup>7</sup>:

Faya Largeau, 234 m NN, T = 28,8°C (Normalperiode)

Trou au Natron, 2450 m NN, T = 13,5°C (1965-68)

Der allgemeine Anstieg der entsprechenden relativen Anteile des außertropischen Florenelementes i.w.S. an den Arealtypenspektren könnte demgegenüber sowohl von den mit der Höhe abnehmenden Temperaturen als auch von den mit der Höhe zunehmenden Niederschlägen her begründbar sein; beide Veränderungen der Klimaparameter wirken zusammen in Richtung auf humidere Umweltbedingungen.

Eine Zunahme der Jahresniederschlagssumme mit der Höhe bezeugen die folgenden Klimastationen:

Faya Largeau,	234 m NN,	22,9 mm N	(1933-1957)
Zouar,	775 m NN,	56,0 mm N	(1946-1960)
Trou au Natron,	2450 m NN,	99,3 mm N	(1965-1968)

6 jeweils ermittelt mit Hilfe von  $\chi^2$ -Tests

7 vgl. auch Vortrag von W. Lauer auf dem Geographentag zu Innsbruck, 1975

### 3. Die vertikal differenzierte Darstellung der relativen Verbreitung der Florenelemente am Beispiel des Hoggargebirges

#### a) Das Arealtypenspektrenprofilogramm (vgl. Abb. 23, Beilage)

Das Arealtypenspektrenprofilogramm des Hoggargebirges macht in den unteren Höhenstufen des Ost- und Westprofils hohe relative Anteile des tropischen Florenelementes i.w.S. sowie des saharo-arabischen Florenelementes an den Arealtypenspektren deutlich. Oberhalb von etwa 1600 m beginnt das außertropische Florenelement i.w.S. die tropische Flora in den Spektren zu ersetzen. Deutlich wird, daß das saharo-arabische Florenelement in allen Höhenbereichen etwa gleichstark vertreten ist.

#### b) Die floristischen Höhenstufen (Dominanzprofilogramm) (vgl. Abb. 24)

Im Vergleich zu der Höhenstufungsanalyse des Tibestigebirges haben sich hier entsprechend der nördlicheren Lage des Hoggar zwei weitere Florenelementdominanzgruppen ergeben: eine A- und eine S/A-Dominanz des saharo-arabischen Florenelementes mit A als zweitstärkstem Geoelement, wohingegen eine Dominanz tropischer Flora (i.e.S. = T) nicht zu verzeichnen ist.

Das Dominanzprofilogramm des Hoggargebirges (Abb. 24) läßt die Möglichkeit erkennen, drei floristische Höhenstufen im Sinne der florengeographischen Dominanzmethode auszugliedern: In der untersten floristischen Höhenstufe herrscht eindeutig die S/TS-Florenelementkombination vor. Nur an zwei Fundorten (38,57) vermag das TS-Florenelement zu dominieren, was jedoch nicht hinreicht, um eine eigene Stufe zu repräsentieren. Die Obergrenze dieser S/TS dominierten Höhenstufe liegt im Bereich des Westprofils bei 1700 m Höhe, im Raume des Ostprofils im Süden bei 1600/1700 m, im Norden dagegen bei 1400 m. Die unterste Flora-Stufe sei als 'saharisch-tropische Flora-Stufe' bezeichnet, ihre Obergrenze als 'sekundäre floristische Höhengrenze der Tropen'. Sie entspricht weitgehend der 'sekundären floristischen Tropengrenze'.

Nach oben folgt eine Stufe der Dominanz des saharo-arabischen Florenelementes mit AS als zweitstärkstem Geoelement.

Das Ostprofil geht über diese Flora-Stufe kaum noch hinaus. Im Raume des Westprofils ist die Obergrenze dieser zweiten floristischen Höhenstufe des Hoggargebirges bei 2100 m Meereshöhe anzusetzen.

Die Höhenstufe selbst sei 'saharisch-außertropische Flora-Stufe' benannt, ihre Obergrenze 'partielle floristische Höhengrenze der Sahara'. Bezogen auf die horizontale Analyse entspricht sie nämlich teils der 'sekundären floristischen Außertropengrenze', teils der 'floristischen Nordgrenze der Sahara'. Sie ist weitgehend mit der 'außertropischen Flora-Stufe' des Tibestigebirges gleichzusetzen.

Auf die 'saharisch-außertropische Flora-Stufe' folgt (W-Profil) eine solche relativ ungeordneter Dominanz des außertropischen Florenelementes i.e.S. (A), des AS-Florenelementes sowie des S-Florenelementes mit A als zweitstärkstem Geoelement.

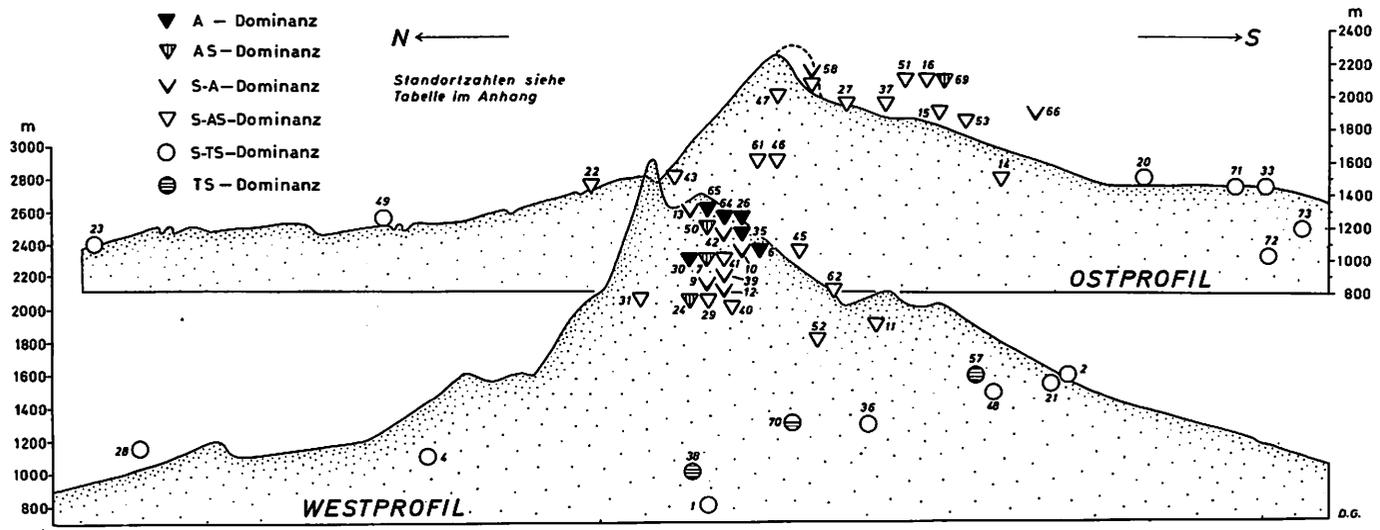


Abb. 24: Dominanzprofilogramm Hoggargebirge

Diese dritte floristische Höhenstufe des Hoggargebirges sei zusammengefasst als 'außertropisch i.w.S. – saharische Flora-Stufe'<sup>8</sup> genannt, weil insgesamt der Nachdruck weniger auf dem saharo-arabischen als vielmehr auf dem außertropischen Charakter der dortigen Flora zu liegen scheint.

In ihrer Art findet diese inhomogene Flora-Stufe weder bei der horizontal differenzierten Analyse, noch bei der dritten Dimension des Tibesti eine Entsprechung. Oberhalb der 'außertropisch i.w.S. – saharischen Flora-Stufe' folgt im Bereich des Westprofils noch ein isolierter Fundort des Gipfelbereiches, der in seinem floristischen Charakter (S/AS-Florenelementkombination) der 'saharo-arabischen Flora-Stufe' zugehörig erscheint und so ihr erneutes Auftreten im Gipfelbereich des Hoggar andeutet (ab 2700 m).

<b>Überblick über die Höhenstufen: (West/Ostprofil)</b>		
2700 m	außertropisch i.w.S. saharische Flora-Stufe	
2100 m	<b>untere partielle floristische Höhengrenze d. Sahara</b>	2100 m
	saharisch-außertropische Flora-Stufe	
1700 m	<b>sekundäre floristische Höhengrenze der Tropen</b>	1400/1700 m
	saharisch-tropische Flora-Stufe	

### c) Die Endemitenflora (vgl. Abb. 25, Beilage)

In vollständigem Gegensatz zu dem Verhalten der Endemitenflora des Tibestigebirges übertrifft im Raume des Hoggargebirges das Enda-Florenelement in keinem Fall das Endm-Florenelement an absoluter Artenzahl (vgl. Abb. 25).

So weist das Hoggargebirge keine tropische Endemitenflora-Stufe auf.

In Übereinstimmung mit der entsprechenden Analyse des Tibestigebirges scheint es jedoch gerechtfertigt, eine untere, nahezu endemitenfreie floristische Höhenstufe, die bis in 1250 m (Westprofil) bzw. 1350 m (Ostprofil) Höhe reicht, einer zweiten Höhenstufe oberhalb von 1950 m (Westprofil) bzw. 1800 m (Ostprofil) gegenüberzustellen, welche durch eine verhältnismäßig hohe Anzahl von Endemiten pro Fundort charakterisiert ist. Zwischen beiden Höhenstufen ist ein Übergangsbereich gelegen, in dem eine geringere Zahl von Endemiten auftritt.

Eine absolute Dominanz des Endm-Florenelementes, wie sie am Tibesti unterhalb der Gipfelbereiche zu verzeichnen ist, scheint im Rahmen der Hoggarprofile nicht aufzutreten.

<b>Überblick über die Stufung der Endemitenflora im Hoggar:</b>		
Westprofil		Ostprofil
	Stufe relativ hoher End Artenzahlen	
1950 m	in der außertropischen Endemitenflora-Stufe	1800 m
	Stufe relativ geringer End Artenzahlen	
1250 m	in der außertropischen Endemitenflora-Stufe	1350 m
	<b>floristische Untergrenze der Endemiten</b>	
	Stufe fast ohne Endemitenflora	

<sup>8</sup> außertropisch i.w.S. beinhaltet sowohl die Dominanz des A- als auch die des AS-Florenelementes und demnach selbst noch eine floristisch saharische Komponente!

#### d) Statistische Analyse der Zusammenhänge zwischen Florenelementen und der Höhe im Hoggargebirge

Ähnlich wie für den Raum des Tibestigebirges stehen für das Hoggarmassiv zu wenige Klimastationen zur Verfügung, um die floristischen Werte einer ausreichenden Anzahl einzelner Fundorte der Profile mit Klimaparametern entsprechender Klimastationen statistisch in Beziehung zu setzen.

Daher werden auch hier die den Fundorten entsprechenden Meereshöhenangaben als Ersatzausdrücke für Klimaparameter herangezogen.

*J. Dubief* und *D. Yacono*<sup>9</sup> haben zwar umfassendere Klimauntersuchungen von Einzeljahren vorgelegt. Die Ergebnisse können jedoch wegen der Kürze des Beobachtungszeitraumes den Anforderungen an eine repräsentative statistische Analyse nicht genügen.

Die Regressions- und Korrelationsanalysen der Flora des Hoggargebirges werden entsprechend der vorhergehenden Untersuchung der Pflanzenwelt des Tibestimassivs durchgeführt.

Der SW-Hang des Mt. Tahat im Bereich des Westprofiles sowie der SSW-Hang unterhalb von In Toukfissine im Raume des Ostprofiles stellen hier die beiden nach Morphologie, Exposition und geographischer Lage jeweils einheitlichen Hangsysteme dar, deren Fundorte zu getrennten Korrelations- und Regressionsanalysen herangezogen werden.

Der Untersuchung des Zusammenhanges zwischen relativen Arealtypenspektrenanteilen des tropischen Florenelementes i. w. S. und der Höhenlage entsprechender Fundorte zur Folge nimmt mit einer hohen Wahrscheinlichkeit am SW-Hang des Mt. Tahat (Westprofil) der relative Anteil tropischer Arten i.w.S. an den Arealtypenspektren um 2,64 % pro 100 m Höhenzunahme der Fundorte ab, wohingegen am SSW-Hang des Ostprofiles eine Tendenz entsprechender Abnahme um 2,79 % pro 100 m Höhenzunahme angedeutet ist (vgl. Tab. 9).

Beide Abnahmegradienten liegen zueinander in etwa der gleichen Größenordnung und entsprechen nahezu dem Gradienten, der für den Emi Koussi Hang zwischen 1800 m und 2500 m Höhe errechnet werden konnte. Sie liegen jedoch unter dem entsprechenden Gradienten des Toussidé Bereiches, wofür die Differenzen der Ausgangsgrößen entscheidend sein dürften.

Das saharo-arabische Florenelement weist nach den Regressions- und Korrelationsrechnungen sowohl am SW-Hang des Westprofiles als auch am SSW-Hang des Ostprofiles ein insgesamt völlig indifferentes Verhalten zur Höhenlage der Fundorte auf (vgl. Tab. 9). Im Prinzip bleibt der Anteil der S-Arten in allen Höhenstufen somit etwa gleich.

Die Abnahme des relativen Anteils tropischer Arten i.w.S. mit der Höhe kann daher von den eurytopen Spezies her nur durch die außertropischen Arten i.w.S. kompensiert werden.

Allein am SW-Hang des Westprofiles (Mt. Tahat) besteht zwischen 1000 m und 2000/2050 m Höhe eine relativ gesicherte Tendenz der Zunahme des S-Anteils an den Arealtypenspektren um 1,36 % pro 100 m Höhenzunahme (vgl. Abb. 26).

---

9 *J. Dubief*, *Le climat du Sahara*, Bd. II, 1963; *D. Yacono*, in: *Trav. Inst. Rech.Sahar.* 1968, T.2

Tabelle 9: Tabelle v. Arealtypenspektrenanteilen/Meereshöhe d. Fundorte Hoggar

No	Variablen	Anteilsformel d. Florenelemente a. d. Arealtypenspektren	N	r	Regressionsgleichung	Sign. niveau	Bereich
1	rel. Anteil v. T+TS/Höhe	$\frac{(T+TS) \times 100}{(T+TS)+S+(A+AS)}$	17	0,913	$y = -0,0264x + 72,47$	++	SW Hang Westprof.
2	"	"	6	0,812	$y = -0,0279x + 69,98$	+	SSW Hang Ostprof.
3	rel. Anteil v. S /Höhe	$\frac{S \times 100}{(T+TS)+S+(A+AS)}$	16	0,010	$y = -0,0001x + 37,07$	-	SW Hang Westprof.
4	"	"	8	0,787	$y = +0,0136x + 18,28$	+	SW Hang Westprof.
5	"	"	8	0,464	$y = +0,0044x + 24,13$	-	1000 - 2050 m
6	"	"	7	0,299	$y = +0,0036x + 37,66$	-	s.o.ab 2000/2050m SSW Hang Ostprof.
7	rel. Anteil v. A+AS/Höhe	$\frac{(A+AS) \times 100}{(T+TS)+S+(A+AS)}$	18	0,874	$y = +0,0337x - 21,27$	++	SW Hang Westprof.
8	"	"	7	0,815	$y = +0,0247x - 5,35$	+	SSW Hang Ostprof.
9	rel. Anteil v. Endm+Enda / Höhe	$\frac{(Enda+Endm) \times 100}{(Enda+Endm)+(T+TS)+S+(A+AS)}$	16	0,791	$y = +0,0062x - 4,20$	++	SW Hang Westprof.
10	"	"	6	0,391	$y = +0,0051x - 0,84$	-	SSW Hang Ostprof.

Zu den Abkürzungen vgl. Tab. 4

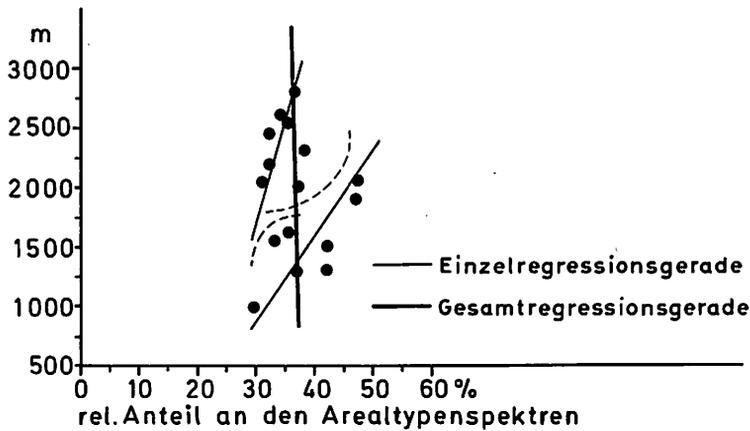


Abb. 26: Regressionsdiagramm S Florenelement/Hoggar, SW Hang, Westprofil

Nach einer weiteren korrelativen Analyse erhöht sich im Bereiche des Mt. Tahat (SW Hang) der relative Anteil des außertropischen Florenelementes i.w.S. an den Arealtypenspektren mit hoher Wahrscheinlichkeit um 3,37 % pro 100 m Höhenzunahme, wohingegen am SSW-Hang des Ostprofiles eine weniger signifikant gesicherte Tendenz entsprechender Zunahme von 2,47 % pro 100 m zu verzeichnen ist (vgl. Tab. 9).

Demnach liegt der Zunahmegradiant am SSW-Hang des Ostprofiles unter demjenigen des Mt. Tahat Bereiches. Er entspricht jedoch weitgehend dem Abnahmegradianten des relativen Anteils tropischer Flora i.w.S., wohingegen am SW-Hang des Westprofiles die Abnahme des relativen Anteils tropischer Spezies i.w.S. an den Arealtypenspektren mit der Höhe in etwas geringerer Quantität erfolgt als die Zunahme des relativen Anteils außertropischer Arten i.w.S., weil dort das letztlich doch differenzierbare Verhalten des S-Florenelementes in Relation zu der Höhe eine zusätzliche positive Komponente einbringt.

Der floristische Zunahmegradiant außertropischer Flora i.w.S. liegt für den Mt. Tahat SW-Hang in der gleichen Größenordnung wie der entsprechende Gradient des Emi Koussi (bis 3100 m); ebenso derjenige des SSW-Hanges des Ostprofiles wie der des Pic Toussidé. Die jeweils höchsten Massive von Hoggar und Tibesti machen ein ähnliches relatives Verhalten des außertropischen Florenelementes i.w.S. zur Meereshöhe deutlich.

Das Enda-Florenelement nimmt im Bereiche des Hoggarmassivs anders als im Tibestigebirge eine nur sehr untergeordnete Stellung ein. Daher erscheint eine getrennte Analyse der Enda- und der Endm-Florenelemente weniger sinnvoll, zumal jedes für sich kaum in eine lineare Beziehung zur Höhenlage der Fundorte gebracht werden kann.

So sollen die entsprechenden Regressions- und Korrelationsrechnungen für das stenotope Florenelement i.w.S. (Endm+Enda)<sup>10</sup> durchgeführt werden.

Im Bereiche des Westprofils am Mt. Tahat erhöht sich mit hoher Wahrscheinlichkeit der relative Anteil des stenotopen Florenelementes i.w.S. an den Arealtypenspektren um 0,62 % pro 100 m Höhenzunahme, während die entsprechende Steigerung um 0,51 % im Bereiche des SSW-Hanges des Ostprofils Ausdruck eines nicht signifikant abzusichernden analogen Zusammenhanges ist (vgl. Tab.9). Im Raume des Tibestigebirges erfolgt die Steigerung des relativen Anteils des stenotopen Florenelementes i.w.S. an den Arealtypenspektren mit einem etwa viermal höheren Gradienten als im Raume des Hoggar.

### e) Integrierte Betrachtung der Höhenstufen des Hoggar

Eine unterste floristische Höhenstufe reicht im Raume des Westprofils bis in ca. 1250 m Höhe, in demjenigen des Ostprofils bis ca. 1350 m Höhe. In ihr weisen 91,67 % aller Fundorte keine Endemitenarten auf. Es handelt sich um die 'Stufe fast ohne Endemitenflora' innerhalb der 'saharisch-tropischen Flora-Stufe', welche nach oben in der wohl markantesten floristischen Höhengrenze, der 'sekundären floristischen Höhengrenze der Tropen' bei 1400 m - 1700 m ihre Limitierung findet. Diese Grenze selbst liegt nun innerhalb der 'außertropischen Endemitenflora-Stufe', welche bei 1250/1350 m einsetzt und bis in die Gipfelregionen reicht. In ca. 2100 m Höhe befindet sich wohl im Rahmen beider Profile die 'partielle floristische Höhengrenze der Sahara', die am SW-Hang des Mt. Tahat mit einem angedeuteten negativen Sprung des relativen Anteils der S-Arten an den Arealtypenspektren koinzidiert, was ihrem Wesen durchaus entspricht. Darüber hinaus vermag nur noch das Westprofil eine Höhenstufung zu zeigen. Es folgt dort die 'außertropisch i.w.S. - saharische Flora-Stufe' und darüber eventuell erneut die 'saharisch-außertropische Flora-Stufe'.

### f) Beziehungen zwischen Flora und Klimaparametern

Aufbauend auf dem Dominanzprofilogramm (Abb. 24) sollen die Zusammenhänge zwischen floristischer Höhenstufung und Klimaparametern einer qualitativen Analyse unterzogen werden.

Ein Diagramm von *J. Dubief*<sup>11</sup> dient als Grundlage der Untersuchung von Beziehungen des Jahresniederschlagsaufkommens (1960) mit den in das Diagramm eingezeichneten floristischen Höhenstufen (vgl. Abb. 27 a)

---

10 Das stenotope Florenelement i.w.S. beinhaltet das Endm- und das Enda-Florenelement, wohingegen die Enda-, Endm- und Ends-Florenelemente zusammen das End-Florenelement i.w.S. bilden.

11 *J. Dubief*, Le climat, Bd. II, 1963, Fig. 61. *J. Dubief* bezeichnet 1960 als Normaljahr, es kann so als einigermaßen repräsentativ gelten.

Die geringsten Ansprüche an den hygrischen Klimafaktor stellt danach die 'saharisch-tropische Flora-Stufe'. Der 'sekundären floristischen Höhengrenze der Tropen' entspricht etwa die 75 mm Isohyete. Der 'saharisch-außertropischen Flora-Stufe' ist ein Jahresniederschlagsaufkommen von 75 - 133 mm entsprechend. Die 'untere partielle floristische Höhengrenze der Sahara' koinzidiert danach in etwa mit einer Jahresniederschlagssumme von 133 mm. Die 'außertropisch i.w.S. - saharische Flora-Stufe' fällt demnach mit der feuchtesten Höhenstufe des Hoggargebirges zusammen, wie ja die sie prägenden Arten auch gemäß ihrer ökophysiologischen Charakterisierung bei der horizontal differenzierten Analyse als die jeweils hygrophilsten Spezies anzusehen sind, die im Raume des Hoggar vorkommen.

Die mögliche Obergrenze dieser Flora-Stufe fiel mit der 150 mm Isohyete zusammen. Die floristische Zusammensetzung des nach oben folgenden Fundortes entspricht einem abnehmenden Niederschlagsangebot.

Als Grundlage der folgenden Untersuchung des Zusammenhanges zwischen floristischen Höhenstufen und Temperaturparametern dienen mehrere Diagramme von *D. Yacono* (1968, T. 2), in die jeweils diejenigen floristischen Höhengrenzen des Westprofiles eingezeichnet worden sind, die mit dem jeweiligen Klimaparameter in einen ökophysiologisch sinnvollen Zusammenhang gebracht werden können.

Dabei soll die Monatsmitteltemperatur des Dezember 1960 (Abb. 27 b) für die Mitteltemperatur des kältesten Monats, die Minimumtemperatur des Januar 1960 (Abb. 27 c) für die mittlere Minimumtemperatur des kältesten Monats und die absolute Minimumtemperatur (Abb. 27 d) für eine untere Höhengrenze des Frostes stehen.

Die 'sekundäre floristische Höhengrenze der Tropen' koinzidiert mit der Mitteltemperatur des kältesten Monats von  $11,0^{\circ}\text{C}$  sowie mit der mittleren Minimumtemperatur des kältesten Monats von  $4,7^{\circ}\text{C}$ .

Die absolute Frostgrenze (1300 m) liegt allerdings um ca. 400 m unter der sekundären Höhentropengrenze.

Es wird bestätigt, daß vor allem die TS-Arten, die im Hoggargebirge den Hauptanteil der tropischen Spezies i.e.S. stellen, die Frostgrenze überschreiten und an einer Wärmemangelgrenze ihre entscheidende Limitierung finden.

Die 'untere partielle floristische Höhengrenze der Sahara' koinzidiert mit einer Juli-Mitteltemperatur von  $24,0^{\circ}\text{C}$  (vgl. Abb. 27 b) und mit einer Maximumtemperatur des Juli von  $29,0^{\circ}\text{C}$ .

Die relative Gemäßigkeit der thermischen Ansprüche außertropischer Arten i.w.S. wird hiermit bestätigt.

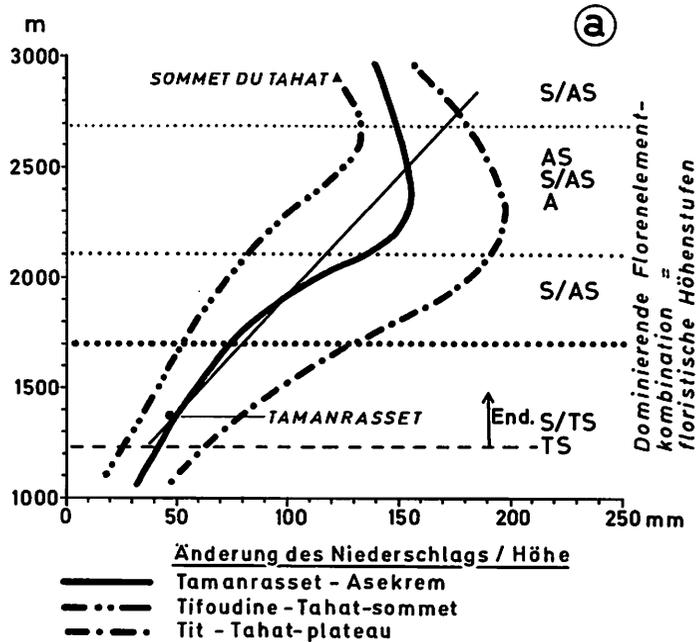


Abb. 27 a: Höhe der Niederschläge (J. Dubief, 1963), „Normaljahr“ 1960

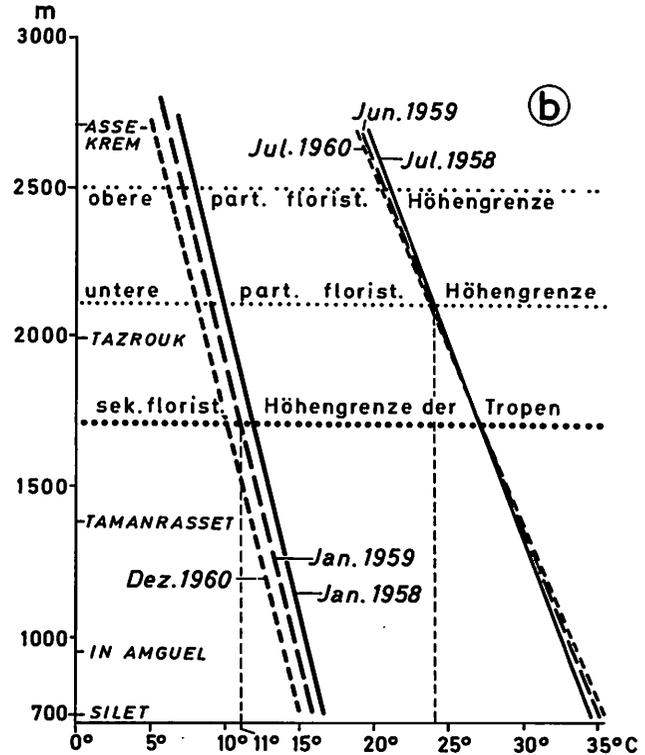


Abb. 27 b: Abnahme der Monatsmitteltemperatur mit der Höhe (D. Yacono, 1968)

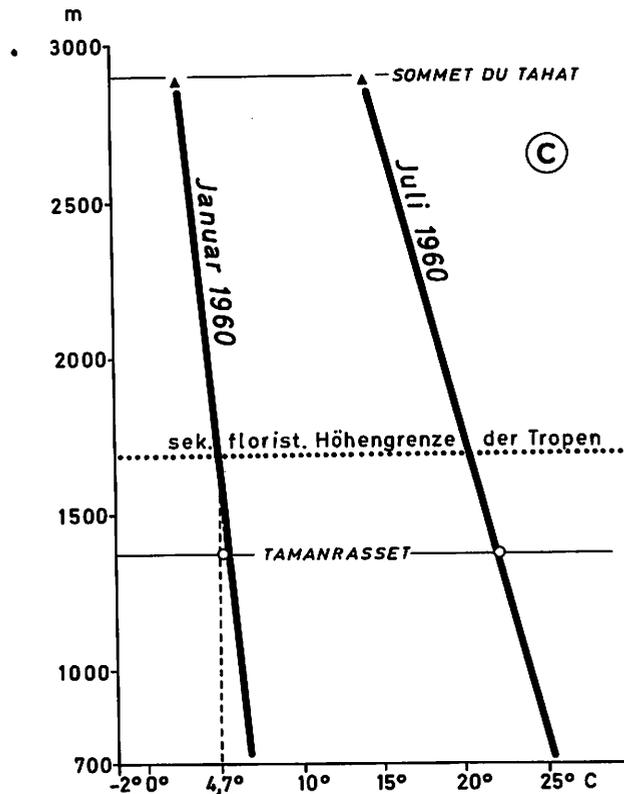


Abb. 27 c: Änderung der mittleren monatlichen Minimumtemperatur mit der Höhe (D. Yacono, 1968)

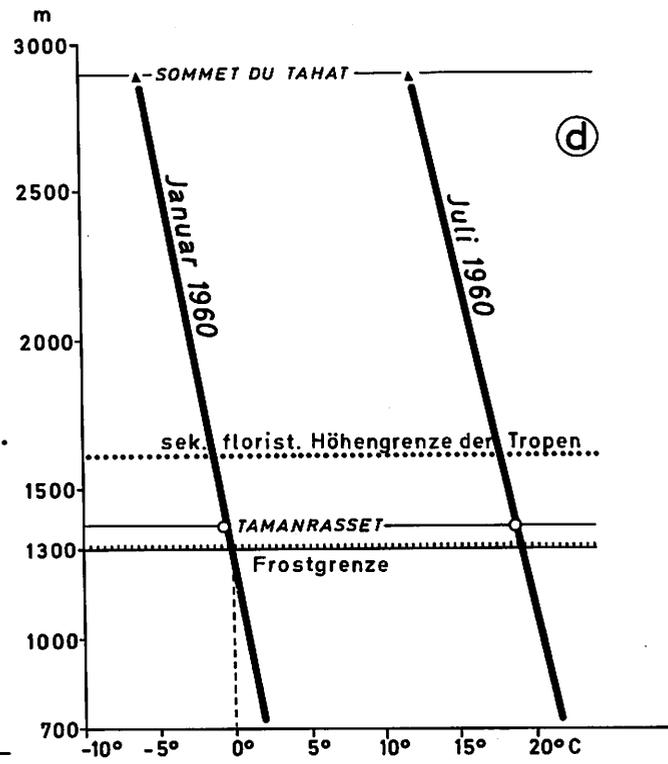


Abb. 27 d: Änderung der absoluten Minimumtemperatur mit der Höhe (D. Yacono, 1968)

#### IV. Zusammenfassender Vergleich der horizontal und der vertikal differenzierten Analysen

Das Arealtypenspektrenkartogramm macht eine relativ gleichmäßige Veränderung der Flora von Norden nach Süden deutlich. Küstenregionen, Gebirgsräume und Oasen verhindern indes ein einfaches N-S gerichtetes Kontinuum, so daß das Gesamtbild im Sinne der Lautensachschen Formenwandlehre einem „planetarischen Formenwandel“<sup>1</sup> mit abweichend peripher-zentraler Tendenz vor allem an der West- und Ostküste sowie inselhaften Ausnahmen von Oasen und Gebirgsräumen nahekommt.

Von Norden nach Süden treten folgende Florenelementdominanzen hervor: A, AS, S-AS (A), S-TS (T), TS, T.

Diese Reihenfolge wird bei dem „hypsometrischen Formenwandel“ der Flora beider Hochgebirge keineswegs eingehalten. Einige Florenelemente fehlen dort weitgehend: die S-TS-Florenelementdominanz im Raume des Tibesti, ebenso dort das außertropische Florenelement i.e.S.

Eine weitgehende Übereinstimmung besteht jedoch darin, daß bei dem primär „planetarischen“ und sekundär „zentral-peripheren Formenwandel“ nach Norden hin ebenso wie bei dem „hypsometrischen Formenwandel“ von unten nach oben die tropische Flora immer mehr zugunsten der außertropischen Flora zurücktritt.<sup>2</sup>

Die aus den Arealtypenspektrenanalysen jeweils mit Hilfe der Dominanzmethode entwickelten Dominanzkartogramme und Dominanzprofilogramme erlauben, die Florenregionen den Flora-Stufen vergleichend an die Seite zu stellen.

Die entsprechende Tabelle (Tab. 10) macht deutlich, daß nicht jeder Florenregion eine Flora-Stufe gegenübersteht und andererseits die floristischen Höhenstufen nicht alle mit einer oder mehreren Florenregionen parallelisiert werden können.

Die Rolle der Endemitenflora hat sich zudem für die Hochgebirge ungleich bedeutender dargestellt, als dies für den weitaus größten Teil des Raumes der horizontal differenzierten Analyse der Fall ist.

Die floristischen Höhengrenzen des Hoggarwestprofils konnten mit Klimaparametern qualitativ in Beziehung gesetzt werden. Diese sollen nun denjenigen Klimaparametern, die mit den horizontalen floristischen Grenzlinien statistisch korrelieren, verglichen werden.

---

1 vgl. H. Lautensach, *Methodische Grundgedanken*, 1952 (1972), S. 448 ff., im folgenden wird auf die „Formenwandlehre“ des öfteren eingegangen ohne fortwährend zu zitieren

2 H. Lautensach, vgl. Anm. 1; Der Formenwandel der Flora in der Sahara kann in strengem Sinne nicht als ein durchweg planetarischer beschrieben werden (s.o.). Es handelt sich um einen primär „planetarischen Formenwandel“, da das Element des planetarischen Wandels eindeutig überwiegt. Der Formenwandel der Flora ist jedoch in einem sekundären Sinne „zentral-peripher“, da in Teilräumen, vor allem an der Ost- und Westküste, ein „zentral-peripherer“ Formenwandel gleichsam als Sonderfall auftritt.

Tab. 10: Vergleichende Tabelle der Höhenstufen von Hoggar u. Tibesti

Sahara (horiz. diff.)	Hoggar(Höhenst.)	Tibesti(Höhenst.)
Tropen-Randraum floristische Süd- grenze der Sahara Randlicher Tropen- Wüstenraum	↑	Tropische Flora- stufe
primäre floristische Tropengrenze	↑	Eigentliche florist. Höhengrenze der Tropen
Zentraler Wüsten- Subtropen-Tropen- raum sekundäre floristische Tropengrenze (Außertropengrenze)	saharisch-tropische Flora-Stufe  sekundäre floristische Höhengrenze der Tropen	↑
Zentraler Wüsten- Subtropenraum primäre floristische Südgrenze der außer- tropischen Sahara Randlicher Subtropen- Wüstenraum floristische Nord- grenze der Sahara	saharisch-außer- tropische Flora-Stufe  untere partielle floristische Höhen- grenze der Sahara außertropisch i.w.S. - saharische Flora- Stufe	außertropische Flora- Stufe
Subtropen-Rand- raum		(Stufe absoluter Endm-Dominanz)
	obere partielle floristische Höhen- grenze der Sahara saharisch-außertro- pische Flora-Stufe	↓

Die 'sekundäre floristische Höhengrenze der Tropen' koinzidiert im Bereich des Hoggarwestprofils mit einer mittleren Minimumtemperatur des kältesten Monats von 4,7°C, die 'sekundäre floristische Tropengrenze' dagegen mit einer entsprechenden Temperatur von 7,2°C.

Die Temperatur- und Strahlungsbedingungen im Rahmen des primär „planetarischen Formenwandels“ sind jedoch nicht mit denjenigen des „hypsometrischen Formenwandels“ gleichzusetzen. So nimmt z.B. im Bereiche des Hoggar die Tagesschwankung der Temperatur mit der Höhe deutlich ab<sup>6</sup>, so daß die Tagesschwankungen an der 'sekundären floristischen Tropengrenze' über denjenigen an der 'sekundären floristischen Höhengrenze der Tropen' liegen dürften. Die Strahlungsintensität wird zudem in den Gebirgsräumen intensiver sein als in den Ebenen. Danach könnten an beiden floristischen Grenzen ähnliche pessimale Temperaturbedingungen (absolute Minima) herrschen und den Pflanzen zudem ähnliche Energiesummen zur Verfügung stehen.

Die 'untere partielle floristische Höhengrenze der Sahara' ist zwar kaum mit der 'floristischen Nordgrenze der Sahara', sondern eher mit der 'primären floristischen Südgrenze der außertropischen Sahara' zu parallelisieren, dennoch koinziiert sie mit einer Jahresniederschlagssumme von 133 mm, die weit über dem Niederschlagsaufkommen liegt, mit dem die 'floristische Nordgrenze der Sahara' koinziiert (95 mm). Die Temperaturen an der Höhengrenze sind zudem geringer, die Humidität also in der Gesamtbilanz noch weit größer, als es das Verhältnis von 133 mm zu 95 mm Niederschlag aussagen kann.

Eine Erklärungsmöglichkeit dieser Diskrepanz könnte die Flora selber liefern. Möglicherweise sind die Gipfelbereiche des Hoggar floristisch weniger außertropisch i.w.S. geprägt als nach den Klimaparametern zu erwarten wäre, weil viele der außertropischen Arten (vor allem: i.e.S.) das im Zentrum der Sahara gelegene Hoggargebirge mit ihren natürlichen Verbreitungsmitteln nicht mehr zu erreichen vermögen, und so 'saharischere' Arten teilweise ihren Platz einnehmen, die ja, wie des öfteren aufgezeigt, keineswegs xerophil sind, sondern sich unter relativ humiden Bedingungen artenreicher zu entfalten vermögen. Zudem könnte der durch eine hohe Reliefenergie bedingte enorme Abfluß die Menge des pflanzenverfügbaren Wassers entscheidend vermindern.

Der primär „planetarische Formenwandel“ der Flora entspricht demnach nur in großen Zügen dem „hypsometrischen Formenwandel“; im Detail ergeben sich zahlreiche Abweichungen, weil Höhenklimata dem vergleichbaren Tieflandsklima keineswegs voll entsprechen (Einstrahlung!), zum anderen auch wohl viele Tieflandsarten die sehr isolierten Gebirgsmassive nicht mehr zu erreichen vermögen.

Zudem gilt zu bedenken, daß ein primär „planetarischer Formenwandel“ der Flora, dem Distanzen von Tausenden von Kilometern zur Verfügung stehen, kaum mit einem „hypsometrischen Formenwandel“ der Flora koinzidieren kann, der auf höchstens mehrere Kilometer Hangstrecke beschränkt ist.

Für den Gesamtzusammenhang der horizontalen, in der Regel dem „planetarischen Formenwandel“ folgenden floristischen Differenzierung in ihrer Abhängigkeit von Umweltparametern, erscheint ein Vergleich des mehr „zentral-peripheren Formenwandels“ der Flora im Bereich der West- und der Ostküste aufschlußreich.

---

6 Dies trifft wohl auch auf die Jahresschwankung der Temperatur zu, so daß mit zunehmender Meereshöhe die Temperaturamplitude insgesamt kleiner wird, also auch zu weniger tiefen Minima ausschlägt als vergleichbare Tieflandswerte' (vgl. *D. Yacono*, 1968)

Der Westküstenbereich ist infolge der Einwirkung des kalten Kanarenstromes (reduzierte Verdunstung etc.) weniger arid als die sich nach Osten anschließende Westsahara. Diese geminderte Aridität nutzen unmittelbar an der Küste in erster Linie außertropische Spezies, obwohl die Küstenregion frostfrei ist, also tropischen Arten ein Vorrücken anbieten müßte; doch schaltet wohl das durch den kalten Kanarenstrom reduzierte Wärmeangebot die Konkurrenz tropischer Arten weitgehend zugunsten der außertropischen Arten aus. Dafür spricht auch, daß in einem Abstand von der Küste, wo noch Frostfreiheit herrscht, aber das Wärmeangebot deutlich höher liegt als unter dem unmittelbaren Einfluß des Kaltwasserstromes, die tropischen Arten in ihrer relativen Stellung lobenförmig von Süden nach Norden vorstoßen, so daß etwa entlang der Südgrenze von Spanisch-Sahara von W nach E ein „zentral-peripherer Formenwandel“ der Flora von relativ außertropischer zu tropischer und ausgesprochen saharischer Flora erfolgt (vgl. Karte 12).

An der Ostküste beeinflußt dagegen kein kalter Meeresstrom die Verteilung der Florenelemente im Raum. Es herrscht Frostfreiheit bei einem hohen Wärmeangebot und teilweise geminderte Aridität (Nebel, Winterregen, Sommerzuflüsse von Wadiwasser aus dem Bergland, Meerwasser für Mangrovenvegetation).

Diese Bedingungen erlauben der tropischen Flora einen extrem weiten küstenparallelen dominierenden Vorstoß nach Norden, so daß von E nach W im Sinne des „zentral-peripheren Formenwandels“ der Flora tropische Flora und saharische Flora aufeinander folgen.

Die im Vergleich zur Westküste fehlende Temperaturdämpfung verhindert wohl weitgehend ein Vordringen außertropischer Flora nach Süden. Sie ist bei hohen Temperaturen der Konkurrenz tropischer Arten nicht in ausreichendem Maße gewachsen.

### C. Zusammenfassende Übersicht über die Ökologie der Flora des Untersuchungsraumes

Entgegen den Vorstellungen von einer weitgehend pflanzenleeren Sahara spielt auch dort die interspezifische und intraspezifische Konkurrenz der Pflanzen eine wesentliche Rolle (vgl. *H. Walter*, 1960), da selbst ein extremer Trockenraum durch seinen Vegetationsbestand hinsichtlich seines 'Ökopotentials' nahezu abgesättigt ist.

Die potentielle Phytomasse ist dabei weitgehend vom Wasserpotential abhängig.

Bei fast allen im Rahmen der vorliegenden Arbeit analysierten Florenelementen konnten eindeutige Beziehungen zu dem Niederschlagsaufkommen bzw. einem Ariditätsindex festgestellt werden.

Dem scheint zu widersprechen, daß die Pflanzen in der zentraleren Sahara weitgehend an den Verlauf von Wadis, d.h. auch an oberflächennahe Grundwasserströme oder an Senken gebunden sind (kontrahierte Vegetation), in denen mitunter soviel Wasser zusammenströmt, daß es einem Niederschlagsaufkommen unserer Breiten nahekommt (vgl. *H. Walter*, 1973).

Diese Phänomene sind jedoch von dem Niederschlagsregime keineswegs unabhängig.

Trotz des angenommenen Zusammenströmens von beispielsweise 400 mm Wasser/Jahr müssen die Pflanzen des Trockenraumes sehr lange Dürreperioden überdauern, so daß die Wasserversorgung nicht mit der unserer Breiten gleichzusetzen ist, zumal auch die enorme Evapotranspiration eines Trockenraumes berücksichtigt werden muß.

Die Länge der Dürreperiode ist wie die Verdunstungskraft indirekt in den gewählten Ariditätsindex eingegangen, zudem korrelieren beide Faktoren mit der Niederschlagshöhe, überdies strömt bei gleichem Einzugsgebiet um so mehr Wasser zusammen, je mehr fällt.

Selbst eine oberflächennahe Grundwasserführung ist ja nicht unabhängig von dem atmosphärischen Feuchteregime, denn dort, wo es allgemein feuchter ist, finden sich auch mehr edaphisch/phreatisch-feuchte Standorte, so daß insgesamt bei makroskopischer Betrachtung das Niederschlagsaufkommen, mehr noch der Ariditätsindex, das pflanzenverfügbare Wasser auch in einem Trockenraum mit häufig kontrahierter Vegetation gut zu repräsentieren vermag, wenn man etwa von Meeresstrandformationen wie der Mangrove sowie der Vegetation der Oasen absieht.

Einzelne in der vorliegenden Arbeit analysierte Florenelemente sollen nun in ihrem ökologisch-chorologischen Verhalten möglichst kausal gekennzeichnet werden.

Die Empfindlichkeit *tropischer Arten* i. w. S. gegenüber tiefen Temperaturen bzw. Frost erweist sich unter anderem in der Koinkidenz zwischen Frostgrenze und 'primärer floristischer Tropengrenze', darüber hinaus darin, daß jenseits der absoluten Frostgrenze mit einer hohen Wahrscheinlichkeit nicht mehr tropische Arten i. e. S. als 1 % in den Arealtypenspektren auftreten.

Es stellt sich die Frage nach den physiologischen Ursachen von Frostempfindlichkeit und Frostresistenz.

Nach *U. Heber* und *K. A. Santarius*<sup>1</sup> treten Frostschäden bei Pflanzen durch „Inaktivierung“ vor allem der Thylakoidmembranen in den Chloroplasten auf; Ursache ist die interzelluläre Eisbildung und eine daraus folgende Entwässerung der Zellen, was zu Anreicherung von toxischen Zelleninhaltsstoffen und Elektrolyten an den Membranen und damit zu einer Behinderung der ATP-Synthese führen soll.

Eine derartigen Schädigungen entgegenwirkende echte Frostabhärtung, die Pflanzen unserer Breiten mit Beginn der kalten Jahreszeit durchmachen, können tropische Spezies nicht erreichen, weil dazu ein ausgesprochener Jahresgang der Temperatur mit periodischen Frösten wie auch eine deutlichere Veränderung der Tageslänge notwendig sind.

Da nun das Hauptverbreitungsgebiet auch der sahelischen oder sudanischen Randtropenpflanzen in einem relativ isothermen, nahezu frostfreien Raum, mit Kurztagphotoperiodismus liegt, besteht für sie keine Möglichkeit, in ihren Vegetations-

---

1 *U. Heber, K. A. Santarius*, Empfindlichkeit, Umschau, 1971, 25, S. 930-936 + *K. A. Santarius*, Ursachen, Ber. Dt. Bot. Ges. 84, 1971, S. 425-436

rhythmus einen Abhärtungsvorgang einzubauen, der sich auch genetisch irgendwie fixieren könnte.

Daher stellen episodisch auftretende Fröste an der absoluten Frostgrenze derartigen Tropenpflanzen eine bedeutende Verbreitungsschranke entgegen.

In erster Linie werden davon Keimlinge und Jungpflanzen betroffen, da juvenile Phasen auch die empfindlichsten im Pflanzenleben sind.<sup>2</sup>

Womöglich vermögen in frostfreien Jahren bei nicht zu trockenen Bedingungen auch jenseits der absoluten Frostgrenze Sämlinge tropischer Spezies (i.e.S.) zu keimen, wenn ausreichende Temperatursummen zur Verfügung stehen. Bei Auftreten von Frost sterben sie wieder ab, so daß im Raume der absoluten Frostgrenze wohl eine ständige Florendynamik herrscht.

Die offensichtliche Unfähigkeit tropischer Arten zu osmotisch bedingter Gefrierpunktdepression, welche es gerade den subtropischen Arten erlaubt, Temperaturen bis zu  $-15^{\circ}\text{C}$  zu überdauern<sup>3</sup>, könnte im ariden Raum der Südsahara durch das Zusammenfallen von Wintertrockenheit und relativ niedrigen Temperaturen bedingt sein. Mit dem Gesamtzuckergehalt und dem osmotischen Druck hat nämlich auch der Wassergehalt in % des Trockengewichtes anzusteigen<sup>4</sup>, wenn eine ausreichende Plasmaviskosität weiterhin gegeben sein soll.

Gerade dies dürfte für die randtropischen Arten während der Trockenzeit erschwert sein, zumal bei geringeren Temperaturen auch die Wasseraufnahme schwieriger wird.

Subtropische Arten (A-, AS- und wohl auch S-Florenelemente) wären demnach gerade bei winterlichen Niederschlägen eher zu einer osmotisch bedingten Gefrierpunktdepression in der Lage. Da sich der Vorgang bei verhältnismäßig guter Wasserversorgung abspielt, muß er aktiv sein. Womöglich geht daher tropischen Arten auch die Möglichkeit zu aktiver Steuerung des Zuckergehaltes etc. zum Zweck einer Gefrierpunktdepression des Zellsaftes ab, oder aber sie werden etwa an den Thylakoidmembranen bereits irreversibel geschädigt, bevor eine Wirkung der tiefen Temperaturen auf den Zellsaft möglich ist.

Die Tatsache, daß einige wenige T-, aber eine größere Anzahl von TS-Arten auch jenseits der absoluten Frostgrenze noch vorkommen, legt nahe, an eine abgestufte Empfindlichkeit zu denken, zumal der Zellsaft erst ab Temperaturen von  $-2^{\circ}\text{C}$  zu gefrieren beginnt. Dies läßt auch an eine bereits angedeutete entscheidende Rolle von Temperatursummen bei der Limitierung tropischer Pflanzenareale denken (s.u.).

TS-Therophyten könnten eventuell die Frostgrenze eher überschreiten, da sie an die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge gebunden, den Winter in der latenten Phase eines weitgehend dehydrierten Samens überdauern, dessen Frostempfindlichkeit bereits bei hygrophileren Spezies unter derjenigen einjähriger Sämlinge oder auch von Wurzeln ausgewachsener Pflanzen liegt.<sup>5</sup>

---

2 vgl. H. Walter, Grundlagen, Einf. in d. Phytolog. III, 1, 1960, S. 89

3 vgl. K. H. Kreeb, Ökophysiologie, 1974, S. 42 und S. 46

4 siehe Anm. 3, S. 46

5 vgl. W. Larcher, B. Mair, Die Temperaturresistenz als ökophysiologisches Konstitutionsmerkmal, I, Oecologia Plantarum, 4, 1969, S. 347-376

Die oben bereits angeführten hohen Temperatursummen (Wärmesummen) sind wohl für tropische Spezies i.w.S. Bedingung einer ausreichenden Stoffproduktion in Konkurrenz zu Arten anderer Hauptverbreitung, dies vor allem auch in der kälteren Phase des Jahres.

Eine Erklärung bietet die van t'Hoffsche Reaktionsgeschwindigkeitstemperaturregel an, die für alle enzymatisch katalysierten biochemischen Reaktionen gilt:

$$Q_{10} = \frac{RT + 10}{RT} = \text{ca. } 2 \quad (RT = \text{Reaktionsgeschwindigkeit bei der Temp. } T)$$

Demnach sind wegen ihres Hauptverbreitungsgebietes den tropischen Arten wohl auch genetisch fixiert höhere biochemische Reaktionsgeschwindigkeiten eigen als außertropischen Arten, die sich bei niedrigen Temperaturbedingungen infolge ständiger Mutationsprozesse herausgebildet haben. Im Wettbewerb sind die tropischen Arten daher bei hohen Temperaturen den außertropischen Arten überlegen, da die Temperaturoptima ihrer Photosyntheseaktivität vergleichsweise höher liegen, und sie so die hohen Temperaturen besser nutzen können. Bei niedrigeren Temperaturen, die dann eher dem Photosyntheseoptimum außertropischer Arten entsprechen, sind diese den tropischen Arten in ihrer Stoffproduktion dann deutlich überlegen.

Die differenzierenden Temperaturoptima von C<sub>3</sub> und C<sub>4</sub> Gramineae deuten zudem noch die Möglichkeit verschiedener Carboxylasewege (RUDP-Carboxylase und PEP-Carboxylase) an.<sup>6</sup>

Eine kombinierte Wirkung von episodischem Frost und zu geringen Wärmesummen limitiert wohl von der thermischen Seite her die Areale vieler tropischer Spezies i.w.S.

Die relative Hygrophilie tropischer Spezies i.e.S. läßt sich in ihrer Wirkung auf die Begrenzung der Areale anhand von Untersuchungen, die *O. L. Lange* in Mauritania durchgeführt hat, näher erläutern.<sup>7</sup>

*O. L. Langes* „Untertemperaturarten“ sind überwiegend dem tropischen Florenelement i.e.S. zuzuordnen, die „Übertemperaturarten“ dagegen ausschließlich dem S- oder dem TS-Florenelement.

Die „Untertemperaturarten“ weisen eine relativ geringe plasmatische Hitzeresistenz auf („primäre Hitzeresistenz“). Erst die Transpirationskühlung erlaubt ihnen, extrem heiße Standorte zu besiedeln, d.h. sie verschafft ihnen eine „sekundäre Hitzeresistenz“<sup>8</sup>.

Tropische Spezies i.e.S. bedürfen daher ständiger Wasserzufuhr, um große Hitze ertragen zu können. Daher nimmt wohl die absolute und relative Anzahl tropischer

---

6 vgl. *K. J. Treharne, J. P. Cooper*, Effect, 1969, S. 171 ff.

7 *O. L. Lange*, Untersuchungen, Flora, 1959, S. 595-651 + *O. Stocker*, Wasser- und Photosynthesehaushalt, Flora 159, 160, 1970/71.

Die geringe Zahl der von *O. L. Lange* untersuchten Arten erlaubt eigentlich nicht, die Aussagen als repräsentativ zu erachten, dennoch gestatten sie entscheidende Hinweise auf physiologische Zusammenhänge.

8 nach Untersuchungen von *O. L. Lange* an der Costa Brava ist der Temperaturtyp eine Reaktion auf den Temperaturstreß.

Arten i.e.S. in den zentraleren Wüstenraum hin immer mehr ab. und können sich diese Pflanzen dort nur noch an azonal edaphisch feuchten Standorten halten, die eine ausreichende Transpirationskühlung zur Vermeidung einer Dehydrierung und Vakuolisierung des Plasmas sowie von Viskositätsänderungen ermöglicht. Bei ausreichender Möglichkeit zur Transpirationskühlung reichen die Areale der T-Arten bis an die oben angesprochenen entscheidenden Wärmemangelgrenzen.

Die „Übertemperaturarten“, meist saharische Spezies i. w. S., sind dagegen mit einer so großen plasmatischen Hitzeresistenz ausgestattet, daß sie ohne Transpirationskühlung extrem heiße Standorte besiedeln können.

Darüber hinaus weisen nach *W. Larcher*<sup>9</sup> Wüstenpflanzen eine höhere Dürresistenz auf als etwa mediterrane Spezies (A).

Trotz einer hohen Austrocknungsresistenz<sup>10</sup> gehen die saharischen Arten i.w.S. zur Vermeidung von Dürreschäden wohl weitgehend den Weg der Austrocknungsvermeidung („drought avoidance“), d.h. sie schränken ihre Transpiration sehr stark ein, können aber bei ausreichendem Wasserangebot so intensiv transpirieren<sup>11</sup>, daß sie auch in einer nur sehr kurzen Zeitperiode eine insgesamt positive Stoffbilanz erreichen, die für eine Aufrechterhaltung von Lebensvorgängen entscheidend ist.<sup>12</sup>

Nach ökologischen Untersuchungen, die *O.L.* und *R. Lange*<sup>13</sup> an mediterranen Pflanzen (außertropisches Florenelement i.e.S.) durchgeführt haben, sind diese Arten bezüglich ihres Wasser- und Temperaturhaushaltes in etwa mit den von *O.L. Lange* in Mauritanien untersuchten Pflanzen vergleichbar.

Ähnlich wie unter Wüsten- und Savannenpflanzen kann man nach *O. L.* und *R. Lange* auch unter mediterranen Pflanzen Arten unterscheiden, bei denen eine Transpirationskühlung feststellbar ist und solche, die einer derartigen sekundären Plasmaresistenz offenbar nicht bedürfen.

Beiden Typen entspricht eine unterschiedliche Blattstruktur: sklerophylle und malakophylle Arten.

Es scheint nun so, daß eine mangelnde plasmatische Hitzeresistenz den malakophyllen Arten zur Wüste hin weitgehend dort eine Grenze setzt, wo nicht mehr genügend Wasser zu ausreichender Transpirationskühlung zur Verfügung steht. So wird die Anzahl der malakophyllen außertropischen Arten i.e.S. mit zunehmender Aridität immer geringer werden müssen (vgl. relative Hygrophilie des A-Florenelementes).

Nur an edaphisch azonal feuchten Standorten (Niltal, Oasen), die eine ausreichende Wasserzufuhr gewährleisten, kommen diese außertropischen Spezies noch weit außerhalb ihres Hauptverbreitungsgebietes vor. Sie finden dann dort ihre Grenze, wo

---

9 vgl. *W. Larcher*, Ökologie, 1973, S. 212 ff.

10 vgl. *J. Levitt*, Frost, drought and heat resistance, *Protoplasmatologia*, 8, Wien, 1958

11 *R. Harder* et alii, Notizen über Evaporation, *Flora*, 1933, S. 35 - 43 + *G. Lemée*, *L'économie*, *Vegetatio*, 1954, S. 534-541

12 vgl. *H. Walter*, siehe Anm. 2, S. 258 ff.

13 *O. L.* und *R. Lange*, Untersuchungen, *Flora* 153, 1963, S. 387 - 425

hohe Jahreswärmesummen sie in ihrer Stoffproduktion in Konkurrenz zu den tropischen Spezies i.w.S. und i.e.S. unterlegen sein lassen. Zonal bevorzugen die A-Spezies nach Süden hin jeweils Böden höherer relativer Wasserführung (ähnlich wohl auch die T-Arten) (vgl. *H. Walter*, 1960). Die betreffenden Pflanzen ziehen sich zunächst auf Sand- und Felsstandorte zurück, dann allein auf tiefe Felsspalten (vgl. *W. Kausch*, 1959), die das Wasser besonders lange der Verdunstung entziehen können, wozu überdies anzumerken ist, daß selbst das in den Gesteinen inkorporierte Wasser noch pflanzenverfügbar ist (vgl. *H. Walter*, 1973). Die sklerophyllen mediterranen (außertropischen i.e.S.) Bäume können nach *O. Stocker*<sup>14</sup> nicht in die Wüste eindringen, weil die randlichen Steppen infolge der „Doppelbegrenzung von Sommerdürre und Winterkälte baumfeindlich sind“. Allerdings sind gerade am Randsaum der Steppe zur Wüste hin in Südtunesien große *Olea*-Plantagen zwischen Medenine und Zarzis eingerichtet worden. Eine natürliche Regeneration dieser Bestände hat der Vf. nicht feststellen können. Es scheint demnach so zu sein, daß verhältnismäßig erwachsene sklerophylle außertropische (i.e.S.) Bäume durchaus noch am Rande der Wüste gedeihen können, wenn ihre Wurzeln den Grundwasserhorizont erreicht haben. Demnach liegt die Begrenzung von Arealen außertropischer Sklerophyllen (Bäume) wohl darin begründet, daß zur Wüste hin die Trockenperioden so ausgedehnt werden, daß es den Keimlingen dieser mediterranen Phanerophyten ohne künstliche Bewässerung nicht möglich ist, das Grundwasser zu erreichen, da die Keimlinge ein zu geringes Überdauerungsvermögen haben, und gerade im Winter dazu ihre Wachstumsgeschwindigkeit zu stark reduziert ist. Sommerdürre und Winterkälte sehränken also das Wachstumsvermögen der sklerophyllen Baumkeimlinge derart ein, daß sie auch bei einer Folge von niederschlagsreichen Jahren den Grundwasserhorizont nicht erreichen können. Die übrigen nichtphanerophytischen mediterranen Arten (A) sind zwar relativ hitzeresistent<sup>15</sup>, aber verglichen mit den saharischen Spezies i.w.S. weit weniger dürre-resistent<sup>16</sup>, so daß auch ihnen die zunehmende Dauer und Intensität der Trockenheit gegen das Innere der Sahara zunehmend ein Vorkommen erschwert.

---

14 vgl. *O. Stocker*, *Der Wasser.. II*, *Flora* 160, 1971, S. 492

15 vgl. *O. L. Lange, R. Lange*, siehe Anm. 13

16 vgl. *W. Larcher*, *Ökologie*, 1973, Tab. 29

## Résumé

L'analyse quantitative de la flore cherche à établir une classification et une délimitation floristique des régions arides de l'Afrique du Nord (cf carte 1), dont R. Schnell (1971) a bien exprimé le problème principal: „dans quelle mesure, dans quelle proportion de son étendue, le Sahara est à considérer comme faisant partie du monde biologique tropical.”

Les aires d'un maximum de plantes holarctiques, paléotropicales et saharo-arabes ont été analysées. Il faut recenser pour tous les habitats le nombre de taxa des différentes formes biogéographiques. Si les taxa d'une forme biogéographique holarctique sont prépondérants, l'habitat fait partie du monde biologique holarctique; si les taxa d'une forme biogéographique paléotropical sont prépondérants, l'habitat fait partie du monde biologique paléotropical. S'il y a une prépondérance des espèces saharo-arabes, l'habitat est à considérer comme intermédiaire dans le sens chorologique.

Les aires d'environ 4700 espèces ont été analysées dans quelques milliers d'habitats. A l'aide d'un quadrillage tous les habitats ont été réduits à 820 'quasi-habitats' de 80 kilomètres carrés (cf par exemple carte No 3).

L'aire des taxa est le critère principal du regroupement des espèces suivant la forme biogéographique. Tous les taxa d'un même type de l'aire ont été réunis dans un groupe floristique (forme biogéographique, géo-élément). Ce sont d'abord les plantes holarctiques (A); saharo-arabes (S) et paléotropicales (T). Les taxa paléotropicaux sont d'origine sahélienne ou est-africaine; les taxa holarctiques comprennent les espèces méditerranéennes, macaronésiennes, irano-touraniennes et l'élément steppique. Il y a encore deux formes biogéographiques de liaison (Eig, 1931): les taxa saharo-paléotropicaux (TS) et les taxa saharo-holarctiques (AS), appartenants respectivement à l'empire paléotropical ou bien holarctique. Pour les endémiques, ceux de souche méditerranéenne (Endm), de souche africaine tropicale (Enda) et de souche saharienne (Ends) ont été distingués (géno-élément). Il faut encore mentionner les cosmopolites (P).

D'abord les aires des neuf formes biogéographiques ont été analysées. Dans les cartes des formes biogéographiques (cartes 3-9) le nombre absolu des taxa de chaque forme biogéographique est représenté pour chaque carré d'habitat. Les valeurs critiques des nombres absolus des espèces ont été fixés à l'aide de la méthode statistique „de l'écart-type”. Si l'on compare les aires des géo-éléments on peut constater que les taxa des différentes formes biogéographiques se mélangent surtout dans les montagnes du Sahara central et du Tibesti, dans le Sahara océanique et occidental, mais aussi dans la vallée du Nil et à la côte de la Mer Rouge comme dans les grandes oasis égyptiennes. Les figures 6, 7 et 8 représentent la courbe des nombres absolus des espèces de toutes les formes biogéographiques non-endémiques le long de quelques profils à travers le Sahara (cf fig. 5). On peut constater (fig. 9) que les maxima du nombre d'espèces de chaque forme biogéographique sont liés à une humidité accrue.

La distribution des spectres biogéographiques de chaque habitat est représentée dans les deux cartes de la carte No 10. On peut constater une continuité floristique des taxa holarctiques aux espèces paléotropicales. Il semble difficile de fixer les vraies limites des empires floraux dans une telle continuité.

Pour arriver quand même à une régionalisation floristique il a fallu grouper les habitats suivant les formes biogéographiques du premier rang ou du deuxième rang (cf. carte No 10). Les régions des habitats de la même forme biogéographique du premier rang ont été réunies dans un seul domaine floristique. Ces différents domaines floristiques sont séparés par des limites floristiques (cf. carte No 12). Du Nord au Sud on trouvera un domaine de la flore holarctique sensu strictu (A); la limite floristique nord du Sahara; un domaine de la flore de liaison holarctique et saharo-arabe (AS); la limite sud du Sahara holarctique; le domaine de la flore saharienne (S), qui est divisé en une partie d'influence de la flore holarctique et une autre d'influence de la flore paléotropical. Entre ces deux sous-domaines se trouve la limite secondaire de l'empire holarctique et de l'empire paléotropical (limite floristique secondaire des tropiques). Plus au sud la vraie limite floristique des tropiques est située entre le domaine de la flore saharo-arabe (S) et celle de la flore saharo-paléotropical (TS). La dernière limite floristique est la limite floristique sud du Sahara vers le domaine des espèces paléotropicales sensu strictu (T).

L'interdépendance entre la flore et le climat a été analysée ensuite par les méthodes statistiques suivantes: Rapport de corrélation, courbe de régression, corrélation multiple et coefficient Phi. Les tableaux 4 et 5 montrent les résultats des deux premières analyses statistiques. On peut souligner la corrélation positive des températures, surtout des températures moyennes avec la proportion des espèces des différentes formes biogéographiques paléotropicales (T, TS) dans chaque habitat, et des facteurs hydriques avec les taxa holarctiques et paléotropicaux sensu strictu (A,T).

Les relations entre les limites floristiques et les facteurs climatiques ont été analysées à l'aide du coefficient-Phi. Tous les résultats sont représentés dans le tableau 7, dont quelques exemples sont donnés ci-dessous. La limite floristique nord du Sahara correspond à un indice d'aridité de 90 (Reichel:

$\frac{P \times \text{jours de pluie}}{T + 10}$ ), à la moyenne annuelle des précipitations

de 95 mm et à la moyenne annuelle des maxima de température de 27,2°C. La limite floristique des tropiques est en étroite relation surtout avec les températures de l'air sous abri: d'abord avec la moyenne mensuelle du mois le plus froid qui est de 18°C, avec la moyenne annuelle des températures de 24,5°C, avec la moyenne mensuelle des minima du mois le plus froid de 9,5°C et enfin avec la limite sud des gelées accidentelles. La limite floristique sud du Sahara se trouve en étroite relation avec les moyennes annuelles des précipitations de 100 mm, l'indice d'aridité de 35 et les moyennes annuelles de la température de 26,0°C. On peut constater le rôle important des températures pour la délimitation de l'empire paléotropical.

L'analyse de la flore des hautes montagnes du Sahara (Hoggar, Tibesti) est restreinte à trois profils (cf fig. 14). Un abaissement continu de la flore paléotropical et une augmentation continue de la flore holarctique avec la hauteur est à constater pour le Tibesti (fig. 15) comme pour le Hoggar (fig. 23). Les proportions de la flore saharo-arabe ne changent presque pas avec la hauteur. Une analyse des endémiques nous montre l'augmentation de ces taxa avec la hauteur surtout dans le massif du Tibesti (cf fig. 17) où les endémiques de souche méditerranéenne deviennent prépondérants, à l'Emi Koussi dès 3125 m sauf au sommet et au Pic Toussidé vers 2200/2300 m. Au Tibesti on peut différencier deux niveaux

floristiques du premier rang (cf. fig. 16): un niveau à prépondérance des espèces paléotropicales (T + TS) jusque à 1800 - 2300 m et au dessus un niveau aux espèces saharo-holarctiques ou bien saharo-arabes. Au massif du Hoggar on ne trouve pas de niveau floristique vraiment tropical. Dans le bas Hoggar on trouve jusqu'à 1700 m environ le niveau floristique saharo-arabe/paléotropical (S/TS); ensuite le niveau saharo-holarctique/saharo-arabe et au dessus de 2100 m un niveau presque holarctique. Au sommet du Tahat le niveau saharo-holarctique/saharo-arabe semble apparaître encore une fois.

L'interdépendance des spectres biogéographiques et de la hauteur des habitats a été analysée à l'aide des méthodes statistiques déjà mentionnées. Les tableaux 8 et 9 montrent la variation des spectres biogéographiques avec la hauteur. La flore paléotropicale (T + TS) diminue par exemple à l'Emi Koussi environ de 2,2 % par 100 m.

Les analyses statistiques nous montrent la sensibilité des espèces paléotropicales aux basses températures ou au froid et leur besoin d'un maximum de sommation de température. Plus les températures sont élevées, plus vite se font les réactions chimiques (loi de van t'Hoff) et l'activité des enzymes sera plus forte chez les plantes de l'empire paléotropical tandis que les températures plus basses auxquelles sont adaptés les taxa holarctiques réduisent l'activité des enzymes chez les taxa tropicaux dans une telle mesure, qu'ils sont inférieurs aux espèces holarctiques dans la compétition floristique.

Les aires des plantes paléotropicales ne connaissent normalement pas de froids saisonniers ou de photopériodisme saisonnier; voilà pourquoi une évolution annuelle de la résistance aux basses températures ou au froid est impossible. Ainsi l'aire de la plupart des taxa sahéliens (T) est limitée vers le nord par les gelées accidentelles.

On peut aussi admettre que le point de congélation du suc cellulaire ne peut pas être abaissé chez les taxa paléotropicaux dans la même mesure que chez les plantes méditerranéennes à cause du manque d'eau au cours de la saison froide qui est aussi la saison sèche au Sahara méridional. L'augmentation de la teneur en sucres solubles exige l'augmentation de la teneur en eau.

## Tabellenteil

### 1. Tabelle der Arealtypenspektren der horizontal differenzierten Analyse

Die angeführten Nummern (No) der Quasi-Fundorte beziehen sich auf das Arealtypenspektrenkartogramm (Karte 10).

Für das West- und das Ostblatt der Karte 10 wurde jeweils die gleiche Buchstaben/Zahlenkombination zur Bezeichnung der Quasi-Fundorte herangezogen. Zur Unterscheidung ist am Anfang der entsprechenden Tabellenteile jeweils 'Blatt West' und 'Blatt Ost' vermerkt. Die Trennung der beiden Blätter erfolgte längs dem 12. Längengrad.

Die Zahlenangaben in der Tabelle sind prozentuale Anteile der einzelnen Florenelemente an der Gesamtzahl aller Arten pro Quasi-Fundort unter Ausnahme des P-Florenelementes.

T = Tropisches Florenelement; TS = Tropisch-saharisches Florenelement; Enda = Tropisch/endemisches Florenelement; S = Saharo-arabisches Florenelement; Ends = Saharisch/endemisches Florenelement; A = Außertropisches Florenelement; AS = Außertropisch-saharisches Florenelement; Endm = Außertropisch/endemisches Florenelement

### 2. Tabelle der Arealtypenspektren der vertikal differenzierten Analyse

#### a. Arealtypenspektren des Tibestigebirges

#### b. Arealtypenspektren des Hoggargebirges

Die angeführten Nummern (No) beziehen sich auf die einzelnen Fundorte der Profildiagramme. Vermerkt ist zudem die Höhenlage der Fundorte. Angegeben sind nur die prozentualen Anteile der eurytopen Florenelemente an der Gesamtzahl der eurytopen Spezies pro Fundort. Die Artenzahlen der endemischen Florenelemente sind den entsprechenden Profildiagrammen der Endemitenflora zu entnehmen (Beilage).

Arealtypenspektren: horizontal differenzierte Analyse (Blatt West)

No	T	TS	Enda	S	Ends	A	AS	Endm
4 S	—	4,00	—	23,55	0,88	36,88	30,22	4,44
4 s	—	1,39	—	8,39	0,69	58,04	25,87	5,59
4 T	0,65	1,31	—	6,57	—	66,44	21,05	3,94
4 t	—	0,85	—	10,06	—	70,23	17,77	1,07
4 U	—	1,78	—	10,00	—	65,71	21,42	1,07
4 u	—	1,02	—	8,16	—	68,36	20,40	2,04
4 V	—	0,39	—	4,31	—	78,82	15,68	0,78
5 Q	—	1,17	—	10,58	1,17	55,29	20,00	11,76
5 q	—	1,17	—	10,58	1,17	55,29	20,00	11,76
5 S	—	4,46	—	34,82	—	20,53	40,17	—
5 s	—	4,34	—	34,78	—	8,69	52,17	—
5 T	—	5,43	—	18,47	—	32,60	40,21	3,26
5 t	—	2,71	—	18,07	0,60	47,28	29,51	1,80
5 U	—	1,19	—	15,07	0,79	50,00	30,55	2,38
5 u	0,18	0,94	—	11,72	0,37	62,00	23,06	1,51
6 O	—	5,26	—	7,69	—	63,15	7,69	15,78
6 o	—	—	—	7,69	—	69,23	11,53	11,53
6 P	—	—	—	7,69	—	65,38	7,69	19,23
6 Q	—	—	—	11,11	—	27,77	50,00	11,11
6 q	—	6,52	—	28,98	—	28,26	28,98	7,24
6 R	—	6,00	—	29,00	—	29,00	27,00	9,00
6 S	—	2,94	—	36,76	—	22,05	33,82	4,41
6 s	—	10,70	—	64,28	—	—	25,00	—
6 t	—	4,76	—	26,19	—	22,61	45,23	1,19
6 U	—	1,20	—	32,53	—	18,07	48,19	—
6 u	—	0,7	—	13,20	0,23	59,66	24,05	2,12
6 V	—	0,47	—	10,90	0,47	67,29	19,43	1,42
7 M	—	—	—	22,20	—	33,30	22,20	22,20
7 m	—	0,43	—	8,33	0,87	70,61	17,54	2,19
7 N	—	0,43	—	8,62	0,86	69,39	18,53	2,15
7 n	—	7,54	—	15,09	3,77	49,05	18,86	5,66
7 O	—	1,78	—	33,92	1,98	42,85	14,28	5,35
7 q	—	2,97	—	36,63	—	13,86	41,58	4,95
7 R	—	9,09	—	48,48	—	15,15	21,21	6,06
7 r	—	6,66	—	60,00	—	—	33,33	—
7 S	—	15,00	—	70,00	—	—	15,00	—
7 U	—	4,34	—	52,17	—	4,34	34,78	4,34
7 u	—	1,65	—	30,38	—	23,20	41,98	2,76
7 V	—	5,71	—	34,28	—	17,14	40,00	2,85
8 L	—	10,20	—	55,10	—	12,24	20,40	2,04
8 m	—	10,16	—	52,54	—	6,77	30,50	—
8 N	—	7,61	—	51,42	—	9,52	31,42	—
8 Q	—	—	—	58,82	—	—	41,17	—
8 q	—	6,00	—	54,00	—	4,00	34,00	2,00
8 R	—	6,25	—	37,50	—	—	56,25	—
8 r	—	4,83	—	54,83	1,61	14,51	22,58	1,61
8 S	—	2,12	—	68,08	—	2,12	27,65	—
8 s	—	—	—	75,00	—	—	25,00	—
8 u	—	2,20	—	37,56	—	15,46	42,54	2,20
8 V	—	2,56	—	25,74	—	26,39	43,58	1,70
8 v	—	2,50	—	15,00	—	46,66	32,50	3,33
9 K	—	16,66	—	40,00	—	25,00	16,66	1,66

No	T	TS	Enda	S	Ends	A	AS	Endm
9 k	-	18,75	-	53,12	-	4,68	21,87	1,56
9 l	-	9,09	-	59,09	1,51	4,54	75,75	-
9 M	-	8,45	-	57,74	-	4,22	29,57	-
9 m	-	7,95	-	57,95	-	7,95	25,00	1,13
9 N	-	8,92	-	53,57	-	5,35	32,14	-
9 p	-	-	-	58,82	-	-	41,17	-
9 Q	-	4,00	-	56,00	-	10,66	28,00	1,33
9 q	-	-	-	55,55	-	-	44,44	-
9 r	-	7,14	-	42,85	-	7,14	42,85	-
9 S	-	4,00	-	76,00	-	-	20,00	-
9 s	-	9,09	-	72,72	-	-	18,18	-
9 P	-	10,52	-	73,68	-	-	15,78	-
9 t	-	-	-	81,81	-	-	18,18	-
9 u	-	2,15	-	43,88	0,71	6,74	45,32	1,43
9 V	-	1,44	-	28,89	-	28,89	37,68	2,85
9 v	-	1,61	-	38,70	-	9,67	46,77	3,22
10 f	-	5,66	-	20,75	1,88	32,07	35,84	3,77
10 H	1,20	7,83	-	31,92	-	24,09	33,13	1,80
10 h	1,19	7,78	-	32,33	-	23,95	32,93	1,79
10 K	2,08	27,08	-	47,91	-	6,25	16,66	-
10 k	-	15,66	-	55,42	-	6,02	21,68	1,20
10 L	-	8,19	-	55,73	-	3,27	32,78	-
10 l	-	5,00	-	55,00	-	15,00	25,00	-
10 M	-	13,63	-	62,12	-	-	24,24	-
10 m	-	14,46	-	57,23	-	5,66	22,01	0,62
10 N	-	18,33	-	50,00	-	10,00	21,66	-
10 O	-	20,00	-	66,66	-	-	13,33	-
10 P	-	8,69	-	78,26	-	-	13,04	-
10 p	-	10,95	-	57,53	-	2,73	28,76	-
10 Q	-	5,31	-	58,51	-	6,38	28,72	1,06
10 S	-	8,33	-	91,66	-	-	-	-
10 t	-	12,50	-	68,75	-	-	18,75	-
10 U	-	6,32	-	46,55	-	9,77	36,78	0,57
10 u	-	3,03	-	45,45	-	7,57	43,18	0,75
10 V	-	3,03	-	39,39	-	12,12	42,42	3,03
10 v	-	3,22	-	38,70	-	11,29	43,54	3,22
11 F	4,93	4,93	-	18,51	4,93	29,62	29,62	7,40
11 f	4,47	8,95	-	19,40	7,46	19,40	31,34	8,95
11 G	-	6,06	-	36,36	-	24,24	33,33	-
11 g	-	16,85	-	43,82	-	12,35	25,84	1,12
11 H	1,42	8,57	-	47,14	-	11,42	31,42	-
11 h	-	14,28	-	54,62	-	7,56	21,84	1,68
11 K	-	14,95	-	57,94	-	3,73	23,36	-
11 k	-	14,94	-	51,72	-	5,74	27,58	-
11 L	-	14,28	-	64,93	-	-	20,77	-
11 l	-	11,57	-	64,46	-	1,65	22,31	-
11 M	-	17,30	-	59,61	-	-	23,07	-
11 m	-	31,91	-	57,44	-	-	10,63	-
11 N	-	14,58	-	56,25	-	5,20	23,95	-
11 n	-	5,00	-	67,50	-	5,00	22,50	-
11 O	-	9,37	-	59,37	-	6,25	25,00	-
11 o	-	9,09	-	63,63	-	-	27,27	-
11 P	-	6,66	-	70,00	-	1,66	21,66	-

No	T	TS	Enda	S	Ends	A	AS	Endm
11 p	-	8,82	-	70,58	-	2,94	17,64	-
11 Q	-	8,87	-	62,09	-	4,03	25,00	-
11 q	-	9,30	-	67,44	-	4,65	13,95	4,65
11 S	-	8,33	-	91,66	-	-	-	-
11 U	-	-	-	30,76	-	15,38	50,00	3,84
11 V	-	6,15	-	43,07	-	7,69	41,53	1,53
12 d	-	9,37	-	28,12	3,12	25,00	28,12	6,25
12 E	-	8,57	-	28,57	2,85	28,57	25,71	5,71
12 e	-	5,71	-	22,85	2,85	28,57	31,42	8,57
12 F	-	9,37	-	31,25	3,12	25,00	25,00	6,25
12 g	-	17,52	-	47,42	-	7,21	27,83	-
12 H	-	16,88	-	51,94	-	2,59	28,57	-
12 h	-	13,33	-	55,00	-	4,16	27,50	-
12 K	-	23,52	-	52,94	-	2,94	20,58	-
12 m	-	20,00	-	40,00	-	-	40,00	-
12 N	-	20,00	-	40,00	-	-	40,00	-
12 n	-	20,00	-	52,00	-	-	28,00	-
12 O	-	-	-	69,23	-	-	30,76	-
12 p	-	9,67	-	67,74	-	8,06	14,51	-
12 Q	-	8,47	-	69,49	-	5,08	16,94	-
12 q	-	11,32	-	73,58	-	1,88	13,20	-
12 T	-	14,45	-	61,44	-	2,40	21,68	-
12 t	-	14,45	-	61,44	-	2,40	21,68	-
12 u	-	25,00	-	75,00	-	-	-	-
12 V	-	25,00	-	75,00	-	-	-	-
13 d	1,92	11,53	-	30,76	1,92	11,53	42,30	-
13 E	3,84	21,15	-	38,46	1,92	3,84	30,76	-
13 e	1,69	23,72	-	38,98	1,69	5,08	28,81	-
13 f	3,07	18,46	-	35,38	1,53	9,23	32,30	-
13 G	-	6,45	-	64,51	-	-	29,03	-
13 g	-	16,30	-	47,82	1,08	4,34	30,43	-
13 H	-	15,09	-	48,11	0,94	4,71	31,13	-
13 K	-	20,00	-	60,00	-	-	20,00	-
13 n	-	8,88	-	55,55	2,22	17,77	15,55	-
13 p	-	14,75	-	63,93	-	3,27	18,03	-
13 Q	-	16,84	-	58,94	-	7,36	16,84	-
13 q	-	14,49	-	63,76	-	7,24	14,49	-
13 S	-	4,00	-	50,00	-	22,00	24,00	-
14 c	2,00	10,00	-	42,00	-	14,00	32,00	-
14 D	1,58	11,11	-	44,44	-	11,11	31,74	-
14 d	-	10,00	-	60,00	-	10,00	20,00	-
14 e	2,81	21,12	-	43,66	1,40	2,81	28,16	-
14 F	2,73	24,65	-	35,61	1,36	6,84	28,76	-
14 f	1,81	17,27	0,90	43,63	0,90	4,54	30,90	-
14 H	-	-	-	50,00	-	-	50,00	-
14 h	-	9,52	-	61,90	-	2,38	26,19	-
14 K	-	17,64	-	70,58	-	-	11,76	-
14 k	-	18,86	-	67,92	-	-	13,20	-
14 L	-	21,05	-	65,78	-	-	13,15	-
14 l	-	21,05	-	65,78	-	-	13,15	-
14 m	-	33,33	-	60,00	-	-	6,66	-
14 n	-	9,52	-	64,28	2,38	9,52	14,28	-
14 O	-	-	-	33,33	-	44,44	22,22	-

No	T	TS	Enda	S	Ends	A	AS	Endm
14 o	-	7,14	-	39,28	-	32,14	21,42	-
14 P	-	12,50	-	65,62	-	3,12	18,75	-
14 p	-	6,45	-	48,38	-	29,03	16,92	-
14 r	-	27,27	-	45,45	-	-	27,27	-
14 S	-	27,27	-	45,45	-	-	27,27	-
14 t	-	21,42	-	64,28	-	-	14,28	-
15 c	1,49	11,94	-	37,31	-	14,92	34,32	-
15 D	-	15,51	-	48,27	-	5,17	31,03	-
15 d	-	10,00	-	60,00	-	10,00	20,00	-
15 e	-	30,00	3,33	46,66	-	-	13,33	6,66
15 F	-	22,91	-	52,08	-	2,08	22,91	-
15 G	-	40,00	-	45,00	-	-	15,00	-
15 K	-	16,66	-	70,83	-	-	12,50	-
15 k	-	26,31	-	60,52	-	-	13,15	-
15 L	-	23,80	-	58,73	-	1,58	15,87	-
15 l	-	18,05	-	62,50	-	-	19,44	-
15 m	-	37,50	-	56,25	-	-	6,25	-
15 n	-	-	-	92,30	-	-	7,69	-
15 O	-	14,28	-	50,00	-	-	35,71	-
15 o	-	7,40	-	37,03	-	33,33	22,22	-
15 Q	-	32,55	-	51,16	-	2,32	13,95	-
15 R	1,25	25,15	-	46,54	0,62	6,91	18,23	1,25
15 r	1,25	25,62	-	46,87	0,62	6,87	16,87	1,87
15 s	1,61	29,03	-	45,16	-	4,83	19,35	-
15 T	1,68	27,73	-	46,21	-	5,88	16,80	1,68
15 t	-	20,83	-	54,16	-	4,16	20,83	-
16 C	5,00	10,00	-	30,00	-	25,00	30,00	-
16 c	-	30,76	-	23,07	-	7,69	38,46	-
16 D	-	20,00	-	40,00	-	-	40,00	-
16 d	-	25,00	-	50,00	-	-	25,00	-
16 E	1,72	22,41	1,14	46,55	0,57	2,87	23,56	1,14
16 e	0,82	23,96	0,82	50,41	-	0,82	21,48	1,65
16 F	-	20,83	-	54,16	-	-	25,00	-
16 H	-	-	-	100,00	-	-	-	-
16 h	-	-	-	100,00	-	-	-	-
16 K	-	35,36	-	39,02	-	1,21	23,71	1,21
16 k	-	30,76	-	61,53	-	-	7,69	-
16 L	-	46,66	-	46,66	-	-	6,66	-
16 l	-	25,71	-	62,85	-	-	11,42	-
16 Q	-	29,56	-	50,43	-	4,34	15,65	-
16 q	1,43	28,77	0,71	40,28	-	5,03	21,58	2,15
16 r	1,16	31,39	-	51,16	-	-	16,27	-
16 s	3,06	16,32	-	47,95	-	4,08	25,51	3,06
16 T	1,66	23,33	-	51,66	-	8,33	15,00	-
16 U	-	20,00	-	56,66	-	6,66	16,66	-
16 u	1,61	30,64	-	50,00	-	6,45	11,29	-
16 V	-	44,44	-	55,55	-	-	-	-
16 v	-	44,44	-	55,55	-	-	-	-
17 b	2,50	22,50	-	35,00	-	17,50	22,50	-
17 C	2,50	22,50	-	35,00	-	17,50	22,50	-
17 D	15,78	15,78	-	42,10	-	5,26	21,05	-
17 d	-	16,66	-	55,55	-	-	27,77	-
17 E	2,45	22,95	1,63	50,81	-	2,45	19,67	-

No	T	TS	Enda	S	Ends	A	AS	Endm
17 G	-	-	-	100,00	-	-	-	-
17 g	-	28,57	-	50,00	-	-	21,42	-
17 h	-	29,78	-	48,93	-	-	19,14	2,12
17 K	-	27,27	-	27,27	-	-	27,27	18,18
17 k	-	60,00	-	40,00	-	-	-	-
17 L	-	40,00	-	60,00	-	-	-	-
17 M	-	-	-	100,00	-	-	-	-
17 o	-	-	-	100,00	-	-	-	-
17 Q	0,69	29,86	-	47,22	-	2,77	19,44	-
17 q	0,90	30,90	-	42,72	-	2,72	22,72	-
17 R	1,13	29,54	-	50,00	-	3,40	14,77	1,13
17 r	0,65	26,31	0,65	47,36	-	2,63	20,39	1,97
17 S	-	15,78	-	68,42	-	-	15,78	-
17 s	-	14,95	-	57,00	-	1,86	25,23	0,93
17 T	1,76	17,25	0,88	41,59	-	7,96	26,99	3,53
17 t	9,09	10,90	-	32,72	-	7,27	38,18	1,81
17 U	6,36	22,22	-	42,85	-	1,58	23,80	3,17
17 u	2,77	23,14	-	37,96	-	9,25	25,92	0,92
17 v	-	11,11	-	77,77	-	-	11,11	-
18 B	3,94	11,84	1,31	46,05	-	9,21	26,31	1,31
18 b	2,12	14,89	-	38,29	-	12,76	31,91	-
18 C	-	38,46	-	42,30	-	3,84	15,38	-
18 c	-	55,55	-	44,44	-	-	-	-
18 D	-	54,54	-	45,45	-	-	-	-
18 F	-	66,66	-	33,33	-	-	-	-
18 H	-	31,91	-	46,80	-	-	19,14	2,12
18 h	-	29,16	-	47,19	-	-	20,83	2,08
18 k	-	50,00	-	50,00	-	-	-	-
18 L	-	20,00	-	80,00	-	-	-	-
18 l	-	-	-	100,00	-	-	-	-
18 N	-	20,00	-	80,00	-	-	-	-
18 n	-	20,00	-	80,00	-	-	-	-
18 O	-	20,00	-	80,00	-	-	-	-
18 o	-	50,00	-	50,00	-	-	-	-
18 p	-	44,85	-	42,85	-	-	12,24	-
18 Q	-	44,89	-	42,85	-	-	12,24	-
18 q	-	29,41	-	52,94	-	-	17,64	-
18 R	1,37	22,06	0,68	40,68	-	8,96	21,37	4,82
18 r	1,16	21,51	0,58	43,02	-	8,72	20,34	4,65
18 s	-	25,00	-	58,33	-	-	16,66	-
18 T	2,66	22,66	-	56,00	-	-	16,00	2,66
18 t	2,85	28,57	-	51,42	-	-	14,28	2,85
18 U	3,43	22,05	0,49	44,60	0,58	5,88	19,11	3,43
18 u	4,12	23,71	-	42,26	0,30	10,30	18,55	1,03
18 V	-	11,11	-	77,77	-	-	11,11	-
18 v	-	11,11	-	77,77	-	-	11,11	-
19 B	4,61	10,76	1,53	43,07	1,53	9,23	27,69	1,53
19 b	-	25,00	-	50,00	-	10,00	15,00	-
19 c	15,38	15,38	-	30,76	-	23,07	15,38	-
19 D	20,00	20,00	-	40,00	-	-	20,00	-
19 d	-	13,33	-	73,33	-	-	13,33	-
19 F	-	25,00	-	60,00	-	-	15,00	-
19 f	-	25,00	-	60,00	-	-	15,00	-

No	T	TS	Enda	S	Ends	A	AS	Endm
19 G	-	25,00	-	60,00	-	-	15,00	-
19 H	-	31,25	-	68,75	-	-	-	-
19 h	-	33,33	-	55,55	-	-	11,11	-
19 k	-	20,00	-	80,00	-	-	-	-
19 N	-	20,00	-	80,00	-	-	-	-
19 n	-	20,00	-	80,00	-	-	-	-
19 O	-	20,00	-	80,00	-	-	-	-
19 p	-	43,13	-	43,13	1,96	-	11,76	-
19 Q	-	43,13	-	43,13	1,96	-	11,76	-
19 R	1,54	21,13	0,51	38,14	-	12,88	22,16	3,60
19 r	3,17	17,85	0,79	38,09	0,39	14,68	20,63	4,36
19 T	7,14	71,42	-	21,42	-	-	-	-
19 t	7,14	71,42	-	21,42	-	-	-	-
19 U	1,35	35,13	-	40,54	-	1,35	18,91	2,70
20 a	4,16	20,83	-	33,33	-	16,66	25,00	-
20 B	-	48,00	-	40,00	-	4,00	8,00	-
20 b	-	51,72	-	34,48	-	-	13,75	-
20 C	4,91	34,42	-	40,98	-	4,91	13,11	1,63
20 c	-	47,05	-	41,17	-	-	8,82	2,94
20 d	4,70	35,29	1,17	40,00	-	-	16,47	2,35
20 H	-	18,18	-	81,81	-	-	-	-
20 h	-	20,00	-	80,00	-	-	-	-
20 K	-	-	-	100,00	-	-	-	-
20 k	-	14,28	-	85,71	-	-	-	-
20 L	-	42,10	-	57,89	-	-	-	-
20 M	12,50	12,50	-	75,00	-	-	-	-
20 m	-	25,00	-	75,00	-	-	-	-
20 O	-	50,00	-	50,00	-	-	-	-
20 q	-	54,54	-	45,45	-	-	-	-
20 R	4,82	24,12	0,43	39,03	0,43	9,21	18,85	3,07
20 r	4,51	18,40	0,69	34,72	0,65	14,93	21,87	4,16
20 S	4,58	24,13	0,91	38,07	0,91	10,09	18,34	2,75
20 s	12,64	39,08	-	36,78	1,14	-	9,19	1,14
20 V	8,33	36,11	-	47,22	-	-	8,33	-
21 a	3,57	25,00	-	35,81	-	3,57	32,14	-
21 B	12,82	30,76	-	35,89	-	-	20,51	-
21 b	11,76	42,64	-	38,23	-	-	7,35	-
21 C	20,83	41,66	-	33,33	-	-	4,16	-
21 c	9,80	41,17	-	43,13	-	-	5,88	-
21 D	22,22	33,33	-	44,44	-	-	-	-
21 E	12,50	50,00	-	37,50	-	-	-	-
21 F	-	-	-	100,00	-	-	-	-
21 H	-	11,11	-	88,88	-	-	-	-
21 L	-	42,10	-	57,85	-	-	-	-
21 l	-	40,00	-	60,00	-	-	-	-
21 M	-	16,66	-	83,33	-	-	-	-
21 O	-	50,00	-	50,00	-	-	-	-
21 q	10,81	42,34	-	32,43	1,80	1,80	9,00	1,80
21 R	10,98	30,76	-	41,20	0,54	2,19	12,63	1,64
21 r	12,17	33,91	-	40,00	0,86	1,73	10,43	0,86
21 S	12,22	37,77	-	38,88	1,11	-	8,88	1,11
22 a	5,17	18,96	-	27,58	5,17	18,96	18,96	5,17
22 B	8,00	48,00	-	40,00	-	-	4,00	-

No	T	TS	Enda	S	Ends	A	AS	Endm
22 b	11,11	48,14	-	37,01	-	-	3,70	-
22 C	12,50	50,00	-	25,00	-	-	12,50	-
22 D	29,77	30,53	-	29,00	-	-	10,68	-
22 d	19,56	34,78	-	34,78	-	-	10,86	-
22 E	11,42	34,28	-	31,42	-	-	22,85	-
22 F	5,88	11,76	-	76,47	-	-	5,88	-
22 k	-	55,55	-	38,88	-	-	5,55	-
22 L	-	55,55	-	38,88	-	-	5,55	-
22 l	-	52,94	-	41,17	-	-	5,88	-
22 M	-	55,55	-	38,88	-	-	5,55	-
22 O	-	50,00	-	50,00	-	-	-	-
22 p	6,66	66,66	-	26,66	-	-	-	-
22 Q	12,50	75,00	-	12,50	-	-	-	-
22 q	-	85,71	-	14,28	-	-	-	-
23 B	-	37,50	-	50,00	-	-	12,50	-
23 b	16,66	43,33	-	30,00	-	-	10,00	-
23 C	24,17	47,25	-	23,07	-	-	5,49	-
23 c	20,00	45,88	-	24,70	-	-	9,41	-
23 D	37,55	26,12	-	27,34	-	0,40	8,16	0,40
23 d	22,00	34,00	-	35,00	-	3,00	6,00	-
23 E	4,76	14,28	-	76,19	-	-	4,76	-
23 e	5,88	11,76	-	76,47	-	-	5,88	-
23 F	5,88	11,76	-	76,47	-	-	5,88	-
23 G	-	25,00	-	75,00	-	-	-	-
23 g	-	25,00	-	75,00	-	-	-	-
23 L	-	-	-	100,00	-	-	-	-
23 n	-	16,66	-	83,33	-	-	-	-
23 O	-	25,00	-	75,00	-	-	-	-
23 o	14,28	52,38	-	33,33	-	-	-	-
23 P	19,04	47,61	-	33,33	-	-	-	-
23 p	6,66	66,66	-	26,66	-	-	-	-
24 a	14,28	25,00	-	35,71	-	3,57	21,42	-
24 B	31,25	45,83	-	20,83	-	-	2,08	-
24 b	30,48	42,68	-	21,95	-	-	4,87	-
24 C	37,96	37,96	-	20,37	-	-	3,70	-
24 D	46,66	33,33	-	15,55	2,22	-	2,22	-
24 d	39,28	39,28	-	21,42	-	-	-	-
24 G	-	33,33	-	66,66	-	-	-	-
24 g	-	33,33	-	66,66	-	-	-	-
24 H	-	33,33	-	66,66	-	-	-	-
24 h	-	25,00	-	75,00	-	-	-	-
25 K	-	25,00	-	75,00	-	-	-	-
24 L	-	33,33	-	66,66	-	-	-	-
24 n	25,00	46,87	-	28,12	-	-	-	-
24 O	40,29	40,29	-	17,91	-	-	1,49	-
24 o	41,53	38,46	-	18,46	-	-	1,53	-
24 T	19,17	45,20	-	27,39	-	-	5,47	2,
24 t	-	51,42	-	48,57	-	-	-	-
25 a	23,25	41,86	-	18,60	-	4,65	11,62	-
25 B	18,75	43,75	-	34,34	-	-	3,12	-
25 b	26,31	45,61	-	21,05	-	-	7,01	-
25 d	53,33	33,33	-	13,33	-	-	-	-
25 F	62,79	34,88	-	2,32	-	-	-	-

No	T	TS	Enda	S	Ends	A	AS	Endm
25 G	—	50,00	—	50,00	—	—	—	—
25 g	—	50,00	—	50,00	—	—	—	—
25 H	—	50,00	—	50,00	—	—	—	—
25 h	—	25,00	—	75,00	—	—	—	—
25 K	20,00	20,00	—	60,00	—	—	—	—
25 L	—	33,33	—	66,66	—	—	—	—
25 M	9,09	63,63	—	27,27	—	—	—	—
25 N	9,09	63,63	—	27,27	—	—	—	—
25 n	29,16	58,33	—	12,50	—	—	—	—
25 O	44,68	34,04	—	21,27	—	—	—	—
25 o	34,28	42,85	—	22,85	—	—	—	—
25 s	36,84	57,89	—	5,26	—	—	—	—
25 T	34,78	60,86	—	4,34	—	—	—	—
25 U	—	23,07	—	61,53	—	7,69	7,69	—
25 u	—	23,07	—	61,53	—	7,69	7,69	—
25 V	—	23,07	—	61,53	—	7,69	7,69	—
26 a	32,96	34,06	—	20,87	—	2,19	9,89	—
26 B	25,75	40,90	—	22,72	—	1,51	9,09	—
26 D	71,05	26,31	—	2,63	—	—	—	—
26 d	67,56	27,02	—	5,40	—	—	—	—
26 E	73,00	23,00	—	4,00	—	—	—	—
26 e	24,00	52,00	—	16,00	—	—	8,00	—
26 F	37,50	50,00	—	12,50	—	—	—	—
26 f	33,33	33,33	—	33,33	—	—	—	—
26 G	66,66	25,00	—	8,33	—	—	—	—
26 h	—	80,00	—	20,00	—	—	—	—
26 K	—	80,00	—	20,00	—	—	—	—
26 k	—	80,00	—	20,00	—	—	—	—
26 L	16,66	33,33	—	50,00	—	—	—	—
26 l	20,00	40,00	—	40,00	—	—	—	—
26 m	27,27	72,72	—	—	—	—	—	—
26 n	46,15	42,30	—	11,53	—	—	—	—
26 O	48,57	42,85	—	8,57	—	—	—	—
26 o	45,16	45,16	—	9,67	—	—	—	—
26 p	15,38	50,00	—	34,61	—	—	—	—
26 Q	12,00	52,00	—	36,00	—	—	—	—
26 q	12,00	52,00	—	36,00	—	—	—	—
26,R	12,00	52,00	—	36,00	—	—	—	—
26 r	11,11	55,55	—	33,33	—	—	—	—
26 s	27,77	66,66	—	5,55	—	—	—	—
26 T	54,20	28,97	—	11,21	—	—	3,73	1,86
26 t	44,08	34,40	—	16,12	—	—	3,22	2,15
26 U	—	30,76	—	61,53	—	7,96	—	—
26 u	—	23,07	—	69,23	—	7,69	—	—
26 V	—	25,00	—	66,66	—	8,33	—	—
27 a	61,11	24,07	—	8,64	—	0,61	5,55	—
27 C	58,06	41,93	—	—	—	—	—	—
27 c	51,35	43,24	—	2,70	—	—	2,70	—
27 D	66,66	30,39	—	1,96	—	—	0,98	—
27 d	72,72	24,67	—	2,59	—	—	—	—
27 E	78,78	20,20	—	1,01	—	—	—	—
27 e	73,52	22,05	—	4,41	—	—	—	—
27 G	63,63	27,27	—	9,09	—	—	—	—

No	T	TS	Enda	S	Ends	A	AS	Endm
27 g	64,28	21,42	-	-	-	-	14,28	-
27 h	-	80,00	-	20,00	-	-	-	-
27 K	-	80,00	-	20,00	-	-	-	-
27 k	16,66	50,00	-	33,33	-	-	-	-
27 L	16,66	50,00	-	33,33	-	-	-	-
27 l	26,66	53,33	-	20,00	-	-	-	-
27 M	50,00	50,00	-	-	-	-	-	-
27 n	50,00	25,00	-	25,00	-	-	-	-
27 p	15,38	50,00	-	34,61	-	-	-	-
27 Q	12,00	52,00	-	36,00	-	-	-	-
27 q	14,81	48,14	-	37,01	-	-	-	-
27 R	13,63	45,45	-	40,90	-	-	-	-
27 r	25,00	75,00	-	-	-	-	-	-
27 s	35,00	60,00	-	5,00	-	-	-	-
27 T	61,80	24,12	6,53	-	0,50	-	4,52	1,00
27 t	44,44	48,88	-	4,44	-	-	2,22	-
27 U	14,28	42,85	-	42,85	-	-	-	-
27 u	15,38	38,46	-	46,15	-	-	-	-
27 V	14,28	42,85	-	42,85	-	-	-	-
28 a	73,70	18,30	-	4,22	-	0,46	3,28	-
28 B	92,85	7,14	-	-	-	-	-	-
28 C	54,54	45,45	-	-	-	-	-	-
28 E	81,72	17,20	-	1,07	-	-	-	-
28 e	79,74	18,98	-	1,25	-	-	-	-
28 g	87,50	12,50	-	-	-	-	-	-
28 k	57,14	42,85	-	-	-	-	-	-
28 L	47,05	52,94	-	-	-	-	-	-
28 l	55,00	45,00	-	-	-	-	-	-
28 m	84,78	13,04	-	2,17	-	-	-	-
28 N	81,39	16,27	-	2,32	-	-	-	-
28 p	59,25	37,03	-	3,70	-	-	-	-
28 Q	59,25	37,03	-	3,70	-	-	-	-
28 q	59,25	37,03	-	3,70	-	-	-	-
28 R	69,23	23,07	-	7,69	-	-	-	-
28 S	63,63	36,36	-	-	-	-	-	-
28 s	53,33	43,33	-	3,33	-	-	-	-
28 T	69,00	19,83	1,23	4,95	-	0,41	3,71	0,82
28 t	63,04	27,17	-	4,34	-	1,08	4,34	-
28 U	14,28	42,85	-	42,85	-	-	-	-
28 u	15,83	38,46	-	46,15	-	-	-	-
28 V	15,37	38,46	-	46,15	-	-	-	-
29 d	93,93	3,03	-	3,03	-	-	-	-
29 g	87,80	12,19	-	-	-	-	-	-
29 H	89,47	10,52	-	-	-	-	-	-
29 h	68,00	32,00	-	-	-	-	-	-
29 K	58,33	41,66	-	-	-	-	-	-
29 k	70,37	29,62	-	-	-	-	-	-
29 L	83,01	16,98	-	-	-	-	-	-
29 l	78,84	18,58	-	2,56	-	-	-	-
29 M	91,01	7,86	-	1,12	-	-	-	-
29 N	86,56	10,44	-	2,98	-	-	-	-
29 n	87,03	11,11	-	1,85	-	-	-	-
29 S	67,50	22,50	-	10,00	-	-	-	-

No	T	TS	Enda	S	Ends	A	AS	Endm
29 s	70,49	24,59	—	4,91	—	—	—	—
29 T	47,05	47,05	5,88	—	—	—	—	—
30 n	88,46	9,61	—	1,92	—	—	—	—

Blatt Ost

6 G	—	—	—	0,62	—	90,00	6,87	2,50
7 A	—	2,54	—	14,40	0,84	47,45	33,89	0,84
7 a	0,20	1,25	—	6,91	—	72,53	17,19	1,88
7 B	—	1,31	—	6,57	—	73,68	14,47	3,94
7 b	—	—	—	5,26	—	68,42	19,29	7,01
7 C	—	—	—	7,50	—	72,50	12,50	7,50
7 F	—	—	—	—	—	88,13	8,47	3,38
7 f	—	—	—	1,00	—	91,97	4,76	2,25
7 G	—	—	—	0,43	0,21	92,54	3,72	3,07
7 g	0,17	0,34	—	1,74	—	86,58	7,83	3,31
7 H	—	—	—	7,35	—	75,00	13,23	4,41
8 A	—	2,55	—	12,82	—	51,28	29,48	3,84
8 a	—	1,78	—	12,50	—	52,97	27,38	5,35
8 B	—	5,12	—	17,94	—	43,58	29,48	3,84
8 F	—	0,29	—	2,65	—	85,69	8,55	2,80
8 h	—	—	—	2,88	—	78,38	15,85	2,88
8 K	—	—	—	3,37	—	77,52	16,29	2,80
8 k	—	—	—	3,33	—	76,66	16,66	3,33
8 L	3,33	—	—	3,33	—	60,00	16,66	16,66
8 l	1,35	0,81	—	4,06	—	73,98	16,53	3,25
8 N	5,15	0,53	0,15	3,28	0,46	73,28	13,28	3,43
8 n	10,22	2,22	0,44	4,44	0,44	65,77	13,33	3,11
8 O	14,08	2,11	0,35	3,87	0,35	61,97	14,78	2,46
8 o	14,88	2,38	—	2,97	—	65,47	11,90	2,38
9 A	—	—	—	37,50	—	18,75	43,75	—
9 a	—	10,71	—	42,85	—	17,85	28,57	—
9 B	—	4,00	—	12,00	—	24,00	60,00	—
9 b	—	3,33	—	20,00	—	23,33	53,33	—
9 C	—	5,55	—	22,22	—	16,66	55,55	—
9 c	—	—	—	12,28	—	56,14	31,57	—
9 D	—	—	—	12,50	—	57,14	30,35	—
9 d	—	—	—	—	—	58,33	33,33	8,33
9 F	—	1,41	—	7,09	—	66,66	22,69	2,12
9 L	—	3,17	—	20,63	—	23,80	50,79	1,58
9 l	—	2,77	—	13,88	—	53,47	26,38	3,47
9 M	—	1,51	—	4,54	—	60,60	27,27	6,06
9 m	—	—	—	3,63	—	80,00	12,72	3,63
9 N	2,19	3,29	—	8,05	—	68,86	14,28	3,29
9 n	19,08	4,58	0,76	5,34	—	58,01	11,45	0,76
8 O	18,51	3,70	0,61	2,46	—	59,87	12,34	2,46
9 o	14,28	8,92	—	10,71	1,78	41,07	23,21	—
10 b	—	—	—	45,45	—	—	54,54	—
10 C	—	6,57	—	26,31	—	14,47	52,63	—
10 E	—	—	—	22,22	—	44,44	25,92	7,40
10 e	—	4,16	—	16,66	—	54,16	25,00	—

No	T	TS	Enda	S	Ends	A	AS	Endm
10 F	—	1,53	—	6,92	—	66,92	23,07	1,53
10 f	—	5,88	—	32,35	—	5,88	55,88	—
10 N	5,76	11,53	—	38,46	—	19,23	23,07	1,92
10 n	4,47	11,94	—	37,31	—	16,41	26,86	2,98
10 O	11,21	7,62	0,22	13,90	1,12	40,58	22,19	3,13
10 o	10,79	12,94	—	23,02	0,35	20,14	31,65	1,07
11 b	—	—	—	50,00	—	—	50,00	—
11 C	—	11,76	—	29,41	—	7,84	50,98	—
11 c	—	11,76	—	29,41	—	7,84	50,98	—
11 f	—	10,00	—	36,66	—	3,33	50,00	—
11 H	—	—	—	50,00	—	—	50,00	—
11 h	—	6,97	—	25,58	—	32,55	34,88	—
11 K	—	6,97	—	25,58	—	34,88	32,55	—
11 k	1,28	7,69	—	24,35	1,28	38,46	26,92	—
11 L	—	12,12	—	33,33	—	18,18	36,36	—
11 n	19,42	4,57	0,57	6,28	1,71	56,57	10,85	—
11 O	9,72	11,11	—	19,44	1,38	34,72	20,83	2,77
11 o	5,65	12,60	—	22,60	1,30	21,73	32,60	3,47
11 P	9,56	17,39	—	24,34	—	11,30	36,52	0,86
12 b	—	12,50	—	70,83	—	—	16,66	—
12 C	—	11,59	—	31,88	—	13,04	43,47	—
12 c	—	11,59	—	31,88	—	13,04	43,47	—
12 e	—	7,69	—	30,76	—	38,46	23,07	—
12 f	4,16	8,33	—	45,83	—	20,83	20,83	—
12 G	9,09	9,09	—	54,54	—	18,18	9,09	—
12 g	—	—	—	100,00	—	—	—	—
12 H	—	—	—	100,00	—	—	—	—
12 h	—	—	—	100,00	—	—	—	—
12 k	1,38	8,33	—	25,00	1,38	36,11	27,77	—
12 m	12,22	10,00	—	8,88	1,11	57,77	8,88	1,11
12 O	26,08	13,04	—	8,69	—	52,17	—	—
12 o	2,19	8,79	—	29,67	3,29	17,58	35,16	3,29
12 P	4,67	8,41	—	27,10	2,80	17,75	36,44	2,80
13 B	—	—	—	62,50	—	25,00	12,50	—
13 b	—	14,28	—	55,55	—	3,17	26,98	—
13 C	—	25,00	—	50,00	—	5,00	20,00	—
13 c	—	6,25	—	62,50	—	6,25	25,00	—
13 d	—	6,25	—	62,50	—	6,25	25,00	—
13 f	—	—	—	100,00	—	—	—	—
13 m	11,95	10,85	—	8,69	1,08	56,52	9,78	1,08
13 O	25,00	8,33	—	5,55	—	61,11	—	—
13 p	17,39	28,26	—	32,60	—	2,17	19,56	—
14 a	—	16,66	—	50,00	—	—	33,33	—
14 B	—	23,68	—	44,73	—	7,89	23,68	—
14 b	—	17,56	—	55,40	—	8,10	18,91	—
14 C	—	8,33	—	50,00	—	16,67	25,00	—
14 D	—	25,00	—	50,00	—	—	25,00	—
14 d	—	25,00	—	62,50	—	—	12,50	—
14 E	—	23,07	—	53,84	—	—	23,07	—
14 F	—	28,57	—	57,14	—	—	14,28	—
14 I	—	12,50	—	37,50	—	12,50	37,50	—
14 M	10,71	10,71	—	16,07	1,78	44,64	16,07	—
14 m	12,50	12,50	—	37,50	—	12,50	25,00	—

No	T	TS	Enda	S	Ends	A	AS	Endm
14 O	18,66	16,00	—	14,66	1,33	42,66	6,66	—
14 p	28,94	31,57	—	21,05	—	2,63	15,78	—
14 Q	25,64	30,76	—	23,07	—	2,56	17,94	—
15 A	—	40,00	—	60,00	—	—	—	—
15 a	3,44	34,48	—	48,27	—	3,44	10,34	—
15 B	—	35,71	—	46,42	—	7,14	10,71	—
15 b	5,00	7,50	—	42,50	—	35,00	10,00	—
15 c	—	20,00	—	80,00	—	—	—	—
15 e	—	21,87	—	65,62	—	—	12,50	—
15 F	—	28,57	—	57,14	—	—	14,28	—
15 N	—	—	—	100,00	—	—	—	—
15 O	—	—	—	100,00	—	—	—	—
15 o	17,94	10,25	—	20,51	—	41,02	7,69	2,56
15 P	40,74	25,92	—	9,25	—	22,22	1,85	—
15 p	—	33,33	—	33,33	—	—	33,33	—
15 Q	29,16	38,54	—	16,66	—	6,25	9,37	—
16 a	—	12,50	—	87,50	—	—	—	—
16 B	5,00	20,00	—	50,00	—	5,00	20,00	—
16 b	—	11,76	—	64,70	—	—	23,52	—
16 C	—	20,00	—	60,00	—	—	20,00	—
16 c	—	12,50	—	62,50	—	—	25,00	—
16 E	—	23,07	—	69,23	—	—	7,69	—
16 e	—	25,00	—	66,66	—	—	8,33	—
16 G	—	33,33	—	33,33	—	—	33,33	—
16 g	—	33,33	—	33,33	—	—	33,33	—
16 m	15,50	9,30	—	11,62	2,32	45,73	14,72	0,77
16 N	16,40	9,37	—	11,71	2,34	45,31	14,84	—
16 O	20,97	16,08	—	12,58	1,35	39,16	9,79	—
16 P	35,29	17,64	—	11,76	—	27,05	7,05	1,17
16 p	16,66	50,00	—	33,33	—	—	—	—
16 Q	38,46	30,76	—	30,76	—	—	—	—
17 A	—	14,28	—	71,42	—	14,28	—	—
17 b	—	30,00	—	70,00	—	—	—	—
17 C	—	57,14	—	42,85	—	—	—	—
17 c	—	41,17	—	52,94	—	—	5,88	—
17 D	4,00	24,00	—	52,00	—	—	20,00	—
17 E	5,55	11,11	—	72,22	—	—	11,11	—
17 f	—	30,76	—	38,46	—	7,69	23,07	—
17 G	—	33,33	—	33,33	—	—	33,33	—
17 g	—	50,00	—	50,00	—	—	—	—
17 O	23,25	18,60	—	13,17	2,32	32,55	10,07	—
17 P	45,71	25,71	—	11,42	—	17,14	—	—
17 p	37,50	37,50	—	17,50	2,50	2,50	2,50	—
17 q	29,68	45,31	—	17,18	—	—	7,81	—
18 b	—	25,80	—	75,00	—	—	—	—
18 C	—	50,00	—	50,00	—	—	—	—
18 D	—	30,00	—	70,00	—	—	—	—
18 d	8,33	33,33	—	50,00	—	—	8,33	—
18 g	—	50,00	—	50,00	—	—	—	—
18 H	15,78	26,31	—	36,84	—	—	21,05	—
18 h	—	20,00	—	60,00	—	—	20,00	—
18 M	—	33,33	—	66,66	—	—	—	—
18 O	26,22	18,03	—	12,29	0,81	35,24	7,37	—

No	T	TS	Enda	S	Ends	A	AS	Endm
18 P	5,00	45,00	—	40,00	—	—	10,00	—
18 p	49,13	20,68	—	6,89	2,58	17,24	2,58	0,86
18 q	22,22	44,44	—	33,33	—	—	—	—
18 R	38,37	36,04	—	19,76	—	—	5,81	—
19 A	—	—	—	100,00	—	—	—	—
19 a	—	—	—	100,00	—	—	—	—
19 b	—	—	—	100,00	—	—	—	—
19 C	—	—	—	100,00	—	—	—	—
19 D	—	30,00	—	70,00	—	—	—	—
19 d	—	50,00	—	50,00	—	—	—	—
19 H	26,92	23,07	—	23,07	—	7,69	19,23	—
19 p	64,70	23,52	—	5,88	—	—	5,88	—
19 q	37,50	50,00	—	12,50	—	—	—	—
19 R	61,11	22,22	—	11,11	—	—	5,55	—
20 d	—	50,00	—	50,00	—	—	—	—
20 F	—	44,44	—	44,44	—	5,55	5,55	—
20 k	—	100,00	—	—	—	—	—	—
20 L	—	100,00	—	—	—	—	—	—
20 N	—	—	—	100,00	—	—	—	—
20 P	60,52	23,68	—	5,26	—	10,52	—	—
20 r	53,37	32,14	—	14,28	—	—	—	—
20 S	65,07	16,90	0,28	6,19	0,56	5,07	5,35	0,56
21 B	—	20,00	—	70,00	—	—	10,00	—
21 b	—	18,18	—	72,72	—	—	9,09	—
21 D	—	42,85	—	57,14	—	—	—	—
21 d	—	42,85	—	57,14	—	—	—	—
21 e	14,28	28,57	—	42,85	—	—	14,28	—
21 K	8,33	50,00	—	41,66	—	—	—	—
21 k	—	66,66	—	33,33	—	—	—	—
21 o	61,94	23,00	—	6,19	—	3,53	5,30	—
21 P	17,64	58,82	—	23,52	—	—	—	—
21 Q	16,66	58,33	—	25,00	—	—	—	—
21 q	11,76	70,58	—	17,64	—	—	—	—
21 R	15,00	70,00	—	15,00	—	—	—	—
21 S	64,90	16,71	0,27	6,40	0,55	5,29	5,29	0,55
22 A	—	—	—	100,00	—	—	—	—
22 B	28,57	57,14	—	—	—	—	14,28	—
22 C	—	—	—	100,00	—	—	—	—
22 c	20,00	60,00	—	20,00	—	—	—	—
22 D	7,89	52,63	—	23,68	5,26	2,63	7,89	—
22 d	15,25	37,28	3,38	27,11	3,38	5,08	6,77	1,69
22 E	—	50,00	—	28,57	7,14	—	14,28	—
22 e	3,44	48,27	—	41,37	—	3,44	3,44	—
20 Q	16,66	58,33	—	25,00	—	—	—	—
22 K	11,53	48,07	—	34,61	—	—	5,76	—
22 k	11,32	49,05	—	33,96	—	—	5,66	—
22 L	16,66	66,66	—	16,66	—	—	—	—
22 l	—	50,00	—	50,00	—	—	—	—
22 N	50,00	—	—	—	—	—	50,00	—
22 o	55,55	25,92	—	10,18	—	3,70	4,62	—
22 s	65,14	17,42	—	6,22	0,41	4,97	5,80	—
23 A	25,00	50,00	—	—	—	—	25,00	—
23 c	21,62	17,83	5,94	24,86	3,78	5,94	12,97	7,02

No	T	TS	Enda	S	Ends	A	AS	Endm
23 D	26,35	22,74	3,97	24,90	1,80	4,69	10,46	5,05
23 d	18,08	36,17	1,06	21,27	2,12	3,19	13,82	4,25
23 E	11,23	32,58	1,12	29,21	2,24	5,61	13,48	4,49
23 e	11,86	35,59	—	38,89	5,08	—	8,47	—
23 K	—	—	—	100,00	—	—	—	—
23 O	45,16	41,93	—	12,90	—	—	—	—
23 q	30,76	69,23	—	—	—	—	—	—
24 a	5,88	64,70	—	29,41	—	—	—	—
24 b	—	77,77	—	22,22	—	—	—	—
24 c	63,10	23,52	4,27	7,48	0,53	—	1,06	—
24 D	55,36	25,95	2,76	11,41	0,34	1,03	2,42	0,65
24 d	25,71	24,28	3,54	24,28	2,85	5,71	11,42	2,14
24 E	22,90	38,93	1,52	24,42	1,52	1,52	6,87	2,29
24 G	—	100,00	—	—	—	—	—	—
24 m	33,33	66,66	—	—	—	—	—	—
24 O	36,11	38,88	—	13,88	—	2,77	8,33	—
24 S	52,94	47,05	—	—	—	—	—	—
24 s	53,67	27,20	—	8,08	—	4,41	6,61	—
25 a	55,55	22,22	—	16,66	2,77	2,77	—	—
25 B	33,33	66,66	—	—	—	—	—	—
25 b	14,28	57,14	—	28,57	—	—	—	—
25 C	18,18	63,63	—	18,18	—	—	—	—
25 c	18,18	63,63	—	18,18	—	—	—	—
25 D	62,80	25,60	1,21	8,53	0,60	—	1,21	—
25 d	56,98	32,79	0,53	8,06	0,53	—	1,07	—
25 E	29,52	22,53	6,98	20,31	1,58	4,44	9,20	5,39
25 e	36,11	52,77	—	11,11	—	—	—	—
25 F	—	100,00	—	—	—	—	—	—
25 f	—	83,33	—	16,66	—	—	—	—
25 O	46,15	32,30	—	10,76	—	4,61	6,15	—
25 p	52,17	39,13	—	4,34	—	—	4,34	—
25 Q	63,33	33,33	—	3,33	—	—	—	—
25 R	47,05	52,94	—	—	—	—	—	—
25 s	74,39	10,65	0,52	2,57	0,33	7,38	3,95	0,17
25 T	54,90	29,41	—	9,80	—	—	5,88	—
26 s	58,22	18,98	—	13,92	1,26	3,79	2,53	1,26
16 b	18,18	63,63	—	18,18	—	—	—	—
26 d	46,66	36,00	—	14,66	—	—	2,66	—
26 E	32,75	44,82	—	22,41	—	—	—	—
26 e	49,23	29,23	3,07	15,38	1,53	—	—	1,53
26 F	11,76	58,82	—	29,41	—	—	—	—
26 f	64,28	17,85	—	10,71	3,57	—	—	3,57
26 g	25,00	50,00	—	25,00	—	—	—	—
26 H	20,00	60,00	—	20,00	—	—	—	—
26 h	—	66,66	—	33,33	—	—	—	—
26 L	—	66,66	—	33,33	—	—	—	—
26 l	—	66,66	—	33,33	—	—	—	—
26 O	49,15	32,20	—	8,47	—	5,08	5,08	—
26 P	51,11	33,33	—	6,66	—	4,44	4,44	—
26 Q	56,00	40,00	—	4,00	—	—	—	—
26 q	75,90	20,48	—	2,40	—	—	1,20	—
26 r	73,75	22,50	—	2,50	—	—	1,25	—
26 T	76,19	16,66	—	3,17	—	0,79	2,38	0,75

No	T	TS	Enda	S	Ends	A	AS	Endm
26 t	74,10	19,64	—	1,78	—	0,89	2,67	0,89
27 d	61,53	15,38	—	15,38	7,69	—	—	—
27 E	41,23	34,02	2,06	14,43	1,03	2,06	4,12	1,03
27 e	48,71	29,48	2,56	15,38	1,28	—	1,28	1,28
27 f	40,00	26,66	—	26,66	—	—	6,66	—
27 G	26,82	36,58	4,87	24,39	—	—	7,32	—
27 g	44,94	31,46	2,24	17,97	—	—	3,37	—
27 H	31,66	38,33	1,66	26,66	—	—	1,66	—
27 h	39,39	39,39	3,03	15,15	—	—	3,03	—
27 l	—	66,66	—	33,33	—	—	—	—
27 o	56,81	27,27	—	6,81	—	4,54	4,54	—
27 P	48,14	40,74	—	7,40	—	—	3,70	—
27 q	74,54	21,21	—	3,03	—	—	1,21	—
27 R	44,44	55,55	—	—	—	—	—	—
27 r	44,44	55,55	—	—	—	—	—	—
27 t	76,19	17,46	—	4,76	—	1,58	—	—
28 a	—	100,00	—	—	—	—	—	—
28 e	32,14	21,42	—	39,28	3,57	—	3,57	—
28 F	40,90	18,18	—	40,90	—	—	—	—
28 f	42,10	31,57	—	15,78	5,26	—	5,26	—
28 G	68,63	25,44	—	4,73	0,59	—	0,59	—
28 g	73,49	18,87	1,60	5,22	—	—	0,80	—
28 H	57,30	37,07	—	5,61	—	—	—	—
28 h	63,88	31,94	1,38	2,77	—	—	—	—
28 K	33,33	41,66	—	25,00	—	—	—	—
28 k	—	100,00	—	—	—	—	—	—
28 L	9,09	72,72	—	18,18	—	—	—	—
28 l	11,11	77,77	—	11,11	—	—	—	—
28 Q	72,91	27,08	—	—	—	—	—	—
28 q	58,92	37,50	—	3,57	—	—	—	—
28 R	63,15	34,21	—	—	—	—	2,63	—
28 S	50,00	50,00	—	—	—	—	—	—
29 a	29,62	48,14	—	22,22	—	—	—	—
29 D	—	62,50	—	37,50	—	—	—	—
29 d	—	62,50	—	37,50	—	—	—	—
29 E	—	62,50	—	37,50	—	—	—	—
29 e	—	62,50	—	37,50	—	—	—	—
29 F	44,44	50,00	—	5,55	—	—	—	—
29 f	69,56	23,91	—	6,52	—	—	—	—
29 G	71,11	24,44	—	4,44	—	—	—	—
29 g	77,81	16,54	1,87	3,75	—	—	—	—
29 H	75,35	18,30	1,40	4,92	—	—	—	—
29 h	72,82	25,00	—	2,17	—	—	—	—
29 K	25,00	25,00	—	50,00	—	—	—	—
29 L	9,09	72,72	—	18,18	—	—	—	—
29 p	66,66	33,33	—	—	—	—	—	—
29 Q	71,73	28,26	—	—	—	—	—	—
29 r	68,85	26,22	—	3,27	—	—	1,63	—
30 a	53,65	31,40	—	14,63	—	—	—	—
30 c	14,28	28,57	—	57,14	—	—	—	—
30 D	11,11	55,55	—	33,33	—	—	—	—
30 d	11,11	55,55	—	33,33	—	—	—	—
30 E	34,61	50,00	—	15,38	—	—	—	—

No	T	TS	Enda	S	Ends	A	AS	Endm
30 f	73,33	24,00	—	2,66	—	—	—	—
30 G	73,33	24,00	—	2,66	—	—	—	—
30 g	77,41	18,81	0,53	3,22	—	—	—	—
30 H	76,27	23,72	—	—	—	—	—	—
30 p	81,90	15,71	—	1,42	—	0,95	—	—
30 S	74,15	21,34	—	3,37	—	—	1,12	—
31 a	82,75	13,79	—	—	—	—	3,44	—
31 c	26,31	47,36	—	26,31	—	—	—	—
31 D	34,61	46,15	—	19,23	—	—	—	—
31 E	56,00	44,00	—	—	—	—	—	—
31 e	50,00	50,00	—	—	—	—	—	—
31 f	86,36	13,63	—	—	—	—	—	—
31 G	86,36	13,63	—	—	—	—	—	—
32 b	76,19	23,80	—	—	—	—	—	—
32 C	73,33	24,44	—	2,22	—	—	—	—
32 c	47,05	41,17	—	11,76	—	—	—	—
32 D	57,14	42,85	—	—	—	—	—	—
32 d	57,14	42,82	—	—	—	—	—	—
33 b	78,94	21,05	—	—	—	—	—	—
33 C	84,21	15,78	—	—	—	—	—	—
31 d	52,38	47,61	—	—	—	—	—	—
<b>Nachtrag</b>								
30 Q	74,54	23,63	—	1,81	—	—	—	—
33 e	84,93	13,01	—	2,05	—	—	—	—
12 A	—	—	—	55,55	—	33,33	11,11	—

## Arealtypenspektren: Tibesti

No	Name	Höhe	T	TS	S	AS	A
1	Aozi	1.500	10,52	31,57	42,10	15,78	—
4	En. Areun	1.100	50,00	28,57	7,14	14,28	—
5	En. Areun	1.600	53,84	30,76	15,38	—	—
8	En. Berama	1.650	22,22	44,44	22,22	11,11	—
9	Ehi Eski	1.350	90,00	—	10,00	—	—
11	Goubone	1.500	77,77	8,88	8,88	4,44	—
12	Goubone	1.700	58,97	17,94	15,38	5,12	2,56
13	En. b. Goubone	1.800	52,38	9,52	19,04	14,28	4,76
14	En. b. Goubone	1.800	45,83	20,83	20,83	8,33	4,16
15	Roc. b. Goubone	2.150	8,33	—	50,00	41,66	—
16	E. Koussi, En. Boudouwo	0.850	25,00	62,50	12,50	—	—
17	E. Koussi, En. à Kudu	1.200	57,14	28,57	14,28	—	—
18	E. Koussi, Omré- Goni Kango	1.450	42,85	28,57	28,57	—	—
19	E. Koussi, E. Boudouwo	1.800	50,00	16,66	11,11	16,66	5,55
20	E. Koussi	1.850	63,63	30,30	3,03	3,03	—
21	E. Koussi occ.	1.870	43,47	21,73	26,08	8,69	—
22	E. Koussi occ. En. Koudu	1.950	42,95	14,28	26,53	16,32	—
23	E. Koussi, En. Boudo- wo, Kudu	2.000	38,46	20,51	25,64	12,82	2,56
24	E. Koussi occ. Koudu	2.150	40,74	14,81	25,92	14,81	3,70
25	E. Koussi, fl. Sud	2.100	5,88	17,64	47,05	23,52	5,88
26	E. Koussi	2.150	48,27	6,89	20,68	20,68	3,44
27	E. Koussi, Koudu	2.250	5,55	11,11	50,00	33,33	—
28	E. Koussi, Enneri	2.200	45,45	18,18	22,72	9,05	4,54
29	E. Koussi	2.300	52,94	11,76	11,76	17,64	5,88
30	E. Koussi, s. flanc	2.350	33,33	16,66	16,66	33,33	—
31	E. Koussi	2.400	23,07	23,07	15,38	28,46	—
32	E. Koussi	2.500	38,46	15,38	15,38	30,76	—
33	E. Koussi, o. flanc	2.500	—	7,14	35,71	42,85	14,28
34	E. Koussi, s. flanc	2.550	—	—	53,84	30,76	15,38
35	E. Koussi, o. flanc	2.650	—	15,38	61,53	15,38	7,69
36	E. Koussi, s. flanc	2.750	10,00	—	20,00	60,00	10,00
37	E. Koussi, flanc septentr.	2.850	—	9,09	45,45	36,36	9,09
38	E. Koussi, flanc occ.	2.950	—	—	44,44	44,44	11,11
39	E. Koussi	3.000	5,55	5,55	38,88	44,44	5,55
40	E. Koussi fl. mér Taitai col	3.075	6,66	—	33,33	46,66	13,33
41	Emi Koussi	3.125	14,28	—	42,85	14,28	28,57
42	Emi Koussi, n. flanc	3.200	—	—	57,14	28,57	14,28
43	E. Koussi	3.250	20,00	10,00	30,00	30,00	10,00
44	E. Koussi	3.325	16,66	—	50,00	33,33	—
45	E. Koussi	3.415	12,50	—	50,00	37,50	—
46	Modra	930	37,50	37,50	12,50	6,25	6,25
47	E. Maro à E. Ogui	900	33,33	40,00	26,66	—	—

No	Name	Höhe	T	TS	S	AS	A
48	En. Mossoi	750	88,88	11,11	—	—	—
49	Trou au Natron	2.100	—	12,50	56,25	25,00	6,25
50	Trou au Natron E.	2.300	—	23,52	47,05	23,52	5,88
51	Trou au Natron O.	2.300	—	20,00	53,33	20,00	6,66
52	Trou au Natron Toussidé	2.300	—	23,52	47,05	23,52	5,88
54	So. flanc Ehi Suni	2.200	—	11,11	44,44	27,77	16,66
55	5 km au NO de Ehi Suni	2.300	—	11,76	58,82	23,52	5,88
56	En. Tabitiou	2.150	—	9,09	72,72	18,18	—
57	En. Tabitiou, 10 km Nord	2.150	—	36,36	45,45	18,18	—
58	N. flanc Tarso Abeki	2.050	—	20,00	53,33	13,33	13,33
59	So. flanc. Toussidé	1.725	43,33	10,00	20,00	20,00	6,66
60	Tarso Toussidé	1.950	16,66	13,33	40,00	23,33	6,66
61	Tarso Toussidé So. flanc	2.200	10,00	20,00	30,00	20,00	10,00
62	Sud flanc Toussidé	2.100	—	33,33	33,33	33,33	—
63	So. Toussidé	2.150	20,00	10,00	20,00	25,00	25,00
64	Toussidé	2.325	7,14	7,14	28,57	28,57	28,57
65	So. Toussidé	3.200	—	—	28,57	57,14	14,28
66	Tarso Yéga	2.000	—	7,69	38,46	38,46	15,38
67	Tarso Yéga	2.300	—	—	62,50	29,16	8,33
68	Tarso Yégy Soura- dom	2.100	—	25,00	39,28	25,00	10,71
69	Tarsos Mohi et Chedidemi	1.875	9,09	39,39	36,36	15,15	—
70	En. Tegaham	800	72,72	18,18	9,09	—	—
71	Tiré-Tougui	700	53,33	33,33	13,33	—	—
72	Totouss moro	800	42,85	28,57	28,57	—	—
73	Tarso Voon	2.175	—	31,57	42,10	21,05	5,26
74	SE flanc Tarso Voon	2.325	3,57	14,28	39,28	32,14	10,71
75	15 km SE de Tarso Voon	2.700	—	11,11	33,33	44,44	11,11
76	Yebbi Bou	1.350	12,76	21,27	42,55	14,89	8,51
77	En. Aone	800	50,00	30,00	20,00	—	—

## Arealtypenspektren: Hoggar

No	Name	Höhe	T	TS	S	AS	A
1	Abalessa	800	—	42,85	57,14	—	—
2	O. Amezeguine	1.600	11,76	11,76	58,82	5,88	11,76
3	Mt. Amezzeroui	2.550	—	—	18,75	25,00	56,25
4	In Amguel	1.100	—	25,15	50,00	19,23	9,61
6	In Amri	2.350	20,00	—	20,00	20,00	40,00
7	O. Amsa	2.300	—	—	12,50	50,00	37,50
8	O. Aouari	2.100	4,76	4,76	42,85	33,33	14,28
9	Arouri n'Ayed	2.150	—	11,76	47,05	11,76	29,41
10	Arouri n'Ayed	2.350	—	5,55	44,44	11,11	38,88
11	Akar Akar, Assekrem	1.900	—	17,64	47,05	29,41	5,88
12	Assekrem	2.100	—	—	55,55	11,11	33,33
13	Assekrem	2.600	—	8,00	34,00	26,00	32,00
14	Ti en Balingui	1.500	—	20,00	50,00	26,66	3,33
15	O. Bloumet	1.900	—	11,11	44,44	33,33	11,11
16	Doc. bei O. Bloumet	2.100	—	—	50,00	50,00	—
18	O. In Deliei	2.300	7,69	7,69	53,84	19,23	11,53
19	O. Ellok	1.200	—	12,50	62,50	25,00	—
20	O. Erheri	1.500	5,71	31,42	42,85	11,42	8,57
21	Mt. Hadrian	1.550	4,16	29,16	33,33	29,16	4,16
22	Ideles	1.450	2,50	18,75	50,00	21,25	7,50
23	Igharghar	1.100	7,65	30,76	46,15	7,69	7,69
24	O. Ilaman	2.050	4,87	12,19	31,70	32,92	18,29
25	Iller n' Alonat	900	—	33,33	50,00	16,66	—
26	Imadouzene	2.550	—	5,88	35,29	11,76	47,05
27	G. Imarera	1.950	1,62	17,88	38,21	29,26	13,00
28	In Eker	1.150	—	20,00	80,00	—	—
29	In Tékadène	2.050	—	5,55	33,33	33,33	27,77
30	In Tékadène	2.300	—	—	38,88	16,66	44,44
31	Issakarassène	2.050	1,53	12,30	43,07	36,92	6,15
32	Arihered	700	—	75,00	25,00	—	—
33	Oudrak	1.450	4,16	29,16	39,58	14,58	12,50
34	O. Ouhaggar	2.150	—	14,28	28,57	35,71	21,42
35	Oul	2.450	—	—	23,52	29,41	47,05
36	O. Outoul	1.300	2,08	29,16	41,66	27,08	—
37	O. Ramesse-Ramesse	1.960	—	9,09	40,90	36,36	13,63
38	O. Silet	1.000	7,40	51,85	29,62	7,40	3,70
39	Taessa	2.200	—	9,09	31,81	27,27	31,81
40	Taessa	2.000	—	6,25	37,50	31,25	25,00
41	Taessa	2.300	—	7,69	38,46	30,76	23,07
42	Taessa	2.450	—	12,50	31,25	25,00	31,25
43	Mt. Tahat	2.800	—	4,54	36,36	31,81	27,27
45	G. Talmeste	2.350	—	—	50,00	33,33	16,66
46	G. Tamada	1.600	—	3,84	57,69	23,07	15,38
47	Tamada	2.000	7,40	11,11	37,03	29,62	14,81
48	Tamanghasset	1.500	7,29	28,12	41,66	18,75	4,16
49	O. Tamouda	1.250	2,94	35,29	38,23	17,64	5,88
50	Taratimte	2.500	—	—	33,33	46,66	20,00
51	O. Tarouda	2.100	1,06	12,76	38,29	29,78	18,08
52	E. Tasabat	1.800	—	11,11	55,55	33,33	—
53	Tazrouk	1.850	1,21	17,07	46,34	24,39	10,97
55	Tehi n' Tekart	2.050	—	13,15	39,47	23,68	23,68
56	O. Temmes Lezzemt	2.000	—	26,66	36,66	30,00	6,66

No	Name	Höhe	T	TS	S	AS	A
57	O. Torroumout	1.600	—	40,90	36,36	18,18	4,54
58	O. Tessekimt	2.100	—	9,52	33,33	28,57	28,57
60	O. Tidebart	830	—	25,00	75,00	—	—
61	Tilmas	1.600	—	9,09	72,72	9,09	9,09
62	Tigendaoui	2.100	—	5,00	45,00	32,50	17,50
64	Tidjamayène (Assekrem)	2.550	—	5,26	31,57	15,78	47,36
65	Tidjamayène	2.600	—	—	40,00	—	60,00
66	Tighaghart	1.900	—	11,42	48,57	17,14	22,85
67	O. Tihaliouine	2.200	—	5,88	52,94	29,41	11,76
68	O. Timenaiin	900	8,33	16,66	58,33	16,66	—
69	Tin Ouzel	2.100	—	—	40,00	53,33	6,66
70	O. Tit	1.300	5,88	36,76	36,76	20,58	—
71	Tahifet	1.450	3,57	35,71	42,85	14,28	3,57
72	Tin Tarabine	1.023	4,44	35,55	48,88	11,11	—
73	O. Azrou	1.200	—	30,00	40,00	20,00	10,00

## Literaturverzeichnis

### Allgemeine Literatur

- Air Ministry*, 1958, Meteorological office, Tables of temperature, relative humidity and precipitation for the world, Pt. I, London, 1958
- A. Aubréville*, 1949, *Climates, forêts et désertification de l'Afrique tropicale*, Paris, 1949
- F. Bagnouls, H. Gaussen*, 1957, *Les climats biologiques et leur classification*, *Annales de Géographie*, 355, 1957 S. 192 - 220
- H. Barth*, 1857 - 1858, *Reisen und Entdeckungen in Nord- und Centralafrika (1849 - 1855)* Bd. 1 - 5, 1857 - 1858 (Gotha)
- J. Blüthgen*, 1966, *Allgemeine Klimageographie, Lehrbuch der Allgemeinen Geographie*, Bd. II, Hrsg. E. Obst, Berlin 1966<sup>2</sup>
- H. Boyko*, 1947, *On the role of plants as quantitative climate indicators and the geocological law of distribution*, *The Journal of Ecology*, 45, 1947, S. 138 - 157
- J. Braun-Blanquet*, 1964, *Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde*, *Biologische Studienbücher*, 7, Wien, New York, 1964<sup>3</sup>
- A. de Candolle*, 1874, *Constitution dans le règne Végétal de groupes physiologiques*, *Archives Sci. Phys. Nat.* 50, Genf, 1874
- R. Capot-Rey*, 1953, *Le Sahara Français, Pays d'Outre-Mer*, *Collection Internationale de Documentation, Quatrième Série*, 1, L'Afrique Blanche Française, Paris, 1953
- R. J. Chorley, B. Kennedy*, 1971, *Physical Geography, A Systems Approach*, London, 1971
- W. Christiansen*, 1953, *Neue kritische Flora von Schleswig-Holstein, Rendsburg*, 1953
- Climatological Normals*, 1968, *Climatological Normals for the UAR up to 1960*, Ministry of Military production, Meteorological Department, Cairo, 1968
- C. D. Cornelius*, 1972, *Die Wissenschaft von der Sahara, Einführung in die Forschungsmethoden*, in: *Die Sahara und ihre Randgebiete*, Bd. II, *Humangeographie*, Hrsg. H. Schiffers, München, 1972, S. 499-647
- N. Creutzburg*, 1950, *Klima, Klimatypen und Klimakarten*, *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 94, 1950, S. 57 - 69
- D. v. Denffer, W. Schumacher, K. Mägdefrau, F. Firbas*, 1967, *Lehrbuch der Botanik für Hochschulen, Begr. v. E. Strasburger et alii*, Stuttgart, 1967<sup>29</sup>
- L. Diels*, 1945, *Pflanzengeographie*, Leipzig, 1945
- L. Diels, F. Mattick*, 1958, 1969, *Pflanzengeographie*, Göschen, Berlin, 1958, 1969, 2 Bde.
- Documents*, 1910, *Documents scientifiques de la mission Tilho (1906 - 1909)*, Bd. I, Paris, 1910
- Documents*, 1911, *Documents scientifiques de la mission Tilho (1906 - 1909)*, Bd. II, Paris, 1911, + Kartenband
- O. Drude*, 1884, *Die Florenreiche der Erde*, *Petermanns Geographische Mitteilungen, Ergänzungsheft*, 74, 1884
- O. Drude*, 1890, *Handbuch der Pflanzengeographie*, Stuttgart, 1890
- J. Dubief*, 1950, *Evaporation et coefficients climatiques au Sahara*, *Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes*, 6, 1950, S. 13 - 44
- J. Dubief*, 1959, *Le climat du Sahara*, P. 1, *Mémoire hors série*, Institut de Recherches Sahariennes, Alger, 1959
- J. Dubief*, 1963, *Le climat du Sahara*, P. 2,1, *Mémoire hors série*, Institut de Recherches Sahariennes, Alger, 1963

- J. Dubief*, 1971, Die Sahara, eine Klima-Wüste, in: Die Sahara und ihre Randgebiete, Bd. I, Physiogeographie, Hrsg. H. Schiffers, München, 1971, S. 227 - 348
- J. Dubief*, o. J., Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara, Service des Etudes Scientifiques, Birmandreis, o.J.
- A. Eig*, 1931, Les éléments et les groupes phytogéographiques auxiliaires dans la flore palestinienne, Etude phytogéographique, Fedde. Repert, Spec. nov. Regn. Veget. Beiheft 63, 2 Bd. 1931
- L. Emberger*, 1955, Une classification biogéographique des climats, Rec. Trav. Lab. Bot. Heo. et Zool, Fac. Sci. Univ. Montpellier, fasc. 7, 1955, S. 1 - 43
- A. Engler, O. Drude*, 1896, Die Vegetation der Erde, Leipzig, ab 1896
- A. Engler, K. Prantl*, 1898 - 1902, Die natürlichen Pflanzenfamilien, 23 Bde., Leipzig, ab 1898
- A. Fantoli*, 1952, Le piogge della Libia, Roma, 1952
- A. Fantoli*, 1967, Contributio alla climatologia della Tripolotania, Rassiunto dei risultati e tabelle meterologiche e pluviometriche, Roma, Min. Affari Esteri, 1967
- A. Fantoli*, 1969, Contributio alla climatologia della Cirenaica, Rassiunto dei risultati e tabelle meteorologiche et pluviometriche, Roma, Min. Affari Esteri, 1969
- A. Fantoli*, 1970, Contributio alla climatologia della regione interne delle Libia, Rassiunto dei risultati e tabelle meteorologiche e pluviometriche, Roma, Min. Affari Esteri, 1970
- Y. A. M. Fayed*, 1968, The climate of the Sudan according to three climatic classifications, Bulletin de la société de Géographie d'Egypte, 39, 1966 (1968), S. 61 - 82
- P. Filzer*, 1963, Ein botanischer Beitrag zur Charakterisierung natürlicher Landschaften Süddeutschlands, Berichte zur Deutschen Landeskunde, 31, 1963, S. 69 - 83
- F. Fliri*, 1969, Statistik und Diagramm, Das Geographische Seminar, Praktische Arbeitsweisen, Braunschweig, 1969
- H. Flohn*, 1957, Zur Frage der Einteilung der Klimazonen, Erdkunde, 11, 1957, S. 161 - 175
- H. Flohn*, 1964, Über die Ursachen der Aridität Nordostafrikas, Würzburger Geographische Arbeiten, H.12, Neue Fragen der allgemeinen Geographie, Würzburg, 1964, S. 25 - 41
- H. Flohn*, 1965, Warum ist die Sahara trocken? Zeitschrift für Meteorologie, 17, 1965, S. 316 - 320
- H. Flohn*, 1965, Klimaprobleme am Roten Meer, Erdkunde, 19, 1965, S. 179 - 191
- H. Flohn*, 1971, Tropical circulation pattern, Bonner Meteorologische Abhandlungen, H. 15, Bonn, 1971
- R. Frison-Roche*, 1960, Mission Ténéré, Paris, 1960
- H. Gams*, 1924, Die klimatische Begrenzung der Pflanzenareale, Geographische Zeitschrift, 30, 1924, S. 205 - 210
- D. Gavrilovic*, 1969, Klimatabellen für das Tibestigebirge, Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti II, Berliner Geographische Abhandlungen, 8, 1969, S. 47 f.
- R. Geiger, W. Pohl*, 1954, Eine neue Wandkarte der Klimagebiete der Erde, Erdkunde, 8, 1954, S. 58 - 60
- R. Geiger*, 1961, Das Klima der bodennahen Luftschicht, Braunschweig, 1961
- R. Good*, 1964, The Geography of flowering plants, London, 1964<sup>3</sup>
- P. Gourou*, 1970, L'Afrique, Paris, 1970
- P. Graebner*, 1929, Lehrbuch der allgemeinen Pflanzengeographie, Leipzig, 1922<sup>2</sup>
- A. Grisebach*, 1866, Die Vegetationsgebiete der Erde übersichtlich zusammengestellt, Petermanns Geographische Mitteilungen, 11, 1866, S. 45 - 53

- A. Grisebach*, 1872, Die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung, Ein Abriß der vergleichenden Geographie der Pflanzen, Leipzig, 1872
- Ph. D. Hammad y Hammad*, 1970, Ground water potentialities in the African Sahara and the Nile Valley, Beirut, 1970
- J. Harrison-Church*, 1968, West-Africa, London, 1968<sup>6</sup>
- O. W. Haseloff, H. J. Hoffmann*, 1970, Kleines Lehrbuch der Statistik, Berlin, 1970
- W. Haude*, 1959, Die Verteilung der potentiellen Verdunstung in Ägypten, Erdkunde, 13, 1959, S. 214 - 224
- P. Hayek*, 1926, Allgemeine Pflanzengeographie, Berlin, 1926
- U. Heber, K. A. Santarius*, 1971, Empfindlichkeit und Resistenz der Zelle gegen Frost, Umschau, 25, 1971, S. 930 - 936
- W. D. Heckendorf*, 1970, Klima und Witterung im Tibesti-Gebirge, Eine Klimamonographie, Berlin, 1970
- W. D. Heckendorf*, 1972, Zum Klima des Tibesti-Gebirges, Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai/Tibesti, III, Berliner Geographische Abhandlungen, 16, 1972, S. 123 - 141
- M. Hendl*, 1960, Entwurf einer genetischen Klimaklassifikation auf Zirkulationsbasis, Zeitschrift für Meteorologie, 14, 1960, S. 46 - 50
- A. Hettner*, 1934, Die Klimate der Erde, in: Vergleichende Länderkunde, Bd. III, Leipzig, Berlin, 1934
- A. Hettner*, 1935, Die Pflanzenwelt, in: Vergleichende Länderkunde, Bd. 4, Leipzig, 1935
- F. Jaeger*, 1945, Zur Gliederung und Benennung des tropischen Graslandgürtels, Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel, 56, 2, 1945
- F. Jaeger*, 1954, Afrika, Ein geographischer Überblick, Berlin, 1954<sup>2</sup>
- E. Kaiser*, 1954, Ideen zu einer Biogeographie der Sahara, Petermanns Geographische Mitteilungen, 98, 1954, S. 86 - 100
- F. Kämmer*, 1974, Klima und Vegetation auf Tenerife, besonders im Hinblick auf den Nebelniederschlag, Scripta Geobotanica, 7, Göttingen, 1974
- H. Kanter*, 1967, Libyen, Eine geographisch-medizinische Landeskunde, Medizinische Länderkunde I, Berlin, Heidelberg, 1967
- Ch. Killian*, 1943, Plantes et sols au Sahara et leurs relations mutuelles, Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes, 2, 1943, S. 38 - 54
- Klimatafeln*, fortlaufend, Klimatafeln Afrika des Deutschen Wetterdienstes in Offenbach
- W. Knoch, A. Schulze*, 1954, Methoden der Klimaklassifikation, Petermanns Geographische Mitteilungen, Ergänzungsheft 259, Gotha, 1954
- W. Koops*, 1935, Die Landschaftsgürtel des westlichen Sudan, Diss. Hamburg, 1935
- W. Köppen*, 1900, Versuch einer Klassifikation der Klimate vorzugsweise nach ihrer Beziehung zur Pflanzenwelt, Geographische Zeitschrift 6, 1900, S. 593 - 611
- W. Köppen*, 1918, Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf, Petermanns Geographische Mitteilungen, 64, 1918, S. 193-203 und 243 - 248
- W. Köppen*, 1931, Grundriß der Klimakunde, Klimate der Erde, Berlin, Leipzig, 1931<sup>2</sup>
- K. Kreeb*, 1974, Ökophysiologie der Pflanzen, Bausteine der modernen Physiologie, Stuttgart, 1974
- W. Kubiena*, 1957, Neue Beiträge zur Kenntnis des planimetrischen Formenwandels der Böden Afrikas, Stuttgarter Geographische Studien, 69, 1957
- S. Kunze*, 1974, Die „Kleine Trockenzeit“ im tropischen Afrika, Diss., Bonn, 1974

- E. Kupfer*, 1954, Entwurf einer Klimakarte auf genetischer Grundlage, Zeitschrift für den Erdkundeunterricht, 6, 1954, S. 5 - 13
- H. E. Landsberg*, 1972, World survey of climatology, *Climates of Africa*, Ed. J. F. Griffiths, New York, 1972
- O. L. Lange, R. Lange*, 1963, Untersuchungen über Blatttemperaturen, Transpiration und Hitzeresistenz an Pflanzen mediterraner Standorte (Costa Brava, Spanien), *Flora*, 153, 1963, S. 387 - 425
- W. Larcher*, 1973, Ökologie der Pflanzen, UTB 232, Stuttgart, 1973
- W. Lauer*, 1951, Hygrische Klimate und Vegetationszonen der Tropen mit besonderer Berücksichtigung Ostafrikas, *Erdkunde*, 5, 1951, S. 284 - 293
- W. Lauer*, 1952, Humide und aride Jahreszeiten in Afrika und Südamerika und ihre Beziehung zu den Vegetationsgürteln, in: *Studien zur Klima- und Vegetationskunde der Tropen*, Bonner Geographische Abhandlungen, 9, 1952, S. 15 - 98
- W. Lauer*, 1953, L'indice xérothermique, *Erdkunde*, 7, 1953, S. 48 - 52
- W. Lauer*, 1960, Klimadiagramme, Gedanken und Bemerkungen über die Verwendung von Klimadiagrammen für die Typisierung und den Vergleich von Klimaten, *Erdkunde*, 14, 1960, S. 232 - 242
- W. Lauer*, 1975, Vom Wesen der Tropen, Klimaökologische Studien zum Inhalt und zur Abgrenzung eines irdischen Landschaftsgürtels, *Abhandlungen der Akad. d. Wiss. und Lit. Mainz, Math. Naturw. Klasse*, 3, Mainz, 1975
- W. Lauer, T. Breuer*, 1972, Wettersatellitenbild und klimaökologische Zonierung, *Erdkunde*, 6, 1972, S. 81 - 98
- H. Lautensach*, 1952, Der geographische Formenwandel, *Studien zur Landschaftssystematik, Colloquium Geographicum*, 3, Bonn, 1952
- H. Lautensach*, (1952) 1973, Methodische Grundgedanken zum Geographischen Formenwandel, in: *Das Wesen der Landschaft, Wege der Forschung*, Bd. 39, Darmstadt, 1973, S. 444 - 465
- H. Lautensach, R. Bögel*, 1956, Der Jahrgang der mittleren geographischen Höhengradienten der Lufttemperatur in den verschiedenen Klimagebieten der Erde, *Erdkunde*, 10, 1956, S. 270 - 282
- A. N. Lebedev*, 1970, The climate of Africa, Pt. 1, Air temperature, precipitation, trd. du russe, *Israel Progr. for Scient. Translation*, No 5561, Leningrad, Jerusalem, Hydromet. Serv. UdSSR, 1968 et 1970
- G. Lemée*, 1967, Précis de Biogéographie, Paris, 1967
- G. Lerch*, 1965, Pflanzenökologie, WTB 27, Berlin, 1965
- H. Louis*, 1958, Der Bestrahlungsgang als Fundamentalerscheinung der geographischen Klimaunterscheidung, *Festschrift, H. Kinzl, Schlern-Schriften*, 190, 1958, S. 155 - 164
- H. Lundegarth*, 1954, Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben, Jena, 1954<sup>2</sup>
- D. Marsal*, 1967, Statistische Methoden für Erdwissenschaftler, Stuttgart, 1967
- E. de Martonne*, 1941, Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité, *Météorologie*, 1941, S. 3 - 26
- O. Maull*, 1936, Die Bestimmung der Tropen am Beispiel Amerikas. Ein Beitrag zur allgemeinen vergleichenden Länderkunde, *Festschrift d. Hundertjahrfeier d. Ver. f. Geogr. und Statistik*, Frankfurt, 1936, S. 339 - 365
- O. Maull*, (1936) 1973, Die Grenzgürtelmethode, in: *Das Wesen der Landschaft, Wege der Forschung*, Bd. 39, Darmstadt, 1973, S. 425 - 432

- H. Melchior*, 1964, A. Englers. Syllabus der Pflanzenfamilien, 12. Aufl., 2, Berlin Nikolasssee, 1964
- H. Mensching*, 1970, Sudan, Sahel und Sahara, Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft Hannover, 2, 1969, Hannover, 1970
- H. Mensching*, 1974, Tunesien, Eine Geographische Landeskunde, Wissenschaftliche Länderkunden, Bd. 1, Darmstadt, 1974<sup>2</sup>
- B. Messerli*, 1972, Formen und Formungsprozesse in der Hochgebirgsregion des Tibesti, Hochgebirgsforschung, 2, Innsbruck, München, 1972, S. 23 - 86
- H. Meusel*, 1943, Vergleichende Arealkunde, 2 Bde., Berlin, 1943
- H. Meusel, E. Jäger, E. Weinert*, 1965, Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora, 2 Bde, Jena, 1965
- Th. Monod*, 1957, Les grandes divisions chorologiques de l'Afrique, C. S. A. 24, Congrès de Yangambi, Paris, 1957
- Th. Monod*, 1973, Les déserts, Paris, 1973
- P. Moral*, 1964, Essai sur les régions pluviothermiques de l'Afrique de l'Ouest, Annales de Géographie, 73, 1964, S. 660 - 686
- H. J. Nelson*, 1955, A service classification of american cities, Economic Geography, 31, 1955, S. 189 - 210
- J. Oliver*, 1965, Evaporation losses and rainfall régime in Central and North Sudan, Weather, 20, 1965, S. 58 - 64
- KH. Paffen*, 1967, Das Verhältnis der tages- zur jahreszeitlichen Temperaturschwankung, Erdkunde, 21, 1967, S. 94 - 111
- S. Passarge*, 1923, Die Landschaftsgürtel der Erde, Breslau, 1923
- A. Penck*, 1910, Versuch einer Klimaklassifikation auf physiographischer Grundlage, Sitzungsber. d. kgl. Preuß. Akad. d. Wissenschaften, Physik. Mathem. Klasse, 12, 1910, S. 236 - 246
- H. L. Penman*, 1948, Natural evaporation from open water, bare soils and grass, Proceedings of the Royal Society, Series A, 193, 1948, S. 120 - 145
- F. H. Perring, S. M. Walters*, 1962, Atlas of British Flora, London, Edinburgh, 1962
- A. Philippson*, 1925, Grundzüge der Allgemeinen Geographie, Bd. 1, Leipzig, 1925
- H. Precht, J. Christophersen, H. Hensel, W. Larcher (Editor)*, 1973, Temperature and life, Berlin, Heidelberg, New York, 1973<sup>2</sup>
- R. Reichelt, O. Wilmanns*, 1973, Vegetationsgeographie, Das Geographische Seminar, Praktische Arbeitsweisen, Braunschweig, 1973
- P. Rognon*, 1967, Le massif de l'Atakor et ses bordures (Sahara Central), Etude géomorphologique, CNRS, Série Géologie, No. 9, Paris, 1967
- E. Rubinstein*, 1924, Beziehungen zwischen dem Klima und dem Pflanzenreich, Meteorologische Zeitschrift, 41, 1924, S. 15 - 17
- Sahara*, 1974, Bericht über die Sahara Exkursion des Geographischen Institutes der Universität Bern 1973, Bern, 1974
- K. A. Santarius*, 1971, Ursachen der Frostschäden und Frostadaptation bei Pflanzen, Bericht der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 84, 1971, S. 425 - 436
- K. Sapper*, 1923, Die Tropen, Stuttgart, 1923
- K. Sapper, R. Geiger*, 1934, Die dauernd frostfreien Räume der Erde und ihre Begrenzung, Meteorologische Zeitschrift, 51, 1934, S. 465 - 468

- H. Schiffers*, 1951, Begriff, Grenze und Gliederung der Sahara, Petermanns Geographische Mitteilungen, 95, 1951, S. 239 - 246
- H. Schiffers*, 1971 - 1973, (Hrsg.) Die Sahara und ihre Randgebiete, 3 Bde., Afrika Studien 60, 61, 62, München, 1971, 1972, 1973
- A. F. Schimper, A. Faber*, 1935, Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage, Jena, 1953<sup>3</sup>, (2. Aufl. 1933)
- G. Schmidt*, 1969, Vegetationsgeographie auf ökologisch-soziologischer Grundlage, Leipzig, 1969
- J. Schmithüsen*, 1968, Allgemeine Vegetationsgeographie, Lehrbuch der allgemeinen Geographie, Bd. IV, Berlin, 1968
- R. Schneider Carius*, 1948, Klimazonen und Vegetationsgürtel in tropischen und subtropischen Gebirgen, Erdkunde, 2, 1948, S. 303 - 313
- R. Schnell*, 1970, La Phytogéographie des pays tropicaux, Bd. 1, Paris, 1970
- R. Schnell*, 1971, La Phytogéographie des pays tropicaux, Bd. 2, Paris, 1971
- R. Schubert*, 1966, Pflanzengeographie, WTB 35, Berlin, 1966
- J. H. Schulze*, 1973, Landschaft, in: Das Wesen der Landschaft, Wege der Forschung, Bd. 39, Darmstadt, 1973, S. 202 - 219
- D. W. Shimwell*, 1973, The Description and Classification of Vegetation, London, 1973
- W. Sievers*, 1901, Afrika, Eine allgemeine Landeskunde, Leipzig, Wien, 1901<sup>2</sup>
- L. Steubing*, 1965, Pflanzenökologisches Praktikum, Berlin, Hamburg, 1965
- A. Supan*, 1896, Grundzüge der physischen Erdkunde, Leipzig, 1896
- M. A. El Tom*, 1969, A statistical analysis of the rainfall over the Sudan, The Geographical Journal, 135, 1969, S. 378 - 387
- K. J. Treharne, J. P. Cooper*, 1969, Effect of temperature on the activity of carboxylase in tropical and temperate Gramineae, J. exp. Bot. 29, 1969, S. 170 - 175
- G. T. Trewartha*, 1961, The earth's problem climates, Madison, 1961
- C. Troll*, 1943, Thermische Klimatypen der Erde, Petermanns Geographische Mitteilungen, 89, 1943, S. 81 - 89 + Karte Tafel 13
- C. Troll*, 1955, Der jahreszeitliche Ablauf des Naturgeschehens in verschiedenen Klimagürteln der Erde, Studium Generale, 8, 1955, S. 113 - 133
- C. Troll*, 1958, Zur Physiognomik der Tropengewächse, Sonderdruck aus: Jahresberichte der Gesellschaft von Freunden und Förderern der Rhein. Friedr. Wilh. Universität zu Bonn, e. V., Bonn, 1958
- C. Troll*, 1959, Die tropischen Gebirge. Ihre dreidimensionale klimatische und pflanzengeographische Zonierung, Bonner Geographische Abhandlungen, 25, 1959
- C. Troll*, 1966, Wasser als pflanzengeographischer Faktor, in: Ökologische Landschaftsforschung und vergleichende Hochgebirgsforschung, Erdkundliches Wissen, H. 11, Wiesbaden, 1966, S. 196 - 321
- C. Troll, K. H. Paffen*, 1964, Karte der Jahreszeitenklimate der Erde, Erdkunde, 18, 1964, S. 5 - 28
- J. F. Tullo*, 1955, El climat del Sahara (con especial referencia a la zona Español), Madrid, 1955
- H. Walter*, 1939, Grasland, Savanne und Busch der ariden Teile Afrikas in ihrer ökologischen Bedingtheit, Jahrbuch Wissenschaftliche Botanik, 87, 1939, S. 750 - 860
- H. Walter*, 1960, Grundlagen der Pflanzenverbreitung, I. Teil, Standortlehre, Einführung in die Phytologie, Bd. II, 1, Stuttgart, 1960

- H. Walter*, 1963, Über die Stoffproduktion der Pflanzen in ariden Gebieten und die Wasserversorgung von Wüstenpflanzen sowie über Bewässerungskulturen, in: *Wasserwirtschaft in Afrika*, Köln, 1963, S. 83 - 95
- H. Walter*, 1968, Die Vegetation der Erde in ökophysiologischer Betrachtung, Bd. II, Die gemäßigten und arktischen Zonen, Stuttgart, 1968
- H. Walter*, 1970, Vegetationszonen und Klima, UTB 14, Stuttgart, 1970
- H. Walter*, 1973, Die Vegetation der Erde in ökophysiologischer Betrachtung, Bd. I, Die tropischen und subtropischen Zonen, Stuttgart, 1973<sup>3</sup>
- H. Walter, H. Lieth*, 1960-1967, Klimadiagramm-Weltatlas, Jena, 1960-1967
- H. Walter, H. Straka*, 1970, Arealkunde, Einführung in die Phytologie, Bd. III, 2, Stuttgart, 1970<sup>2</sup>
- E. Warming*, 1918, Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie, Berlin, 1918
- F. Weberling, H. Schwantes*, 1972, Pflanzensystematik, UTB 62, Stuttgart, 1972
- S. Winkler*, 1973, Einführung in die Pflanzenökologie, UTB 169, Stuttgart, 1973
- H. v. Wissmann*, 1948, Pflanzenklimatische Grenzen der Warmen Tropen, *Erdkunde*, 2, 1948, S. 81 - 92
- H. v. Wissmann*, 1966, Die Klimate der Erde, in: J. Blüthgen, *Allgemeine Klimageographie*, Berlin, 1966, S. 528-529 + Kartenbeilage
- M. Zohary*, 1947, A vegetation map of western Palestine, *The Journal of Ecology*, 34, 1947, S. 1 - 19
- M. Zohary*, 1963, On the geobotanical structure of Iran, *Bullet. Res. Council. Israel*, Section D, Bd. 11, Jerusalem, 1963
- D. Yacono*, 1968, Essai sur le climat de montagne au Sahara. L'Ahaggar, *Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes*, 27, 1968, fasc. 21 - 122

#### Spezielle floristische Literatur

- M. Abadie*, 1927, La colonie du Niger, Paris, 1927
- J. G. Adam*, 1962, Itinéraires botaniques en Afrique occidentale, Flore et végétation d'hiver de la Mauritanie occidentale. Les pâturages. Inventaire des plantes signalées en Mauritanie, *Journal d'Agriculture tropicale et de Botanique appliquée*, 9, 1962, S. 85 - 200 u. S. 297 - 416
- J. G. Adam*, 1965, La végétation du Delta du Sénégal, *Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire*, Sér. A, 27, 1965, S. 121 - 138
- J. G. Adam*, 1966, La végétation de l'Aftout es Saheli (Mauritanie occidentale), *Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire*, Sér. A, 28, 1966, S. 1292 - 1319
- A. Ahti, L. H. Ahti, B. Petterson*, 1973, Flora of inundated Wadi Halfa reach of the Nile, Sudanese Nubia, with notes to adjacent areas, *Annales Botanici Fennici*, 10, 1973, S. 131 - 162
- F. W. Andrews*, 1950, The flowering plants of the Anglo-Egyptian Sudan, Vol. 1, Arbroath, 1950
- F. W. Andrews*, 1952, The flowering plants of the Anglo-Egyptian Sudan, Vol. 2, Arbroath, 1952
- F. W. Andrews*, 1954, The vegetation of the Sudan, in: *Agriculture in the Sudan*, Ed. J. D. Tothill, London, 1954

- F. W. Andrews, 1956, The flowering plants of the Anglo-Egyptian Sudan, Vol. 3, Arbroath, 1956
- P. Ascherson, 1881, Die aus dem mittleren Nordafrika, dem Gebiete der Rohlfs'schen Expedition nach Kufra bekanntgewordenen Pflanzen, in: G. Rohlfs, Kufra, Leipzig, 1881
- L. Aufrère, L. Emberger et alii, 1938, La vie dans la région désertique Nord-tropicale de l'ancien monde, Société de Biogéographie, Mémoire 6, Paris, 1938
- H. Awad, 1948, Gilf el Kebir et l'Ouénat, Bulletin de la Société de Géographie d'Egypte, 22, 1948, S. 137 - 150
- R. A. Bagnold, 1939, An expedition to the Gilf Kebir and Uweinat, 1938, The Geographical Journal, 93, 1939, S. 281 - 313
- J. P. Barry, B. Belin, J. Cl. Celles, D. Dubost, L. Faurel, P. Hethener, M. Laferrere, 1970, Essai de monographie du Cupressus Dupreziana A. Camus, Cyprès endémique du Tassili des Ajjer (Sahara Central), Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 61, 1970, S. 95 - 178
- R. Benoist, 1926/27, Plantes recoltées par M. Monod en Mauritanie, Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, 33, 1926/27, S. 188 - 192
- U. Berger-Landefeldt, 1957, Beiträge zur Ökologie der Pflanzen nordafrikanischer Salzpflanzen, Vegetatio, 7, 1957, S. 169 - 206
- U. Berger-Landefeldt, 1959, Beiträge zur Ökologie der Pflanzen nordafrikanischer Salzpflanzen, Vegetatio, 9, 1959, S. 1 - 47
- J. Berhaut, 1967, Flore du Sénégal, Dakar, 1967
- Ed. Bonnet, R. Chudeau, 1911, Partie Botanique: Mission en Mauritanie occidentale, Etude systématique, in: A. Gruvel, R. Chudeau, A travers la Mauritanie occidentale, Bd. II, Paris, 1911
- L. Boulos, 1966, A natural history of Kurkur Oasis, Libyan Desert, Egypt 4, The vegetation, Yale Peab. Mus. Nat. Hist. Postilla, 100, 1966, S. 1 - 22
- A. F. Broun, R. E. Massey, 1929, Flora of the Sudan, London, 1929
- Ph. Bruneau de Miré, 1956, Le 18<sup>e</sup> parallèle constitue-t-il une limite floristique en Afrique occidentale? Journal d'Agriculture tropicale et de Botanique appliquée, 3, 1956, S. 439 - 442
- Ph. Bruneau de Miré, H. Gillet, 1956, Contribution à l'étude de la flore du massif de Air (Sahara mér.) Journal d'Agriculture tropicale et de Botanique appliquée, 3, 1956, S. 422-438 u. 701 - 760 u. 857 - 886
- Ph. Bruneau de Miré, H. Gillet, P. Quézel, 1957, A propos de quelques vestiges d'une flore montagnarde africaine sur les sommets de l'Air et du Tibesti, Journal d'Agriculture tropicale et de Botanique appliquée, 4, 1957, S. 152 - 156
- Ph. Bruneau de Miré, P. Quézel, 1957, La végétation des points d'eau permanents de la portion orientale du Sahara méridional, Journal d'Agriculture tropicale et de Botanique appliquée, 4, 1957, S. 632 - 644
- Ph. Bruneau de Miré, P. Quézel, 1961, Remarques taxonomiques et biogéographiques sur la flore des montagnes de la lisière méridionale du Sahara et plus spécialement du Tibesti et du Djebel Marra, Journal d'Agriculture tropicale et de Botanique appliquée, 8, 1961, S. 110 - 133
- P. Bourrell, 1962, Etude anatomique au Limbe des innovations des Aristida de l'Afrique du Nord et du Sahara, in: Botanique Saharienne, Mémoire No 6, Institut de Recherches Sahariennes, 1962, S. 59 - 202
- A. Callenot, A. Dubuis, C. Faurel, 1960, Notes sur la Flore du Tassili n'Ajjer, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 51, 1960, S. 236 - 254

- M. v. Campo, G. Aymonin, Ph. Guinet, P. Rognon*, 1964, Contribution à l'étude du peuplement végétal quaternaire des montagnes sahariennes: l'Atakor, Pollen et Spores, 6, 1964, S. 169 - 194
- M. v. Campo, J. Cohen, Ph. Guinet, P. Rognon*, 1965, Contribution à l'étude du peuplement végétal quaternaire des montagnes sahariennes II, Flore contemporaine d'un gisement de Mammifères tropicaux dans l'Atakor, Pollen et Spores, 7, 1965, S. 361 - 372
- M. v. Campo, Ph. Guinet, J. Cohen, P. Dutil*, 1967, Contribution à l'étude du peuplement végétal quaternaire des montagnes sahariennes, III, Flore de l'Oued Outoul (Hoggar), Pollen et Spores, 9, 1967, S. 107 - 120
- A. Camus*, 1958, Sur un Cupressus relique de la forêt de Tassili, Journal d'Agriculture tropicale et de Botanique appliquée, 5, 1958, S. 766 f.
- R. Capot-Rey*, 1961, Borkou et Ounianga, Mémoire No 5, Institut de Recherches Sahariennes, Université d'Alger, 1961
- Carte de la végétation*, 1970, Carte de la végétation de la région méditerranéenne, + Note explicative, Recherches sur la zone aride, UNESCO, FAO, Paris, 1970
- G. Carvalho, H. Gillet*, 1960, Catalogue raisonné et commenté des plantes de l'Ennedi, (Tchad septentrional), Journal d'Agriculture tropicale et de Botanique appliquée, 7, 1960, S. 49 - 96 u. 193 - 240 u. 317 - 361
- A. Chevalier*, 1920, Exploration botanique de l'Afrique occidentale Française, Bd. 1, Enumération des plantes recoltées, Paris, 1920
- T. F. Chipp*, 1930, Forests and plants of the Anglo-Egyptian Sudan, The Geographical Journal, 75, 1930, S. 123 - 141
- T. F. Chipp*, 1930, The vegetation of the Central Sahara, The Geographical Journal, 76, 1930, S. 126 - 137
- L. Chopard, A. Villiers*, 1950, Contribution à l'étude de l'Air, Introduction et biogéographie, Mémoires de l'Institut Français d'Afrique Noire, 10, Paris, 1950, S. 9 - 28
- Conservation of vegetation*, 1968, Conservation of vegetation in Africa south of the Sahara, Hrsg. J. and O. Hedberg, Proceedings of a Symposium held at the 6th plenary meeting of the association pour l'Etude Taxonomique de la Flore d'Afrique tropicale, Acta phytogeogr. Suecica, 54, 1968
- R. Corti*, 1937, Il Sahara Italiano, I Fezzan e Oasis di Gat, La végétazione, Reale Societa Geografica Italiana, 15, 1937, S. 161 - 210
- R. Corti*, 1938, Le raccolte botaniche nel Sud Cirenaico del Prof. L. Di Caporiacco e del Prof. U. Monterin e la Florula delle Oasi di Cufra e del Gebel Auénat, Nuovo Giornale Botanico Italiano, Nuova Serie, 45, 1938, S. 202 - 260
- R. Corti*, 1942, Flora e végétazione del Fezzan e della regione di Gat, Reale Societa Geografica Italiana, 20, Firenze, 1942
- R. Corti*, 1943, Le conoscenze botaniche sul Tibesti settentrionale, in: A. Desio, Il Tibesti nord-orientale, Roma, 1943, S. 201 - 215
- G. M. Crowfoot*, 1928, Flowering plants of the Northern and Central Sudan, Leominster, 1928
- A. Cuénod, G. Pottier-Alapetite, A. Labbé*, 1954, Flore analytique et synoptique de la Tunisie, Vol. 1, Tunis, 1954
- M. Cugia, G. B. Floridia, A. Desio*, 1931, Risultati scientifici della Missione alla Oasi di Giara-bub (1926 - 1927), Fasc. IV, Notizie Geografico-Fisiche et Biologiche, Reale Societa Geografica Italiana, Roma, 1931
- M. Dalloni*, 1934, Mission au Tibesti (1930/31), I, Académie des Sciences de l'Institut de France, Mémoire I, 61, Paris, 1934

- M. Dalloni*, 1935, Mission au Tibesti (1930/31), II, Académie des Sciences de l'Institut de France, Mémoire II, 62, 1935
- P. H. Davis*, 1953, The vegetation of the Deserts near Cairo, *The Journal of Ecology*, 41, 1953, S. 157 - 173
- A. Desio*, 1943, Il Sahara Italiano, Bd. 2, Il Tibesti Nord-Orientale, Reale Societa Geografica Italiana, 21, Roma, 1943
- J. Despois*, 1935, Le Djebel Nefousa (Tripolitaine), Etude géographique, Paris, 1935
- L. Diels*, 1917, Beiträge zur Flora der Zentralsahara und ihre Pflanzengeographie, *Englers Botanische Jahrbücher*, 45, 1917, S. 51 - 155
- M. Drar*, 1955, Egypt. Eritrea and the Sudan, *Plant Ecology, Reviews of Research, UNESCO, Arid Zones Research*, 6, 1955, S. 151 - 194
- A. Dubuis*, 1958, Contribution à l'étude de la flore et de la végétation de la région d'Hassi Messaud, *Travaux des Sections Pédologie et Agrologie Birmandreis, Bull.* 4, 1958
- A. Dubuis, L. Faurel*, 1957, Notes de floristique nordafricaine I, *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 48, 1957, S. 471 - 493
- A. Dubuis, L. Faurel*, 1959, Notes de floristique nordafricaine II, *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 50, 1959, S. 89 - 103
- A. Dubuis, L. Faurel*, 1960, Note sur la flore et la végétation de la partie orientale de la Seguiet el Hamra (Sahara espanol), *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 51, 1960, S. 115 - 135
- A. Dubuis, L. Faurel*, 1964, Notes de floristique nordafricaine III, *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 54, 1964, S. 139 - 157
- A. Dubuis, L. Faurel*, 1965, Note de floristique nordafricaine IV, *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 55, 1965, S. 40 - 68
- E. Durand, G. Baratte*, 1910, Flora Libycae Prodromus, *Raisonné des plantes de Tripolitaine*, Genève, 1910
- A. Engler*, 1910, Die Pflanzenwelt Afrikas, *Die Vegetation der Erde*, IX, Leipzig, 1910
- H. Geyr von Schweppenburg*, 1920, Bäume und Sträucher in der Vegetation des Tuareg Berglandes, *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft*, 29, 1920, S. 164 - 171
- H. Gillet*, 1957, Compte rendu sommaire d'une mission dans le massif de l'Ennedi et du Djebel Marra, *Journal d'Agriculture tropicale et de Botanique appliquée*, 9/10, 1957, S. 458 - 464
- H. Gillet*, 1957, Une enclave floristique soudanienne dans le massif de l'Ennedi (Nord-Tchad). *Compte Rendu Sommaire des Séances de la Société de Biogéographie*, 34, 301, 1957, S. 172 - 176
- H. Gillet*, 1957, Quelques aspects biogéographiques du massif montagneux de l'Air, *Compte Rendu Sommaire des Séances de la Société de Biogéographie*, 34, 294, 157, S. 20 - 25
- H. Gillet*, 1959, Une mission scientifique dans l'Ennedi (Nord Tchad) et en Oubangi, *Journal d'Agriculture tropicale et de Botanique appliquée*, 6, 1959, S. 505 - 577
- H. Gillet*, 1961, Flore sahélienne tchadienne. Un essai d'analyse biogéographique, *Compte Rendu Sommaire des Séances de la Société de Biogéographie*, 38, 1961, S. 7 - 21
- H. Gillet*, 1962, Végétation, agriculture et sol du Centre Tchad, *Journal d'Agriculture tropicale et de Botanique appliquée* 11/12, 1962, S. 451 - 501
- H. Gillet*, 1968, Le Peuplement végétal du massif de l'Ennedi (Tchad), *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Nouvelle série, Sér. B, Botanique, Tome 17*, Paris, 1968
- K. Gram*, 1935, Karplantenvegetationen i Mouydir (Emmidir) I centra Sahara, *Kobenhavn*, 1935

- E. Guinea*, 1945, La vegetation lenosa y los pastos del Sahara Español, Aspecto forestal del desierto, Madrid, 1945
- E. Guinea*, 1947, Catalogo razanado de las plantas del Sahara español, Anales del Jardin Botanico de Madrid, 8, 1947, S. 357 - 442
- Ph. Guinet*, 1954, Beni-Abbès, Carte de la végétation de l'Algérie, 2, 1954
- Ph. Guinet, Ch. Sauvage*, 1954, Botanique, in: Les Hamadas Sud Marocaines, Hrsg. F. Joly, Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien, Série générale, 2, Tanger, 1954, S. 75 - 167
- M. Guinochet*, 1951, Contribution à l'étude phytosociologique au Sud Tunisien, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 42, 1951, S. 131 - 153
- M. Guinochet, P. Quézel*, 1954, Reconnaissance phytosociologique autour du Grand-Erg occidental, Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes, 12, 1954, S. 11 - 27
- R. Halwagy*, 1961, The vegetation of the semi-desert north-east of Khartoum, Sudan, Oikos, 12, 1961, S. 87 - 100
- R. Halwagy*, 1962, The impact of man of semi-desert vegetation in the Sudan, The Journal of Ecology, 50, 1962, S. 263 - 273
- R. Harder, P. Filzer, A. Lorenz*, 1931, Versuche zur Bestimmung der Kohlensäureassimilation immergrüner Wüstenpflanzen während der Trockenzeit in Beni Unif (algerische Sahara), Jahrbuch Wissenschaftliche Botanik, 75, 1931, S. 45 - 194
- R. Harder, P. Filzer, A. Lorenz*, 1933, Notizen über Evaporation und Transpiration in der algerischen Wüste bei Beni Unif, Karsten Festschrift, Flora, 128, 1933, S. 34 - 49
- M. Hassib*, 1951, Distribution of plant communities in Egypt. Bulletin of the Faculty of Science, 29, Cairo, 1951, S. 59 - 261
- M. Hassib*, 1954, The life forms of the Egyptian flora, Bulletin de l'Institut du Désert d'Egypte, 4, 1954, S. 65 - 69
- H. N. Le Houérou*, 1957, Contribution à la connaissance de la flore du Sud-Est Tunisien et du Sahel, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 48, 1957, S. 356 - 369
- H. N. Le Houérou*, 1959, Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale, Mémoire 6, Institut de Recherches Sahariennes, Université Alger, 2 Bde + Karten-, Tabellenband, Alger, 1959
- H. N. Le Houérou*, 1960, Contribution à l'étude de la flore de la Libye (Province de Tripolitaine), Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 51, 1960, S. 175 - 200
- H. N. Le Houérou*, 1969, La végétation de la Tunisie steppique, Annales de l'Institut Nationale de la Recherche Agronomique de Tunisie, 42, 1969
- H. N. Le Houérou, A. Martel*, 1965, De Chadamès à Ghat, Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes, 24, 1965, S. 191 - 204
- J. Hutchinson, J. M. Dalziel*, 1927 - 1936, Flora of West Tropical Africa ... south of the Tropic of Cancer to Lake Chad, London, 1927 - 1936 mehrere Bde.
- J. Hutchinson, J. M. Dalziel, R. W. J. Keay (Hrsg.)*, 1954, Flora of West Tropical Africa, 2. Aufl., Vol. I, 1, London, 1954
- J. Hutchinson, J. M. Dalziel, R. W. J. Keay (Hrsg.)*, 1958, Flora of West Tropical Africa, 2. Aufl., Vol. I, 2, London, 1958
- J. Hutchinson, J. M. Dalziel, F. N. Hepper (Hrsg.)*, 1963, Flora of West Tropical Africa, 2. Aufl. Vol. II, London 1963
- J. Hutchinson, J. M. Dalziel, F. N. Hepper (Hrsg.)*, 1968, Flora of West Tropical Africa, 2. Aufl. Vol. II, London, 1968

- E. Jahandiez, R. Maire*, 1931, Catalogue des plantes du Maroc, Bd. I, Alger, 1931
- E. Jahandiez, R. Maire*, 1932, Catalogue des plantes du Maroc, Bd. II, Alger, 1932
- E. Jahandiez, R. Maire*, 1934, Catalogue des plantes du Maroc, Bd. III, Paris, 1934
- E. Jany*, 1967, Heinrich Barths Mitteilungen zur Flora und Fauna Afrikas, in: H. Barth, Ein Forscher in Afrika, Leben, Werk und Leistung, Hrsg. H. Schiffers, Wiesbaden, 1967, S. 224 - 307
- E. Jany*, 1963, Pflanzen aus der Libyschen Sahara, Willdenowia, 5/2, 1969, S. 295 - 341
- E. Jany*, 1973, Die nördliche Randzone, in: Die Sahara und ihre Randgebiete, Bd. III, Regionalgeographie, Hrsg. H. Schiffers, München, 1973, S. 18 - 25
- E. Kaiser*, 1958, Die saharischen Hochgebirge, Eine vergleichende biogeographische Studie, Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Deutschen Institutes für Länderkunde, 15/16, 1958, S. 94 - 132
- H. Kanter*, 1940, Die Harudsch el Asued in Italienisch Libyen, Petermanns Geographische Mitteilungen, 86, 1940, S. 225 - 238
- R. Knapp*, 1968, Vegetation und Landnutzung in Südtunesien, Geobotanische Mitteilungen, 57, Gießen, 1968, S. 103 - 124
- R. Knapp*, 1973, Die Vegetation von Afrika, Stuttgart, 1973, (Sahara, S. 373 - 442)
- M. Kassas*, 1952, Landform and plant-cover in the Egyptian Desert, Bulletin de la Société de Géographie d'Égypte, 26, 1952, S. 193 - 205
- M. Kassas*, 1952, Habitat and plant communities in the Egyptian Deserts, I, Introduction, The Journal of Ecology, 40, 1952, S. 342 - 351
- M. Kassas*, 1953, Habitat and plant communities in the Egyptian Deserts, II, The features of a desert community, The Journal of Ecology, 41, 1953, S. 248 - 256
- M. Kassas*, 1956, Landform and plant cover in the Omdurman Desert, Bulletin de la Société de Géographie d'Égypte, 29, 1956, S. 43 - 58
- M. Kassas*, 1956, The mist oasis of Erkowit, Sudan, The Journal of Ecology, 44, 1956, S. 180 - 194
- M. Kassas*, 1957, On the ecology of the Red Sea coastal land (Sudan), The Journal of Ecology, 45, 1957, S. 187 - 203
- M. Kassas*, 1966, Plant life in deserts, in: Arid Lands, Hrsg. Es. Hills, London, 1966
- M. Kassas*, 1967, Die Pflanzen der Sahara, in: Die Sahara, Hrsg. C. Krüger, Wien, München, 1967
- M. Kassas*, 1970, Desertification versus potential for recovery in circum-saharan territories, Arid lands in transition, American Association for the Advancement of Science, 1970, S. 123 - 142
- M. Kassas*, 1971, Die Pflanzenwelt, Pflanzenleben in der östlichen Sahara, in: Die Sahara und ihre Randgebiete, Bd. I, Physiogeographie, Hrsg. H. Schiffers, München, 1971, S. 477 - 497
- M. Kassas, M. S. el Abyad*, 1962, On the phytosociology of the desert vegetation of Egypt, Annals of the Arid Zone, 1, 1962, S. 54 - 83
- M. Kassas, W. A. Girgis*, 1964, Habitat and plant communities in the Egyptian Deserts, V, The limestone plateau, The Journal of Ecology, 52, 1964, S. 107 - 119
- M. Kassas, W. A. Girgis*, 1965, Habitat and plant communities in the Egyptian Deserts, VI, The units of a desert ecosystem, The Journal of Ecology, 53, 1965, S. 715 - 728
- M. Kassas, W. A. Grigis*, 1969/70, Plant life in the Nubian Desert east of the Nile, Egypt. Bulletin de l'Institut de Géographie d'Égypte, 51, 1969/70, S. 47 - 71

- M. Kassas, W. A. Girgis*, 1970, Habitat and plant communities in the Egyptian Deserts, VII, Geographical facies of plant communities, *The Journal of Ecology*, 58, 1970, S. 335 - 350
- M. Kassas, M. Imam*, 1954, Habitat and plant communities in the Egyptian Deserts, III, The wadi bed ecosystem, *The Journal of Ecology*, 42, 1954, S. 424 - 441
- M. Kassas, M. Imam*, 1959, Habitat and plant communities in the Egyptian Deserts, IV, The gravel desert, *The Journal of Ecology*, 47, 1959, S. 289 - 310
- M. Kassas, M. A. Zahran*, 1962, Studies on the Ecology of the Red Sea coastal land, I, The district of Gebel Ataqa and El Galala-El Bahariya, *Bulletin de la Société de Géographie d'Égypte*, 35, 1962, S. 129 - 175
- M. Kassas, M. A. Zahran*, 1965, Studies on the Ecology of the Red Sea coastal land, II, The district from El Galala/El Qibliya to Hurghada, *Bulletin de la Société de Géographie d'Égypte*, 38, 1965, S. 155 - 193
- M. Kassas, M. A. Zahran*, 1967, On the ecology of the Red Sea littoral salt marsh, *Ecolog. Monograph*, 37, 1967, S. 297 - 316
- M. Kassas, M. A. Zahran*, 1971, Plant life on the coastal mountains of the Red Sea, Egypt, *Journal Indian Botan. Society*, Golden Jubilee Volume, 50 A, 1971, S. 571 - 589
- H. Kaufmann*, 1964, Wirtschafts- und Sozialstruktur der Iforas Tuareg, Diss. Köln, 1964
- W. Kausch*, 1959, Der Einfluß von edaphischen und klimatischen Faktoren auf die Ausbildung des Wurzelwerks der Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung einiger algerischer Wüstenpflanzen, *Habil. schrift*, Darmstadt, 1959
- R. W. J. Keay*, 1959, *Vegetation map of Africa south of the tropic of cancer*, London, New York, 1959
- J. Killian*, 1960, Contribution à l'étude phytosociologique du grand Erg oriental, *Terres et Eaux*, 37, 1960, S. 46 - 59
- Ch. Killian*, 1937, Contribution à l'étude écologique des végétaux du Sahara et du Soudan tropical, *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 28, 1937, S. 12 - 18
- Ch. Killian*, 1939, Nouvelles contribution à l'étude écologique de quelques plantes rupicoles du Hoggar, *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de L'Afrique du Nord*, 30, 1939, S. 413
- Ch. Killian*, 1941, Sols et plantes indicatrices dans les parties non irriguées des oasis de Figuig et de Beni Ounif, *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 32, 1941, S. 304 - 314
- Ch. Killian*, 1943, Plantes et sols au Sahara et leurs relations mutuelles, *Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes*, 2, 1943, S. 38 - 54
- Ch. Killian*, 1945, Expédition 1943 (Air et Ténéré), *Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes*, 3, 1945, S. 73 - 86
- Ch. Killian*, 1947, *Biologie végétale au Fezzan*, Mission scientifique du Fezzan (1944 - 1945), Alger, 1947
- Ch. Killian*, 1951, Observation sur la biologie d'un halophyte saharien, *Francia pulverulenta*, *Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes*, 7, 1951, S. 87 - 109
- Ch. Killian*, 1956, La steppe à *Imperata cylindrica* et le groupement à herbes hygrophiles, leur écologie et leur intérêt pastoral, *Annales Amélior. Plantes. Sér. B*, Paris, INRA, 6, 1956, S. 171 - 190
- O. L. Lange*, 1959, Untersuchungen über Wärmehaushalt und Hitzeresistenz mauretanischer Wüsten- und Savannenpflanzen, *Flora*, 147, 1959, S. 569 - 651
- G. Lemée*, 1953, Contribution à la connaissance phytosociologique des confins saharo-marocains: Les association à thérophytes des dépressions sableuses et limoneuses non salés, *Vegetatio*, 4, 1953, S. 137 - 154

- G. Lemée*, 1954, L'économie de l'eau chez quelques graminées vivaces du Sahara Septentrional, *Vegetatio*, 5/6, 1954, S. 534 - 541
- J. Léonard et alii*, 1969, Expédition scientifique Belge dans le désert de Libye, Jebel Uweinat 1968 - 1969, *Africa Tervuren*, 15, 1969, S. 101 - 136
- Cl. Leredde*, 1953, Notes sur quelques plantes intéressantes du Tassili des Ajjer, *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 44, 1953, S. 243 - 247 u. S. 250 - 254
- Cl. Leredde*, 1954, Plantes nouvelles ou intéressantes du Sahara Central, *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 45, 1954, S. 27 - 34
- Cl. Leredde*, 1957, Etude écologique et phytogéographique du Tassili des Ajjer, *Mission Scientifique au Tassili des Ajjer 1943, Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes de l'Université d'Alger, Sér du Tassili 2*, 1957
- A. Mahmoud, M. Obeid*, 1971, Ecological studies in the vegetation of the Sudan, I, General features of the vegetation of Kharthoum Province, *Vegetatio*, 3/4, 1971, S. 153 - 176
- R. Maire*, 1922, Plantes récoltées par l'expédition Augiéras dans le Sahara occidental (1920 - 1921), *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 12, 1922, S. 24 - 26
- R. Maire*, 1923, Deuxième contribution à l'étude de la flore du Sahara occidental, *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 14, 1923, S. 159 f.
- R. Maire*, 1925, Troisième contribution à l'étude de la flore du Sahara occidental, *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 16, 1925, S. 87 - 97
- R. Maire*, 1927, Quatrième contribution à l'étude de la flore du Sahara occidental, *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 18, 1927, S. 9 - 11
- R. Maire*, 1933, Mission au Hoggar, II; 1, 2, Etudes sur la flore et la végétation du Sahara Central, *Mémoires de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, No 3, Alger, 1933
- R. Maire*, 1934, Cinquième contribution à l'étude de la flore du Sahara occidental, *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 25, 1934, S. 10 - 20
- R. Maire*, 1935, Contribution à l'étude de la flore du Tibesti, in: M. Dalloni, Mission au Tibesti II, *Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France*, 62, 1935, S. 1 - 39
- R. Maire*, 1935, Contributions à l'étude de la flore du Sahara occidental, *Florule du Zemmour, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 26, 1935, S. 148 - 162
- R. Maire*, 1936, Contributions à l'étude de la flore du Sahara occidental, *Fascicule 7, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 27, 1936, S. 344 - 354
- R. Maire*, 1937, Contributions à l'étude de la flore de l'Afrique du Nord, *Fascicule 25, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 28, 1937, S. 332 - 338
- R. Maire*, 1938, La flore et la végétation du Sahara occidental, in: La vie dans la région désertique Nord tropicale de l'ancien monde, *Mémoires de la Société de Biogéographie*, 6, 1938, S. 329 - 333
- R. Maire*, 1940, Mission scientifique au Hoggar II, Etudes sur la flore et la végétation du Sahara Central, Troisième Partie, *Mémoires de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, No 3, Alger, 1940
- R. Maire*, 1943, Contribution à l'étude de la flore des montagnes du Sahara méridional, *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 34, 1943, S. 134 - 141
- R. Maire*, 1952, Flore de l'Afrique du Nord, Bd. 1, Hrsg. M. Guinochet, L. Faurel, Paris, 1952
- R. Maire*, 1953, Flore de l'Afrique du Nord, Bd. 2, Hrsg. M. Guinochet, L. Faurel, Paris, 1953
- R. Maire*, 1955, Flore de l'Afrique du Nord, Bd. 3, Hrsg. M. Guinochet, L. Faurel, Paris, 1955

- R. Maire*, 1957, Flore de l'Afrique du Nord, Bd. 4, Hrsg. M. Guinochet, Paris 1957
- R. Maire*, 1958, Flore de l'Afrique du Nord, Bd. 5, Hrsg. M. Guinochet, P. Quézel, Paris; 1958
- R. Maire*, 1959, Flore de l'Afrique du Nord, Bd. 6, Hrsg. P. Quézel, Paris, 1959
- R. Maire*, 1961, Flore de l'Afrique du Nord, Bd. 7, Hrsg. P. Quézel, Paris, 1961
- R. Maire*, 1962, Flore de l'Afrique du Nord, Bd. 8, Hrsg. P. Quézel, Paris, 1962
- R. Maire*, 1963, Flore de l'Afrique du Nord, Bd. 9, Hrsg. P. Quézel, Paris, 1963
- R. Maire*, 1963, Flore de l'Afrique du Nord, Bd. 10, Hrsg. P. Quézel, Paris, 1963
- R. Maire*, 1964, Flore de l'Afrique du Nord, Bd. 11, Hrsg. P. Quézel, Paris, 1964
- R. Maire*, 1965, Flore de l'Afrique du Nord, Bd. 12, Hrsg. P. Quézel, Paris, 1965
- R. Maire*, 1967, Flore de l'Afrique du Nord, Bd. 13, Hrsg. P. Quézel, Paris, 1967
- R. Maire, Th. Monod*, 1950, Mémoires de l'Institut Français d'Afrique Noire, 8, 1950: Etudes sur la flore et la végétation du Tibesti
- R. Maire, M. Volkonsky*, 1945, Le passage du Sahara Central au Sahara Méridional entre l'Adrar des Ifoghas et l'Air, Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes, 3, 1945, S. 3 - 7
- R. Maire, M. Weiller*, 1939, Contributions à l'étude de la flore de l'Afrique du Nord, Fascicule 27, Contributions à l'étude de la flore de la Libye, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 30, 1939, S. 255 - 314
- A. M. Migahid*, 1959, An ecological study of Ras El Hekma district, parts I - IV, Bulletin de l'Institut du Désert d'Egypte, 9, 1959, S. 1 - 120
- A. M. Migahid, K. H. Batanouny, M. A. F. Zaki*, 1971, Phytosociological and ecological study of a sector in the mediterranean coastal region in Egypt, Vegetatio, 23, 1971, S. 113 - 134
- A. M. Migahid, A. A. Abd-el-Rahman*, 1952, Studies in the water economy of Egyptian desert plants, Bulletin de l'Institut du Désert d'Egypte, 3, 1952, S. 5 - 92
- A. M. Migahid, A. A. Abd-el-Rahman et alii*, 1955, Types of habitat and vegetation at Ras el Hekma, Bulletin de l'Institut du Désert d'Egypte, 5, 1955, S. 107 - 190
- A. M. Migahid, M. el Shaffei Ali, A. A. Abd-el-Rahman, M. A. Hammouda*, 1960, An ecological study of Kharga and Dakhla Oases, Bulletin de la Société de Géographie d'Egypte, 33, 1960, S. 279 - 309
- A. Monfauze*, 1965, Département et écologie de *Pistacia atlantica* ... , Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 56, 1965, S. 1 - 128
- Th. Monod*, 1932, Mission saharienne Augiéras-Draper 1927 - 1928, phanérogames, Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 4, 1932, S. 756 - 774
- Th. Monod*, 1938, Notes botaniques sur le Sahara occidental et ses confins sahéliens, in: La vie dans la région désertique nord tropicale de l'ancien monde, Société de Biogéographie, 6, Paris, 1938, S. 351 - 374
- Th. Monod*, 1940, Contributions à l'étude du Sahara occidental, Fascicule 11, Phanérogames, Itinéraire botanique, Muséum National d'Histoire Naturelle et Institut Français d'Afrique Noire, Paris, 1940
- Th. Monod*, 1948, Reconnaissance au Dohone, Mission scientifique au Fezzan 1944 - 45, Mémoire 6, 1948, T. 2, Institut de Recherches Sahariennes, Université Alger, Alger, 1948, S. 125 - 156
- Th. Monod*, 1950, Florule de Bilma (Sahara nigéro-tchadien), Ministerio das colonias, Lisboa, 1950
- Th. Monod*, 1952, Contribution à l'étude du peuplement de la Mauritanie, Notes botaniques sur l'Adrar (Sahara occidental), Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire, Sér. A, 14, 1952, S. 405 - 449

- Th. Monod*, 1954, Contribution à l'étude du peuplement de la Mauritanie, Notes botaniques sur l'Adrar (Sahara occidentale) II, Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire, Sér. A, 16, 1954, S. 1 - 48
- Th. Monod*, 1954, La Mauritanie, Notices botaniques et itinéraires commentés, VIIe Congrès International de Botanique, Paris-Nice, 1954
- Th. Monod*, 1958, Majabât als Koubrâ, Contribution à l'étude de l'Empty Quartier Ouest-Saharien, Mémoires de l'Institut Français d'Afrique Noire, 52, 1958
- Th. Monod*, 1961, Majâbat al Koubrâ, Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire, Sér. A, 23, 1961, S. 591 - 637
- Th. Monod*, 1964, Majâbat al Koubrâ, Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire, Sér. A, 26, 1964, S. 1393 - 1402
- Th. Monod*, 1968, Rapport sur une mission exécutée dans le Nord-Est Tchad en Déc. 1966 et Janv. 1967, Etudes et Documents Tchadiens, Sér. A, 3, Institut National Tchadien, Fort Lamy, 1968
- Th. Monod*, 1971, Remarques sur les symétries floristiques des zones sèches nord et sud en Afrique, Mitteilungen Bot. Staatssammlungen, München, 10, 1971, S. 375 - 423
- Th. Monod, Ch. Toupet*, 1973, Die westliche Sahara, in: Die Sahara und ihre Randgebiete, Bd. III, Regionalgeographie, Hrsg. H. Schiffers, München, 1973, S. 26 - 166
- A. H. Montasir*, 1954, *Habitat factors and plant distribution* in Egypt, Bulletin de la Société de Géographie d'Egypte, 27, 1954, S. 115 - 143
- V. Monteil, Ch. Sauvage*, 1949, Contribution à l'étude de la flore du Sahara occidental, Institut des Hautes Etudes Marocaines, 5, Paris, 1949
- M. Murat*, 1937, Végétation de la zone prédésertique en Afrique Centrale (Région du Tchad), Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 28, 1937, S. 19 - 83
- M. Murat*, 1939, Recherches sur le Criquet pèlerin en Mauritanie occidentale (A. O. F.) et au Sahara Espanol, années 1937 et 1938, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 30, 1939, S. 105 - 204
- M. Murat*, 1939, La végétation du Sahara occidental en zone espagnole, Compte Rendu Sommaire des Séances de la Société de Biogéographie, 137, 16, 1939, S. 62 - 67
- R. Muschler*, 1912 (1970), A manual flora of Egypt, Berlin, 1912, Reprint, New York, 1970
- A. Naegelé*, 1956, Exposé sommaire sur la végétation des environs d'Atar en Mauritanie, Notes Africaines, 69, 1956, S. 1 - 13
- A. Naegelé*, 1958, Contribution à l'étude de la flore et des groupements végétaux de la Mauritanie I, Notes sur quelques plantes recoltées à Chinguetti (Adrar Tmar), Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire, Sér. A, 20, 1958, S. 293 - 304
- A. Naegelé*, 1958, Contribution à l'étude de la flore et des groupements végétaux de la Mauritanie II, Plantes recueillies par Melle O. de Puigauveau en 1950, Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire, Sér. A, 20, 1958, S. 876 - 908
- A. Naegelé*, 1959, Contribution à l'étude de la flore et des groupements végétaux de la Mauritanie III, Les parcelles protégées IFAN-UNESCO de la région d'Atar, Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire, Sér. A, 21, 1959, S. 1195 - 1204
- A. Naegelé*, 1960, Contribution à l'étude de la flore et des groupements végétaux de la Mauritanie IV, Voyage botanique dans la presqu'île du Cap Blanc, Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire, Sér. A, 22, 1960, S. 1231 - 1241
- M. Obeid, A. Mahmoud*, 1971, Ecological studies in the Vegetation of the Sudan, II, The ecological relationships of the vegetation of Khartoum province, Vegetatio, 23, 1971, S. 177 - 198
- F. W. Oliver*, 1939, Libyan flowers - in notes, Records of the Royal Society London, Vol. 2, London, 1939

- D. Olivier-Thiselton, Dyer Plain, 1868 - 1917, Flora of tropical Africa, 11Bde., London, 1968 - 1917*
- P. Ozenda, 1958, Flore du Sahara Septentrional et Central, CNRS, Paris, 1958*
- P. Ozenda, P. Quézel, 1956, Les Zygophyllacées de l'Afrique du Nord et du Sahara, Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes, 14, 1956, S. 23 - 83*
- E. H. Pacheco, F. A. Medina, O. Vidal-Box, E. Guinea-Lopez, 1949, El Sahara Español, Estudio geologico y botanico, Consejo superior de Investigaciones científicas, Madrid, 1949*
- R. Pampanini, 1914, Plantae Tripolitanae ab auctore anno 1913 lectae et repertorium florae vascularis Tripolitanae, Firenze, 1914*
- R. Pampanini, 1931, Prodrómo della Flora Cirenaica, Forli, 1931*
- J. Pias, 1970, La végétation du Tchad, Ses rapports avec les sols, Variations paléobotaniques au Quaternaire, Travaux et Documents de l'ORSTOM, 6, Paris, 1970*
- A. Pitot, 1950, Contribution à l'étude de l'Air: Contribution à l'étude de la flore, Mémoires de l'Institut Français d'Afrique Noire, 10, 1950, S. 31 - 81*
- P. Quézel, 1954 Contribution à l'étude de la flore et la végétation du Hoggar, Institut de Recherches Sahariennes de l'Université d'Alger, Monographies régionales, 2, 164, Alger, 1954*
- P. Quézel, 1954, Contribution à la flore de l'Afrique du Nord: IV contribution à la flore du Hoggar, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 45, 1954, S. 55 - 67*
- P. Quézel, 1956, Contribution à la flore de l'Afrique du Nord: VI contribution à l'étude de la flore de la Tefedest (Hoggar), Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 47, 1956, S. 131 - 136*
- P. Quézel, 1957, Plantes nouvelles du Tibesti, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 48, 1957, S. 82 - 106*
- P. Quézel, 1957, Les groupements végétaux du massif de la Tefedest (Sahara Central), Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes, 15, 1957, S. 43 - 63*
- P. Quézel, 1958, Mission botanique au Tibesti, Institut de Recherches Sahariennes de l'Université d'Alger, Mémoire 4, 1958*
- P. Quézel, 1959, La végétation de la zone nord-occidentale du Tibesti, Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes, 18, 1959, S. 75 - 107*
- P. Quézel, 1959, Nouvelle contribution à la flore du Tibesti, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 50, 1959, S. 19 - 33*
- P. Quézel, 1960, Flore et palynologie sahariennes, Quelques aspects de leur signification biogéographique et paléoclimatique, Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire, Sér. A, 23, 1960, S. 353 - 360*
- P. Quézel, 1961, Contribution à la flore de l'Afrique du Nord: VI Contribution à la flore du Sahara, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 52, 1961, S. 225 - 232*
- P. Quézel, 1965, La végétation du Sahara du Tchad à la Mauritanie, Geobotanica Selecta, Bd. II, Stuttgart, 1965*
- P. Quézel, 1971, Die Pflanzenwelt, Flora und Vegetation der Sahara, in: Die Sahara und ihre Randgebiete, Bd. I, Physiogeographie, Hrsg. H. Schiffers, München, 1971, S. 429 - 475*
- P. Quézel, S. Santa, 1962, Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, CNRS, Bd. 1, Paris, 1962*
- P. Quézel, S. Santa, 1963, Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, CNRS, Bd. 2, Paris, 1963*

- P. Quézel, P. Simonneau, 1963, Le peuplements d'Acacia du Sahara nord-occidental, Etude phytogéographique, Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes, 20, 1963, S. 79 - 121
- P. Quézel, P. Simonneau, P. Dutil, J. Killian, 1969, Contribution à l'étude phytosociologique du Sahara oriental Sud-Constantinois, Paris, 1969
- P. Quézel, P. Sintès, 1959, Les Nyctaginacées de l'Afrique du Nord et du Sahara, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 50, 1959, S. 222 - 256
- P. Quézel, J. Zafran, 1961, Plantes de Tripolitaine et de Cyrénaïque récoltées par K. M. Guichard, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 52, 1961, S. 201 - 218
- P. Quézel, J. Zafran, 1961, Deux Labiées nouvelles de Cyrénaïque, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 52, 1961, S. 219 ff.
- A. A. Abd-el Rahman, K. H. Batanouny, 1965, The water output of the desert vegetation in the different microhabitats of Wadi Hoff, The Journal of Ecology, 53, 1965, S. 139 - 145
- Reale Societa Geografica Italiana, 1937, Il Sahara Italiano, 1, Il Sahara Italiano, Il Fezzan e oasi di Gat, Roma, 1937
- Reale Societa Geografica Italiana, 1942, Il Sahara Italiano, 2, Il Tibesti Nord-Orientale, Roma, 1942
- M. Rikli, 1943 - 1948, Das Pflanzenkleid der Mittelmeerländer, Bd. I - III, Bern, 1943 - 1948<sup>2-3</sup>
- M. Rikli, E. Rübel, 1928, Zur Kenntnis von Flora und Vegetationsverhältnissen der libyschen Wüste, Beiheft zur Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, 73, Festschrift H. Schinz, 1928, S. 100 - 232, Anhang: Pflanzenliste aus Nubien vom ersten Katarakt bei Assuan bis Wadi Halfa
- G. Roberty, 1958, Végétation de la guelta de Soungout (Mauritanie méridionale) en mars 1955, Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire, Sér. A, 20, 1958, S. 869 - 875
- P. Rognon, 1971, Un massif montagneux en région tropicale aride: l'Atakor, Montpellier, 1971
- G. Rohlf's, 1881, Kufra, Reise von Tripolis nach der Oase Kufra, Leipzig, 1881
- H. Schiffers, 1944, Die Tiniri als Typus des nordafrikanischen Wüstenraumes, Diss. maschinenschriftlich. Man. Marburg, 1944 + Kartenband
- H. Scholz, 1966, Beitrag zur Flora des Tibesti-Gebirges (Tschad), Willdenowia, 4/2, 1966, S. 183 - 201
- H. Scholz, 1966, Quezelia, eine neue Gattung aus der Sahara (Cruciferae, Brassiceae, Vellinae), Willdenowia, 4/2, 1966, S. 205 ff.
- H. Scholz, 1967, Baumbestand, Vegetationsgliederung und Klima des Tibestigebirges, Arbeitsberichte aus der Forschungsstation Bardai, Tibesti, Berliner Geographische Abhandlungen, 5, 1967, S. 11 - 16
- H. Scholz, 1971, Einige botanische Ergebnisse einer Forschungsreise in die libysche Sahara (April 1970), Willdenowia, 6/2, 1971, S. 341 - 369
- G. Schweinfurth, 1868, Pflanzengeographische Skizze des gesamten Nilgebietes und der Uferländer des Roten Meeres, Petermanns Geographische Mitteilungen, 14, 1868, S. 113 ff.
- W. B. K. Shaw, 1936, An expedition in the southern Libyan Desert, The Geographical Journal, 87, 1936, S. 193 - 221
- W. B. K. Shaw, Z. A. Bagnould, 1934, The flora of the Libyan Desert, Bulletin of Miscellaneous Information, 7, 1934, S. 281 - 289
- W. B. K. Shaw, J. Hutchinson, R. A. Bagnould, 1931, The flora of the Libyan Desert, Bulletin of Miscellaneous Information, 4, 1931, S. 161 - 166
- O. Stocker, 1927, Das Ouadi Natrun, in: G. Karsten, K. Schenck, Vegetationsbilder, Reihe 18, 1, Jena, 1927

- O. Stocker*, 1953, Der Wasser- und Assimilationshaushalt südägyptischer Wüstenpflanzen, Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 66, 1953, S. 289 - 298
- O. Stocker*, 1970, Der Wasser- und Photosynthesehaushalt von Wüstenpflanzen der mauretanischen Sahara, I, Regengrüne und immergrüne Bäume, Flora, 1959, 1970, S. 539 - 572
- O. Stocker*, 1971, Der Wasser- und Photosynthesehaushalt von Wüstenpflanzen der mauretanischen Sahara, II, Wechselgrüne und stammsukkulente Bäume, Flora, 160, 1971, S. 445 - 494
- V. Täckholm*, 1956, Student's Flora of Egypt, Cairo, 1956
- V. Täckholm*, 1956, Report on the botanical excursion of the Desert Institute to the Red Sea Coast and the two Galalas in Spring 1956, Bulletin de l'Institut du Désert d'Égypte, 6, 1956, S. 1 - 27
- V. Täckholm*, 1970, A botanic expedition to the Sudan in 1938 by M. Drar, Publications No 3 of the Cairo University Herbarium, Cairo, 1970
- V. Täckholm, M. Drar*, 1950, Flora of Egypt, Bd. II, Bulletin of the Faculty of Science, 28, 1950, Cairo, 1950
- V. Täckholm, M. Drar*, 1954, Flora of Egypt, Bd. III, Bulletin of the Faculty of Science, 30, 1954, Cairo, 1954
- V. Täckholm, M. Drar*, 1969, Flora of Egypt, Bd. IV, Bulletin of the Faculty of Science, 36, 1969, Cairo, 1969
- V. Täckholm, G. Täckholm*, 1941, Flora of Egypt, Bd. I, Bulletin of the Faculty of Science, 17, Cairo, 1941
- T. M. Tadros*, 1953, A phytosociological study of halophilous communities from Mareotis (Egypt), Vegetatio, 4, 1953, S. 102 - 124
- T. M. Tadros*, 1956, An ecological survey of the semi-arid coastal strip of the western desert of Egypt, Bulletin de l'Institut du Désert d'Égypte, 6, 1956, S. 26 - 56
- T. M. Tadros, B. A. M. Attia*, 1958, Further contributions to the study of the sociology and ecology of the halophilous plant communities of Mareotis, Vegetatio, 8, 1958, S. 137 - 160
- T. M. Tadros et alii*, 1960, Phytosociological and ecological studies of Fuka-Ras el Hekma area, Parts I - III, Bulletin of the Desert Institute of Egypt, 10, 1960, S. 37 - 93
- H. H. Thomas*, 1921, Some observations on plants in the Libyan Desert, The Journal of Ecology, 9, 1921, S. 75 - 87
- C. Troll*, 1935, Wüstensteppen und Nebeloasen im südnubischen Küstengebirge, Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin, 1935, S. 241 - 281
- Y. Urvoy*, 1937, Notes sur la végétation au Sahara soudanais central, Annales de Géographie, 46, 1937, S. 270 - 277
- G. Volkens*, 1887, Die Flora der Ägyptisch-Arabischen Wüste auf Grundlage anatomisch physiologischer Forschung, Berlin, 1887
- H. Walter*, 1964, Die Vegetation der Erde in ökophysiologischer Betrachtung, Bd. I, Die tropischen und subtropischen Zonen, Stuttgart, 1964<sup>2</sup>
- M. A. Zahran*, 1967, Distribution of the mangrove vegetation in U. A. R. (Egypt), Bulletin de l'Institut du Désert d'Égypte, 15, 1967, S. 7 - 9
- M. A. Zahran, W. A. Girgis*, 1972, On the ecology of Wadi el-Natron, The Desert Institute Bulletin A. R. E., 20, 1972, S. 230 - 256
- B. Zolotarevsky*, 1936, Compte-rendu sommaire sur les recherches de la mission d'études de la biologie des Acridiens dans la région du Tchad en 1935, Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord, 27, 1936, S. 108 - 124

- B. Zolotarevsky, M. Murat, 1937, Rapport scientifique sur les recherches de la mission d'études de la biologie des Acridiens en Mauritanie (A. O. F.) Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 29, 1938, S. 29 - 99**
- B. Zolotarevsky, M. Murat, 1938, Divisions naturelles du Sahara et sa limite méridionale, La vie dans la région nord-tropicale de l'ancien monde, Société de Biogéographie, Mémoire 6, 1938, S. 335 - 350**

bearbeitet von BUSSO VON DER DOLLEN



- VI Stand der Bebauung um 1810
- VII Zuwachs 1810–1865
- VIII Zuwachs 1866–1918
- IX Zuwachs 1919–1948
- X Zuwachs 1949–1980
- Gewässer 1980/ davon abweichend um 1810
- Wald (Stand 1980)
- Grünanlagen (Stand 1980)

- Landschaftsgestaltung durch die Kurfürsten von Köln im 18. Jahrh.:
- Grünanlagen und Landschaftsparks
- Alleen und Chausseen, im Kottenforst: Schneiden für die Parforcejagd
- Eisenbahn
- Vorortbahn
- Industrie- oder Bergbahn
- Verkehrsnetz dargestellt wie in der Topographischen Karte 1:50000
- Gemarkungsgrenzen (nach der frühesten Katastralaufnahme des 19. Jahrh. - meist 1810–1850)
- Grenzen der Bürgermeistereien (Stand um 1810)
- Stadtgebiet Bonn nach den Eingemeindungen 1904
- Stadtgebiet Bonn nach der kommunalen Neuordnung 1969
- Grenze des Regierungsbezirks Köln/Koblenz, seit 1946 Landesgrenze Nordrhein-Westfalen/Rheinland-Pfalz

- Klassifizierung der Siedlungen durch Schriftart (Stand 1810). Die röm. Zahl in Klammern gibt unabhängig davon die Periode der (u. U. neuerlichen) Stadterhebung an:
- BONN** Stadt aus dem Mittelalter
  - KÖNIGSWINTER (VII)** Landstadt oder Flecken zwischen 1500 und 1801 unterstrichen: Sitz einer Mairie bzw. Bürgermeisterei
  - ST. AUGUSTIN (X)** Zusammenschluß zur Stadt mit Namen des 20. Jahrh.
  - Poppelsdorf** Dorf (mit Gemarkung) unterstrichen: Sitz einer Mairie bzw. Bürgermeisterei
  - Ramelshoven** Weiler (kleine Gruppensiedlung ohne Gemarkung)
  - WACHTBERG (X)** neuer Gemeindeverband mit Namen des 20. Jahrh.
  - Tannenbusch** Stadtteil oder Wohnsiedlung mit Namen des 20. Jahrh.
  - Waldorfer Mühle** Einzelsiedlung, Gehöft