©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Die Verbreitung von Polylepis-Beständen in der Westkordillere Boliviens

- Ekkehard Jordan -

ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung versteht sich als Beitrag zur Kartierung von *Polylepis*-Vorkommen unter extremsten Lebensbedingungen. Dies geschieht allein auf der Basis von Luftbildanalysen mit stützenden Geländeerhebungen, da die topographischen Karten nur irritierende und damit unbrauchbare Angaben enthalten.
Durch die Erarbeitung und Diskussion einer Vielzahl von Verbreitungsphänomenen werden Indizien zur Frage der naturbedingten und anthropogen verursachten Vorkommen dieses sonderbaren Extremgehölzes geliefert, um so weitere Mosaiksteine zur Klärung der strittigen Hypothesen (TROLL - ELLENBERG) beizutragen. Gleichzeitig wird eine Abschätzung der Flächenausdehnung von *Polylepis* gegeben, da ihr Holz für die sonst baumfreien Regionen ihres Auftretens von einiger wirtschaftlicher Bedeutung ist.

RESUMEN

La investigación se comprende como una contribución a la cartografía de la presencia de *Polylepis* bajo condiciones de vida extremas. Esta se realiza solo con base en análisis de fotografías aéreas apoyadas en datos de campo recolectados, ya que los mapas topográficos sólo contienen datos confusos y por lo tanto no aprovechables.
A través del procesamiento y discusión de una multiplicidad de fenómenos de diseminación se dan indicios al planteamiento sobre la presencia, en condiciones de tipo natural y por causa antropógena, de este singular madero de condiciones extremas, para así aportar más piedras de mosaico hacia la aclaración de las discutibles hipótesis (TROLL - ELLENBERG). Simultáneamente se proporciona una estimación de la expansión areal de *Polylepis* considerando la importancia económica de su madera para la región carente de vegetación arbórea donde esta especie se presenta.

EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Das Vorkommen von *Polylepis* ist in besonders enger Weise mit dem Namen des Jubilars Heinz ELLENBERG verknüpft. Sein Aufsatz aus dem Jahre 1958 zur Frage nach der natürlichen Pflanzendecke der Anden Perus hat erstmalig auch für die *Polylepis*-Verbreitung den Gesichtspunkt der weitflächigen Verdrängung dieser Baumart durch menschliches Wirtschaften in die Diskussion gebracht. War zuvor von vielen Autoren (TROLL 1928,1929,1930,1959, WEBERBAUER 1945, HERZOG 1923,1931, HUECK 1953) das isolierte Auftreten dieser Pflanzen meist unter klimatisch edaphischen Sonderbedingungen betont worden, so stand ELLENBERGs Auffassung dem scheinbar diametral gegenüber. Neuere Bearbeitungen zu diesem Thema, wie jüngst SIMPSON 1979, zitieren den Forschungsstand auch stark vereinfachend in dieser polarisierten Gegensätzlichkeit. Auf der einen Seite ELLENBERG als Vertreter der Hypothese einer anthropogen verursachten Zurückdrängung der *Polylepis*-Wälder im peruanisch-bolivianischen Hochland und auf der anderen Seite alle anderen Autoren, die den Standpunkt der ursprünglich und ursächlich gegebenen edaphisch-kleinklimatischen Bedingtheit ihres Auftretens hervorheben. Eine solche Darstellung läßt aber die großen räumlichen Entfernungen und Unterschiede der Arbeits- und Anschauungsgebiete der verschiedenen Autoren außer acht (vgl. dazu JORDAN 1980) und wird der wesentlich differenzierteren Betrachtung ELLENBERGs nicht gerecht, der selbst (S. 680-681) in seinem Artikel von einer natürlichen Trockengrenze des Waldes in Richtung auf die südwestlich anschließende Tholaheide-Punazone spricht. Die aufgeführten Argumente gelten also nur für den nördlichen Teil der feuchten Puna, den ELLENBERG zu jener Zeit kennengelernt hatte.

Konnte man seinerzeit hoffen, durch die Pollenanalyse zwingendere Belege für eine der beiden Hypothesen zu gewinnen, so ist es nach nunmehr vorliegenden ersten Ergebnissen auf diesem Gebiet (HAMMEN 1974, GRAF 1979,1981) bisher nicht möglich, diese strittige Frage einer Lösung näherzubringen, weil die pollenmorphologische Ähnlichkeit mit anderen Gattungen bislang keine alleinige Identifizierung der *Polylepis* zuläßt und erst recht keine Trennung der *Polylepis*-Arten und -Unterarten möglich macht.

Da dieser Weg der Untersuchung bisher nicht zu dem gewünschten Erfolg geführt hat, sind wir mehr denn je auf floristisch-soziologische, ökologische und vegetationsgeographische Untersuchungsmethoden angewiesen, um hier eine Klärung zu schaffen. Der Aufwand für derartige Untersuchungen ist groß, so

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

daß sie sicher nur mosaikartig nach und nach zur Beantwortung der Fragestellung führen können. Sie haben aber den Vorteil, mehr als die Pollenanalyse zur Klärung der Regenerations- und Wachstumsbedingungen der *Polylepis*-Gehölze beizutragen und damit auch praktischen Anwendungsbezug zu haben. Denn schließlich stellt keiner der zitierten Autoren die menschliche Bedrohung der *Polylepis*-Wäldchen in Zweifel. Alle beklagen vielmehr graduell und regional in Abstufung seit langem und bis in jüngste Zeit den Raubbau an diesen Bäumen, was ihre wirtschaftliche Bedeutung nachdrücklich unterstreicht. So ist es ein dringendes Gebot, Wege der Nutzung zu finden, die den jetzigen Bestand an *Polylepis* zu regenerieren und zu erhalten oder besser noch zu mehren trachten.

Genau dieser Aufgabe fühlte sich das von Prof.Dr. Heinz ELLENBERG initiierte Instituto de Ecología (GTZ-Ökologie-Projekt - Göttingen/La Paz) verpflichtet, als es inmitten der vom Autor schon länger unter Beobachtung stehenden *Polylepis*-Bestände am Sajama (JORDAN 1980) eine Probefläche einrichtete und zu einer Thesisarbeit anregte, die inzwischen vorgelegt wurde (LIBERMANN 1981). Im März 1980 bestand dann auch die Gelegenheit, Probleme der Vegetationsverbreitung vor Ort in der *Polylepis*-Stufe des Sajama mit dem Jubilar und Frau Prof.Dr. B. RUTHSATZ zu diskutieren. Mit Hochachtung und Bewunderung blieb uns Jüngeren dieser strapaziöse Geländegang in knapp 5 000 m Höhe mit Heinz ELLENBERG und seiner Frau Charlotte als Beispiel des bis ins hohe Alter Kräfte freisetzenden Wissenschaftsengagementes in Erinnerung.

Schon vorher konnten auf gemeinsamen Reisen im Land und darüber hinaus während der gesamten Projekttätigkeit Anregungen des Jubilars aufgenommen werden - neben dieser mehr ökologischen Standortuntersuchung eines engeren Bereiches - der Verbreitung der *Polylepis* in der Gesamtrepublik Bolivien spezieller nachzugehen. Bei der Vielfalt und enormen ökologischen Breite der *Polylepis*-Vorkommen von den feuchtetriefenden Ostabdachungen der Cordillera de Apolobamba, wie z.B. bei Pelechuco, der Cordillera de Muñecas, Real, Tres Cruces, Santa Vera Cruz und Cochabamba über die variationsreiche Vallezone zwischen Cochabamba, Potosi, Tarija, Santa Cruz und Sucre bis hin zum bolivianischen Teil der Westkordillere mit ihrem feuchteren nördlichen und halbwüstenhaften südlichen Teil muß auch diese Bearbeitung in Teilabschnitten geschehen. Zur Einbindung der Detailuntersuchungen am Sajama und genauerer Geländeaufnahmen für ein geplantes ökologisches Musterblatt "Mina Corina" im Sudlipez in Zusammenarbeit mit B. RUTHSATZ und Anknüpfungsmöglichkeiten an ihre detaillierten Untersuchungen im angrenzenden Hochland Nordargentiniens (RUTHSATZ 1974,1977, RUTHSATZ & MOVIA 1975) wurde als erstes die Westkordillere in Arbeit genommen.

STAND DER KENNTNISSE

Die ersten und abgesehen von der zitierten eigenen Arbeit (1980) bisher auch ausführlichsten Angaben über *Polylepis*-Vorkommen der Westkordillere liegen von C. TROLL (1928,1930,1959) vor. FIEBRIG (1910) und HERZOG (1910, 1913,1923) haben die Westkordillere nicht kennengelernt und erwähnen nur Funde in der östlichen Kordillere; selbst in der bis heute umfangreichsten Vegetationsmonographie Boliviens von HERZOG (1923) bleiben die ausgedehnten *Polylepis*-Bestände der Westkordillere noch unerwähnt. Erst in seiner Arbeit von 1931 (S. 77) werden, auf C. TROLLs Erkenntnisse zurückgreifend, Vorkommen in der Westkordillere genannt. In den beiden länderkundlichen Werken über Bolivien von AHLFELD (1973) und MUÑOS REYES (1980) werden *Polylepis*-Vorkommen aufgeführt, aber in ihrer Verbreitung nicht weiter umrissen.

Die systematische Zuordnung bleibt trotz einer jüngsten Überarbeitung der Gattung *Polylepis* durch B.B. SIMPSON (1979) unbefriedigend. Ganz abgesehen davon, daß aus der gesamten Westkordillere nur das Vorkommen um den Sajama Erwähnung findet, macht die starke Zusammenfassung der Arten aus Gebieten mit naturräumlich so stark variierenden Lebensbedingungen wie denen der Westkordillere und des breiten Bandes der Vallezone zu einer Art, nämlich *Polylepis tomentella*, die Gliederung aus ökologischer Sicht suspekt. Es bleibt daher abzuwarten, zu welchem Ergebnis Kollege BECK (Leiter des Herbars) bei der Bestimmung der umfangreichen Institutssammlung kommt. Auf jeden Fall waren bei den zahlreichen Sammelexemplaren des Verfassers aus den verschiedensten Bereichen der Westkordillere keine offensichtlichen morphologischen Unterschiede erkennbar. Ohne dem endgültigen Urteil der Systematiker vorgreifen zu wollen, soll daher zunächst und der Einfachheit halber von einer einzig vertretenen Art, und zwar der *Polylepis tomentella* (Familie *Rosaceae*), ausgegangen werden, wie sie auch bei RUTHSATZ (1977) für die nordwestargentinische Puna bestimmt wurde.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

UNTERSUCHUNGSMETHODEN

Die Ausdehnung der Westkordillere mit einer N-S-Erstreckung von ca. 800 km allein auf bolivianischem Territorium bei einer durchschnittlichen Breite von 100 km (einschließlich des chilenischen Gebirgsbereiches) erlaubt eine Erfassung der *Polylepis*-Verbreitung mit vertretbarem Zeitaufwand nur unter Einbeziehung aller verfügbaren Hilfsmittel, insbesondere auch der Fernerkundung.

1. T o p o g r a p h i s c h e K a r t e n g r u n d l a g e

Seit einigen Jahren ist die gesamte Fläche durch topographische Karten im Maßstab 1 : 50 000 und 1 : 250 000 abgedeckt. Die Karten wurden auf der Basis von Luftbildern erstellt, womit zum Ausdruck gebracht ist, daß flächendeckende Befliegungen vorliegen. In den Karten sind auch Angaben zur Vegetationsbedeckung in grober Differenzierung enthalten. Die Kartenherstellung ist aber überwiegend aus topographischer Sicht erfolgt, so daß bei der Vegetationserfassung große Lücken klaffen und derart krasse Fehler auftreten, daß die Karten zur Auswertung der *Polylepis*-Arealverbreitung praktisch wertlos sind und damit zum einen in der Einheit - Tholar; Yaretal = Tholastrauch; Polster - aber zum anderen auch unter der Rubrik - Bosque o monte = Wald bzw. Matorral = Gestrüpp - erfaßt werden kann.

Dies liegt einerseits daran, daß *Polylepis* in ihrer Wuchsform sowohl als Strauch wie auch als Baum auftritt und damit zum einen in der Einheit - Tholar; Yaretal = Tholastrauch; Polster - aber zum anderen auch unter der Rubrik - Bosque o monte = Wald bzw. Matorral = Gestrüpp - erfaßt werden kann. Des weiteren ist die Legendenbezeichnung in der Serie 1 : 50 000 uneinheitlich, wobei in einigen Blättern dieselbe Signatur mit Tholar; Yaretal und in anderen mit Kheñwa - dem Vulgärnamen für *Polylepis* - geführt wird. In beiden Fällen werden die gesamten Paletten der Tholasträucher (als deren Hauptvertreter die Gattungen *Parastrephia*, *Baccharis*, *Senecio*, *Fabiana*, *Lampaya* und mit Einschränkung auch *Adesmia* und *Tetraglochin* auftreten) über die Polsterpflanzen (vorwiegend *Azorella compacta* und *Pycnophyllum* sowie *Anthobryum* in Salzgebieten) bis zur *Polylepis*, ja teilweise sogar auch *Ichu*-Grasbestände subsummiert mit derselben Signatur dargestellt. Vereinzelt wird daneben der gesamte Komplex als Bosque o Monte wiedergegeben. Andererseits sind durch die geowissenschaftlich-botanische Unbedarftheit der Photooperateure Solifluktions-Hanggirlanden als *Polylepis*-Vorkommen gedeutet und ausgewiesen, wie sich auf dem Blatt Mina Cornia besonders eindrucksvoll nachweisen läßt, weil sie ähnliche Bildstrukturen und Verteilungsmuster aber auch Grautonwerte in den Luftbildern kennzeichnen wie die *Polylepis*-Bestände. Diese Tatsachen müssen bedacht sein und bei der Analyse des Kartenmaterials in Rechnung gestellt werden, um keine falschen Schlüsse über die *Polylepis*-Verbreitung aus den topographischen Karten zu ziehen. Dabei kann generell gesagt werden, daß die ausgewiesenen Kheñwa-Gebiete in der Regel zu klein ausfallen und immer dort mit größtem Vorbehalt betrachtet werden sollten, wo sie auf felsfreiem, ebenem Gelände eingetragen sind.

2. L u f t b i l d a u s w e r t u n g u n d G e l ä n d e v e r g l e i c h

Zur Bearbeitung standen mir für die gesamte bolivianische Westkordillere die zur topographischen Kartenherstellung verwendeten Luftbilder der Befliegungen HYCON 1955/56; KUCCERA 1963/64 und M-HURD 1967 im Maßstab 1: 40 000 bis 50 000 und darüber hinaus die öffentlich nicht zugänglichen Trimetrogonflüge aus dem Jahre 1948 im Maßstab 1 : 20 000 bis 30 000 zur Verfügung. Die Befliegungen sind größtenteils grenzübergreifend und erlauben die Verfolgung der *Polylepis*-Verbreitung bis weit hinein in den chilenischen Teil der Westkordillere, was für die Betrachtung der klimatischen Abhängigkeit von großem Vorteil ist und zu Anregungen einer Fortführung der Untersuchungen in die Gebirgsabdachung zur Pazifikküste geführt hat.

Ich bin mir des Vertrauens bewußt, das ich seitens der bolivianischen Behörden genossen habe, und möchte auch an dieser Stelle meinen aufrichtigen Dank für die freizügige Bereitstellung des Bildmaterials und die aufgeschlossene Behandlung meiner wissenschaftlichen Anliegen der Leitung des IGM gegenüber aussprechen. Nur mit dieser Unterstützung war die Untersuchung überhaupt durchführbar.

Die Bildanalyse erfolgte im Überblick mit dem Spiegelstereoskop bei 6-facher Vergrößerung und an ausgewählten Regionalbeispielen quantitativ mit dem STEREOCORD. Zur Methode sei hier aus Platzmangel nur folgendes bemerkt:

1) Die Kartierung der *Polylepis* aus Luftbildern erfordert eine "Eichung" mit direkten Geländeaufnahmen. Vergleichskartierungen mit Luftbildern im Gelände wurden daher in mehreren Bereichen der Westkordillere in den Jahren 1979 bis

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

1980 durchgeführt. Kenntnisse des Geländes außerhalb der Vergleichsgebiete sind für die Bildanalyse förderlich; die gewonnenen Geländeeinsichten bei Fahrten in Quer- und Längsprofilen durch die Westkordillere von Arequipa über Tarata (beides noch Peru), Charaña, Sajama, Sabaya, Llica, San Augustin bis Mina Cornia kamen der Kartierung vor allem in Zweifelsfällen sehr zugute.

2) Auf panchromatisch sensibilisierten Schwarz-Weiß-Luftbildern zeichnen sich lebende *Polylepis*-Pflanzen durch ihre tiefdunkle Grautonwiedergabe aus und können daher von den ähnlich remittierenden Tholasträuchern der Gattungen *Baccharis*, *Parastrephia* und *Lampaya* unterschieden werden. Bei großmaßstäblichen Bildern ist in der Regel auch eine Differenzierung durch die verschiedenartigen Wuchsformen möglich und naturgemäß die Identifizierung leichter. Besonders die Schrägaufnahmen (Trimetrogon) fördern die räumliche Vorstellung durch die andersartige Perspektive erheblich.

3) In Grenzfällen hat sich Filmmaterial - z.T. behandelt nach Kontrastverstärkungsverfahren - wegen seiner höheren Auflösung und besseren Grautonabstufung als sehr vorteilhaft erwiesen. Diese Grundlagen waren aber nur für wenige Gebiete gegeben.

4) Die Luftbildkartierung der *Polylepis* ist ohne Kenntnis der komplexen Zusammenhänge ihres Vorkommens nur unbefriedigend möglich; dies zeigen auch die Ausführungen zur Darstellung der Pflanzen in topographischen Karten. Leider hat sich ein Transfer des notwendigen Wissens auf Personen ohne örtliche Geländeerfahrung als schwierig und langwierig erwiesen, so daß der umfangreiche Kartieraufwand von mir selbst bewältigt werden mußte.

Zur Methodik der STEREOCORD-Kartierung und Bildanalyse muß auf JORDAN & KRESSE (1981) und MOHL (1982) verwiesen werden; über weitere methodische Einzelheiten der Erfassung von *Polylepis*-Beständen aus Meßbildern und ihre Schwierigkeiten wurde 1982 (JORDAN 1983) berichtet.

DARSTELLUNG UND ERLÄUTERUNG DER ERGEBNISSE

Hier wird als erstes Ergebnis eine kleinmaßstäbliche Verbreitungskarte der *Polylepis*-Vorkommen der andinen Westkordillere (Cordillera Occidental de los Andes), von der Breitenlage des Titicacasees im Norden (16°S) bis zum südlichen Wendekreis (ca. 23°30'S), vorgelegt, die für den bolivianischen Teil den Anspruch weitgehender Vollständigkeit erheben kann. Die bei der Bearbeitung gewonnenen Erkenntnisse werden nachfolgend anhand der Karte und unter Hinzuziehung von Detail-Ausschnittkartierungen größeren Maßstabs erläutert (vgl. Karte 1 im Anhang, Karte 2 + 3).

1. Verbreitungstypen

Polylepis-Gehölze treten mit nach Süden geringer werdender Häufigkeit in der Westkordillere auf. Dabei lassen sich zwei Typen der Verbreitung unterscheiden (vgl. Photo 6):
1) Der Typ des kranzförmigen Auftretens in einer bestimmten Höhenstufe an den Hängen der Vulkane.
2) Der Typ des Auftretens auf felsigem bzw. weitflächig verkrustetem Untergrund in nahezu ebenen Lagen.
Beide Formen kommen über die gesamte N-S-Erstreckung der Westkordillere vor, doch ist der erstgenannte Typ der bei weitem häufigere und vor allem flächenmäßig dominierende.

2. Regionale und vertikale Differenzierung

Im Norden bis auf Höhe der Salare bildet die *Polylepis*-Stufe einen überwiegend geschlossenen Kranz um die meisten Vulkane dieser Region. Im Bereich der Vulkane des Intersalargebietes beginnt gen Süden eine Auflösung der ringförmigen Struktur der Stufe, bis schließlich über fleckenhaftes Auftreten von *Polylepis* im Surlipez dieses Gehölz, abgesehen von sporadischen Vorkommen an den Hängen einiger begünstigter Vulkane, ganz ausfällt, womit die absolute Trockengrenze der *Polylepis*-Verbreitung erreicht sein dürfte. Auffällig ist ein Aussetzen des *Polylepis*-Besatzes an den Hängen oberhalb von Gebirgspforten wie der des Rio Lauca.

Das Ausmaß der vertikalen Erstreckung der *Polylepis*-Stufe ist einerseits abhängig von der absoluten Gipfelhöhe der Vulkane, andererseits aber auch von deren Basishöhe, doch sind dies keineswegs die allein limitierenden Faktoren, sondern allenfalls die begrenzenden Voraussetzungen. Es konnten an Vulkanfußbereichen nirgends *Polylepis*-Vorkommen unter ca. 4 000 m ausfindig gemacht oder im Gelände beobachtet werden. Dort, wo sie in dieser Höhe auftraten,

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

lagen immer die Verhältnisse des zweiten Types vor oder war die Nähe des Titicacasees gegeben. Ganz überwiegend wird die Verbreitungsuntergrenze des ersten Types zwischen 4 200 und 4 400 m erreicht. Im Lipez, wo viele Vulkankegel in den dazwischen liegenden Hochbecken diese Höhe gar nicht mehr unterschreiten, verdient hervorgehoben zu werden, daß *Polylepis*-Gewächse bereits am Unterhang ausklingen und am Hangfuß nicht mehr vorkommen. Da hier auch die Obergrenze bereits in ca. 4 800 m erreicht wird, beschränken sich die Bestände in den Gebieten, wo sie überhaupt noch vorkommen, auf einen schmalen Saum von 200 bis 500 m Höhendifferenz (vgl. Photo 7 + 8). Dieser weitet sich nach Norden bis zu einer maximalen Spanne von etwa 1 000 m im Bereich der Sajama (6 542)-Payachata Region (Photo 4 + 6) aus und erreicht hier zusammen mit den höchsten Geländeerhebungen des Untersuchungsbereiches wohl auch seine höchstgelegenen Individuen auf der Erde überhaupt, die ich in 5 100 m angetroffen habe.

Was den west-östlichen Wandel anbetrifft, so sind leider die Erkenntnisse im Augenblick noch unvollständig. Für den erfaßbaren grenznahen chilenischen Bereich kann zumindest bei entsprechenden Breitenlagen kein Unterschied der Grenzwerte der Höhenstufen festgestellt werden. Die von HERZOG (1931, S. 77) erwähnte Einengung des *Polylepis*-Gürtels an der pazifikwärtigen Abdachung der Westkordillere auf die Lage zwischen 3 800 und 4 000 m ist leider ohne genaue Breitenangabe genannt und kann daher nicht zu der gegebenen N-S-Abfolge des bolivianischen Gebietes in Bezug gesetzt werden. Hier bleibt für die Zukunft noch die zweifellos interessante Frage zu klären, wie sich der großklimatische Wandel und die Gipfelhöhenabnahme auf die *Polylepis*-Verbreitung im einzelnen auswirken und in welcher Beziehung diese zu der hier für die zentrale Westkordilliere dokumentierten steht.

In östliche Richtung kann die Veränderung leider nicht in allen Breitenlagen kontinuierlich verfolgt werden. Zum einen, weil im zentralen Altiplano die entsprechenden Gipfelhöhen fehlen, zum anderen aber auch, weil sich ein abweichender geologischer Untergrund einstellt, der sowohl veränderte Wachstumsbedingungen als auch anthropogene Wirtschaftsverhältnisse nach sich zieht. So ist etwa auf der Höhe Sajama - Oruro nicht eindeutig zu klären, ob natürliche Voraussetzungen oder menschlicher Einfluß für das Aufhören der *Polylepis*-Vorkommen in der charakteristischen Höhenstufe verantwortlich zu machen sind; die Reliefvoraussetzungen liegen bis weit nach Osten hin vor. Der noch vulkanische Cerro Pasa Willkhi- Asu Asuni-Komplex trägt einen geschlossenen *Polylepis*-Kranz bis in Gipfelhöhe (4 200 - 5 000 m). Am Cerro Cusin Chuto-Cerro Capaya-Vulkan dünnt das Auftreten der *Polylepis* bereits aus, und an den Hängen der weiter östlich gelegenen Gipfel sucht man *Polylepis* vergebens.
Die Grenze fällt zusammen mit dem Wechsel von Stratovulkanen verschiedenartiger Aschendecken quartären Ursprungs im Westen und verfestigter tertiärer Ton- und Sandsteinschichtabfolgen mit durchstoßenden Intrusionen im Osten. Gleichzeitig aber trifft man dort südlich Curahuara de Carangas auf möglicherweise einen der ältesten,inzwischen aufgelassenen Erzverhüttungbereiche des Landes (frdl. mündl. Mitt. F. AHLFELD), der bis in die inkaische Zeit oder früher zurückreichen soll. Dabei ist bekannt, daß das Minenzentrum Oruro noch heute trotz veränderter Energiequellen für seine Erzverhüttung einen starken Holzkohlebedarf hat, da andere Kohlevorkommen im Lande fehlen. Zur Zeit wird die Holzkohle trotz hoher Transportkostenbelastung überwiegend aus den ostbolivianischen Bergwäldern einschließlich des Chaco-Randes herbeigeschafft. Erst der Wegeausbau der letzten Jahrzehnte hat hierfür die Voraussetzungen geschaffen. Noch C. TROLL hat bei seinen Reisen der Jahre 1926-28 den Raubbau an der *Polylepis* zu Zwecken der Köhlerei beklagt. Wenn dieser auch stark eingedämmt wurde, so dürfte er doch neben dem üblichen Brennholzeinschlag über Jahrhunderte zur verstärkten Dezimierung der Bestände beigetragen haben. Der Vergleich der Bildflüge von 1948 und 1963 läßt allerdings keine gravierenden Unterschiede in der Bestandsdichte erkennen; dafür scheint der Zeitabstand von 15 Jahren zu gering. Kleinere Veränderungen sind jedoch beobachtbar und dürften auf die fortwährend gepflegte Unsitte des Waldbrennens zum Johannistag (24. Juni) und zur Weidegrasverjüngung zurückzuführen sein.

So dürfte das Gebiet um die Ortschaft Turco besonders dazu geeignet sein, der Frage nach klimatischer, edaphischer und anthropogener Bedingtheit der *Polylepis*-Vorkommen durch pflanzensoziologische Feldaufnahmen nachzugehen, da sich hier die o.g. Gegebenheiten auf relativ engem Raum unter einheitlichen großklimatischen und vergleichbaren lokalklimatischen Verhältnissen abspielen.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

3. K l i m a ü b e r b l i c k

Der dargestellte Nord-Süd-Wandel der *Polylepis*-Verbreitung korrespondiert weitgehend mit den klimatischen Gegebenheiten. Das vorhandene Meßstationsnetz ist zwar sehr weitmaschig,und die Beobachtungsperioden betragen z.T. erst wenige Jahre, was für die Aussage in semiariden Gebieten wegen der starken Variabilität besonders kritisch ist, doch läßt sich eine Abnahme der Niederschläge von Nord nach Süd eindeutig konstatieren, die in der Größenordnung von 500 mm im Norden bei Charaña/Calacoto auf um und unter 100 mm im Sudlipez liegt (vgl. Tab. 1), bei jährlichen Schwankungen, die, nach Süden zunehmend, über 100 % ! vom Mittelwert abweichen können. Die Regenzeit fällt in den Sommer, also mit dem Zenitstand der Sonne und den höchsten Temperaturen im Jahresverlauf zusammen.
Die Werte kennzeichnen ein typisch randtropisches Hochgebirgsklimaregime, das bekanntlich durch einen ausgeprägten Tagesgang charakterisiert wird. Die Monats- und Jahresmitteltemperaturen geben daher nur eine sehr grobe Regionalorientierung, aber sagen wenig über die Bestandsklimabedingungen der *Polylepis*-Standorte aus. Sie liegen zudem stationsgebunden nur für Höhen unterhalb der *Polylepis*-Stufe vor, würden jedoch selbst bei einer Höhengradientenkorrektur von 0,9°C (KESSLER 1963, S. 167) aus methodischen und sachlichen Gründen keinen höheren Aussagewert erreichen.
Es wurden daher für drei Klimastationen die Monatsmittel der täglichen Maxima- und Minimatemperaturen in Tab. 1 mit aufgenommen. Sie lassen erkennen, daß in der *Polylepis*-Stufe kein Monat ohne nächtliche Minustemperaturen auftritt, ja überhaupt nur vereinzelte Tage im Jahr ohne Frostwechsel vorkommen. Es handelt sich eben um ein ausgesprochen extremes Hochgebirgsstrahlungsklima der semiariden Randtropen, wobei zudem die Extrema der Hüttentemperaturen um jeweils 2-5°C gegenüber den Schattenfreilandtemperaturen abgeschwächt sind. *Polylepis* muß also eine völlig andere Anpassungsfähigkeit für ihre Stoffproduktion entwickelt haben als die Baumgrenzgehölze höherer Breiten.
Aus Platzgründen muß dieser Klimaüberblick reichen und auf die Diskussion der inzwischen vorliegenden Mikro- und Mesoklimamessungen in *Polylepis*-Beständen verzichtet werden, um im folgenden noch einige Ableitungen aus den z.T. spezielleren Verbreitungsphänomenen erörtern zu können.

Tabelle 1 : KLIMADATEN DER STATIONEN DER WESTKORDILLERE BOLIVIENS
(Niederschläge in mm, Temperaturen in Grad Celsius)
(Quelle: Servicio Meteorologico de Bolivia und KESSLER 1963, S.169)

Station / Monat		Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Calacoto (17°16'S/68°38'W) (N=21 J.v.1950-60 u. 1971-80	Niederschlag	117,8	99,0	60,7	13,6	5,1	1,4	2,0	7,2	14,4	12,7	30,9	83,7	448,5
I= 8J.v.1973-80) 3805m ü.M.	Mitteltemp.	10,4	10,5	10,2	8,1	4,8	3,1	2,9	4,3	6,8	8,7	10,0	10,6	7,5
Charaña (17°35'S/69°27'W) (12J.v.1968-79) 4057m ü.M.	Niederschlag	131,5	84,9	64,8	11,1	3,2	0,8	0,6	11,1	2,9	10,0	18,2	51,0	390,1
	Mitteltemp.	9,9	10,3	9,9	8,9	6,2	4,5	4,6	5,7	7,8	9,8	11,2	11,3	8,3
mittl. Tagesmaxima 1978		16,9	20,0	18,6	18,4	17,1	16,4	15,7	16,4	17,7	19,5	21,1	20,4	-,-
mittl. Tagesminima 1978		1,5	-0,2	-1,9	-3,9	-8,0	-10,4	-12,2	-7,9	-10,4	-4,6	-1,8	-0,6	-,-
Curahuara de Carangas (17°53'S/68°27'W) 3725 m ü.M. (2,5 J.v. 1975-77)	Niederschlag	91,1	176,6	55,1	0,0	6,0	0,0	0,0	12,0	0,0	13,2	30,1	133,3	517,4
Sajama (18°07'S/68°58'W) (4 J.v.1976-79) ca.4300 m ü.M.	Niederschlag	133,3	75,4	43,4	0,9	1,3	0,0	0,3	0,0	0,0	7,6	18,0	79,4	359,6
	Mitteltemp.	6,1	5,8	4,9	3,9	2,4	2,1	3,0	4,7	5,5	6,4	7,1	7,0	4,9
mittl. Tagesmaxima 1978		14,3	15,1	14,4	13,1	13,1	12,2	14,2	14,6	15,3	16,6	16,9	17,2	-,-
mittl. Tagesminima 1978		-1,0	-2,2	-3,2	-4,3	-8,0	-7,3	-7,3	-5,4	-4,2	-3,0	-2,3	-1,3	-,-
Salinas de G. Mendoza (19°38'S/67°43'W) 3630m ü.M.	Niederschlag	134,1	122,7	35,5	2,9	1,6	0,0	0,0	3,3	1,4	1,6	6,7	39,3	349,1
(10. J.v. 1968-77)	Mitteltemp.	13,1	11,7	11,7	8,9	4,4	2,3	2,2	3,9	7,6	9,6	12,5	13,3	8,4
Julaca (20°55'S/67°34'W)	Niederschlag	77,5	29,6	17,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,6	0,7	2,2	4,0	28,0	160,0
(4J.v.1976-79) 3665m ü.M.	Mitteltemp.	11,4	11,1	10,5	5,4	1,2	-1,0	-1,1	1,3	3,5	6,5	9,5	10,9	5,8
mittl. Tagesmaxima 1978		20,6	20,9	19,7	16,8	14,5	10,7	11,4	13,8	16,2	18,8	21,1	20,9	-,-
mittl. Tagesminima 1978		2,3	0,4	-2,4	-7,4	-11,0	-13,7	-15,5	-10,0	-10,2	-3,9	-0,2	1,8	-,-
Chiguana (21°03'S/67°58'W) (1953-56,59) 3663 m ü.M.	Niederschlag													85,0
Ollagüe (21°12'S/68°20'W) (1912-16) 3695 m ü.M.	Niederschlag													62,0
	Mitteltemp.													6.8

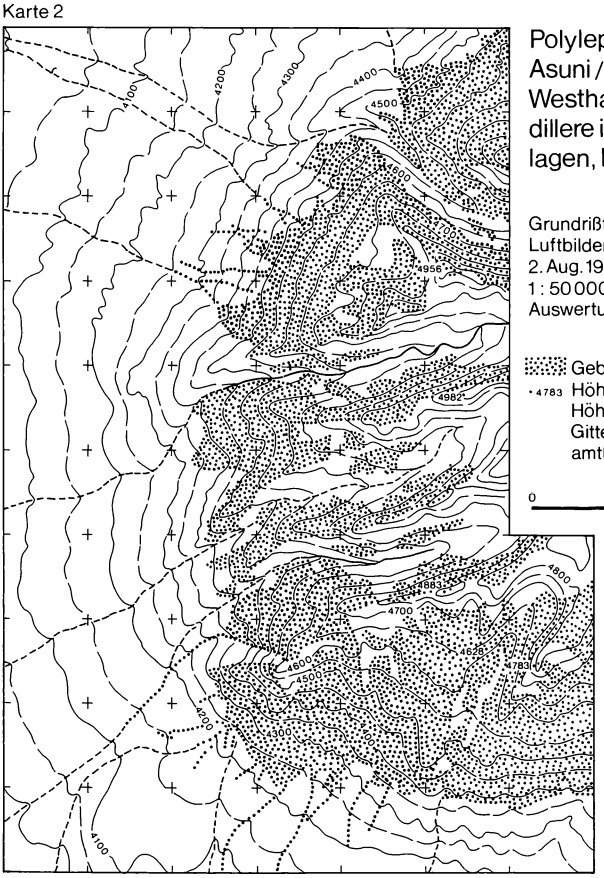
©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

4. Wüchsigkeit und Wuchsformen

Betrachtet man die Wüchsigkeit von *Polylepis*, so ist festzustellen, daß nach den Geländebeobachtungen wie auch Luftbildanalysen eine Abnahme der Pflanzengrößen und auch ein Formenwandel von Nord nach Süd charakteristisch ist. *Polylepis*-Individuen mit akrotoner Verzweigung und über zwei Meter Größe, also in Baumform (nach ELLENBERG 1966, S. 134), treten nur bis zu den Salaren hin auf; südlich davon behalten alle Pflanzen Strauchform mit basitoner Verzweigung bei und erreichen nur noch Mannshöhe.

Die gleiche Feststellung läßt sich bei hypsometrischer Betrachtung treffen. Insbesondere an der Obergrenze ihres Auftretens klingen die *Polylepis*-Pflanzen mit sehr gedrungenen, oft stark verkrüppelten Wuchsformen aus, die den Kampf mit Wind- und Temperaturwidernissen deutlich widerspiegeln (vgl. Photo 5). Die Pflanzengestalt an der Untergrenze fällt hingegen sehr verschieden aus. Während oftmals gerade die vitalsten Individuen in diesem Bereich - manchmal sogar als alleinstehende Vorposten unterhalb der geschlossenen Bestände (vgl. Photo 1) - anzutreffen sind, beobachtet man in den auf den Fußflächen auslaufenden Trockenbachrinnen ein immer weitständiger und niedriger werdendes Auslaufen der *Polylepis*-Gewächse, an anderen Stellen ein ähnlich buschförmiges Ausklingen wie an der Obergrenze; der knorrig verkrüppelte Wuchs allerdings fehlt. In dieser verschiedenartigen Ausprägung deutet sich mit großer Wahrscheinlichkeit der punktuell unterschiedliche Eingriff des Menschen an; denn unter natürlichen Bedingungen dürfte auch einer der hier begrenzenden Faktoren (ob Temperatur, Wasser, Acidität oder Bodenverdichtung) stets mit fließendem Übergang seine Minimumvoraussetzungen erreichen.

Karte 2



Polylepisverteilung am Cerro Asu Asuni / Pasa Willkhi (5088m) - Westhang in der mittleren Westkordillere in ihrer Abhängigkeit von Höhenlagen, Exposition und Geländeform.

Grundrißtreue STEREOCORD-Kartierung aus den Luftbildern No. 3042/3043 M-18 Kuccera vom 2. Aug. 1963, Höhenlinien übernommen aus top. Karte 1 : 50000 Hoja 5839 II der IGM - La Paz.
Auswertung: E. Jordan 11. 4. 1982

Gebiete mit Polylepisbeständen
·4783 Höhenpunkte
Höhenlinienabstand 50 m
Gitternetzkoordinaten entsprechend dem amtl. bolivianischen Kartennetz - Abstand 1000 m

0 3 km



©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

5. Die Polylepisverbreitung in Abhängigkeit von Exposition, Geländeform und Hangstabilität

Neben Wachstumserscheinungen an den absoluten Verbreitungsgrenzen der *Polylepis*-Stufe gibt es auch Faktoren, die innerhalb des Gehölzgürtels Wachstumsleistung und Wuchsform stark verändern. Dies sind in erster Linie Geländeformen, Hangstabilität und Exposition, z.T. im gegenseitigen Wechselspiel.

Nirgends ist die basitone Verzweigung der *Polylepis*-Pflanzen so stark wie an instabilen Vulkanaschenhängen zwischen ca. 20° und 30° Hangneigung. Unter dem Druck der nachrutschenden Aschenmassen wachsen die Pflanzen zu regelrechten Girlanden aus, so daß sich oberhalb der "*Polylepis*-Mauer" kleine podestartig verflachte Hangterrassen bilden.

Bedenkt man, daß bei der Lage des Untersuchungsgebietes unmittelbar nördlich des südlichen Wendekreises die Sonne überwiegend mit leichter Neigung aus Nordrichtung strahlt, so ist einsichtig, daß Nordexpositionen generell einen höheren Energiegewinn aufweisen als vergleichbare Südlagen. Dies macht sich bei der Verteilung der *Polylepis*-Vorkommen innerhalb des Gürtels eindeutig bemerkbar, und zwar umso markanter, je höher die absolute Position und je steiler die Hangneigung ist. Entsprechend ist in den O-W bzw. W-O verlaufenden Tälern der Südhang nahezu frei von *Polylepis* bzw. ihr inselhaftes Vorkommen beschränkt sich auf Hangleisten oder generell Hangverflachungen. Dies ändert sich erst in tieferen Lagen, wo zudem meist die Hangneigungen geringere Werte erreichen (vgl. Karte 2). Da diese Erscheinung mit großer Regelmäßigkeit an allen Vulkanen beobachtbar ist, dürfte sie mit ziemlicher Sicherheit auf das Unterschreiten des notwendigen Temperatur/Energieminimums hinweisen.

Auch die Oberflächenformen scheinen am auffälligsten durch die Rückwirkung über die Temperatur das *Polylepis*-Wachstum zu beeinflussen. Geländesenken bleiben nämlich selbst in der *Polylepis*-Stufe frei von diesem Gehölz, was ich mit Kaltluftseebildung deuten würde. Da Standorte ständiger Durchnässung wie Quellnischen oder auch vermoorte Talniederungen von *Polylepis* gemieden werden, kommt es in Senkenlagen sicher auch zu einer Interferenz dieser beiden Ungunstfaktoren; denn die breiten pleistozänen Trogtalböden weisen des öfteren derartige Moorbildungen auf (Photo 3). Auf der anderen Seite sind temporäre Wasserrinnen ein bevorzugter *Polylepis*-Standort. So tritt beispielsweise eine Verdichtung entlang von seichten Tiefenrinnen und Trockentälchen auf, die eine charakteristische Streifigkeit in Gefällsrichtung verursacht (vgl. Abb. 1, Photo 2). Diese häufig auftretenden Verteilungsmuster auch innerhalb der *Polylepis*-Stufe deuten auf den Einfluß erhöhter Wasserverfügbarkeit für die Pflanzenanordnung hin.

BESTANDESDICHTE, FLÄCHENGRÖSSE UND INDIVIDUENZAHL

Die Individuenzahl pro Flächeneinheit ist großräumlich nicht signifikant unterschiedlich, sie variiert vielmehr von Standort zu Standort, ist erwartungsgemäß klimaspezifisch grundsätzlich relativ weitständig und zeigt ähnliche Dichtevarianten im Süden wie im Norden des Untersuchungsgebietes. Ein charakteristisches Beispiel ist in Karte 3 auskartiert. Es ist demnach stets höchster Strahlungsgenuß für jede Einzelpflanze gewährleistet, da andere Baumkonkurrenten fehlen. Wagt man auf der Basis der Übersichtskarte (1 : 1 Mill.), deren *Polylepis*-Bestände zunächst auf 1 : 50 000 und 1 : 250 000 zusammengestellt wurden, eine grobe Flächenabschätzung, so kommt man auf rund 500 000 ha *Polylepis*-Areal. Auf der Grundlage einer mittleren Dichte von 100 Individuen pro ha, entsprechend der Kartierung, ergäbe sich somit als ungefährer Anhaltspunkt eine Zahl von ca. 5×10^7 *Polylepis*-Pflanzen für den bolivianischen Teil der Westkordillere, von denen allerdings sicher nicht mehr als 10 % die Baumform erreicht haben.

Das kleinräumliche Verteilungsmuster ist sicherlich Ausdruck sowohl des natürlichen Wirkungsgefüges als auch der menschlichen Nutzung der Pflanzenbestände. Durch die Luftbildauswertungen lassen sich zwar die Tatbestände der *Polylepis*-Anordnung eindeutig wiedergeben, doch die Trennung der Ursachen nach menschlichem Einfluß und natürlicher Bedingtheit läßt sich nur hypothetisch vollziehen. Hier können nur detallierte pflanzensoziologisch-ökologische und anthropogeographische Felduntersuchungen sowie Sukzessionsforschungen mit Umzäunungsversuchen eindeutige Klärung bringen. Da die Kenntnis der Vielfalt der auftretenden Verteilungsmuster von *Polylepis* und ihre lokale Lage aber ein wichtiger Hinweis für den zielstrebigen Ansatz dieser wiederum um eine Stufe aufwendigeren Untersuchungsmethoden ist, sollen in Zukunft die Verteilungsmusterkartierungen vervollständigt werden.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at



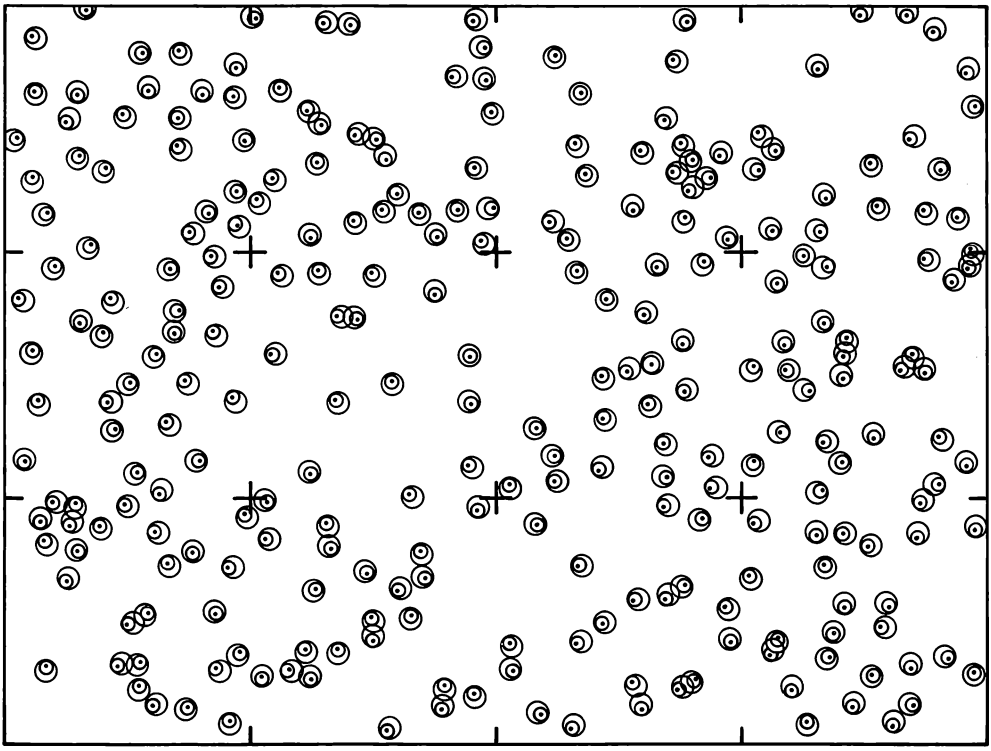
Abb. 1: Vergrößerter Ausschnitt aus dem Luftbild Nr. 3035 Vuelo KUCCERA, Mision 18, Faja 3 vom 2. August 1963, freigegeben durch das IGM - La Paz. Linienförmige Verteilungsmuster von *Polylepis* am Fuße des Cerro Chullcani in temporär durchflossenen Rinnen und Trockenbetten als Ausdruck begünstigter Wasserversorgung der Pflanzen.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Karte 3

Typisches, reales Verteilungsmuster eines Polylepisbestandes am Westhang des Cerro Asu Asuni / Pasa Willkhi. Maßstab 1 : 1000 - Grundrißtreue Stereocordkartierung mit ca. 2-fach vergrößerter Polylepissignatur aus den Luftbildern No. 3042/3043 M-18 Kuccera vom 2. Aug. 1963.

Auswertung: E. Jordan 31. 5. 1982



Gitterkreuzabstand 50 m

AUSBLICK

Im Vergleich zu den Feststellungen von B. RUTHSATZ (1977) im nordwest-argentinischen Raum zeigt sich somit eine weitgehende Übereinstimmung, auch wenn der divergierende methodische Ansatz jeweils andere Gesichtspunkte in den Vordergrund treten läßt. So scheint sich, nur unterbrochen durch einen Trokkengürtel, eine ähnliche *Polylepis*-Stufe südwestlich wie nordöstlich der Landesgrenze ausgebildet zu haben, die im bolivianischen Westkordillerenbereich nach unten durch das Niveau des Altiplanos begrenzt ist. Die feinerdereichen Hochebenen sind, ähnlich wie die Hochbecken Argentiniens, allerdings frei von *Polylepis*, die hier wie dort in diesen Lagen auf Fels und steinreiche Sonderstandorte beschränkt ist. Ob der offensichtlich doch etwas ausgedehntere Bestand der *Polylepis*-Stufe im mittleren Westkordillerenbereich auf die Massenerhebung oder die hier besonders ausgeprägten Vulkanaschenböden und deren edaphisch-kleinklimatische Gunst zurückzuführen ist, bleibt offen. Sicher wäre es interessant, mit ausgewählten detallierten Geländeaufnahmen nun auch den floristischen Vergleich anzutreten.

Mit den bisherigen Ausführungen ist eine Vielzahl von *Polylepis*-Wachstumsgrenzbedingungen erläutert worden, und es zeigt sich, daß an der Obergrenze *Polylepis* jeder anderen hochwüchsigen Gehölzart der Tholaformation überlegen ist. Selbst wenn man mit LAUER (1976 a+b) der *Polylepis*-Stufe der Vulkankegel einen erhöhten Niederschlagsgenuß durch Konvektion gegenüber der Umgebung zuge-

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

steht - was durch eigene Beobachtungen nur unterstrichen werden kann (vgl. auch JORDAN 1980), so bleibt doch die Spanne der Niederschlagsmengen, unter denen *Polylepis* noch existieren kann, so groß, daß damit allein das Fehlen auf vulkanfernen Standorten nicht erklärt werden kann. Da die Grenzen der Wachstumsmöglichkeiten durch das Über- und Unterschreiten von Minimum - bzw. Maximumfaktoren bestimmt werden, scheinen diese für die *Polylepis* nach den getroffenen Feststellungen eher unter als über der Erdoberfläche zu liegen und dürften damit, wenn vielleicht auch in Abhängigkeit von den jeweiligen Klimavoraussetzungen verstärkt, im Wurzelraum oder doch zumindest in anderen Parametern der Faktoren zu suchen sein - und hat nicht doch ELLENBERGs Hinweis auf die anthropogene Waldvernichtung selbst noch für diesen semiariden Raum weitreichende Bedeutung?

SCHRIFTEN und QUELLEN

AHLFELD, F.E. (1973): Geografia Fisica de Bolivia. - La Paz - Cochabamba. 3. Auflage. 248 S.

ELLENBERG, H. (1958): Wald oder Steppe? Die natürliche Pflanzendecke der Anden Perus I. und II. - Umschau in Wiss. u. Technik: 645-648 und 679-681.

- (1966): Leben und Kampf an den Baumgrenzen der Erde. - Naturwiss. Rundschau 19: 133-139.

FIEBRIG, K. (1910): Ein Beitrag zur Pflanzengeographie Boliviens. Pflanzengeographische Skizze auf Grund einer Forschungsreise im andinen Süden Boliviens. - Bot. Jahrb.: 1-68.

GRAF, K. (1979): Untersuchungen zur rezenten Pollen- und Sporenflora in der nördlichen Zentralkordillere Boliviens. - Zürich. 104 S.

- (1981): Palynological investigations of two post-glacial peat bogs near the boundary of Bolivia and Peru. - Journ. Biogeogr. 8: 353-368.

HAMMEN, T. van der (1974): The pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America. - Journ. Biogeogr. 1: 3-26.

HERZOG, Th. (1910): Pflanzenformationen Ostboliviens. - Bot. Jahrb.: 346-405.

- ((1913): Vom Urwald bis zu den Gletschern der Kordillere. - Stuttgart. 270 S.

- (1923): Die Pflanzenwelt der bolivianischen Anden und ihres östlichen Vorlandes. - In: ENGLER & DRUDE: Die Vegetation der Erde 15: 1-259.

- (1931): Baum- (Wald-) und Schneegrenzen in den Kordilleren von Südamerika. - Mitt. Geogr. Ges. (f. Thüringen) Jena 39: 72-89.

HUECK, K. (1953): Urlandschaft, Raublandschaft und Kulturlandschaft in der Provinz Tucuman im nordwestlichen Argentinien. - Bonn. 102 S.

- (1961): Drei bemerkenswerte Gebirgswaldtypen aus den venezolanischen Anden. - Ver. Schutz d. Alpenpflanzen u. -tiere 26: 94-99.

- (1962): Der Polylepis-Wald in den venezolanischen Anden, eine Parallele zum mitteleuropäischen Latschenwald. - Angew. Pflanzensoz. 17: 57-76. Klagenfurt.

- (1966): Die Wälder Südamerikas. - Vegetationsmonographien d. einzelnen Großräume Bd. II. Südamerika. Stuttgart. 422 S.

JORDAN, E. (1980): Das durch Wärmemangel und Trockenheit begrenzte Auftreten von Polylepis am Sajama Boliviens mit den höchsten Polylepisgebüschvorkommen der Erde. - Tagungsber. 42. Dtsch. Geographentag Göttingen 1979: 303-305. Wiesbaden.

- (1983): Möglichkeiten und Grenzen der Herstellung und synchronen Auswertung biowissenschaftlicher Verbreitungskarten aus Luftbildern mit dem neuen Kartiersystem des STEREOCORDs am Beispiel ausgewählter Vegetationsbereiche Boliviens. - In: Gesellschaft für Ökologie; Verhandlungen der 12. Jahrestagung Bern 1982, Göttingen 1983 (im Druck).

- , KRESSE, W. (1981): Die Computer - gestützte quantitative Luftbildauswertung mit dem ZEISS-STEREOCORD und seinen Peripheriegeräten zur Rationalisierung der Feldforschungen in den Geowissenschaften. - Erdkunde 35: 222-231.

LAUER, W. (1976a): Klimatische Grundzüge der Höhenstufung tropischer Gebirge. - Tagungsber. wiss. Abh. 40. Dtsch. Geographentag Innsbruck: 76-90.

- (1976b): Zur hygrischen Höhenstufung tropischer Gebirge. - In: Neotropische Ökosysteme (Festschrift H. SIOLI). Biogeographica 7: 169-182.

KESSLER, A. (1963): Über Klima und Wasserhaushalt des Altiplano (Bolivien) während des Hochstandes der letzten Vereisung. - Erdkunde 17: 165-173.

LIBERMANN, M. (1981): Microclima del Sajama y su Relacion con los Pisos de Vegetación. - Tesis, UMSA La Paz - Bolivien. 98 S.

MOHL, H. (1982): Das STEREOCORD G 3. - B. u. L. 50: 7-15.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

MUÑOS REYES, J. (1980): Geografia de Bolivia. 2. Auflage. La Paz. 478 S.

RUTHSATZ, B. (1974): Los arbustos de las estepas andinas del noroeste Argentino y su uso actual. - Bol. Soc. Argentina Bot. 16: 27-45.

- (1977): Pflanzengesellschaften und ihre Lebensbedingungen in den Andinen Halbwüsten Nordwest-Argentiniens. - Diss. Bot. 39. Vaduz. 168 S.

- , MOVIA, C.P. (1975): Relevamiento de las estepas andinas del Noroeste de la provincia de Jujuy, Republica Argentina. - Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Buenos Aires. 127 S.

SIMPSON, B.B. (1979): A Revision of the Genus Polylepis (Rosaceae: Sanguisorbeae).- Smithonian Contributions to Botany 43: 62 S.

TROLL, C. (1928): Die zentralen Anden. - Jubil. Sonderbd. 1928 d. Zs. Ges. f. Erdkde. Berlin : 92-118 + Karte.

- (1929): Die Cordillera Real. - Ztschr. Ges. f. Erdkunde Berlin 7/8: 279-312.

- (1930): Die tropischen Andenländer. - Handb. Geogr. Wiss. Bd. Südamerika: 309-496. Potsdam.

- (1958): Zur Physiognomik der Tropengewächse. - Jb. Ges. v. Freunden und Förderern d. Rheinischen Friedr.-Wilhelms Univ. Bonn.

- (1959): Die tropischen Gebirge, ihre dreidimensionale klimatisch und pflanzengeographische Zonierung. - Bonner Geogr. Abh. 25: 93 S.

- (1966a): Klima und Pflanzenkleid der Erde in dreidimensionaler Sicht. - Erdkundl. Wissen. 11: 265-295.

- (1966b): Das Pflanzenkleid der Tropen in seiner Abhängigkeit von Klima, Boden und Mensch. - Erdkundl. Wissen. 11: 194-230.

- (1978): Polylepis - Hagenia - Leucosidea. Geoökologische Beziehungen zwischen der temperierten Zone der Südhalbkugel und den Tropengebirgen. - Verh. Symp. IGU Com. on High. - Alt. Geoecology in Mainz 1974: 561-563. Wiesbaden.

WEBERBAUER, A. (1945): El mundo vegetal de los Andes peruanos. - Lima.

Kartenwerke des IGM - La Paz 1 : 50 000 u. 1 : 250 000 u. 1 : 1 000 000.

Geol. Karten d. Servicio Geologico de Bolivia 1 : 100 000 u. 1 : 1 000 000.

Luftbilder des IGM - La Paz.

Klimadaten des Servicio de Meteorologia - La Paz.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Ekkehard Jordan
Geographisches Institut, Abt. Physische Geographie
Schneiderberg 50

D - 3000 Hannover 1

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at



Photo 1: Immergrünes *Polylepis tomentella*-Gehölz in seinen beiden Wuchsformen - Baum und Strauch - als isolierter Vorposten an der Untergrenze der *Polylepis*-Stufe des Sajama in 4 400 m Höhe. Die Umgebung ist geprägt durch eine Mischung von Ichu-Gras (dominierend *Festuca orthophylla*) und Thola-Heide (überwiegend *Parastrephia lepidophylla*) als Ausdruck der Zugehörigkeit dieser Zone zur Trockenpuna. Aufnahme: E. Jordan 20.4.1979



Photo 2: Linienhafte Ausrichtung der *Polylepis*-Bestände im unteren Bereich der *Polylepis*-Stufe am Sajama in ca. 4 450 m Höhe. Die Streifen zeichnen in der Regel Trockenrinnen nach und dokumentieren somit Leitbahnen begünstigter Wasserversorgung. Im unteren Bereich ist eine scharfe Grenze zur kennzeichnenden Ichu-Gras/Thola-Heide - Formation dieser Zone ausgeprägt. Aufnahme: E. Jordan 22.4.1979

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

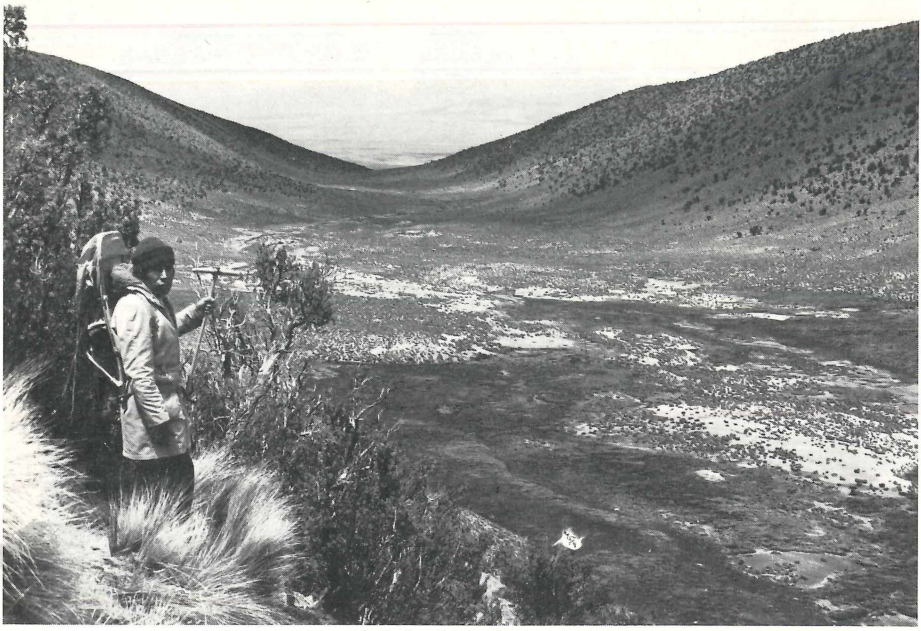


Photo 3: Typische Verbreitung von *Polylepis* in letzteiszeitlichen Trogtälern am Südhang des Sajama in 4 700 m Höhe. Der *Polylepis*-Bewuchs beschränkt sich auf die Talflanken und meidet die Talsohle. Hier treten in Staunässebereichen sog. Bofedales, d.h. in der Regel Hartpolstermoore, auf und in trockenen Lagen Iru-Ichu Grasbestände aus fast reinen *Festuca orthophylla*-Horst-Beständen. Aufnahme: E. Jordan 24.2.1980



Photo 4: *Polylepis*-Gürtel im Bereich der Payachata-Vulkankegel an der Grenze zu Chile in Profilsicht. Erkennbar die Verdichtung der Bestände im mittleren Niveau des Kranzes - zwischen 4 400 und 4 700 m - und die fächerförmige Auflösung an der Unter- und Obergrenze der Verbreitung. Aufnahme: E. Jordan 6.9.1980

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

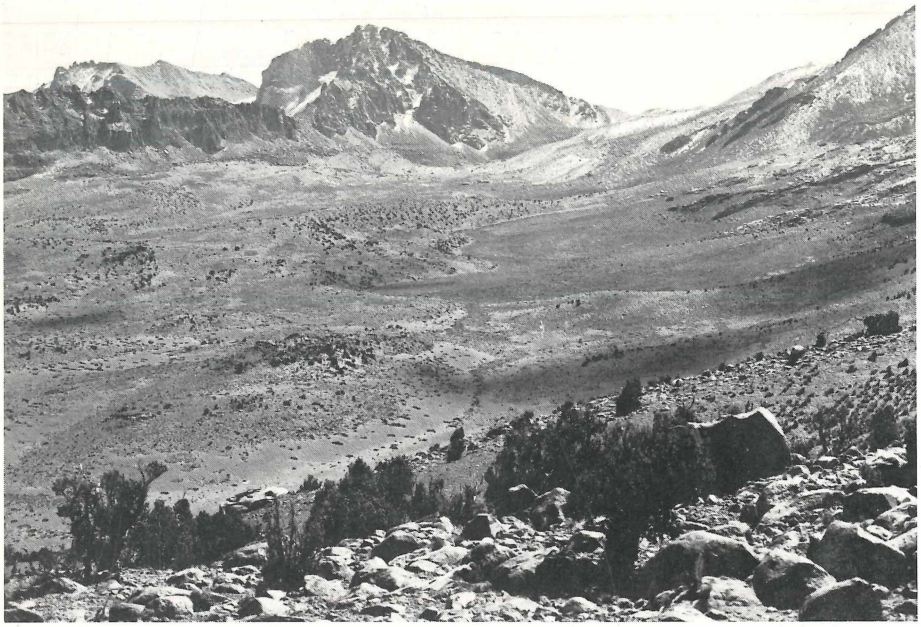


Photo 5: Niedriger und gedrungener Wuchs sowie disperse Verteilung der *Polylepis*-Sträucher an der Obergrenze ihrer Vorkommen; hier auf Moränen am Südwesthang des Sajama in 4 900 m Höhe. Es zeigt sich, daß kleine Relieferhabenheiten gegenüber der Umgebung in dieser Höhe als Standorte von *Polylepis* bevorzugt werden. Aufnahme: E. Jordan

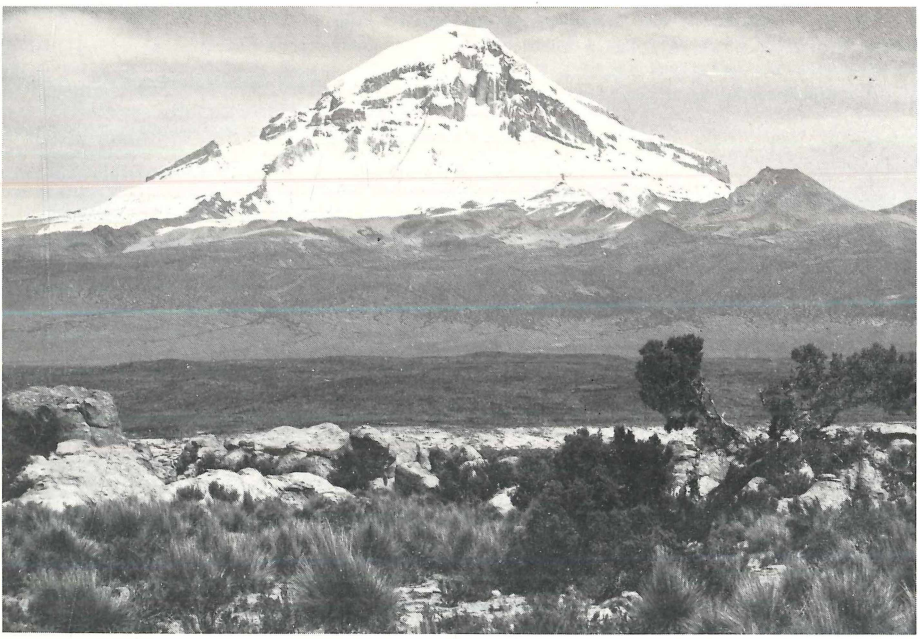


Photo 6: Der vergletscherte Sajama (6 542 m) mit seiner markant ausgeprägten *Polylepis*-Stufe, die in Einzelbeständen bis an die sichtbare temporäre Schneegrenze hinaufreicht und nach unten linienförmig, auf Trockentäler beschränkt, ausläuft. Der dunkle Streifen am Fuße des Vulkans kennzeichnet einen dichten Bestand von Tholaheide aus *Parastrephia lepidophylla*, während im Vordergrund verfestigte, felsige Vulkanaschendecken mit vereinzelten, weitständigen *Polylepis*-Gehölzen den zweiten *Polylepis*-Verbreitungstyp (vgl. Text) der Westkordillerenregion charakterisieren. Aufnahme: E. Jordan 26.3.1980

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

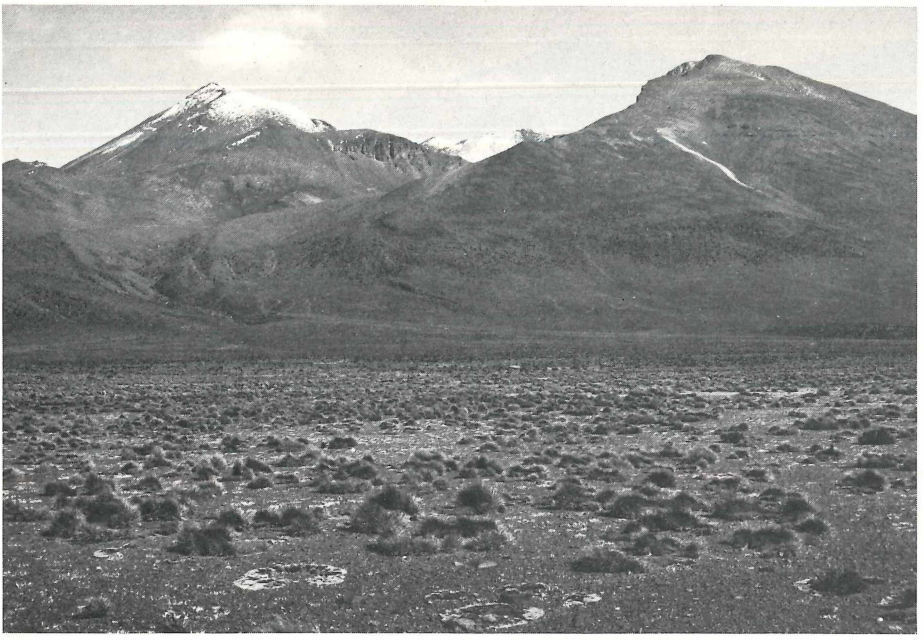


Photo 7: Der Tapaquillcha (5 827 m) im Sudlipez aus nördlicher Sicht mit seinem schmalen Saum von *Polylepis*-Gebüschen im Mittelhangbereich. Im südlichen Teil der Westkordillere tritt *Polylepis* in der Regel nur noch fleckenhaft an den Hängen auf, und solche relativ geschlossenen Kränze wie hier am Tapaquillcha sind seltene Ausnahmen. Die zunehmende Trockenheit spiegeln im Vordergrund auch die weitständigen und gedrungen-wüchsigen Ichu-Grashorste wider, die in diesem Falle von *Pycnophyllum* durchsetzt sind.
Aufnahme: E. Jordan 14.4.1980 aus 4 450 m Höhe

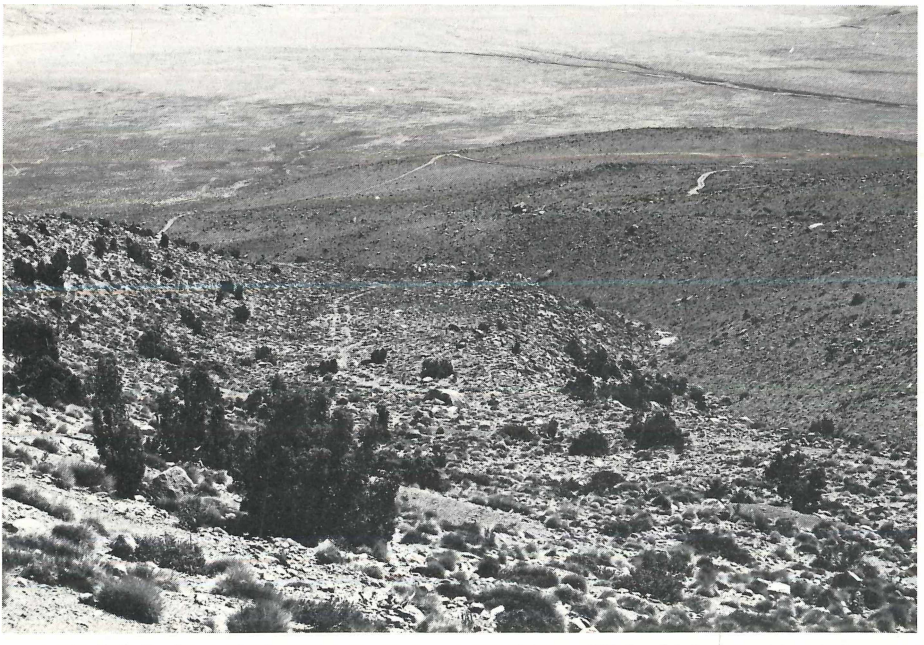


Photo 8: *Polylepis*-Sträucher am Nordwesthang des Tapaquillcha in der südlichen Westkordillere in 4 700 m Höhe. In den hier auch durch Menschenhand gelichteten Beständen erreicht *Polylepis* nur noch Strauchform. Aufnahme: E. Jordan 16.4.1980

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Karte 1

Die Polylepisverbreitung in der Westkordillere Boliviens (Cordillera Occidental de los Andes)

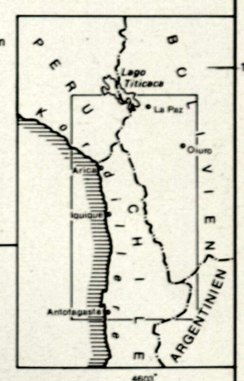
Entwurf: E. JORDAN (auf der Basis von Luftbildauswertungen und Geländekartierungen)

Polylepis · Seen · Salare · Eisenbahn

Höhenlinienabstand: 1000 m geschlossene Linie
500 m unterbrochene Linie (nur oberhalb 3000 m berücksichtigt)

0 50 100 km

Quelle: Top. Basis - Mapa de la Republica de Bolivia 1:1 Mill.
Luftbilder der Serien: 1. Trimetrogon 1948
2. Hycon 1955/56
3. Kuccera 1963/64
4. M.-Hurd 1967
eigene Geländeaufnahmen von 1977 - 1980



Lago Titicaca · Lago Huiñay Marca · PERU BOLIVIEN · Calacoto · Rio Mauri · Rio La Paz · Rio Desaguadero · Taratani · Charana · C. de Carangas · Oiuro · Tacna · PERU CHILE · Cerro Sajama · Sajama · Payachata · Cerro Cusin Chuto · Cerro Capayal · Turco · Cerro Pasa Willkhi · Asu Asuni · Cerro Chullani · Arica · Rio Lauca · Sabaya · Salar de Coipasa · S. de G. Mendoza · Llica · CHILE BOLIVIEN · Salar de Uyuni · Iquique · Uyuni · Rio Grande · Julaca · Chiguana · San Augustin · Ollague · Mina Corina Sudlipez · Cerro Tapaquillcha · Rio Loa · Salar de Atacama · CHILE ARGENTINIEN · Antofagasta · Cordillera de la Sal · Cordillera de Lipez

PAZIFISCHER OZEAN

Beilage zu E. Jordan - Die Verbreitung von Polylepis - Beständen in der Westkordillere Boliviens, ELLENBERG - Festschrift 1983

Kartographie: L. Redlin

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Tuexenia - Mitteilungen der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: NS_3

Autor(en)/Author(s): Jordan Ekkehard

Artikel/Article: Die Verbreitung von Polylepis-Beständen in der Westkordillere Boliviens 101-116