Zeitschrift: Farnblätter : Organ der Schweizerischen Vereinigung der Farnfreunde

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung der Farnfreunde

Band: - (1986)

Heft: 15

Artikel: Farne in den bolivianischen Anden und ihre Bedeutung als Klimaindikatoren

Autor: Graf, K.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1002164

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Farnblätter 15: 15–21 (1986)

Farne in den bolivianischen Anden und ihre Bedeutung als Klimaindikatoren

Textfassung eines Vortrages vom 8. März 1986 anlässlich einer Tagung der Schweizerischen Vereinigung der Farnfreunde gehalten am Botanischen Institut der Universität Zürich

PD. Dr. K. Graf,
Geographisches Institut, Universität, Winterthurerstr. 190
CH-8057 Zürich

Einleitung

In Bolivien bilden die Anden ein riesiges Gebirge, welches eine rund 4000 m hohe Ebene (das Altiplano) und die daran anschliessenden Kordilleren umfasst. Obschon sie innerhalb der Wendekreise liegt, trägt die Hauptkette zahlreiche ausgedehnte Gletscher. Der Grund ist darin zu sehen, dass sie als tropisches Gebirge ausgesprochen hoch aufragt und in etlichen Sechstausendern gipfelt. Ein weiteres Kennzeichen der Tropen stellt ihr Reichtum an Farnen dar. Darum hat sich dieses Gebiet als günstig erwiesen für eine Studie mit folgender Fragestellung:

— Wo kommen Farne in der bolivianischen Zentralkordillere hauptsächlich vor?
— Wie lässt sich ihre Verbreitung klimatisch begründen?

Dabei wurden nicht nur die heutigen Pflanzen untersucht, sondern ebenso intensiv ihre Sporen. Diese palynologische Forschung profitiert davon, dass Sporen lange erdgeschichtliche Zeitspannen vollständig intakt überdauern können. Oft ist die ehemalige Vegetation recht genau rekonstruierbar. Daraus leitet sich eine dritte Frage ab:

— Wie haben sich das Klima und damit auch die Farnvegetation in den Anden seit der letzten Eiszeit verändert?

Die Disposition zu dieser mehrteiligen Problemstellung ist aus Fig. 1 ersichtlich. Als erstes galt es, Farne in verschiedenen Gebirgsregionen Boliviens zu sammeln. Die Bestimmung übernahm freundlicherweise Herr Prof. Dr. K. U. KRAMER. Es wurden mehrere, meist zehntägige Exkursionen in sechs Tälern durchgeführt, die am Andenosthang zum Amazonas hinführen. Dabei konnten etwa 100 Farnarten gesammelt werden. Mit diesem

Arbeitsschritte / Gegenstand der Untersuchung	a) Identifizierung	b) Lokalisierung	c) Klimahinweise
1. Farne	Farnkatalog	Höhenstufen der Vegetation	Gegensatz zwischen Steppe und Wald
2. Ihre Sporen	Sporenkatalog	Höhenabhängigkeit der Sporen	Gegensätze feucht/trocken warm / kalt
3. Fossile Sporen	Palynologie	zeitliche Einstufung	Klimawandel seit der Eiszeit

Fig. 1
Schema zum Forschungskonzept

Material ausgerüstet, konnte man die weiteren Arbeitsschritte in Angriff nehmen.

1. Zur Verbreitung der Farne

Die bolivianische Zentralkordillere ist in klare Höhenstufen gegliedert. Sie sind primär von den Temperaturen vorbestimmt, welche auf 5200 m ü.M. im Mittel 0°C aufweisen, ganzjährlich sehr ebenmässig verlaufen und talwärts mit ca. ½°C pro 100 m zunehmen. Gegen das Amazonastiefland hin liegt allgemein feuchtes Klima vor, am ausgeprägtesten ist dies aber auf 3000 m ü.M. der Fall. Dort entfaltet sich ein üppiger Wald aus flechtenbehangenen Bäumen, z.B. Erlen/*Alnus*, Andentannen/ *Podocarpus* und besonderen Baumfarnen/*Cyathea*. In Fig. 2 ist er mit Nebelwald bezeichnet. Er bildet einen auffälligen Kontrast zur Gebirgssteppe (= Puna), welche vorwiegend aus Büschelgräsern (Gramineen) und Kleinsträuchern (v.a. Compositen) zusammengesetzt ist. Auch die Farne sind in diese Höhenstufen eingepasst, was sich hauptsächlich aus ihren Ansprüchen an die Temperatur ergibt. Die obersten in der Testregion registrierten Vorkommen betreffen kleinwüchsige Farne, wie z.B. den Streifenfarn/ *Asplenium* und den Schildfarn/*Polystichum*. Auch das Brachsenkraut/*Isoëtes* kommt an hochgelegenen Bergseen vor, in Peru jedenfalls bis 4500 m (Weberbauer 1910, S.74). Bis maximal zum Altiplano hinauf bzw. in der dortigen Vegetationsformation der Puna wachsen wiederum charakteristische Farne, z.B. der

Rippenfarn/*Blechnum*, der Wimperfarn/*Woodsia* und der Tüpfelfarn/*Polypodium*. Eine Vielzahl dieser Gebirgsfarne weist übrigens bohnenförmige (monolete) Sporen auf. Ausnahmen sind *Cheilanthes*, der bis 4100 m und vor allem trockenstandörtlich auftritt, und allenfalls *Eriosorus* (bis 4200 m nach TRYON und TRYON 1982, S. 231). Ein ganz anderes Bild präsentiert sich im Nebelwald. Bis hier hinauf steigen die bereits erwähnten Baumfarne, wobei nach HERZOG (1923, S. 161) auch *Dicksonia*

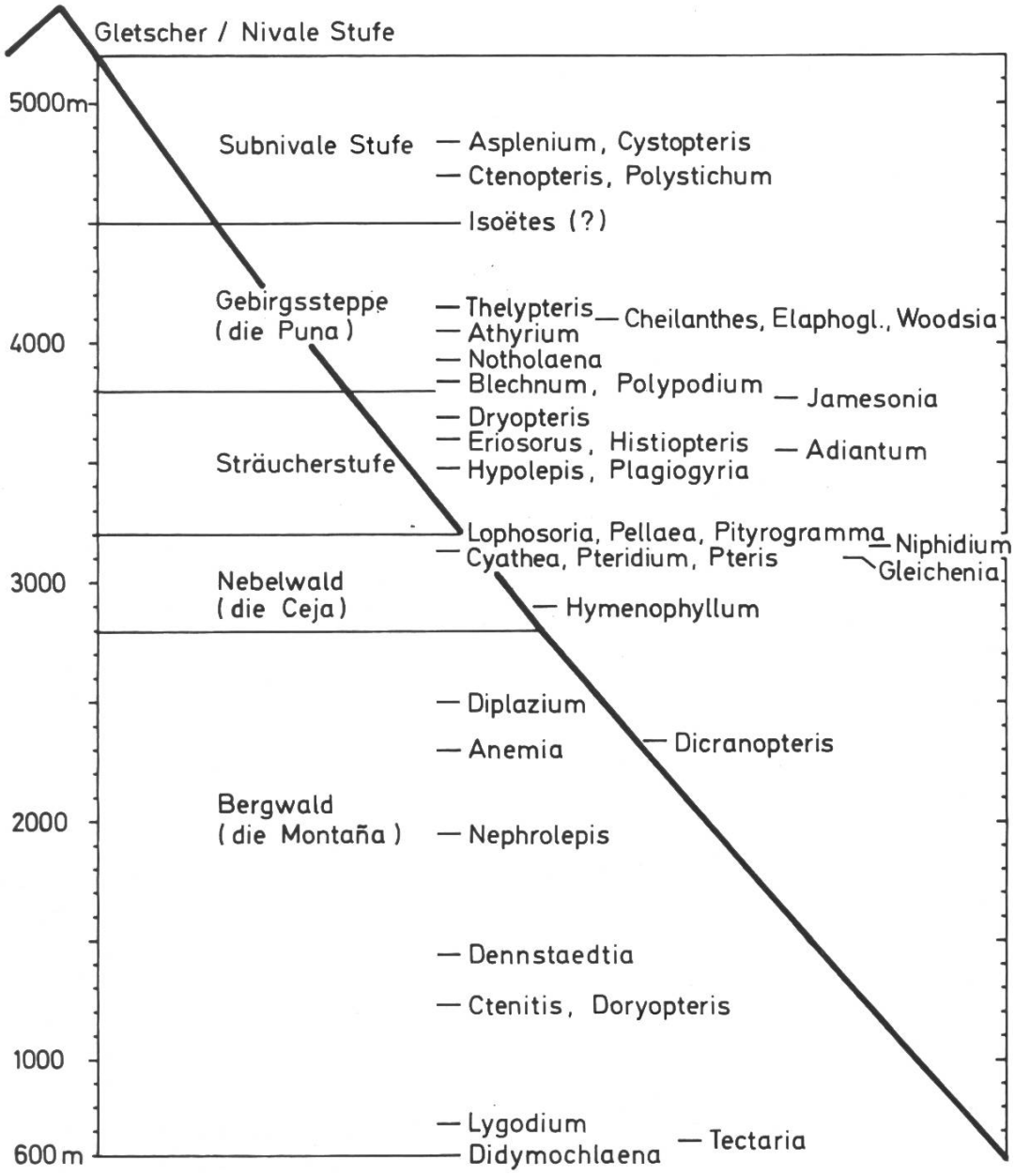

Fig. 2
Die Höhenstufen der Vegetation am Osthang der bolivianischen Zentralkordillere. Insbesondere sind die obersten Vorkommen der dort gefundenen Farngattungen aufgeführt.

vorkommt. Weiter findet man auch den Lappenfarn/*Adiantum*, den Adlerfarn/*Pteridium aquilinum*, den Saumfarn/*Pteris* und weitere Farne, die in den meisten Fällen tetraedrisch geformte (trilete) Sporen aufweisen. Es lässt sich also zusammenfassend festhalten, dass Farne in den bolivianischen Anden deutlich höhenstufengebunden auftreten und damit das Temperaturregime klar nachzeichnen.

2. Die Sporen als Untersuchungsgegenstand

Um die geschilderten Farne zahlenmässig festzuhalten, kann man die Palynologie (Pollen- und Sporenanalyse) zu Hilfe nehmen. Oftmals sind nämlich die Sporen bestimmter Farnfamilien oder -gattungen so markant und typisch, dass man sie in beliebigen Erdproben gut identifizieren kann. So sind sie bei *Cyathea* tetraedrisch (trilet, vgl. Fig. 3) und mit groben Warzen überdeckt, bei *Polypodium* bohnenförmig und warzig, währenddem jene von *Isoëtes* in einen feinen Schleier gehüllt sind.

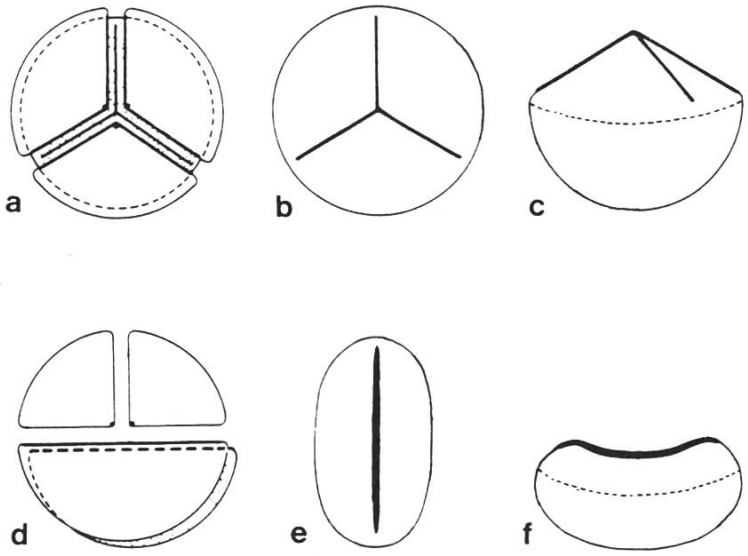

Fig. 3
Sporentypen bei Farnen.
a) Sporentetrade bei trileten sporen
b) Trilete Spore von oben
c) Trilete Spore von der Seite
d) Sporentetrade bei monoleten Sporen
e) Monolete Spore von oben
f) Monolete Spore von der Seite

Für die Palynologie sind vor allem die trileten Sporen von Bedeutung, da sie wesentlich besser fossil erhalten sind; dies dank ihrer besonders widerstandsfähigen Wandschichten. Vorerst geht man ähnlich vor wie beim Sammeln von Farnen und holt sich die nötigen Grundlagen im Gelände. Dies geschah z.B. im Tal von Pelechuco (siehe Fig. 4, 14°50′ S / 69°5′ W), wobei in Höhenintervallen von 100 m Erdproben von der Bodenoberfläche an relativ feuchten, offenen Stellen entnommen wurden. Nach der

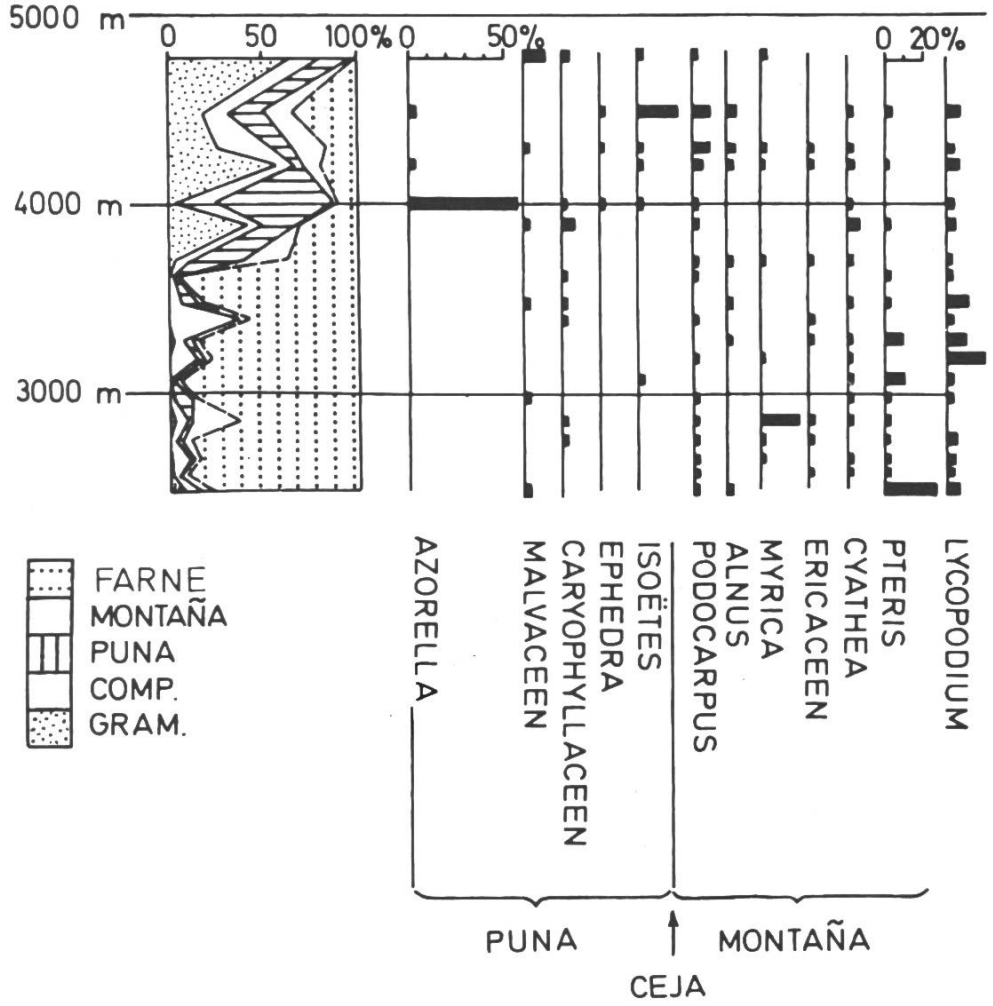

Fig 4
Die Darstellung zum heutigen Pollen- und Sporenflug im Valle de Pelechuco zeigt links das Hauptdiagramm, worin die fünf wichtigsten Pflanzengruppen aufsummiert sind. Dies betrifft Gräser, Compositen (v.a. Kleinsträucher), weitere Vertreter der Puna, Pflanzen des Nebelwaldes sowie Farne. Rechts werden im Nebendiagramm einzelne Taxa gesondert festgehalten, und zwar nach ihrer häufigsten Verbreitung zweigeteilt in Gebirgssteppenpflanzen (aus der Puna) und Waldvertreter (aus der Montaña).

Aufbereitung im Labor konnten daraus mikroskopisch die Anteile von diversen Pollenkörnern und Farnsporen ermittelt werden. Diese Spektren umfassen also die heutigen Palynomorphen und sind je nach Meereshöhe sehr verschieden. Von ca. 3800 m ü.M. bergwärts dominieren Gräser und andere typische Punapflanzen, z.B. das kissenbildende Doldengewächs *Azorella* und das Brachsenkraut/*Isoëtes*. Dagegen gewinnen unterhalb 3800 m die Farne der Montaña schnell an Bedeutung, insbesondere *Pteris* und *Cyathea*. Sporen von Bärlapp/*Lycopodium* und Baumpollen von *Alnus* und *Podocarpus* weisen allgemein eine weite Verbreitung auf, sind sie doch sehr verwitterungsresistent und werden leicht vom

Wind verfrachtet. Gesamthaft widerspiegelt sich in den Pollen- und Sporenspektren die Höhenstufung der andinen Vegetation recht genau. Eine Zäsur auf 3800 m scheidet die Steppen- von den Waldvertretern. Besondere Hochgebirgspteridophyten wie *Isoëtes* stehen in deutlichem Gegensatz zu *Pteris* und *Cyathea*, welche feucht-warmes Klima bevorzugen. Auf solchen Erkenntnissen aufbauend, gehen wir nun an das Thema der nacheiszeitlichen Vegetations- und Klimaänderung heran.

3. Fossile Sporen in nacheiszeitlichen Torfmooren

Es wurden sieben Torfmoore in der bolivianischen Zentralkordillere palynologisch untersucht. Sie entstanden dort, wo lehmige Grundmoränen aus der letzten Eiszeit Wasser stauten und mit dem Verlanden der Tümpel Moore wuchsen. Aus Fig. 5 geht ihre Höhenverbreitung hervor; die Testbeispiele liegen zwischen rund 4000 und 4800 m ü.M. Der zeitliche Rahmen wurde mit ^{14}C-Datierungen im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung (Dr. M. A. GEYH) ermittelt und steckt ungefähr die letzten 10'000 Jahre ab. Drei Moore sind allerdings erst vor ca. 8000 Jahren entstanden. Zur Darstellung kam lediglich die Farngattung *Cyathea*, welche allerdings nie so hoch oben im Gebirge wachsen konnte, wogegen ihre Sporen mittels Fernflug leicht hingelangten. Somit ergab sich in diesen sieben Profilen lediglich ein ungefähres Bild von der Sporenhäufigkeit, die sich im Laufe des Postglazials in Bezug auf die übrigen anfallenden Palynomorphen wandelte. Einen ersten Anhaltspunkt gewinnt man beim Vergleich der drei höhergelegenen Profile zu den vier tiefergelegenen (mit wärmerem Klima ausgestatteten) Mooren. Die näher dem Bergwald zugewandten, unteren Profilstandorte empfingen deutlich mehr *Cyathea*-Sporen als jene auf ca. 4800 m. Daraus lässt sich indirekt schliessen, dass bei höheren Temperaturen mehr *Cyathea*-Sporen anfallen als in kälteren, höher gelegenen Gebieten und kälteren Zeiten. Umgekehrt resultierte eine grössere Häufigkeit von Baumfarnsporen in der Nacheiszeit sicher beim Näherrücken des Nebelwaldes, der hauptsächlichen Sporenquelle, was bei einer Klimaverbesserung eintrat. Dies war im mittleren Abschnitt vor ca. 8000 bis 2000 Jahren der Fall. Damals herrschte hier also wärmeres Klima als heute. Nicht nur bei *Cyathea* schwankten die Anteile während der Nacheiszeit. In gleicher Art liess sich ein Maximum bei weiteren trileten Sporen nachweisen *(Gleichenia, Lophosoria, Pteris)*, ebenso bei *Polypodium* und übrigens auch bei diversen Sträuchern

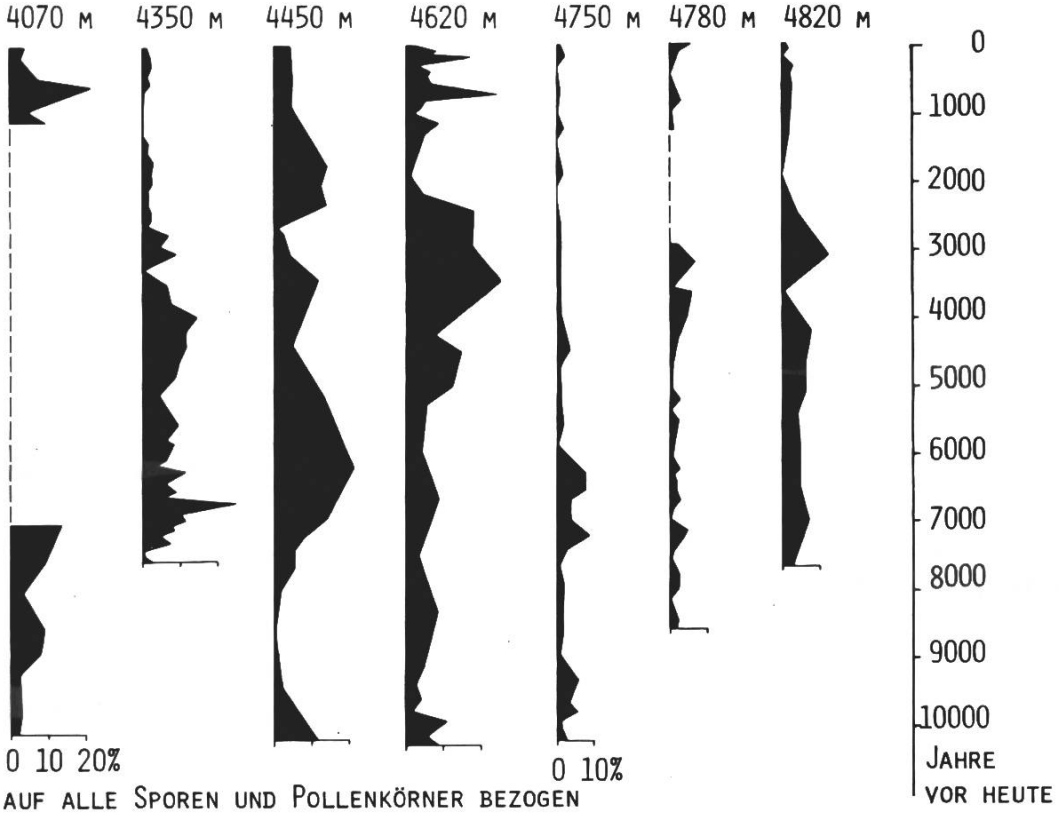

Fig 5
Die Häufigkeit von Sporen des Baumfarns *Cyathea* in sieben Profilen aus andinen Torfmooren Boliviens.

(Ericaceen, *Myrica*). Sie alle belegen ein Wärmeoptimum vor ca. 6000 Jahren. Hingegen zeigt *Isoëtes* allgemein einen Trend, in den letzten 2000-3000 Jahren mit mehr Sporen als früher vertreten zu sein. Daraus kann man ablesen, dass das Klima seit der postglazialen Wärmezeit nicht nur kühler, sondern auch leicht feuchter geworden ist.

LITERATUR

GRAF, K. 1986. Klima und Vegetationsgeographie der Anden. Physische Geographie, Universtät Zürich, Vol. 19: 1–147.

HERZOG, T. 1923. Die Pflanzenwelt der bolivianischen Anden und ihres östlichen Vorlandes. Engelmann-Verlag, Leipzig: S. 1–257.

TRYON, R. und TRYON, A. 1982. Ferns and Allied Plants, with Special Reference to Tropical America. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin: S. 1–857.

WEBERBAUER, A. 1910. Die Pflanzenwelt der peruanischen Anden. In: Engler, A. und Drude, O. (Herausg.) Die Vegetation der Erde, Leipzig, Band XII: S. 1–355.