

Die arktische Steppe in den Trockengebieten Ost- und Nordgrönlands

Autor(en): **Schwarzenbach, F. H**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübél**

Band (Jahr): **31 (1959)**

PDF erstellt am: **25.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-377583>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

- HERTZ, M. 1932. Über die Bedeutung der Untervegetation für die Verjüngung auf den südfinnischen Heideböden. – Comm. Inst. Forest. Fenn.
- HUNZIKER, T. 1952. Zum Einfluss der Bodenflora auf die natürliche Föhrenverjüngung. – Schweiz. Zeitschr. für Forstwesen.
- KÖSTLER, J. 1956. Allgäuer Plenterwaldtypen. – Forstw. Cbl.
- KRISO, K. 1952. Die Ableitung von Standortsspektren aus Vegetationsaufnahmen und ihre Anwendung als standortsdagnostische Hilfsmittel. – Forstw. Cbl.
- KUJALA, V. 1926. Untersuchungen über die Waldvegetation in Süd- und Mittelfinnland. – Comm. Inst. Forest. Fenn.
- KUOCH, R. 1954. Wälder der Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weisstanne. – Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw.
- MAYER, H. 1959. Montane Wälder am Nordabfall der mittleren Ostalpen. Vegetationsgefälle in montanen Waldgesellschaften von den Chiemgauer und Kitzbüheler Alpen zu den Hohen Tauern/Zillertaler Alpen. – Manuskript.
- MILLER, R. 1959. Assimilationsuntersuchungen an Tannen und Fichten einer Naturverjüngung im Bayerischen Wald. – Forstw. Cbl.
- NOSEK, K. 1954. Die natürliche Verbreitungsgrenze der Weisstanne zwischen Frankenalb und Moräne. – Diss. München (Forstw. Cbl. 1955).
- SCHÖNHAR, S. 1952. Untersuchungen über die Korrelation zwischen der floristischen Zusammensetzung der Bodenvegetation und der Bodenazidität sowie anderen chemischen Bodenfaktoren. – Mitt. Verein Forstl. Standortskartierung.
- SCHÖNHAR, S. 1954. Die Bodenvegetation als Standortsw. – Allgemeine Forst- und Jagdzeitung.
- ŠIMÁK, M. 1951. Untersuchungen über den natürlichen Baumartenwechsel in schweizerischen Plenterwäldern. – Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw.
- TANNER, H. 1946. Über das Problem der Föhrenverjüngung. – Schweiz. Zeitschr. für Forstwesen.
- WITTICH, W. 1955. Die standörtlichen Bedingungen für die natürliche Verjüngung der Kiefer und ihre Erziehung unter Schirm. – Allgemeine Forst- und Jagdzeitung.

DIE ARKTISCHE STEPPE IN DEN TROCKENGEBIETEN OST- UND NORDGRÖNLANDS

F. H. SCHWARZENBACH, Bern

A. Einleitung

Die ersten Angaben über eine Trockenzone im Randgebiet des grönländischen Inlandeises stammen wohl von JENSEN 1884, der auf einer Forschungsreise in Südwestgrönland einen Binnensee mit stark salzhaltigem Wasser entdeckt hat, den er «Tarajornitsok» benannte. JENSENS Arbeit blieb aber in der Folge wenig beachtet, bis BOECHER die Angaben wieder aufgriff und in den letzten Jahren die Verhältnisse in der Umgebung dieses Salzsees eingehend erforschte. Die Ergebnisse seiner botanischen und klimageschichtlichen Untersuchungen sind in mehreren Publikationen veröffentlicht worden (BOECHER 1949 a, b, 1954, 1959).

Die dänischen Botaniker, SEIDENFADEN, SOERENSEN und GELTING, welche die Ostküste Grönlands im Rahmen der von Dr. L. KOCH geleiteten Expeditionen botanisch bearbeiteten, heben in ihren Publikationen hervor, dass die Vegetation Ostgrönlands aus maritimen und kontinentalen Elementen bestehe (SOERENSEN 1933, GELTING 1934, SEIDENFADEN und SOERENSEN 1937). SOERENSEN (SEIDENFADEN und SOERENSEN 1937, p. 117) beschreibt in seiner auf ökologischer Basis aufgebauten Vegetationsgliederung unter dem Begriff der «Steppe» die Vegetation der Flugsandzonen und der trockenen Terrassen in folgender Weise:

“The soil consists of fine sand. As regards vegetation, it represents the arctic continental grass-steppe, characterised above all by *Elyna Bellardi*. The vegetation forms a fairly dense, though somewhat smalltufted covering, mostly formed by *Elyna Bellardi*. Some further components of special importance are *Carex nardina*, *Carex rupestris* and *Dryas octopetala*. Other species of common occurrence are *Saxifraga oppositifolia*, *Minuartia rubella*, *Draba cinerea*, *Papaver radicum*. Furthermore, *Woodsia glabella* must be mentioned, which however, is rare within our area. Of ecosystems with a continuous cover of vegetation this is undoubtedly the one most characteristically free of snow or but slightly snow-covered in winter, even though it seems to be protected against the most violent effects of the wind. Only in the spring it is watered by the snow melting at higher levels; in the summer the soil is exceedingly dry. It is typically associated with the inner fjord zone.”

SOERENSEN hat als erster erkannt, dass es sich bei der von ihm beschriebenen Gras-Steppe um eine für Ostgrönland charakteristische Pflanzengesellschaft handelt. Seine Feststellung verdient um so grössere Beachtung, als damals in Ostgrönland nur wenige Stellen bekannt waren, an denen diese Gras-Steppe in typischer Form ausgebildet ist.

HOLMEN 1957 grenzt in Peary Land (Nordgrönland) zwei geographische Zonen gegeneinander ab, die er auf Grund von pflanzensoziologischen Befunden als «*Cassiope*-areas» und als «*Dryas*-areas» bezeichnet und in ökologischer Hinsicht charakterisiert. Da die Gesteinsunterlagen in beiden Gebieten übereinstimmen, sieht HOLMEN die Ursache für die Differenzierung zwischen den beiden Vegetationstypen in klimatischen Unterschieden. Die *Dryas*-Gebiete weisen kontinentales Klima auf; im Sommer sind die Temperaturen bei einer grossen Zahl frostfreier Tage verhältnismässig hoch; die Niederschlagsmenge ist sehr gering; Nebel tritt während der Vegetationsperiode nur selten auf. In der «*Cassiope*-Zone» liegt die mittlere Sommertemperatur tiefer; Frosttage werden selbst im Hochsommer gelegentlich beobachtet; die Niederschlagsmenge ist grösser, und Tage mit Nebel sind während der Vegetationsperiode nicht allzu selten.

HOLMEN 1957, p. 144, betont die Ähnlichkeit der Vegetation zwischen der *Dryas*-Zone Peary Lands und der Vegetation, wie sie von SOERENSEN 1933 und GELTING 1934 für die inneren Fjorde Ostgrönlands beschrieben wurde.

B. Eigene Beobachtungen in Ost- und Nordgrönland

Meine Untersuchungen über die arktische Steppe in den Trockengebieten Ost- und Nordgrönlands stützen sich zur Hauptsache auf Feldarbeiten in den Sommern 1952 und 1956. In beiden Sommern hatte ich Gelegenheit, an den von Dr. L. KOCH geleiteten Dänischen Expeditionen nach Ostgrönland teilzunehmen. Im Sommer 1952 arbeitete ich neben Dr. F. MÜLLER als Gehilfe des schweizerischen Geologen Dr. E. FRAENKL. Wir weilten vorerst für einige Tage im Gebiet des Vibekes Sø in Ole Rømers Land (74° N) und wurden anschliessend gegen Ende Juli nach Kronprins Christians Land in Nordgrönland (80° N–80° 30' N) geflogen, wo wir den grössten Teil der dreiwöchigen Arbeitszeit den Felduntersuchungen in der Umgebung des Centrumssø widmeten. Zwischenhinein liessen wir uns mit dem Wasserflugzeug der Expedition am inneren Ingolfs-Fjord (80° 30' N) und am Hekla Sund (80° N) für mehrere Tage aussetzen; ein Reisebericht mit vorläufigen Mitteilungen über die Geologie, über die Witterungsverhältnisse und über die Tier- und Pflanzenwelt erschien 1954 (FRAENKL 1954).

1956 bot sich die Möglichkeit, als Gehilfe des Basler Petrographen Dr. J. HALLER in einer viertägigen Helikopteraktion die Nunatakkerzone Ostgrönlands zwischen 74° und 75° N zu bearbeiten. Als Basis für den Einsatz des Helikopters errichteten wir mit Hilfe der expeditionseigenen Wasserflugzeuge ein Lager am Krumme Langsø (74° N) in Ole Rømers Land.

Die botanischen Beobachtungen in der Nunatakkerzone Ostgrönlands sind in einer demnächst erscheinenden Arbeit zusammengestellt (SCHWARZENBACH 1960).

Die botanischen Feldarbeiten in den kontinentalen Gebieten Ost- und Nordgrönlands werden durch Beobachtungen ergänzt, die ich in den Sommern 1948–1951 und 1954 als Teilnehmer der von Dr. L. KOCH geleiteten Expedition in anderen Gebieten Ostgrönlands anstellen konnte.

C. Beschreibung der Arbeitsgebiete

Die Arbeitsgebiete 1952 und 1956 sind auf den beiden Kartenskizzen der Abbildungen 1 und 2 dargestellt, deren Veröffentlichung mit freundlicher Erlaubnis des Geodätischen Institutes in Kopenhagen erfolgt¹.

¹ Dr. J. HALLER stellte mir in freundlicher Weise die von ihm für geologische Zwecke vorbereiteten Strichkarten der beiden Arbeitsgebiete zur Verfügung. Für seine Unterstützung möchte ich ihm an dieser Stelle herzlich danken.

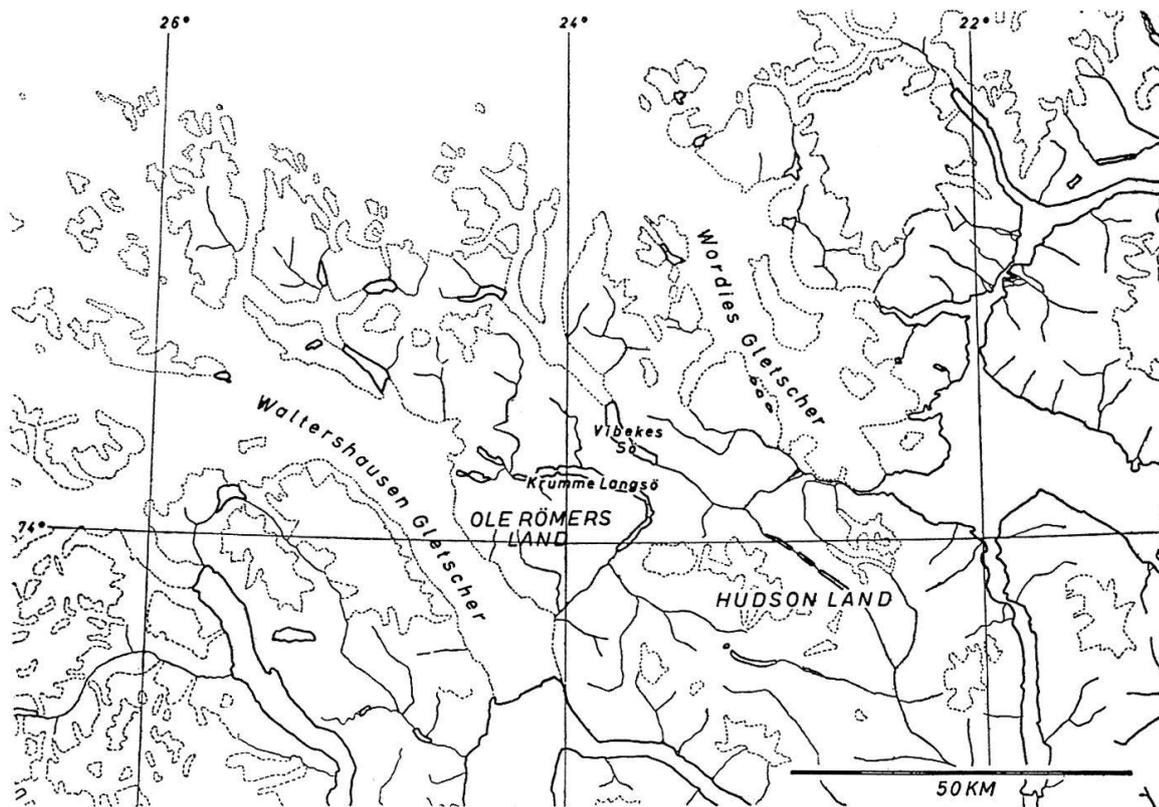


Abb. 1. Übersichtskarte über das ostgrönländische Trockengebiet (Zeichnung Dr. J. HALLER).

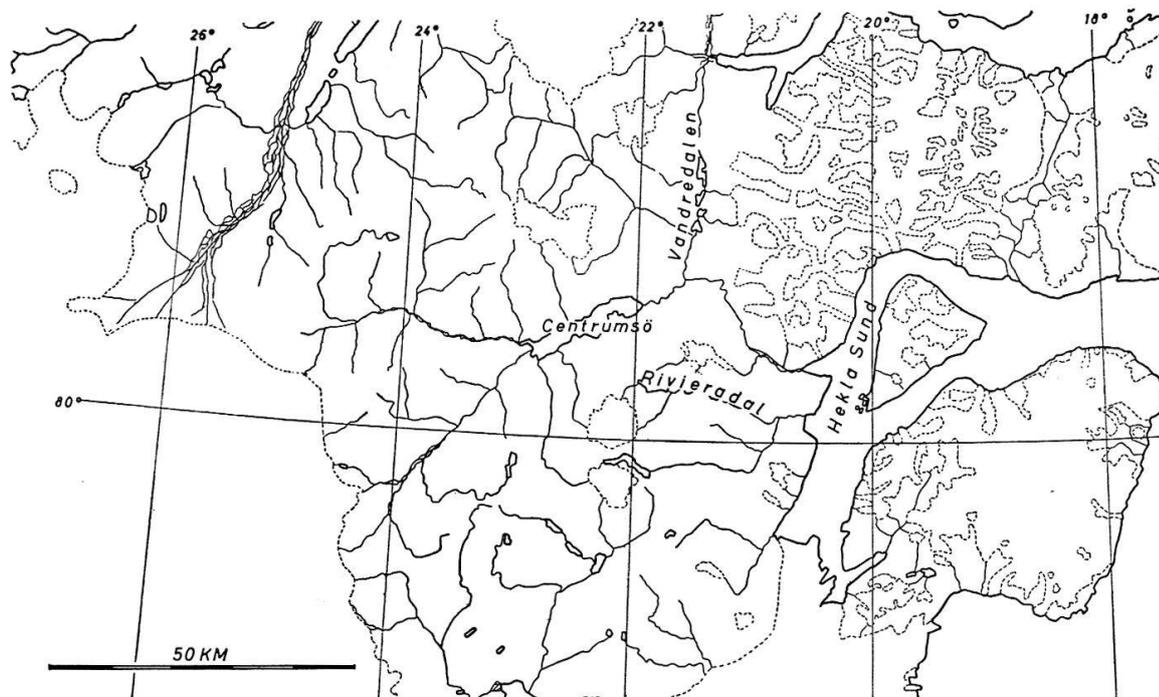


Abb. 2. Übersichtskarte über das nordgrönländische Trockengebiet in Kronprins Christians Land (Zeichnung Dr. J. HALLER).

a. Das ostgrönländische Trockengebiet

Das ostgrönländische Trockengebiet wird im NE durch das Gletschergebiet des Wordie-Gletschers und im SW durch den breiten Eisstrom des Waltershausen-Gletschers begrenzt. Ein niedriger Pass verbindet die Mündungsgebiete der beiden Gletscher und bildet die südöstliche Begrenzung des Gebietes. Die Passhöhe stellt die Wasserscheide zwischen den Abflüssen des Krumme Langsø und des Vibekes Sø dar. Das nach SW ausmündende Quertal nimmt den Abfluss des Krumme Langsø auf, während das Wasser des Vibekes Sø in das nach Osten führende Quertal fließt. Südwestlich des Passes schließt das innere Hudson Land mit Gipfeln von 1200–1600 m Höhe an (Abb. 1).

Die beiden Binnenseen, Krumme Langsø und Vibekes Sø, liegen etwa 200 m über Meer. Sie sind in ein hügeliges Hochland eingebettet, dessen Relief weitgehend durch Glazialerosion bestimmt wird. Spuren früherer Ver-



Abb. 3. Flugaufnahme des Trockengebietes zwischen dem Krumme Langsø (rechts im Bild) und dem Vibekes Sø (Teil des Sees am linken Bildrand). Das Lager der Expedition im Sommer 1956 befand sich auf dem Delta am Krumme Langsø (Bildzentrum). Über dem Promenadedal, das den Ausfluss aus dem Vibekes Sø aufnimmt, liegt eine Flugsandwolke. Das Bild ist aus westlicher Richtung aufgenommen.



Abb. 4. Flugaufnahme des Vibekes Sø und des Promenadedal aus südlicher Richtung. Der Abfluss des Vibekes Sø hat sich tief in die alten Terrassen eingefressen. Das Lager der Expedition 1952 befand sich am See-Ende.

gletscherungen sind zahlreich; am auffälligsten sind wohl ausgedehnte Terrassensysteme in breiten Tälern, die durch Gletscherarme während früherer Eisvorstöße abgeriegelt wurden (vgl. Abb. 3). Die kilometerlangen Terrassen im obersten Promenadedal dürften entstanden sein, als der Vibekes Sø durch einen heute verschwundenen Gletscher höher aufgestaut wurde (Abb. 4).

Nach Nordwesten geht das Hügelland allmählich in ein stark vergletschertes Hochland über, das sich schliesslich über eine Reihe von Nunatakkern mit Gipfelhöhen von 1400–1500 m im Inlandeis verliert.

Die geologischen Verhältnisse des Arbeitsgebietes sind heute in grossen Zügen bekannt. BÜTLER 1959 wertet in seiner umfassenden Publikation über «Das Old Red-Gebiet am Moskusoksefjord» alle früher erschienenen geologischen Spezialarbeiten aus, so dass es sich im Rahmen der vorliegenden Ausführungen erübrigt, auf die einzelnen Veröffentlichungen einzutreten.

Dr. J. HALLER hat 1956 durch Kartierung aus der Luft eine geologische Übersichtskarte im Massstab 1 : 250000 aufgenommen; die Karte ist aber

noch nicht im Druck erschienen. Für einen knapp gefassten Überblick über die Geologie des Arbeitsgebietes stütze ich mich auf unveröffentlichte Angaben, die mir Dr. J. HALLER in zuvorkommender Weise zur Verfügung gestellt hat.

Das Arbeitsgebiet liegt in der Zone präkambrischer und paläozoischer Sedimente. Die Ablagerungen bestehen zum Teil aus Sandsteinen, zum Teil aus Kalken und Dolomitgesteinen. Eine ausgedehnte Zone anstehender Karbonatgesteine verläuft keilförmig von NE gegen SW. In dieser Karbonatzone liegt der grösste Teil des Untersuchungsgebietes.

Nach Osten sind dem Sedimentgebiet die aus kristallinen Gesteinen aufgebauten Nørlund Alper vorgelagert. Im Nordwesten schliesst in der Randzone des Inlandeises der Nunatakergürtel mit vorwiegend kristallinem Gesteinsmaterial an.

Die tektonischen Verhältnisse des Sedimentgebietes sind sehr kompliziert.

b. Das nordgrönländische Trockengebiet

Als Kronprins Christians Land wird das unvergletscherte Gebiet Nordgrönlands bezeichnet, das östlich des Danmarksfjordes liegt und gegen Süden durch das bis zur Küste reichende Inlandeis begrenzt wird (Abb. 2).

Kronprins Christians Land ist ein Hochland mit Erhebungen bis über 1000 m. Die Hochfläche wird von breiten, trogförmigen Tälern mit tiefgelegenen Talsohlen durchzogen. Das Haupttal, in welchem der Centrumssø liegt, verläuft in ENE-Richtung und entwässert durch das Tal des Saefaxi Elv nach SE in den Hekla-Sund (Abb. 5). Östlich des Centrumssø öffnet sich nach Norden der weite Talboden des Vandredalen. Vom SE-Ufer des Centrumssø zieht sich über eine niedrige Wasserscheide das Rivieradal in südöstlicher Richtung direkt gegen den Hekla Sund. In diesem Tale finden sich mehrere Seen, die von Schmelzwasserflüssen des Inlandeises und der nordöstlich gelegenen Hochlandvereisung gespiesen werden.

Das nördliche Trockengebiet ist nach unseren Erfahrungen im wesentlichen auf die Sohlen der tiefgelegenen Trogtäler in der Umgebung des Centrumssø beschränkt; es dürfte sich aber in westlicher Richtung bis gegen den Rand des Inlandeises fortsetzen. Im weiter östlich gelegenen Vandredalen und im Mündungsgebiet des Saefaxi Elv macht sich bereits der maritime Einfluss der Aussenküste bemerkbar. Auf den ausgedehnten Hochflächen nördlich des Centrumssø (600–1000 m) finden sich als Folge von Driftschneeeablagerungen ausgedehnte Solifluktionzonen, die nicht mehr dem Trockengebiet zugerechnet werden können.

Über die geologischen Verhältnisse in Kronprins Christians Land orientieren zwei Arbeiten (FRAENKL 1954, 1955). Aus der 1955 publizierten geologi-

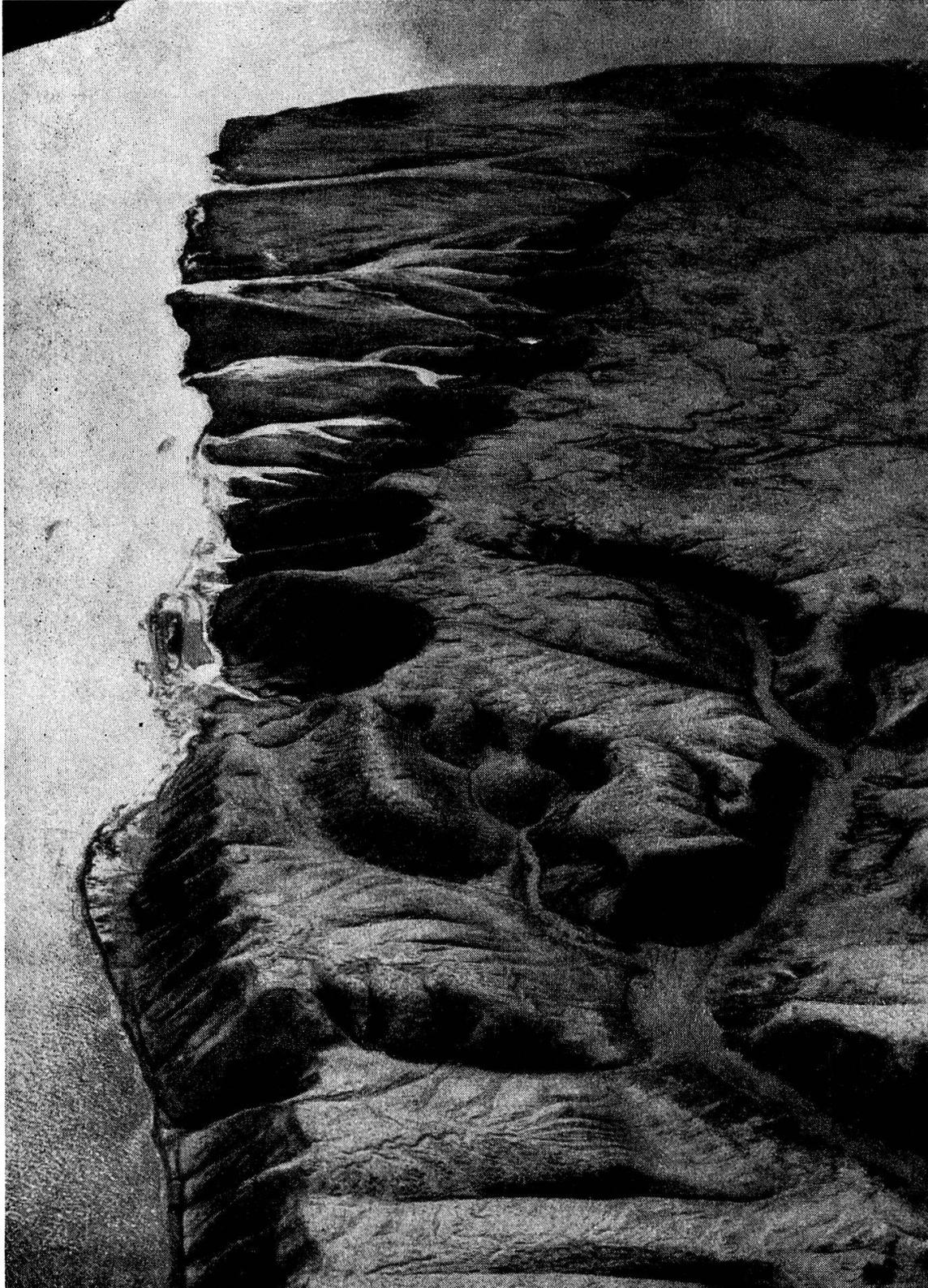


Abb. 5. Flugaufnahme der trockenen Terrassen am Ausfluss des Centrumso in Kronprins Christians Land.

Die Flugaufnahmen der Abbildungen 3–5 stammen aus der Sammlung der Dänischen Ostgrönlandexpeditionen. Alle Bilder wurden durch den Verfasser aufgenommen.

schen Karte geht hervor, dass der Centrumsø mit Ausnahme des östlichsten Zipfels in einer Zone anstehender Kalk- und Dolomitgesteine liegt. Die jüngeren Schichten dieser autochthonen karbonatischen Ablagerungen werden altersmässig in das Ordovicium und ins Silur gestellt; die Datierung der älteren Schichten bleibt noch offen. Östlich der Karbonatzone schliesst ein Gürtel mit anstehenden Sandsteinen an, die von FRAENKL dem Grönlandium zugeordnet werden.

Tektonisch ist das Sedimentgebiet von Kronprins Christians Land durch zahlreiche Verwerfungen und durch Überschiebungen gekennzeichnet.

Für Einzelheiten zur Geologie des Gebiets sei auf die beiden vorher zitierten Publikationen FRAENKLS verwiesen.

D. Die klimatischen Verhältnisse des ost- und nordgrönländischen Trockengebietes

a. Unterlagen

In den beiden Arbeitsgebieten bestehen keine Wetterstationen. Wir sind daher bei der Beurteilung der lokalen Klimaverhältnisse weitgehend auf Vermutungen angewiesen.

Am sichersten stützen wir uns auf die Messreihen der nächstgelegenen Wetterstationen. Für das ostgrönländische Trockengebiet stellen die Messungen der norwegischen Wetterstation Myggbukta, die auf 74° N an der Aussenküste liegt, die wertvollste Unterlage dar; HOVMOELLER 1947 hat die meteorologischen Aufzeichnungen dieser Station in einer Studie über das Klima der ostgrönländischen Küstengebiete ausgewertet.

Für die Beurteilung der klimatischen Bedingungen im nordgrönländischen Trockengebiet bilden zurzeit wohl die Beobachtungen der Dansk-Pearly-Land-Expedition 1947–1950 die sichersten Grundlagen. Eine summarische Übersicht dieser Beobachtungen findet sich in HOLMEN 1957. Als weitere Unterlage stehen meteorologische Aufzeichnungen der dänischen Ostgrönlandexpedition 1952 zur Verfügung, die F. MÜLLER in FRAENKL 1954 zusammengestellt hat.

Die Wetterbeobachtungen der einzelnen Expeditionen erlauben uns die Feststellung, in welcher Hinsicht die Witterungsverhältnisse in den Arbeitsgebieten von dem durch Messreihen belegten Lokalklima der Wetterstationen abweichen. Nicht unwesentlich zur Beurteilung der lokalen Klimabedingungen haben in den letzten Jahren die Erfahrungen der Flugzeugbesatzungen beigetragen. Flüge zur geologischen Kartierung und zu photographischen Aufnahmen erlauben es oft, im Verlaufe von wenigen Stunden die Wetterverhältnisse an der Aussenküste mit den Witterungsbedingungen im Binnenland zu vergleichen.

b. Die klimatischen Verhältnisse im ostgrönländischen Trockengebiet

Massgebend für die Entwicklung der Pflanzendecke sind die klimatischen Verhältnisse während der Vegetationsperiode. Die nachstehenden Ausführungen beschränken sich daher auf Angaben für die Sommermonate.

Für die Beurteilung der klimatischen Bedingungen in den kontinentalen Gebieten Ostgrönlands sind eine Reihe von Faktoren wichtig:

Der Dauertag während der Vegetationsperiode bewirkt eine ausgeglichene Temperatur ohne grosse Tagesschwankungen.

Als Folge der gleichmässigen Einstrahlung während der Sommermonate treten Ausgleichwinde auf, welche saisonalen Charakter aufweisen und die lokalen Witterungsverhältnisse weitgehend bestimmen. An der Aussenküste wehen während der Sommermonate regelmässig Winde aus E bis SE, welche feuchtigkeitsgesättigte Luft mit sich führen. Als Folge treten in den Gebirgen der Aussenküste Steigungsregen auf, während in den flachen Küstengebieten oft Nebel- oder Hochnebeldecken lagern. Die Jahresmenge an Niederschlägen liegt um 250 mm. In der Nebelzone steigen die Temperaturen nur wenige Grade über Null, so dass die Schneeverwehungen bis in den Hochsommer hinein liegen bleiben.

Im Gegensatz zur Aussenküste treten im Randgebiet des Inlandeises westliche Ausgleichwinde auf. Diese Fallwinde gleichen dem alpinen Föhn. Sie sind trocken, in tiefen Lagen warm und zeichnen sich in den Föhntälern durch ihre Turbulenz aus. Über den hochgelegenen Gletschern und über dem Inlandeis peitschen die Winde Driftschnee vor sich hin, der auf den innersten Nunatakkern abgelagert wird; in Tälern des Tieflandes, die dem ostgrönländischen Föhn offenstehen, sind während des Sommers Stürme mit Flugsanddriften nicht selten.

Das ostgrönländische Trockengebiet ist durch ein Gebirgsgebiet gegen die feuchten Winde abgeschirmt und erhält deshalb während der Sommermonate praktisch keine Niederschläge. Die gesamte Jahresmenge an Niederschlägen dürfte im ostgrönländischen Trockengebiet unter 100 mm liegen. Die Trockenheit wird durch die westlichen Fallwinde verstärkt; so dass die Pflanzen in ihrer Wasserversorgung ausschliesslich auf Schmelzwasser aus winterlichen Flugschnee-Ablagerungen angewiesen sind. Die Temperatur ist im Binnenland wesentlich höher als an der Aussenküste. Dementsprechend steigt die Vegetationsgrenze, die an der Eismeerküste auf 800–1000 m liegt, in den kontinentalen Gebieten auf 1600 m an und fällt erst in der Nunatakkerzone um 100–200 m ab.

c. Die klimatischen Bedingungen im nordgrönländischen Trockengebiet

In Kronprins Christians Land sind die Gegensätze zwischen dem ozeanischen Klima der Aussenküste und dem kontinentalen Gebiet um den Centrumsø sehr stark ausgeprägt. Die Aussenküste weist während des Sommers sehr beständiges Wetter auf; Nebel ist häufig; Temperaturinversionen mit Hochnebelbildung treten oft auf. Der Centrumsø und die westlich davon gelegenen Täler sind föhnähnlichen Ausgleichswinden aus dem Gebiet des Inlandeises ausgesetzt. Im Vergleich zu Ostgrönland wehen die Föhnwinde weniger regelmässig und weisen im allgemeinen eine geringere Intensität auf. Der Grund dürfte darin liegen, dass in Kronprins Christians Land die Höhendifferenz zwischen Inlandeis und eisfreiem Tiefland wesentlich kleiner ist als in den Randgebieten des ostgrönländischen Inlandeises.

Die durchschnittlichen Sommertemperaturen liegen in Nordgrönland hart an der untern Grenze für die Entwicklung von Gefässpflanzen. Eine geringe lokale Temperaturabnahme wirkt sich daher im Vegetationsbild bereits deutlich in einer Reduktion der Artenzahl aus.

Die Niederschlagsmenge während der Vegetationsperiode ist im Binnenland gering; dürfte aber von Jahr zu Jahr nach unseren Erfahrungen in erheblichem Ausmass schwanken.

Um einige Anhaltspunkte über die klimatischen Konstanten Nordgrönlands zu vermitteln, seien einige ausgewählte Daten für die Beobachtungsstation Jørgen Brønlund Fjord im Inneren von Peary Land angeführt (HOLMEN 1957, p. 10):

Meteorologische Messungen am Jørgen Brønlund Fjord im Sommer 1949

	Mai	Juni	Juli	August	September
Mittlere Monatstemperatur	—8,6	+2,5	+6,0	+3,7	—5,7 °C
Niederschläge in mm	0,2	6,8	3,7	Spur	0,1

Zahl der frostfreien Tage: 59

Selbst wenn in andern Jahren etwas höhere Niederschlagsmengen als im Sommer 1949 registriert wurden, so geht doch aus diesen Zahlen die extreme Trockenheit der nordgrönländischen Sommermonate hervor. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge pro Jahr wird auf 25 mm (!) geschätzt.

E. Hinweise zur Flora Ost- und Nordgrönlands

Die Flora Ost- und Nordgrönlands darf heute, soweit es die Gefässpflanzen betrifft, als weitgehend bekannt vorausgesetzt werden; liegen doch für verschiedene Gebiete ausführlich kommentierte Florenlisten vor (LUNDAGER und OSTENFELD 1910, SEIDENFADEN 1930, SOERENSEN 1933, GELTING 1934, SEIDENFADEN und SOERENSEN 1937, HOLMEN 1957, SCHWARZENBACH 1960).

Als massgebendes Werk für die Taxonomie der grönländischen Phanerogamen ist die Grönlandflora (BOECHER, JAKOBSEN, HOLMEN 1957) zu betrachten, die auch als Grundlage für die vorliegende Arbeit gewählt worden ist. Gegenüber den früher erschienenen regionalen Florenkatalogen weist die Grönlandflora eine beträchtliche Zahl nomenklatorischer Änderungen auf. Diese Änderungen spiegeln die intensive monographische Bearbeitung verschiedener arktischer Gattungen in den letzten Jahren wider.

Die Pflanzensammlung aus dem Trockengebiet Ostgrönlands umfasst im ganzen 129 Arten von Gefäßpflanzen; in Kronprins Christians Land liessen sich noch 98 Arten nachweisen. Zwei Drittel aller Arten gehören den 6 Familien *Gramineae*, *Cyperaceae*, *Ranunculaceae*, *Cruciferae*, *Caryophyllaceae* und *Saxifragaceae* an.

F. Die arktische Steppe in den trockenen Karbonatgebieten Ost- und Nordgrönlands

a. Pflanzensoziologische Beobachtungen

Die arktische Steppe in den kontinentalen Karbonatgebieten Ost- und Nordgrönlands ist artenarm und einförmig. Auf weiten Strecken wechselt die Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften kaum; selbst über die Entfernung von mehr als 650 km, welche zwischen dem ostgrönländischen Trockengebiet und Kronprins Christians Land liegt, treten nur geringfügige Änderungen in der Zusammensetzung der Pflanzengesellschaft auf, wie eine Gegenüberstellung von 2 Aufnahmen aus Ost- und Nordgrönland zeigt (Aufnahmen A und B).

Beispiele für typische Aufnahmen in der arktischen Steppe, Aufnahmen A und B

A Terrasse im Promenadedal	B Centrumsø
74° N, Ole Rømers Land	80° N, Kronprins Christians Land
200 m über Meer, 27.7.1952	70 m über Meer, 1.8.1952
Boden oberflächlich verkrustet, unter der Kruste Flugsand	Sandige, trockene Auflagerung auf anstehenden Kalken des Ordoviciums
<i>Dryas chamissonis</i> ¹ , dom.	—
—	<i>Dryas integrifolia</i> ¹ , dom.
<i>Kobresia myosuroides</i> ² , dom.	—
<i>Carex nardina</i> , subdom.	<i>Carex nardina</i> , dom.
—	<i>Carex misandra</i> , häufig
—	<i>Carex rupestris</i> , häufig, rasenbildend
—	<i>Carex supina</i> ssp. <i>spaniocarpa</i> , hie und da
<i>Saxifraga oppositifolia</i> , häufig	<i>Saxifraga oppositifolia</i> , sehr häufig
<i>Saxifraga aizoides</i> , vereinzelt	<i>Saxifraga aizoides</i> , vereinzelt
<i>Polygonum viviparum</i> , vereinzelt	<i>Polygonum viviparum</i> , häufig
<i>Braya purpurascens</i> , häufig	<i>Braya purpurascens</i> , vereinzelt
<i>Braya humilis</i> , hie und da	—

Salix arctica, hie und da

—

—

Salix arctica, hie und da

Lesquerella arctica, vereinzelt

Silene acaulis, vereinzelt

Der Aspekt der ostgrönländischen Steppe wird weitgehend durch die dominierenden Arten *Dryas chamissonis*¹ und *Kobresia myosuroides*² bestimmt; in Nordgrönland tritt die vikarierende *Dryas integrifolia*¹ an die Stelle von *Dryas chamissonis*. Da *Kobresia myosuroides* auf 80° N die nördliche Verbreitungsgrenze erreicht, wird diese Art durch verschiedene Seggen ersetzt, unter denen die horstbildenden *Carex C. nardina*, *C. misandra* und *C. rupestris* besonders hervorzuheben sind.

Auffällig ist der Umstand, dass in der arktischen Steppe die Gräser fast ganz fehlen. Als einzige Gräser treten gelegentlich *Calamagrostis purpurascens* und *Poa glauca* auf.

Die arktische Steppe ist auf karbonatischer Unterlage arm an Begleitpflanzen. Mit einiger Regelmässigkeit finden sich nur die fünf Arten *Saxifraga oppositifolia*, *Polygonum viviparum*, *Braya purpurascens*, *Lesquerella arctica* und *Salix arctica*; seltener sind *Saxifraga aizoides* und die Arten *Braya humilis*, *Braya linearis* und *Braya intermedia*; *Silene acaulis* wird auf felsigem Untergrund nicht selten beobachtet.

An geschützten, tiefgelegenen Standorten tritt als neue dominierende Art *Arctostaphylos alpina* in die arktische Steppe ein; als Begleitart findet sich *Draba cinerea* (s. str.). *Poa glauca*, ein Gras trockener Standorte mit breitem ökologischem Spielraum, wird oft festgestellt, während *Poa alpina* in typischer, samentragender Form nur gelegentlich vorkommt (Aufnahme C).

C Ole Rømers Land, 74° N

Sanft ansteigender Talhang am Krumme Langsø, ostexponiert, 210 m über Meer.
Trockener, sandiger Boden mit geringem Humusgehalt. 18.8.1956

Arctostaphylos alpina, an den
feuchteren Stellen dominierend

Dryas chamissonis, dominierend
an mässig feuchten Stellen

Kobresia myosuroides, dominierend
an trockenen Stellen

Carex misandra, häufig
Carex nardina, hie und da

¹ Die grönländischen Arten der Gattung *Dryas* werden nach der Grönlands Flora (BOECHER et al.) 1957 in folgender Weise gegeneinander abgegrenzt:

A Blattstiel und Unterseite der Blattmittelrippe ohne lange rote Drüsenhaare B
A* Blattstiel und Unterseite der Mittelrippe mit langen roten Drüsenhaaren

Dryas octopetala L. s. l.

B Alle Blätter ganzrandig oder nur mit einzelnen Zähnen am Grunde; grösste Breite des Blattes an der Basis

Dryas integrifolia M. Vahl

B* Blätter entweder ganz oder doch bis nahe zur Spitze gezähnt; grösste Breite in der Mitte des Blattes

Dryas chamissonis Spreng.

² *Kobresia myosuroides* (Vill.) Fiori und Paol. = *Elyna myosuroides* (Vill.) Fritsch = *Elyna bellardii* Koch.

Carex rupestris, vereinzelt
Poa alpina var. *typica*, häufig
Poa glauca, häufig
Polygonum viviparum, häufig
Draba cinerea s. str., hie und da
Braya purpurascens, hie und da
Lesquerella arctica, hie und da
Saxifraga oppositifolia, hie und da

Potentilla nivea s. l., hie und da
Silene acaulis, vereinzelt
Betula nana, vereinzelt, Kümmerpflanzen
Vaccinium uliginosum ssp. *micro-*
phyllum, vereinzelt, schwachwüchsig
Draba hirta, vereinzelt

b. Ökologische Feststellungen

Die arktische Steppe findet sich in charakteristischer Ausbildung auf kalk- und dolomitreichen Böden. Zwei Typen von Standorten stehen im Vordergrund. Einmal entwickelt sich die arktische Steppe auf flachgründigen, felsigen Böden an stark besonnten und trockenen Abhängen und ausserdem in Mulden und Vertiefungen des anstehenden Kalk- und Dolomitgesteins, wo sich eine Schicht von Grus und Sand abgelagert hat. An diesen Stellen häuft sich im Winter Flugschnee an, so dass den Pflanzen zu Beginn der Vegetationsperiode Schmelzwasser zur Verfügung steht. Später trocknen diese Standorte allerdings sehr stark aus, so dass die Pflanzen oft schon während des Hochsommers ihr Wachstum einstellen.

Am schönsten aber ist die arktische Steppe auf den trockenen Terrassen in den Sohlen der grössten Täler ausgebildet. Ausgedehnte Terrassen marinen Ursprunges finden sich einmal in den Mündungsgebieten der Flüsse; im übrigen sind im Binnenland in verschiedener Höhenlage Süsswasserterrassen entstanden, indem frühere Gletschervorstösse Seen stauten, deren Wasserspiegel sich mit dem rezenten Rückzug des Eises teilweise absenkten. Diese Terrassen sind aus fluvio-glazialen Schottern aufgebaut; sie weisen im allgemeinen einen hohen Gehalt an Schwemmsand auf, ihre Oberfläche ist nicht selten mit Flugsand bedeckt.

Für die Auslese von Pflanzen sind eine Reihe von Faktoren massgebend:

1. Die Ansiedlung von Pflanzen wird vor allem durch den Wassermangel begrenzt. Die Niederschläge während der Wachstumsperiode reichen nicht aus, um die Feuchtigkeitsansprüche der einzelnen Arten zu decken. Die Pflanzen sind daher auf Schmelzwasser aus den winterlichen Schneeablagerungen angewiesen. Der Schnee fällt in den kalten Herbst- und Wintermonaten in Form eines trockenen Pulverschnees, der sehr leicht vom Sturm verfrachtet und an windgeschützten Stellen angehäuft wird. Hochflächen und Terrassen sind den Winden stark ausgesetzt und weisen daher nur geringe Schneemengen auf.

Im Frühling schmilzt der Schnee an den Standorten der arktischen Steppe rasch weg. In den lockeren Böden sickert das Schmelzwasser schnell in die Tiefe und sammelt sich als Grundwasser auf der Grenzfläche zwischen Auf-

tauscht und Bodeneis. Anfänglich liegt dieser Horizont hart unter der Bodenoberfläche, so dass das Grundwasser von den Pflanzenwurzeln erreicht werden kann. Da aber auf den Schotter-Terrassen die Erwärmung des Bodens rasch voranschreitet, sinkt die Grenzsicht in kurzer Zeit in beachtliche Tiefen ab (70–100 cm).

Im Verlaufe des Sommers trocknet der Boden von der Oberfläche her aus; die starke Verdunstung lässt das Bodenwasser aufsteigen und bewirkt eine Ausscheidung von Salzen an der Oberfläche. An extremen Standorten verkrustet die oberste Bodenschicht; an einzelnen Stellen entwickeln sich sogar Ausblühungen von Salzkristallen.

An Standorten mit anstehendem Karbonatgestein bildet der felsige Untergrund den Grundwasserhorizont. Ist die Auflagerung von Feinmaterial gering, so verdrängen die horstbildenden Arten die Pflanzen mit Pfahlwurzeln.

Die Auswirkungen der besonderen Feuchtigkeitsverhältnisse auf die Pflanzendecke sind mannigfaltiger Art. Im Vordergrund stehen folgende Erscheinungen:

a. Die arktische Steppe umfasst zur Hauptsache Arten von zwei Wuchstypen. Die horstbildenden *Cyperaceae* treiben im Frühjahr rasch aus und blühen bereits auf einem frühen Stadium der vegetativen Entwicklung. Gute Beispiele dafür bieten *Carex misandra* und *Carex nardina*, bei denen die blühenden Ähren nicht selten im Blattwerk völlig verborgen sind. Die ährentragenden Halme strecken sich allmählich im Verlaufe des Sommers; besonders auffällig ist dieses postflorale Wachstum der Sprosse bei *Carex misandra*. Die Blätter der horstbildenden Pflanzen verlieren ihre grüne Farbe; schon während des Hochsommers überwiegen in der arktischen Steppe die strohgelben und fahlbraunen Farbtöne. Einzelne *Cyperaceae* fallen durch ihre nadelförmig eingerollten Blätter auf. Diese Erscheinung, die als xeromorphes Merkmal betrachtet werden darf, ist im besonderen Masse bei *Kobresia myosuroides* und *Carex nardina* ausgeprägt.

Neben den horstbildenden Sauergräsern wird der Aspekt der arktischen Steppe vor allem durch die Spaliere der Silberwurz und durch die Rosetten der Kreuzblütler bestimmt. Unter den *Cruciferae* sind Arten mit langen Pfahlwurzeln, die selbst einen tiefliegenden Grundwasserhorizont erreichen, besonders stark vertreten. Die Pfahlwurzeln erreichen gelegentlich eine erstaunliche Länge, so wurde an einer mittelkräftigen Pflanze von *Braya purpurascens* eine Pfahlwurzel von 1,1 m Länge gemessen. Da Pflanzen mit tiefreichenden Wurzeln im Sommer oft noch während längerer Zeit genügend Grundwasser zur Verfügung steht, sind wenig Anpassungserscheinungen an die Trockenheit zu beobachten. Durch Sukkulenz der Blätter und durch eine filzige Behaarung fällt *Lesquerella arctica* auf.

Dryas integrifolia und *Dryas chamissonis* zeichnen sich durch zusammengedrückte Spaliere, durch die dichte Behaarung der Blätter und durch die Reduktion der Blattspreiten (Einrollen der Blattränder) aus.

b. Die Keimung der Samen ist stark erschwert, da nur während einer kurzen Zeitspanne genügend Wasser zur Verfügung steht. Unter diesen Umständen sind Arten mit einer hohen Samenproduktion und Pflanzen, die sich durch Ausläufer (z.B. *Carex supina* ssp. *spaniocarpa*) oder Schosse vermehren, eindeutig bevorzugt.

c. Durch die Anreicherung von Mineralsalzen in den obersten Bodenschichten liegt die Wasserstoffionenkonzentration bei karbonatischer Gesteinsunterlage im basischen Bereich. Die alkalische Reaktion begünstigt basiphile und basitolerante Arten; sie wirkt einer Besiedlung durch Kryptogamen entgegen und beeinträchtigt den Abbau organischen Materials durch säureliebende Mikroorganismen. Abgestorbene, unverholzte Pflanzenteile werden zumeist durch Schnee- oder Sanddriften von der Pflanze weggerissen, pulverisiert und mit Sand vermischt in die windgeschützten Mulden abgelagert. Die fehlende Humusbildung verhindert eine weitere Entwicklung der arktischen Steppe zur Zwergstrauchtundra. Die *Dryas/Kobresia myosuroides*-Steppe ist daher als ökologisch begrenztes Endglied einer Sukzession aufzufassen.

2. An Standorten der arktischen Steppe sind wenig Frostbodenphänomene zu beobachten. Die lockere Struktur des Bodens und der geringe Wassergehalt verhindern die Entwicklung von Strukturböden und Fliesserdezonen. Selbst die Buckelung der Bodenoberfläche, die der Zwergstrauchtundra ihr charakteristisches Gepräge verleiht und die als Zeichen einer schwachen Frostbodenaktivität gewertet wird, fehlt in der arktischen Steppe weitgehend.

Diese Voraussetzungen wirken sich für Pflanzenarten, welche keine Adventivwurzeln anlegen, sehr günstig aus. Gewächse mit langen Pfahlwurzeln sind auf aktiven Frostböden in ihrer Entwicklung benachteiligt, da in der Schneeschmelzperiode die Wurzel durch Bodenbewegungen leicht abgeschert werden kann. Besonders gefährdet ist eine Pfahlwurzelpflanze, wenn die Wurzelspitze noch im gefrorenen Boden verankert ist, während der basale Wurzelteil bereits in der Auftauzone liegt.

3. Die meisten Standorte der arktischen Steppe sind dem Wind stark ausgesetzt. Schnee-, Eisnadel- und Sanddriften fahren scheuernd über die Bodenoberfläche und die Pflanzendecke hinweg. Sand und Feinmaterial wird in die Fugen zwischen den Steinen gepresst; vorstehende Ecken werden zu Windkantern erodiert; die Oberfläche einer Terrasse wandelt sich zu einem hartgepressten Boden, der einer ausgetrockneten Feldstrasse nicht unähnlich sieht.

Die harte Bodenoberfläche erschwert es den Keimpflanzen, ihre Wurzeln einzusenken. Besonders ungünstig gestalten sich die Bedingungen, wenn eine Salzkruste die Oberfläche bedeckt, welche durch Wasserentzug die Quellung der Samen beeinträchtigt.

*G. Die arktische Steppe in den trockenen Kristallingebieten
Ost- und Nordgrönlands*

Unter hocharktischen Bedingungen prägt sich im allgemeinen die Gesteinsunterlage sehr stark im Gefüge der Vegetationsdecke aus. Es erscheint daher verlockend, in Trockengebieten mit kristallinen Gesteinen nach einer Pflanzengesellschaft zu suchen, die das Gegenstück zu der *Dryas/Kobresia myosuroides*-Steppe der trockenen Karbonatgebiete darstellt.

Die Voraussetzungen für eine solche vergleichende Untersuchung sind im ostgrönländischen Arbeitsgebiet sehr günstig, da an zahlreichen Stellen kristalline Gesteinsserien an karbonatische Sedimente grenzen. Zwischen 74° N und 75° N schliesst gegen Westen die Kristallzone der Nunatakkerregion an das karbonatische Trockengebiet an, so dass sich auf einem Querschnitt von Osten nach Westen ein Übergang zwischen der arktischen Steppe der Kalk- und Dolomitzone und der Trockenvegetation auf kristalliner Unterlage zeigt.

a. Pflanzensoziologische Beobachtungen

Im Gegensatz zu den Verhältnissen in den Karbonatgebieten ist die arktische Steppe im Kristallin uneinheitlich zusammengesetzt. Pflanzensoziologische Aufnahmen ergeben von einem Standort zum anderen auffällige Unterschiede im Artenspektrum, so dass die pflanzensoziologische Bearbeitung auf Schwierigkeiten stösst.

Am einfachsten lassen sich die Felderfahrungen dahin zusammenfassen, dass an trockenen Stellen in Kristallingebieten Mischgesellschaften vorkommen, die neben azidophilen Begleitpflanzen einen wechselnden Anteil an Arten aus der Karbonatsteppe aufweisen.

Ein Beispiel für eine solche Mischgesellschaft gibt die in Aufnahme D ausgewertete Analyse.

Aufnahme D. Steiler, südwestexponierter Abhang auf Gneis, Bartholins Land, 74° N. 960 m über Meer. 16.8.1956.

Infiltration von Arten der *Dryas*-Steppe in die Vegetation des Kristallins

Azidophile Arten	Basiphile Arten	Bodenneutrale Arten
<i>Saxifraga nivalis</i>	<i>Dryas chamissonis</i>	<i>Woodsia glabella</i>
<i>Saxifraga cernua</i>	<i>Draba cinerea</i> s. str.	<i>Cystopteris fragilis</i>
<i>Saxifraga caespitosa</i>	<i>Lesquerella arctica</i>	<i>Potentilla hookeriana</i>
<i>Draba hirta</i>	<i>Salix arctica</i>	<i>ssp. chamissonis</i>

<i>Campanula uniflora</i>	<i>Melandrium triflorum</i>	<i>Potentilla nivea</i> s. str.
<i>Erigeron eriocephalus</i>	<i>Kobresia myosuroides</i>	<i>Chamaenerion latifolium</i>
<i>Taraxacum phymatocarpum</i>	<i>Carex nardina</i>	<i>Papaver radicum</i>
<i>Luzula confusa</i>	<i>Calamagrostis purpurascens</i>	<i>Draba nivalis</i>
<i>Carex rupestris</i>		<i>Cerastium alpinum</i>
<i>Carex supina</i> ssp. <i>spaniocarpa</i>		<i>Minuartia rubella</i>
<i>Carex capillaris</i>		<i>Melandrium apetalum</i>
<i>Festuca brachyphylla</i>		<i>Melandrium affine</i>
<i>Hierochloe alpina</i>		<i>Poa glauca</i>
		<i>Trisetum spicatum</i>

Die Artenzusammensetzung wechselt in erheblichem Ausmass. In einem Extremfall entspricht die Pflanzengesellschaft einem alpinen Rasen auf kristalliner Unterlage, in dem die Seggen *Carex rupestris*, *Carex supina* ssp. *spaniocarpa*, *Carex misandra* und *Carex capillaris* dominieren, während *Kobresia myosuroides* und *Carex nardina* als untergeordnete Elemente erscheinen. Im andern Extrem sind alle Charakterarten der Karbonatsteppe vertreten; als Dominanten sind *Kobresia myosuroides*, *Carex nardina* und *Dryas chamissonis* zu betrachten, während die kristalline Unterlage sich nur noch in einem bescheidenen Anteil kristallinliebender, aber kalktoleranter Begleitpflanzen spiegelt. An solchen Stellen ist die Pflanzengesellschaft als artenreiche *Dryas/Kobresia myosuroides*-Steppe zu beurteilen.

b. Ökologische Beurteilung

Das Auftreten von Mischgesellschaften in kristallinen Trockengebieten lässt sich nur verstehen, wenn wir von den Ergebnissen der ökologischen Beurteilung ausgehen. An und für sich wäre zu erwarten, dass Böden mit kristalliner Gesteinsunterlage eine Gesellschaft azidophiler Arten tragen würde; liefert doch das Gestein beim chemischen Abbau einen beträchtlichen Anteil an Wasserstoffionen, welche imstande sind, die an Bodenpartikeln adsorbierten Alkali- und Erdalkali-Ionen zu verdrängen. Dieser Ionenaustausch ist aber an die Gegenwart von Wasser gebunden; eine Ansäuerung des Bodens ist nur möglich, wenn die alkalischen Ionen durch einen nach unten gerichteten Wasserstrom ausgewaschen werden.

Unter den extremen Trockenbedingungen der kontinentalen Gebiete Ostgrönlands wirkt aber die starke Verdunstung und die geringe Niederschlagsmenge einer Ansäuerung des Bodens entgegen. Durch den hohen Anteil an basischen Ionen liegt die Wasserstoffionenkonzentration im Neutralbereich oder sogar auf der alkalischen Seite. Unter diesen Umständen ist auch der von Mikroorganismen abhängige Abbau des organischen Materials zu Humus gehemmt. Die Vegetation vermag sich deshalb nicht zu der für mesophile Standorte auf kristalliner Unterlage charakteristischen *Ericaceen*-Tundra weiter zu entwickeln.

Im Vergleich zu karbonatreichen Trockenböden ist auf kristalliner Unterlage der Gehalt an Alkali- und Erdalkali-Ionen immer noch geringer; ebenso sind die pH-Werte tiefer. Es ist deshalb verständlich, wenn sich in der Begleitflora eine Reihe von zwar mässig azidophilen aber kalktoleranten Arten zu halten vermag.

H. Halophyten in den kontinentalen Trockengebieten

Bei einem besonders hohen Gehalt an alkalischen Ionen (z.B. an den Ufern austrocknender Tümpel) kann der Salzgehalt des Bodens soweit ansteigen, dass Halophyten auftreten. In diesem Sinne sind die Vorkommen von *Carex maritima*, *Carex lachenalii* und *Armeria maritima* ssp. *labradorica* im Binnenland zu deuten.

J. Diskussion

Die Bezeichnung «Steppe» für die beschriebene Pflanzengesellschaft ist gerechtfertigt, wenn man das Aufsteigen des Bodenwassers als Folge der starken Austrocknung für ein entscheidendes Merkmal einer Steppe hält. Legt man andererseits das Hauptgewicht auf phänologische Merkmale, so lässt sich die *Dryas/Kobresia myosuroides*-Gesellschaft mit ihren locker stehenden Pflanzen zwanglos als eine der Grassteppe ähnliche Pflanzengesellschaft auffassen.

Ein Vergleich der ost- und nordgrönländischen Steppe mit der von BOECHER 1959 beschriebenen Vegetation in den westgrönländischen Trockengebieten enthüllt eine auffallende Parallele. In der Umgebung des Flugstützpunktes Søndre Strømfjord in Westgrönland finden sich in einem Lössgebiet mehrere Seen mit auffällig hohem Salzgehalt. Obwohl in diesem Gebiet kristalliner Fels anstehend ist, weist die Vegetation dieser Lösszonen einen beträchtlichen Anteil an basiphilen Arten auf. Die Artenlisten der westgrönländischen Analysen stimmen zwar nur in beschränkter Masse mit den Aufnahmen aus den ost- und nordgrönländischen Steppen überein; da die Flora der bedeutend weiter südlich gelegenen Trockengebiete Westgrönlands wesentlich artenreicher ist. BOECHER 1959 weist an mehreren Stellen auf die Dominanz calciphiler Arten hin, unter denen er *Kobresia myosuroides* und *Dryas integrifolia* erwähnt.

Die arktische Steppe der ost- und nordgrönländischen Trockengebiete dürfte eine gewisse Parallele in den alpinen Felsensteppen und in den Steppen der asiatischen Hochgebirge finden. Sehr aufschlussreich ist beispielsweise ein Vergleich mit den von BOSSHARD et al. 1931 veröffentlichten Beobachtungen über die Vegetation der tibetischen Hochebene. Durchgeht man die von SCHMID in dieser Arbeit zusammengestellte Liste der Phanerogamen,

so fällt auf, wieviele Arten sowohl in der arktischen Steppe als auch im tibetischen Hochland gefunden wurden. Es sei in diesem Zusammenhang nur auf die Arten *Poa alpina*, *Kobresia myosuroides*, *Polygonum viviparum* und *Braya humilis* (bei SCHMID unter *Torularia humilis* publiziert) verwiesen. Die Gattung *Braya*, die sich durch die Polymorphie verschiedener Arten auszeichnet, ist in Grönland wie in den tibetischen Hochebenen durch mehrere Arten vertreten. Dagegen fehlt die Gattung *Dryas* in der Sammlung BOSSHARDS.

Niederschlagsarmut, starke Verdunstung und Windeinfluss dürften in beiden Gebieten die entscheidenden ökologischen Faktoren gewesen sein, die zur Entwicklung der Steppe geführt haben.

Unsere heutigen Erfahrungen zeigen, dass SOERENSEN 1937 mit Recht die wenigen ihm bekannten Vorkommen der arktischen Steppe in Ostgrönland als charakteristische Pflanzengesellschaft herausgestellt hat. Ihm gebührt auch das Verdienst, die Ähnlichkeit der im Gebiet von Danmarkshavn auf kristalliner Unterlage auftretenden Mischgesellschaften mit den Steppen in den innersten Fjorden Ostgrönlands erkannt zu haben. Diese Mischgesellschaften mit ihrem hohen Anteil an karbonatischen Arten bilden die Brücke zwischen den beiden isolierten Karbonatgebieten in Ostgrönland (74°–75° N) und Kronprins Christians Land (80°–80° 30' N). Durch das Eindringen calciphiler Elemente in die Vegetation der kristallinen Trockengebiete wird für manche Art die aus ökologischen Gründen (Gesteinsunterlage) vorgezeichnete Verbreitungsdisjunktion zwischen Ost- und Nordgrönland überbrückt. Nach den Angaben von SEIDENFADEN und SOERENSEN 1937 ist diese Überbrückung bereits für folgende Arten belegt: *Carex supina* ssp. *spaniocarpa*, *Kobresia simpliciuscula*, *Calamagrostis purpurascens*.

Es mag für zukünftige Expeditionen eine reizvolle Aufgabe sein, in den Trockengebieten des Kristallingürtels zwischen 75° N und 80° N den Aussenposten calciphiler Arten nachzuspüren, welche nach den heutigen Erfahrungen in ihrer Verbreitung auf die beiden isolierten Karbonatgebiete in Ost- und Nordgrönland beschränkt sind. Zu diesen Arten gehören *Braya humilis*, *Carex glacialis*, *Saxifraga aizoides* und *Epilobium arcticum*.

K. Zusammenfassung

1. Die Arbeit hat zum Ziel, die arktische Steppe in den Trockengebieten Ost- und Nordgrönlands pflanzensoziologisch und ökologisch zu beschreiben.

2. Die Untersuchung stützt sich auf Feldbeobachtungen, die im Rahmen der von Dr. Lauge KOCH geleiteten Ostgrönlandexpeditionen in den Sommern 1952 und 1956 gemacht wurden. Die Arbeitsgebiete liegen an der Ostküste in Ole Rømers Land zwischen 74° N und 75° N und in Kronprins Christians Land (Nordgrönland, 80°–80° 30' N).

3. Die beiden Arbeitsgebiete weisen während der Vegetationsperiode sehr geringe Niederschläge auf. Die Trockenheit wird durch föhnartige Ausgleichswinde, die vom Inlandeis her gegen die Küste wehen, verstärkt. Die Temperaturen liegen im Juli in Ostgrönland um $+10^{\circ}$, in Nordgrönland vermutlich um $+5^{\circ}$; die täglichen Schwankungen sind als Folge des Polartages gering.

4. Das ostgrönländische Arbeitsgebiet liegt in einer Zone karbonatischer Sedimente, die gegen Westen in das Kristallin der Nunatakkerregion übergeht. In Nordgrönland konzentrierten sich die Feldbeobachtungen auf die Umgebung des Centrumsø, in der paläozoische Karbonatgesteine anstehen.

5. Im ostgrönländischen Arbeitsgebiet wurden insgesamt 129, in Kronprins Christians Land 98 Arten von Gefässpflanzen nachgewiesen.

6. Auf karbonatischem Gestein stellt die arktische Steppe eine artenarme, sehr einheitliche Pflanzengesellschaft dar, die in Ost- und Nordgrönland trotz der Entfernung von rund 700 km in ihrer Zusammensetzung und in ihrem Aspekt gut übereinstimmt. Die nordgrönländische Steppe ist als Folge der tieferen Sommertemperatur ärmer an Arten.

7. Der Aspekt der arktischen Steppe wird vorwiegend durch *Dryas chamissonis* (bzw. *Dryas integrifolia* in Nordgrönland), durch *Kobresia myosuroides* und *Carex nardina* bestimmt; sehr häufig werden *Carex misandra* und *Carex rupestris* beobachtet. Als krautige Begleitpflanzen sind ausser *Saxifraga oppositifolia* und *Saxifraga aizoides* eine Reihe von *Cruciferae* hervorzuheben (*Braya purpurascens*, *Braya humilis*, *Lesquerella arctica*, *Draba cinerea* s. str.). Als Beispiele für die arktische Steppe sind in den Tabellen A–C, S. 53–55 Pflanzenlisten von zwei Analysen angeführt.

8. Die arktische Steppe findet sich vornehmlich auf Hochflächen mit anstehendem Karbonatgestein («Felsensteppe») und auf Terrassen in den Sohlen der grossen Täler.

9. Die Standorte der arktischen Steppe sind sehr trocken. Die Pflanzen sind in ihrer Wasserversorgung auf Schmelzwasser des spärlich abgelagerten Schnees angewiesen. Nur zu Beginn der Vegetationsperiode weisen die Standorte genügend Feuchtigkeit auf, während im Sommer die Böden sehr stark austrocknen. In den oberflächennahen Schichten reichern sich Salze an; in extremen Fällen lassen sich Salzkrusten und Ausblühungen feststellen. Unter Windeinfluss verhärtet sich die Bodenoberfläche, so dass Keimlinge nur schwer aufkommen können. Der Boden reagiert schwach alkalisch.

10. Die Standorte der arktischen Steppe weisen nur eine geringe Frostbodenaktivität auf.

11. Die meisten Arten der arktischen Steppe lassen sich zwei Wuchstypen zuordnen. Auf der einen Seite dominieren horstbildende *Cyperaceae*, bei denen als xeromorphes Merkmal eine starke Einrollung der Blattspreiten

zu pfriemlichen Blättern auftritt. Auf der andern Seite umfasst die arktische Steppe Arten, die mit einer langen Pfahlwurzel die tiefliegende Grenzfläche zwischen Frostboden und Auftauschicht erreichen. Diese Grenzschrift ist als Grundwasserhorizont zu betrachten, der aus Schmelzwasser gespiesen wird.

12. In der arktischen Steppe fehlen als Folge der hohen pH-Werte die Gefässkryptogamen weitgehend. Der Abbau organischen Materials durch azidophile Mikroorganismen unterbleibt, so dass die arktische Steppe trotz des lockeren Pflanzenschlusses als Endglied einer Sukzessionsreihe zu betrachten ist.

13. An trockenen Standorten auf kristalliner Unterlage finden sich Mischgesellschaften. Je nach dem Grad der Austrocknung, der Anreicherung von Alkalien und Erdalkalien und der Wasserstoffionenkonzentration findet sich ein mehr oder weniger hoher Anteil von Charakterarten der Karbonatsteppe. In Extremfällen unterscheidet sich die Steppe auf kristallinem Gestein von der typischen Karbonatsteppe nur noch durch eine Reihe mässig azidophiler, karbonattoleranter Begleitarten.

14. Am Rande von austrocknenden Schmelzwassertümpeln kann der Salzgehalt des Bodens soweit ansteigen, dass Halophyten zur Entwicklung gelangen. Solche Arten sind in Ostgrönland *Armeria maritima ssp. labradorica*, *Carex maritima* und *Carex lachenalii*.

L. Literaturverzeichnis

MoG = Meddelelser om Grønland; C. A. Reitzels Forlag. Kobenhavn.

- BOECHER, T. W. 1949 a. The Botanical Expedition to West Greenland 1946. – MoG **147** Nr. 1 (27 pp.).
– 1949 b. Climate, soil and lakes in continental West Greenland in relation to plant life. – MoG **147** Nr. 2 (1–63, 4 Tafeln).
– 1954. Oceanic and continental vegetational complexes in southwest Greenland. – MoG **148** Nr. 1 (1–336, 39 Tafeln).
– 1959. Floristic and Ecological Studies in middle West Greenland. – MoG **156** Nr. 5 (1–68, 12 Textfiguren, 4 Tafeln).
BOECHER, T. W., HOLMEN, K., JAKOBSEN, K. 1957. Grønlands Flora. – P. Haase & Søns Forlag, København (313 pp.).
BOSSHARD, W., SCHMID, E., CZURDA, V., SKUJA, H., THÉRIOT, J., ZAHLBRUCKNER, A. 1931. Botanische Ergebnisse der Deutschen Zentralasien-Expedition 1927–28. – Mitteilungen aus dem Botanischen Museum der Universität Zürich **143** (1–76).
BÜTLER, H. 1959. Das Old Red-Gebiet am Moskusoksefjord. – MoG **160** Nr. 5 (1–188, 60 Textfiguren, 5 Tafeln).
FRAENKL, E. 1954. Vorläufige Mitteilung über die Geologie von Kronprins Christians Land. – MoG **116** Nr. 2 (pp. 1–85, 24 Textfiguren, 2 Tafeln).
– 1955. Weitere Beiträge zur Geologie von Kronprins Christians Land (NE-Grönland, zwischen 80° und 80° 30' N). – MoG **103** Nr. 7 (1–36, 14 Textfiguren, 2 Tafeln).
GELTING, P. 1934. Studies on the vascular plants of East Greenland between Franz Joseph Fjord and Dove Bay (lat. 73° 15'–76° 20' N). – MoG **101** Nr. 2 (1–340, 47 Textfiguren, 4 Tafeln).

- HOLMEN, K. 1957. The vascular plant of Peary Land, North Greenland. – MoG **124** Nr. 9 (1–149, 42 Textfiguren).
- HOVMØLLER, E. 1947. Climate and weather over the coastland of Northeast Greenland and the adjacent sea. – MoG **144** Nr. 1 (1–208, 100 Textfiguren, 11 Tafeln).
- JENSEN, J. A. D. 1884. Undersøgelse af Grønlands Vestkyst fra 64° til 67° N.B. – MoG **8** (33–121).
- LUNDAGER, A. and OSTENFELD, C. H. 1910. List of vascular plants from North-East Greenland (N of 76° N lat.) collected by the Danmark Expedition, 1906–1908. – MoG **43** (1–32, 6 Tafeln).
- SCHWARZENBACH, F. H. 1960. Botanische Beobachtungen in der Nunatakzone Ostgrönlands zwischen 74° N und 75° N. – MoG **163** (1–172, 27 Textfiguren).
- SEIDENFADEN, G. 1930. Botanical investigations during the Danish East Greenland Expedition 1929 (Preliminary report). – MoG **74**, Nr. 15 (365–382, 3 Textfiguren, 1 Karte).
- SEIDENFADEN, G. and SOERENSEN, Thorv., 1933. On *Eriophorum callithrix* Cham. in Greenland. MoG **101** Nr. 1 (1–27, 5 Textfiguren, 4 Tafeln).
- 1937. The vascular plants of Northeast Greenland from 74° 30' to 79° 00' N lat. and a summary of all species found in East Greenland. – MoG **101** Nr. 4 (1–215, 60 Textfiguren, 4 Tafeln).
- SOERENSEN, Thorv. 1933. The vascular plants of East Greenland from 71° 00' to 73° 30' N lat. – MoG **101** Nr. 3 (1–177, 7 Textfiguren, 20 Tafeln).

L'ÉVOLUTION POSTGLACIAIRE DE LA VÉGÉTATION EN FONCTION DE L'ALTITUDE DANS LA VALLÉE D'ANZEINDAZ (ALPES VAUDOISES)*

Par Pierre VILLARET, Musée de Botanique, Lausanne

Ce travail n'étant pas encore terminé, je ne donnerai ici qu'un court résumé sur les recherches entreprises jusqu'à présent. Trois sondages ont été effectués dans la vallée d'Anzeindaz entre 1500 et 2000 m. Les marais étudiés sont ceux de la Porreyre à 1500 m, de Sur Dzeu à 1930 m et de Conche à 2000 m. Seul le premier se trouve au-dessous de la limite actuelle de la forêt (env. 1800 m).

Si l'on compare les trois diagrammes polliniques, on constate que le marais de Sur Dzeu est le plus ancien, sa sédimentation ayant commencé à la fin du tardiglaciaire. Conche et la Porreyre ne datent que de l'époque boréale.

La période boréale (V) est caractérisée par un grand développement du noisetier qui atteint à la Porreyre un pourcentage de 103% (par rapport à la somme des pollens d'arbres) alors qu'il ne dépasse pas 57,5% à Sur Dzeu et

* Résumé d'une conférence faite dans le Colloquium de l'Institut Géobotanique de l'Ecole Polytechnique Fédérale à Zurich le 19.2.1960.