KOMMISSION FÜR ERDWISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG

Bericht Lauer

I. Buchreihe „Erdwissenschaftliche Forschung"

Im Berichtsjahr erschien: Bd. XXVI: Alois Schäfer: „Die Küstenseen Südbrasiliens. Ein Beitrag zur biogeographischen Raumanalyse der Restinga". 203 S., 73 Fig. und zahlreiche Tabellen. Franz Steiner Verlag, Stuttgart 1992, und Bd. XXVIII: Reiner Vogg: „Landschaftsökologische Raumgliederung des saharo-sahelischen Nordens der Republik Mali. Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Satellitendaten zur Erfassung landschaftsökologischer Gefügemuster". 194 S., 35 Abbildungen, 26 Tabellen und zahlreiche Karten. Franz Steiner Verlag, Stuttgart 1992.

II. Forschungen zur Landschaftsökologie der Erde

1. Geoökologische Studien

a) Arbeitsgebiet Bolivien: Das Konzept des Kallawaya-Projektes sah als Ziel vor, nach Abschluß der Geländearbeiten und der Erhebung von Daten die Inhalte der untersuchten natur- und kulturräumlichen Kompartimente (Geomorphologie, Klimatologie, Böden, Vegetation, Landnutzung, etc.) in einen systemaren Zusammenhang zu bringen.

Durch die Erweiterung der PC-Rechnerkapazität wurde im Berichtsjahr nunmehr der Versuch gemacht, die Geländebefunde und die Aufbereitung der erhobenen Daten (wie Klima, Böden, Vegetation, Anbausysteme etc.) im Arbeitsgebiet des Charazani-Tals mit Hilfe eines Geländemodells auf digitalem Wege zu vergleichen und zu interpretieren.

Im Berichtsjahr wurden folgende Arbeitsschritte ausgeführt:

Zunächst wurde ein digitales Geländemodell durch Dipl.-Geogr. A. Fleige erarbeitet von der Größe des bereits 1982 (vgl. Lauer 1982[1]) ausgewählten Testgebiets im vertikalen Aufriß von 2700 bis 4500 m NN, das die Mehrzahl der hygrothermischen Höhenstufen des Gesamtgebietes als Beispiel erfaßt. Für den gleichen Ausschnitt entwickelte Dipl.-Geogr. J. Bendix nach vorbereiteten Datensätzen von B. Drexler und Dipl.-Geogr. J. Wieczorek ein potentielles Strahlungsmodell in Abhängigkeit von den Reliefbedingungen. Die Berechnungen beruhen auf solaren Grundgleichungen der Hangneigung, der Exposition sowie der Trennung von direkter und diffuser Globalstrahlung und der Bergüberschattung.

[1] Lauer, W. (1982): Zur Ökoklimatologie der Kallawaya-Region (Bolivien). Erdkunde, Bd. 36, H. 4: 223–247.

Als weiterer Schritt wurde für die Testfläche die von P. Seibert aufgenommene Vegetationskarte digitalisiert, um die Zusammenhänge von Strahlung und Vegetation im räumlichen Ökosystem zu erkennen und zu interpretieren. Es wird angestrebt, mit weiteren Berechnungen ein klimatologisch orientiertes Geographisches Informationssystem (GIS) für das Talgebiet aufzustellen, über das z. B. klimaökologische Aussagen in Bezug auf die Ansprüche der dort stockende Vegetation flächendeckend gemacht werden könnte. Mit weiteren digitalen Karten der Strahlungsbilanz, der Landnutzung, der Bodenoberflächentemperaturen, der Bodentemperaturen in 10 und 50 cm Tiefe sowie der Bodenfeuchte in den Extremjahreszeiten (Juni/Dezember) könnten Indikatoren für die Bewertung der Regen- und Trockenzeiten gefunden werden, die die Ökosysteme in ihrem räumlichen und zeitlichen Wandel erfassen und die bestehenden Zusammenhänge der einzelnen Parameter untereinander und letztlich auch zwischen Naturraum und Wirtschaftssystem quantitativ deutlich machen.

b) Arbeitsgebiet Mittelanden: Die im Berichtsjahr 1991 durchgeführten Niederschlagsanalysen beiderseits des Äquators im Bereich von Ecuador erschienen als Beitrag von J. Bendix und W. Lauer unter dem Titel: „Die Niederschlagsjahreszeiten in Ecuador und ihre klimadynamische Interpretation" in der Zeitschrift „Erdkunde", H. 2, 1992 (vgl. auch Jahrbuch 1991).

Im Anschluß an diese Studie wurden im Berichtsjahr 1992 Analysen zum Niederschlag im Zusammenhang mit dem „El Niño-Phänomen" für einen größeren Landschaftsraum zwischen Kolumbien und Nordchile zwischen 10° N und 35° S aufgenommen (J. Bendix und A. Fleige). Diese Studien sollen Aussagen darüber liefern, wie sich die im Bereich von Ecuador und Nord-Peru wirksame „El Niño"-Klimaanomalie räumlich auf das tropische Südamerika und besonders im Bereich des Andenraums auswirkt. Die Studien bauen auf Satellitenbildern der GOES-Serie auf, die die wetterwirksamen Niño-Ereignisse bezüglich des Niederschlags im Wolkenbild anzeigen, unterstützt durch Bodendaten in sechsstündigem Abstand für die gleichen Tage von ausgewählten Klimastationen zwischen Kolumbien und Chile/Argentinien.

Für die einzelnen Beobachtungszeitpunkte der Niño-Ereignisse sollen zunächst aus den synoptischen Daten Niederschlagskarten entwickelt werden und diese mit dem Witterungsgeschehen der Satellitenbildanalyse verglichen werden.

Im Berichtsjahr konnte für diese Fragestellung zunächst eine Übersichtskarte mit Hilfe des IDRISI-Programmpakets als Bildgrundlage erarbeitet und die Niederschlagsdaten aus den synoptischen Stationsmeldungen übertragen und mit Hilfe von IDRISI auch eine Trendflächenanalyse berechnet werden.

2. Commission on Mountain Geoecology and Resource Management

Hr. Lauer nahm vom 30. Juli bis 8. August 1992 an der Sitzung der „Commission on Mountain Geoecology and Resource Management" der „International Geographical Union (IGU)" anläßlich des 27. Internationalen Geographenkongresses

teil. Das Symposium fand in Davis (California) statt und war – abgesehen von Vortragsveranstaltungen am 30. Juli in Davis und am 4.–5. August in einer Bergstation – verbunden mit einer Exkursion durch die Sierra Nevada und White Mountains. Die Vorträge behandelten Themen zur Geoökologie, zum Resource-Management in verschiedenen Gebirgen der Erde. Die Exkursion führte in die geoökologische Grundproblematik der beiden unterschiedlichen Gebirgszüge ein und gab einen Überblick über die Bedeutung und den Wandel der Gebirgslandschaften hinsichtlich der wirtschaftlichen Entwicklung großer Teile des mittleren und nördlichen Kalifornien zu den Themen „Human Impact" und „Highland/Lowland-Interaction". Die Diskussionen lieferten eine Reihe von Anregungen für die allgemeine Hochgebirgsforschung und zugleich auch für die Arbeiten im Rahmen der „Kommission für Erdwissenschaftliche Forschung" der Akademie.

3. Dokumentation zu Lateinamerika

Anläßlich des Kolumbus-Jahres hat die „Arbeitsgemeinschaft Deutsche Lateinamerikaforschung (ADLAF)" einen Sammelband herausgegeben über die deutsche Lateinamerikaforschung mit dem Berichtsschwerpunkt zwischen 1960 und der Gegenwart (*Handbuch der deutschsprachigen Lateinamerikakunde*. Hrsg. von N. Werz im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Deutsche Lateinamerikaforschung (ADLAF) und des Arnold-Bergstaesser Instituts, Freiburg). Hr. Lauer verfaßte den Artikel über „Physische Geographie" mit einer Literaturdokumentation zu den Arbeitsschwerpunkten der letzten 30 Jahre einschließlich eines historischen Rückblicks. Der Bericht zeigt, daß der Schwerpunkt der Forschung ganz wesentlich die Gebirgsräume Lateinamerikas betrifft mit dem sachlichen Akzent geoökologischer Themen zur Landschaftsentwicklung an klein- und großräumigen Beispielen, mit methodischen Ansätzen der einzelnen Teildisziplinen des Faches (Geomorphologie, Klimatologie, Vegetationskunde, Hydrologie und Bodengeographie), aber auch vergleichenden Übersichten über größere Räume unter dem Blickwinkel ökologischer Forschung.

Dipl.-Geogr. M. Daud Rafiqpoor führte die Literaturdokumentation zur *Waldgrenzproblematik* unter Auswertung auch von Literatur aus den einschlägigen Nachbarfächern fort. Zugleich wurde die Reinzeichnung der von M. Daud Rafiqpoor entworfenen geologischen und geomorphologischen Karte 1:100 000 des Charazani-Berglandes durch die Kartographie des Geographischen Instituts fertiggestellt und liegt druckbereit zusammen mit dem Manuskript „Studien zur Morphodynamik in den Höhenstufen der Apolobamba-Kordillere (Bolivien) – Eine Kartenaufnahme nach dem Methodenansatz der Geomorphologischen Kartierung (GMK 100)" vor.

4. Klassifikation der Klimate der Erde auf ökophysiologischer Grundlage

Im Berichtsjahr konnten zu o. g. Thematik die zeichnerischen Entwurfsarbeiten durch M. Daud Rafiqpoor sowie die Druckvorlagen durch die Kartographie des Bonner Geographischen Instituts fertiggestellt werden. Der Druck einer deutschen und einer englischen Ausgabe ist im Gange.

Die Klassifikation benutzt ökophysiologische Merkmale der Pflanzenwelt als Indikatoren für die klimatischen Parameter zur Klimagliederung der Erde. Sie gehört zu den sogenannten effektiven, d. h. von den Wirkungen des Klimas auf die Pflanzenwelt abgeleiteten Klassifikationen und steht damit der Köppenschen Klassifikation nahe. Dabei werden innerhalb der einzelnen solaren Strahlungsklimazonen der Erde Merkmale des Verdunstungs- und des Wärmehaushaltes in ihrer Wirkung auf den ökophysiologischen Typ der Pflanzenwelt als Klimaparameter für die Gliederung benutzt. Als solche dienen die *hygrische Vegetationszeit*, ausgedrückt durch die Dauer des humiden (bzw. ariden) Zustandes (in Monaten), abgeleitet aus dem Verdunstungshaushalt von Landschaftsräumen (Vegetation und Bodenoberfläche), und die Dauer der *thermischen Vegetationszeit* (in Monaten), abgeleitet aus Wärmeschwellenwerten des vegetativen Jahresablaufs der Pflanzenwelt (Natur- und Kulturpflanzen)[2].

Die Abbildung (Abb. 1) zeigt das integrative Schema beider Parameter zur Definition der Klimatypen, die in einer Weltkarte im Maßstab 1:90 000 000 in ihrer räumlichen Verbreitung dargestellt sind.

5. Paläoklima in Afrika: Rekonstruktion der Vegetation für die Zeit nach 20 000 v. h. (Teilprojekt Frankenberg/Lauer)

Das seit dem 16. 09. 1991 laufende Projekt ist Teil des Klimaprogramms der Bundesregierung (BMFT), das die Veränderung des Treibhauseffektes seit dem Höhepunkt der letzten Kaltzeit bis heute zum Thema hat. Entscheidende Bedingungen des CO_2-Haushaltes, der den Treibhauseffekt maßgeblich beeinflußt, ist die Vegetationsbedeckung hinsichtlich der Biomassenproduktion sowie der klimatische Wasserhaushalt. Ziel des Teilprojekts ist es, mit Hilfe einer flächendekkenden, quantitativen Methode die Veränderung des CO_2-Haushaltes in seiner Steuerung durch die Vegetation (Bodenbedeckung) zu bestimmen. Hierzu sollen ökologisch interpretierbare Vegetationskarten der Zeitscheiben 18 000, 9000, 5000 und 2000 v. h. für Afrika vom Mittelmeer bis etwa 10° S (Südrand des Regenwaldes) erstellt werden.

In der gegenwärtigen ersten Projektphase hat der Mitarbeiter Dr. Dieter Anhuf sich vor allem dem Auffinden, Beschaffen und Auswerten wissenschaftlichen Ma-

[2] Lauer, W. und Frankenberg, P. (1985): Versuch einer geoökologischen Klassifikation der Klimate. In: Geographische Rundschau, Bd. 37: 359–365. Lauer, W. und Frankenberg, P. (1986): Eine Karte der hygrothermischen Klimatypen von Europa. In: Erdkunde, Bd. 40, H. 2: 85–94.

Die Klimate der Erde
auf der Grundlage ökophysiologischer Merkmale der Pflanzenwelt

(Wilhelm Lauer und Peter Frankenberg)

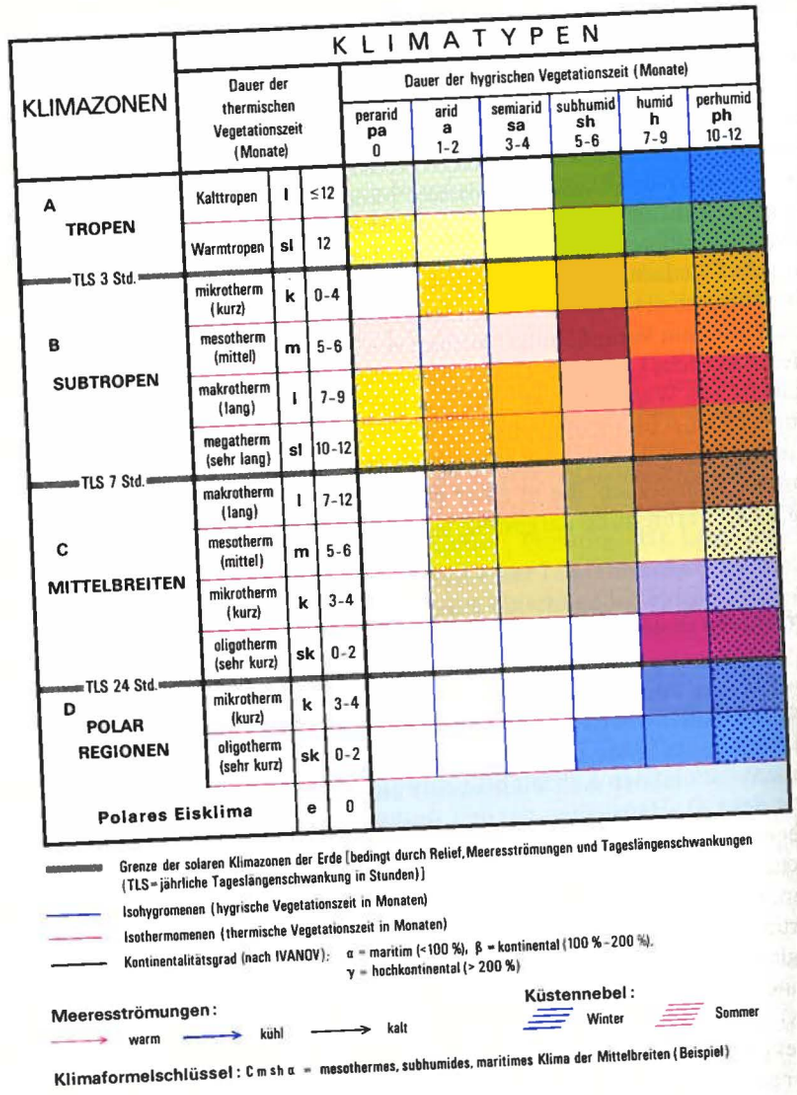


Abb. 1

terials, das sowohl die veröffentlichte als auch die „graue" Literatur betrifft, gewidmet. Inzwischen verfügt die Arbeitsgruppe über eine Literaturdatenbank von derzeit knapp 2500 Titeln. Neben der noch fortzuführenden Daten- und Literaturbeschaffung konzentriert sich der gegenwärtige Schwerpunkt der Arbeiten auf die Auswertung und Umsetzung dieses Materials in Proxydaten. Gleichzeitig laufen die Vorbereitungen zum Aufbau eines Geographischen Informationssystems (GIS), in das die Topographie, Niederschlagsmengen, Verdunstung, Böden und die aktuelle Pflanzenbedeckung für den gesamten Untersuchungsraum Eingang finden sollen. Durch die Erfassung des gegenwärtigen Landschaftsbildes auf digitalem Weg sollen in einer späteren Phase die punktuellen Informationen zur paläoklimatischen Situation der jeweiligen Zeitscheiben zu einer flächendeckenden Aussage verdichtet werden.

6. Aktivitäten von Sachverständigen der Kommission

a) Prof. Dr. Peter Höllermann (Bonn) berichtet über die Fortführung von vier längerfristigen Forschungsprojekten:

1) Aktuelle, äolische Morphodynamik in subtropischen Trockengebieten: Hierzu wurden Windfeldkartierungen und Untersuchungen zu Dünenformung und -bewegung auf den östlichen Kanarischen Inseln (Provinz Las Palmas de Gran Canaria) fortgesetzt und ausgeweitet (August/September 1991 Fuerteventura und Lanzarote, September 1992 Gran Canaria). Dabei erfolgte auch eine systematische Sammlung und Bearbeitung von Sandproben mit dem Ziel, deren Texturparameter als Indikator der aktuellen morphodynamischen Prozesse zu testen (Probenahme auf den Ostkanaren, zudem im März 1992 in Oberägypten (Nubische Wüste, im August 1992 in Kalifornien). Die nunmehr fast eine Dekade verfolgbaren Probeserien von Dünensanden der Ostkanaren weisen darauf hin, daß die Texturparameter empfindlich auf die zeitlichen Veränderungen morphodynamischer Steuerungsfaktoren reagieren (z. B. Windstärken, Niederschläge, Bewuchs), so daß fortlaufend an der gleichen Stelle entnommene Proben regelhafte Änderungen im Laufe der Zeitserie erkennen lassen. Das bedeutet zugleich, daß nach dem Zufallsprinzip aufgesammelten Einzelproben nur eine begrenzte allgemeine Repräsentanz zukommt.

Veröffentlichung: „Äolische Morphodynamik in Abhängigkeit von Klima und Mensch". In: Verantwortung für die Zukunft. Klima- und Umweltforschung an der Universität Bonn, Bonn 1992, S. 90–93.

2) Vergleichende Studien zu geoökologischen und geomorphologischen Auswirkungen von Wald- und Buschbränden auf den West-Kanaren: Untersuchungen junger Brandflächen und ihrer Entwicklung wurden durchgeführt auf den Inseln La Palma (Dezember 1991), Teneriffa und La Gomera (Januar 1992). Dabei bestätigte sich im allgemeinen die erstaunlich gute Regenerationsfähigkeit der kanarischen Vegetation innerhalb der Waldstufe, so daß die Bodenbedeckung oft schon

innerhalb eines Jahres nach dem Brand den zuvor gegebenen Grad wieder erreicht oder sogar übertrifft, während die Wiederherstellung der Vegetationsstruktur in den Wäldern größenordnungsmäßig ein Jahrzehnt und in Buschbeständen etwa 6–8 Jahre benötigt. Nachhaltige Beeinträchtigung von Boden und Wasserhaushalt waren nicht festzustellen. Eine günstige Entwicklung wird dadurch gefördert, daß wenig intensive Grundfeuer bei weitem überwogen und schadensintensive Kronenfeuer nur in lokaler Begrenzung auftraten (z. B. bei den Brandflächen vom August 1990 in und um den Nationalpark Caldera de Taburiente auf La Palma mit nur etwa 4 % der betroffenen Fläche). Auf La Palma ergab sich auch die Gelegenheit, ein Unwetter vom 4.–8. Dezember 1991 mitzuerleben und die Brandflächen des Vorjahres auf dessen Auswirkung zu untersuchen. Das mit Gewittern und heftigen Windböen (bis 110–130 km/h) verbundene Unwetter brachte der Waldstufe Niederschläge bis über 300 mm, davon bis über 200 mm innerhalb von 1–2 Tagen. Ein Totalisator am Rande der Caldera nahe dem höchsten Punkt der Insel brachte es in der Periode 20. 11. bis 8. 12. 1991 auf insgesamt 1007 mm. Der zuvor trockenliegende Barranco de las Angustias als Ausfluß der Caldera de Taburiente kam am 4. 12. ab und erreichte nahe seiner Mündung ins Meer bei Puerto de Tazacorte kurzfristig einen Spitzenabfluß von schätzungsweise 200 m^3/sec. Das Unwetter führte zu erheblichen Schäden an Straßen, Wasserleitungen und Kommunikationssystemen, so daß wesentliche Teile der Infrastruktur für zwei Tage ausfielen. Umso erstaunlicher erscheint, daß auf den Waldbrandflächen des Vorjahres keine Zeugnisse verstärkter Wassererosion anzutreffen waren. Selbst an steilen Hängen unter Wald erwies sich die Infiltrationskapazität der Böden in aller Regel als groß genug, um den Oberflächenabfluß stark abzuschwächen oder meist sogar völlig zu verhindern. Abflußhemmend wirkt dabei auch die dichte Streuauflage aus Kiefernnadeln und anderen Pflanzenteilen auf dem Boden, die seit dem Feuer vom August 1990 schon wieder Mengen von 0,4–0,6 kg/m^2 erreicht hatte. Augenfällige Schäden wie Erosionsgräben oder kleine Rutschungen und Absitzungen in Lockermaterial traten vornehmlich dort auf, wo anthropogene Gefällsstörungen oder lokale Versiegelungen des Untergrundes vorgegeben waren (Straßen und Forstwege, Wegböschungen, Wasserleitungen u. a.). Man wird für die Unwetterschäden insbesondere in der dichter besiedelten Fußstufe also schwerlich die Flächenbrände des Vorjahres in der Waldstufe verantwortlich machen können.

3) Brände in Mittelkalifornien: Die Teilnahme am Symposium und Feldprogramm der IGU-Kommission „Mountain Geoecology and Resource Management" Anfang August 1992 in Mittelkalifornien und damit verbundene eigene Informationsreisen boten Gelegenheit, in Anknüpfung an frühere Studien zur Feuerökologie von Kalifornien 1968/69 Vergleichsuntersuchungen von feuerbetroffenen Gebieten anzustellen. Eine seit 1987 herrschende Dürre hat zu einer zunehmend bedrohlichen Feuerrisiko-Situation geführt, wobei auch an die Brandkatastrophe vom 20. Oktober 1991 in den Randbezirken von Oakland und Berkeley zu erinnern ist, der 24 Menschen und über 3000 Häuser zum Opfer fielen. In der Periode

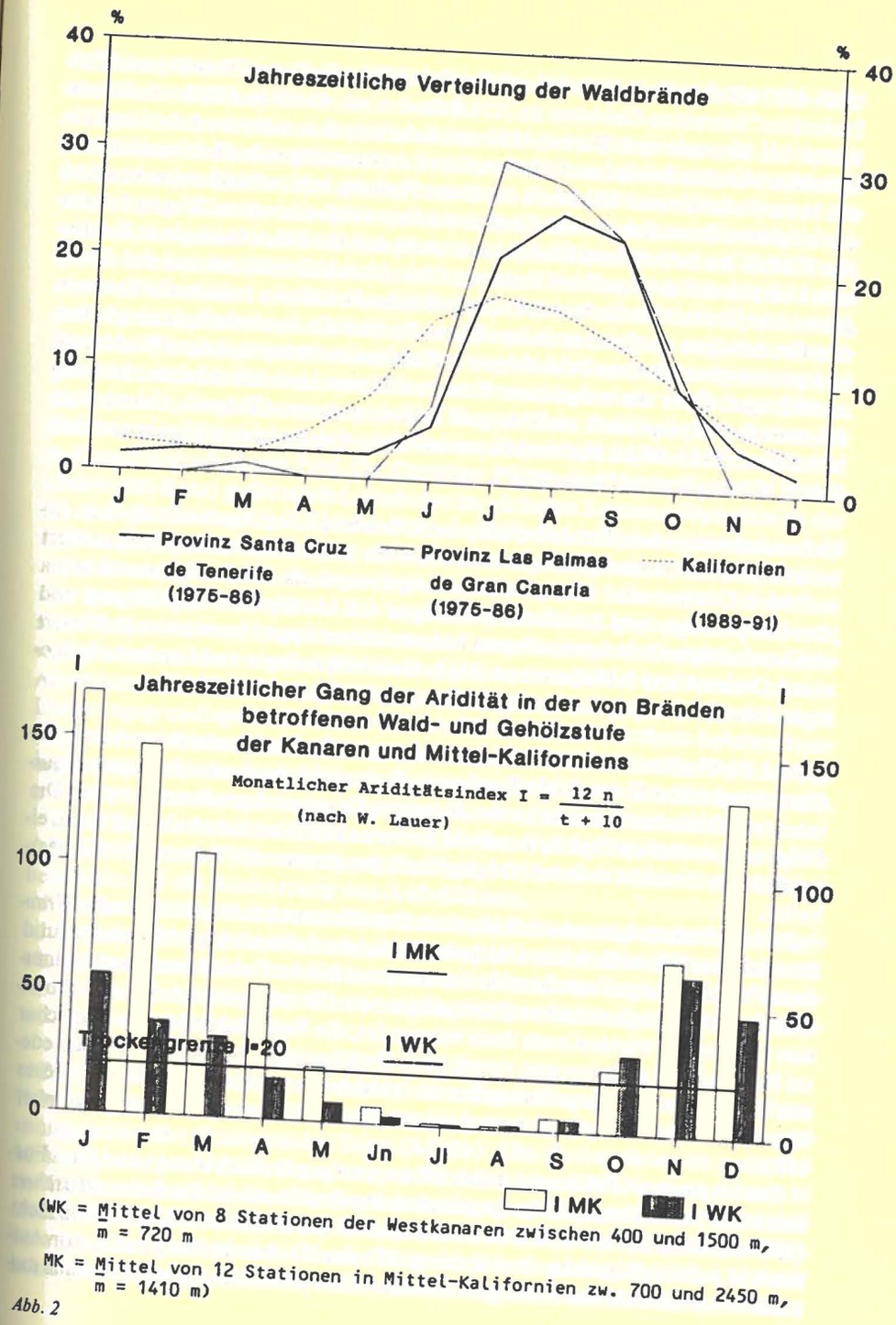


Abb. 2

1987–1991 kam es allein in den vom „California Department of Forestry and Fire Protection" betreuten Gebieten zu 7276 Bränden mit 47 479 ha Fläche im Jahresmittel. Im Sommer und Herbst 1992 entwickelten sich mehrere katastrophale Brände in verschiedenen Landesteilen, deren Auswirkungen bei Informationsreisen in der Fußstufe und Waldstufe der Sierra Nevada, in Nordkalifornien sowie in den mittleren Coast Ranges unmittelbar studiert werden konnten. Wegen der großen Vielfalt der betroffenen Ökosysteme stellt sich die Feuerökologie in Kalifornien komplexer dar als auf den Kanaren. Obwohl sich Großklima und das davon gesteuerte jahreszeitliche Verteilungsmuster der Brände in beiden Gebieten in den Grundzügen vergleichen lassen (Abb. 2), sind die landschaftsökologischen und geomorphologischen Feuerfolgen in Kalifornien zumeist tiefgreifender und nachhaltiger. Über die möglichen Ursachen dieser Unterschiede wurde beim Kommissions-Symposium am 5. August 1992 vorgetragen (Thema: „Geoecology of Forest and Shrubland Fires in Mountains of the Canary Islands/Spain and California. A comparative Outlook").

4) Geomorphologie und Landschaftsökologie: Bei der 17. Tagung des Deutschen Arbeitskreises für Geomorphologie vom 30. 9. bis 4. 10. 1991 in Bonn (organisiert von Prof. Grunert und seinen Mitarbeitern) stand als ein Schwerpunktthema „Geomorphologie und Landschaftsökologie" im Mittelpunkt. Einführung und wissenschaftliche Beiträge zu diesem Rahmenthema liegen inzwischen publiziert vor: J. Grunert und P. Höllermann (Hg.): Geomorphologie und Landschaftsökologie. Bonner Geographische Abhandlungen 85, Bonn 1992, 224 S.

b) Prof. Dr. Gerhard Furrer (Zürich) schloß gegen das Jahresende seine Arbeit zur Gletschergeschichte des Liefdefjordes ab. Es konnten bisher keine „egesenäquivalenten" Gletschervorstöße in der Jüngeren Dryas nachgewiesen werden. Die Frage wird weiter verfolgt. Es wurde im Sommer 1992 eine Kernbohrung bis zu einer Moräne in rund 4 m unter NN abgeteuft, der gewonnene Kern wird 1993 bearbeitet.

Dr. Max Maisch widmete sich in seiner Habilitationsschrift *„Die Gletscher Graubündens"* der Rekonstruktion und der statistischen Auswertung der Gletscher und deren Veränderungen seit dem Hochstand von 1850 im Gebiet des Graubündnerlandes und der angrenzenden Gebirgsregionen. Die in dieser Arbeit neu erhobenen Datensätze wurden auch dazu verwendet, die Veränderungen der Gletscher im Rahmen des anthropogen verstärkten Treibhauseffektes in Form verschiedener Schneegrenzanstiegs-Szenarien zu berechnen und zu skizzieren. Dieses Thema war auch Hauptgegenstand seiner Antrittsvorlesung vom 16. November 1992.

Das im August 1991 erneut durch Giuseppe Orombelli (Milano) und Hrn. Furrers Mitarbeiter Conradin Burga gesammelte *Profilmaterial des Rutor-Gletschers* (2510 m, Aostatal, Italien) wurde nochmals ^{14}C-datiert (20 neue Daten) und steht noch in pollenanalytischer Bearbeitung. Mit der Neubearbeitung des Rutor-Aufschlusses wollen sie die bisherigen Resultate überprüfen und gegebenenfalls modifizieren. Von diesem Torfaufschluß in großer Höhe ist Auskunft über das nacheiszeitliche Klimaoptimum zu erwarten.

Dank der dendrochronologischen Auswertung von Holzproben, die Hanspeter Holzhauser im Herbst 1991 und im Sommer 1992 in verschiedenen Gletschervorfeldern bergen konnte, sind große Fortschritte in der absoluten *Datierung von mittelalterlichen Gletschervorstößen* erzielt worden. Unter anderem ist es möglich geworden, erstmals die Hochstandsphase im 14. Jahrhundert (Ablauf ähnlich wie im 19. Jahrhundert) zeitlich exakt einzugrenzen. Ein Vergleich mit den Klimadaten der Dissertation von Werner und Gabriela Schwarz-Zanetti (im Druck) zeigt, daß die nachgewiesenen Gletschervorstöße ohne Ausnahme mit den entsprechenden Witterungsverhältnissen erklärt werden können. Interessanterweise ergibt sich, daß die Klimamuster, die zum Anwachsen eines Gletschers führen, nicht immer die gleichen sein müssen. Eine größere Publikation in diesem Zusammenhang, die sich mit der sog. „Kleinen Eiszeit" (ca. 1300–1850) befaßt und in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Christian Pfister und Heinz Zumbühl (beide Universität Bern) geführt wird, erscheint im nächsten Sommer. Weiterhin ist der für das „Kulturama" konzipierte Führer „Gletscherlehrpfad Aletschgletscher" (Autor: Hanspeter Holzhauser) diesen Sommer erschienen.

Im Bereich *Dendrochronologie* liegt der Schwerpunkt bekanntlich im Aufbau von langjährigen Meßreihen. Die in den letzten Jahren gezogenen Bohrkerne vom Wallis sind von Hanspeter Holzhauser ausgewertet und zu regionalen Chronologien verarbeitet worden. Ziel dieser Untersuchungen ist es, über den ganzen Alpenraum absolute Jahrringkurven zur Verfügung zu haben, die einerseits als Datierungsgrundlage und andererseits als klimatisch auswertbare Informationsträger dienen. Weiter sind in Zusammenarbeit mit dem Institut für Wald, Schnee und Landschaft erweiterte Untersuchungen im Bereich des Dendrochronologie, am Beispiel von Rutschungen, angesetzt worden (Raum Oberwallis).

Oskar Keller arbeitet im Rahmen seines Nationalfonds-Projektes an einem Modell zum Abbau der Würmvereisung im *Rheingletscher-Gebiet.* Er stützt sich dabei besonders auf die Auswertung von Aufschlüssen.

Thomas Häberle schloß seine Dissertation „Spät- und postglaziale Gletschergeschichte des Hörgárdalur-Gebietes, Tröllaskagi, Nordisland" ab; Werner Schwarz eine gemeinsame Dissertation zusammen mit seiner Frau Gabriela, einer Historikerin, über „Grundzüge der Klima- und Umweltgeschichte des Hoch- und Spätmittelalters in Mitteleuropa".

c) Prof. Dr. Peter Frankenberg berichtet über Ergebnisse der ersten dreijährigen Forschungsphase über die Massenbewegung und Bodenerosion im Untersuchungsgebiet des Gunzesrieder Tales (Allgäu): Die *Bodenerosion* ist nach den Messungen in genormten, abgegrenzten Parzellen bzw. Kleineinzugsgebieten in der Gesamtdimension des Abtragsgeschehens gering. In gegangelten Alpweiden und im Wald findet nahezu keine Erosion statt. Die höchsten Beträge liefern Wanderwege. Ihr Anteil an der Gesamtfläche ist jedoch gering. Skipisten bringen keine erhöhte Erosion. Gravierend ist die Wirkung der *Massenbewegung* im Sinne

eines Kaskadensystems. Primäre Auslöser sind Quellhorizonte an tektonischen Leitlinien. Die entsprechenden Rutschungen liefern Material in Wildbäche bzw. deren Zuflußrinnen. Damit wachsen dann Gefahren der Vermurung, der Überflutung bzw. größerer Wildbacherosion mit Wirkung bis in das Vorland. Die Untersuchungen belegen, daß in den Bereichen des Flysch bzw. der Mergel der Molasse nahezu alle Hänge mobil sind. Ausgelöst werden Rutschungen dann u. a. durch singuläre Witterungsereignisse, wie im Februar 1990.

Die flächenhaften Komplexuntersuchungen zur Hanglabilität wurden unter Einbeziehung der Schneedeckendynamik GIS-gestützt durchgeführt. Daneben sind die Analyse vom Niederschlagsregime des Tales, zum Abflußgeschehen mit Schwebestoffaustrag, zur Bodenkartierung, zur Schwermetallbelastung, zur Wildbachufererosion sowie auch zur Alpwirtschaft fertiggestellt worden. Derzeit wird ein umfassender Gesamtbericht erstellt.

d) Prof. Dr. Ulrich Schweinfurth (Heidelberg) teilt mit, daß ein Sammelband mit dem Thema: „Neue Forschungen im Himalaya" im Rahmen der Geographie am Südasieninstitut der Universität Heidelberg in der Reihe „Erdkundliches Wissen" als Bd. 111 erscheinen wird.

Die Habilitationsschrift von Priv.-Doz. Dr. rer. nat. W. Werner: „Pinus in Thailand" wird als Band 7 der Reihe „Geoecological Research" zu Beginn des Jahres 1993 erscheinen. Er wird sich dann mit den weiteren Coniferen *Podocarpus, Dacrydium, (Cephalotaxus, Calocedrus)* widmen. Außerdem wird er sich an einem Projekt der Regierung der Seychellen bezüglich endemischer Pflanzen auf der Inselgruppe beteiligen.

Im Gedächtnisband für Prof. Dr. H. J. Jusatz, dem Leiter der ehemaligen geomedizinischen Forschungsstelle der Akademie der Wissenschaften in Heidelberg, hat Prof. Dr. Ulrich Schweinfurth einen Aufsatz publiziert: „Geomedical Research in Ceylon/Sri Lanka".

e) Prof. Friedrich-Karl Holtmeier (Münster) setzte gemeinsam mit Dr. Gabriele Broll (Münster) seine langjährigen Forschungsarbeiten in der Colorado Front Range mit pedoökologischen Untersuchungen (einschließlich der gesamten aktiven mikrobiellen Biomasse) im Waldgrenzökoton fort. Er nahm an einem Symposium der IGU „Commission on Mountain Geoecology and Resource Management" vom 30. Juli bis 8. August 1992 teil und berichtete über seine Arbeiten.

Vom 5.–12. September 1992 leitete er in St. Moritz (Schweiz) in Kooperation mit dem „Intermountain Forest Research Laboratory (US-Forest Service, Montana State University)" und der „Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (Birmensdorf, Schweiz)" organisierten Internationalen Workshop zu dem Thema „Subalpine Stone Pines and Their Environment – The Status of our Knowledge". An der Veranstaltung nahmen 50 Wissenschaftler aus 12 Nationen teil. Die Vorträge werden voraussichtlich 1993 vom US-Forest Service publiziert.

Prof. Holtmeier nahm (als einziger Vertreter Deutschlands) an dem von rund 340 Wissenschaftlern besuchten internationalen Symposium „Ecology and Management of Larix Forests" in Whitefish (Montana) teil. Er hielt dort einen Vortrag über „European Larch in Middle Europe". Außerdem referierte er auf dem internationalen Symposium „ProCLIM" in Davos (Schweiz) über das Thema „How does Timberline Respond to Climatic Change?".

Die Mitarbeiterin Dr. Gabriele Broll berichtete auf dem internationalen Geographen Kongreß in Washington und auf der „International Conference on Cryopedology" in Pushchino (Moskau) über Ergebnisse der gemeinsam mit Prof. Holtmeier durchgeführten pedo-ökologischen Forschungsarbeiten in der Colorado Front Range. Weitere Schüler (Sabine Mellmann und Markus Wortmann, s. Jahrbuch 1991) setzten ihre Arbeiten fort.

Abgeschlossen wurden folgende einschlägige Dissertationen: Andreas Dahms „Wachstumsbeeinträchtigungen bei *Picea engelmannii* (Parry) Engelm. und *Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt. an unterschiedlich windexponierten Standorten im Waldgrenzbereich der Colorado Front Range, USA" und Udo Schickhoff „Das Kaghan-Tal im Westhimalaya (Pakistan) – Studien zur landschaftsökologischen Differenzierung und zum Landschaftswandel mit vegetationskundlichem Ansatz".

III. Meeresgeologie

Hr. Seibold berichtet:

In Zusammenarbeit mit K. J. Hsu (Zürich) und einem internationalen Programmkommitee konnten die HH. Thiede und Seibold eine Dahlemkonferenz vorbereiten und durchführen, die in Berlin vom 17.–22. März 1991 abgehalten wurde. Der Bericht wurde 1992 veröffentlicht: Hsu, K. J. und J. Thiede (Hg.): „Use and Misuse of the Seafloor. J. Wiley & Sons, Chichester etc., XV, 440 S.

Er versucht Fragen zu beantworten wie z. B.:

- Welches ist das Potential an Ressourcen aus der Tiefsee und was wissen wir über dortige eventuelle Auswirkungen durch Eingriffe des Menschen?
- Wie kann der menschliche Einfluß auf die Schelfmeere bestimmt und kontrolliert werden? Und für den wichtigsten submarinen Rohstoff:
- Welche Möglichkeiten, Gefahren und Alternativen gibt es bei der Gewinnung von Kohlenwasserstoffen im Untergrund der Meere?

Die Grundlagen für die intensiven Diskussionen unter den rund 50 Teilnehmern aus aller Welt lieferten entsprechende Übersichtsartikel, die zusammen mit den Ergebnissen der Beratungen veröffentlicht wurden.

Wie sehr derzeit zum Beispiel der Mensch in den Meeresboden der Nordsee eingreift, mag eine Abbildung (Abb. 3) aus dem Band zeigen (Aus P. J. Cook, N.G.T. Fannin und J. H. Hull: The Physical Exploitation of Shallow Seas, S. 157–180).

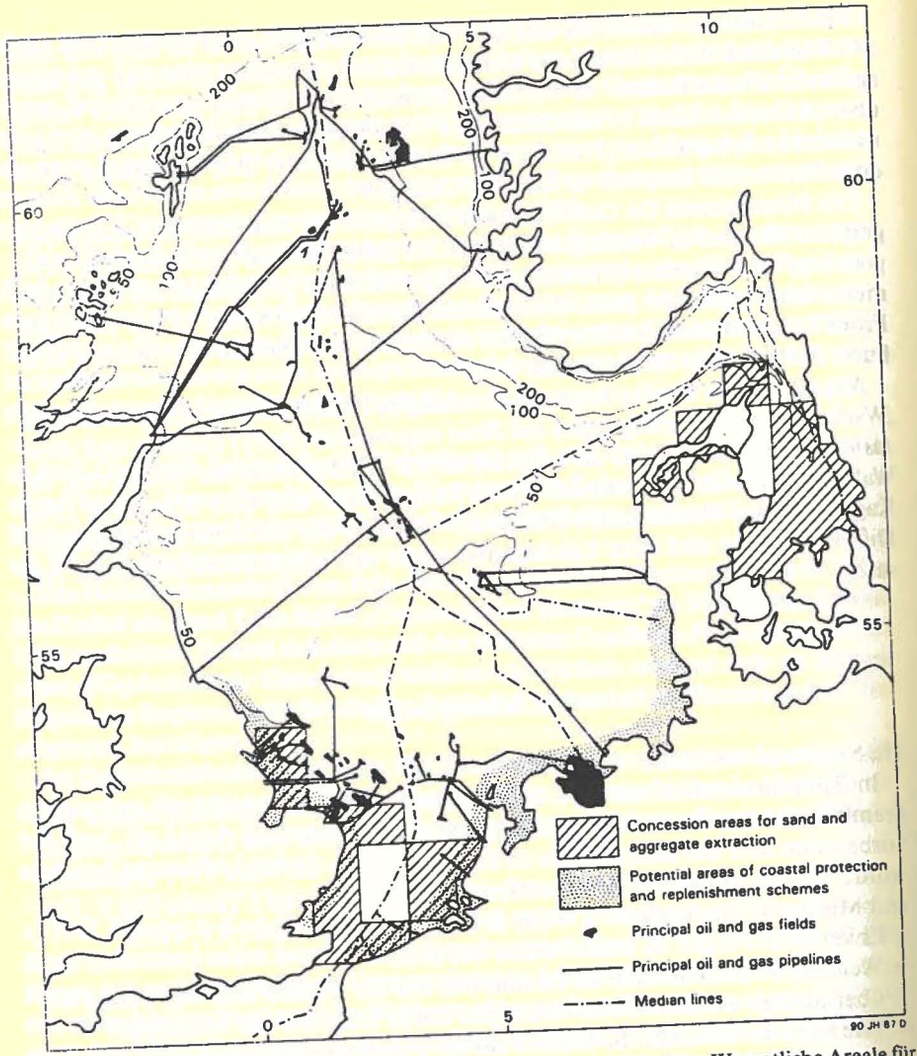


Abb. 3: Wichtige Erdöl- und Erdgasfelder samt Pipelines in der Nordsee; Wesentliche Areale für umfassenden Küstenschutz (punktiert) und für die Gewinnung von Kies und Sand (schraffiert).

IV. Geochemie der Erdkruste und des Erdmantels

Hr. Wedepohl berichtet:

Im Berichtsjahr wurde die Magmenentwicklung des tertiären und quartären Vulkanismus in Westdeutschland bearbeitet. Die Entstehung der primären basaltischen Magmen in der Asthenosphäre des oberen Erdmantels ist offenbar durch

eine Aufwölbung dieses Teils des Mantels bedingt, die mit den Massenverlagerungen der alpinen Gebirgsbildung zusammenhängt. Diese Aufwölbung zieht sich durch Nordost-Frankreich, die Schweiz, Westdeutschland, Belgien und Holland. In den beiden zuletzt genannten Ländern ist es offenbar in der genannten Zeit nicht zu Vulkanismus gekommen, weil hierzu noch eine andere Bedingung erfüllt sein muß. Zur Entstehung alkalibasaltischer Magmen durch Partialschmelzbildung muß das den entsprechenden Druck- und Temperaturbedingungen ausgesetzte Volumen des Erdmantels vorher chemisch sensibilisiert worden sein. Eine derartige Sensibilisierung erfolgt durch Stoffzufuhr von Fluiden, welche mit Elementen beladen sind, die sich aus kristallchemischen Gründen in den typischen Mantelmineralen nicht lange speichern lassen. Der genannte metasomatische Sensibilisierungsprozeß hängt offenbar mit der Entwässerung subduzierter ozeanischer Kruste an früheren Kontinenträndern zusammen. Die zugeführten Flüssigkeiten werden in Form hydroxylhaltiger Silikate und Karbonate solange im oberen Erdmantel gespeichert, bis eine Druckentlastung durch Aufstieg diesen Mantel unter Schmelzbedingungen bringt. Die Schmelztemperatur ist dabei durch das chemisch gebundene aber verfügbare Wasser um mehr als 100°C erniedrigt. Der genannte Metasomatoseprozeß ließ sich in unserem Gebiet vor allem durch Stoffbilanzen mittels stabiler und radiogener Isotope nachweisen.

Das aus der Mantelmetasomatose stammende Wasser wurde durch die alkalibasaltischen Magmen wieder in die Erdkruste transportiert. Dort, wo diese Schmelzen relativ hohe Wassermengen enthielten, was an Amphibolgehalten dieser Gesteine noch erkennbar ist, neigten sie besonders stark zu einer magmatischen Differentiation. Unter diesem Prozeß versteht man die Abtrennung von früh aus dem sich abkühlenden Magma ausgeschiedenen Mineralen, die zu einer chemischen Veränderung der Schmelze führt. Derart gebildete Sekundärmagmen sind für den Vulkanismus der Eifel, des Siebengebirges, der Rhön, des Kaiserstuhls und des Hegaus charakteristisch. Diese Schmelzen wurden infolge ihres Gasgehaltes oft explosiv gefördert. So sind vor etwa zehntausend Jahren im Gebiet des heutigen Laacher Sees cirka 5 km^3 Schmelze unter ihrem hohen Gasdruck in die Atmosphäre geschleudert und im Südwestwind als feiner Staub über Mittel- und Nordeuropa verteilt worden. Magmen-Differenzierung hatte zu einer relativen Anreicherung der leichtflüchtigen Bestandteile geführt, die vor einigen hundertmillionen Jahren durch Subduktion von Kruste in den oberen Erdmantel gekommen waren.

V. Geobotanische Studien

Hr. Rauh berichtet:

Während der Monate Februar bis April führte Hr. Rauh eine weitere Studienreise nach West- und Südwestmadagaskar durch, um Material für das in Vorbereitung befindliche Werk: „Die Sukkulenten-Vegetation Madagaskars" zu sammeln.

Hierbei konnten auch die Auswirkungen einer 18 Monate lang währenden Trokkenzeit (normaler Jahresniederschlag ± 300 mm) beobachtet werden. Wenngleich auch die Vegetation sich in einem recht desolaten Zustand befand, so konnten dennoch einige neue bemerkenswerte Pflanzen entdeckt werden (s. Bericht: Botanische Forschung).

Nicht nur die krautigen Pflanzen, sondern auch die holzigen, baumförmigen, xerophytischen Euphorbien, insbesondere Arten der *Tirucalli*-Gruppe, wiesen starke Trockenheitsschäden auf. Die ohnehin dürftige Vegetation der Annuellen und Gramineen war nicht zur Entwicklung gekommen. Dadurch hatten die zahlreichen Zeburinder, der Reichtum der Antandroy- und Mahafaly-Stämme, unter extremem Futtermangel zu leiden. Aber auch die Wasserversorung nahm infolge des Absinkens des Grundwasserspiegels katastrophale Formen an. Die Folgen davon war ein Massensterben der Tiere, was eine Hungersnot der Bewohner nach sich zog. Erst im Oktober 1992 sind erstmalig spärliche Niederschläge gefallen.

In Gebieten, die heute noch von ausgedehnten Beständen des Baobab (*Andansonia*-Arten) bedeckt werden, so bei Morondava an der mittleren Westküste, wo der gewaltige *Andansonia grandidieri* noch eindrucksvolle lichte Wälder bildet, hat man Bäume abgeschlagen und aufgrund ihres hohen Wassergehaltes an das Vieh verfüttert. So werden auch die für Madagaskar einmaligen Baobab-Wälder bei weiteren derartigen Klimakatastrophen fortlaufend dezimiert. Schon im Berichtsjahr 1991 wurde auf die rasant fortschreitende Vernichtung der primären Vegetation hingewiesen. Um der Erosion Einhalt zu gebieten, sind vor allem im Hochland Madagaskars tausende von Hektar mit Eukalyptus und Kiefern bepflanzt, die der Landschaft heute schon das Gepräge geben. Wenn mit diesen schnellwüchsigen Gehölzen der Holzknappheit und auch der Erosion entgegengewirkt werden kann, so tragen gerade Kiefern und Eukalyptus zu einer fortschreitenden Bodenverschlechterung bei, und der Tag wird nicht mehr fern sein, an welchem Madagaskar seinen Ruf als „merveille de la nature" endgültig verlieren wird.

Anläßlich eines Sukkulenten-Symposiums der amerikanischen Kakteen-Gesellschaft in Pasadena (Kalifornien), auf welchem Hr. Rauh einen Vortrag über „Anpassungen der Sukkulenten Madagaskars an die Umgebung" hielt, konnte die nahe San Diego (Kalifornien) sich erstreckende Borragao-Wüste besucht und hier vegetationskundliche Studien durchgeführt werden. Von besonderem Interesse waren die Standorte von *Pinus monophylla*, der einnadeligen und *Pinus quadrifolia*, der viernadeligen Kiefer, beides extreme, xerophytische Arten der Gattung, die in hervorragender Weise hinsichtlich Wuchsform und Anatomie ihrer Organe an Trockenheit angepaßt sind. Aufgrund ihrer extremen Standortbedingungen sind beide Arten in der Kultur recht schwierig zu halten.

VI. Forschungen zur Geographie und Geschichte des Eiszeitalters (Pleistozän) und der Nacheiszeit (Holozän)

Hr. Frenzel berichtet:

Die Arbeiten kreisten um zwei Probleme, nämlich einerseits um die Paläoökologie Osttibets und andererseits um die jungquartäre Paläohydrologie Süddeutschlands.

1) Paläoökologie Osttibets

Hr. Frenzel hatte in den Jahrbüchern 1990 und 1991 der Akademie der Wissenschaften und der Literatur über vorläufige Ergebnisse einer Expedition durch die Osthälfte Tibets berichtet, an der er 1989 hatte teilnehmen können. Es war das damalige Hauptziel, Beweise für oder gegen die Hypothese zu finden, daß das tibetische Hochplateau während der Letzten Eiszeit ein Inlandeis getragen habe, das durch seine starke Reflexion in den niederen nördlichen Breiten eine spätere Entstehung des laurentischen und des skandinavischen letzteiszeitlichen Inlandeises ausgelöst habe. Kuhle (1991) hat diese Annahme inzwischen generell auf pleistozäne Eiszeiten ausgedehnt.

Das Ergebnis der deutsch-chinesischen Expedition (Leiter: Prof. Dr. Jürgen Hövermann, Göttingen und Prof. Dr. Li Jian, Chengdu) von 1989 war allerdings, daß es keinerlei Beweise zugunsten der Inlandeis-Hypothese gibt, vielmehr war es in den damals bearbeiteten Gebieten (Abb. 1) während der Letzten Eiszeit nur zu recht lokalen Gebirgsvergletscherungen gekommen. Shi Yafeng et al. (1991) hatten im wesentlichen die selben Ergebnisse erzielt, vermuteten aber darüber hinaus eine etwa 50 000 qkm große Eiskappe während der Vorletzten Eiszeit im Quellgebiet des Hoang Ho (NO-Tibet).

Neben dieser quartärgeologischen Zielsetzung beabsichtigte Hr. Frenzel 1989 außerdem, möglichst viele geologische Handbohrungen in Seen und Mooren niederzubringen, um Aufschluß über die jungquartäre Vegetations- und Klimageschichte Ost-Tibets zu gewinnen, und es sollten an der alpinen Waldgrenze, die in Südost- und Ost-Tibet meist bei 4400 bis 4600 m Höhe gelegen ist, für verschiedene Gebiete weit zurückreichende Jahrringsequenzen aufgebaut werden, die die dortige jungholozäne Klimageschichte zu rekonstruieren gestatten könnten.

Die 1989 erzielten Resultate waren einerseits recht erfolgversprechend, ließen aber noch andererseits viele Fragen offen, so daß Hr. Frenzel im Sommer 1992 eine weitere Expedition nach Ost-Tibet durchführte, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften und der Academia Sinica finanziert worden war. Dies sei sehr dankbar vermerkt.

Die Expedition wurde geleitet von Prof. Dr. Li Jian und Dr. Liu Shijian, beide Institute of Mountain Hazards and Environment, Academia Sinica, sowie von Hrn. Frenzel. Das wissenschaftliche Personal bestand außerdem aus Dr. Anne-

Kathrin Gliemeroth, (Stuttgart-Hohenheim: Biomassebestimmungen), Dr. Frank Lehmkuhl (Göttingen: Geomorphologie), Dipl.-Biologen Achim Bräuning (Stuttgart-Hohenheim: Dendroklimatologie und Herbar), Dipl.-Geographen Norbert Niehoff (Göttingen: Hydrologie), Prof. Dr. Tang Bangxing (Chengdu: Geologie), Prof. Dr. Huang Baolin (Guangzhou: Physikalische Altersbestimmungen) und Prof. Dr. Huang Weiwen (Beijing: Archäologie). Vier chinesische Fahrer, eine chinesische wissenschaftliche Hilfskraft und ein Koch vervollständigten die Gruppe.

Folgende Probleme sollten bearbeitet werden:

1. Es war zu prüfen, ob auch in den hohen Gebirgen im Zentrum Ost-Tibets das eiszeitliche Inlandeis gefehlt hatte und sich dort das 1989 gewonnene Bild bestätigte nämlich, daß nur in den heute feuchteren Gebirgen letzteiszeitliche Stauchendmoränen auftraten, in den trockeneren Gebirgen aber statt dessen nur Satzendmoränen.

2. Es sollten erneut möglichst viele geologische Bohrungen niedergebracht werden, um den Gang der spätglazialen und nacheiszeitlichen (holozänen) Einwanderung der Vegetation auf das Plateau sowie die damalige Klimageschichte erforschen zu können. Diese Untersuchungen sollten weiterhin die Frage zu bearbeiten gestatten, ob der Mensch schon in vorgeschichtlicher Zeit die Vegetation Hoch-Tibets nachhaltig beeinflußt hatte, wie sich aus Pollenanalysen des 1989 gewonnenen Materials anzudeuten scheint.

3. Es sollte an möglichst vielen Stellen die Menge der ober- und unterirdischen Biomasse bestimmt werden. Dies war insofern wünschenswert, als die ökologischen Bedingungen und manche heutige Steppentypen Hoch-Tibets denen des letzteiszeitlichen Europas geähnelt zu haben scheinen, so daß Aufschluß über die damalige hochglaziale Primärproduktion Europas zu erhoffen war.

4. 1989 hatte sich herausgestellt, daß an der alpinen Waldgrenze Hoch-Tibets mehr als 1000 Jahre alte lebende Wacholder gedeihen können, die gute dendroklimatologische Untersuchungen gestatten. Es hatte sich allerdings auch gezeigt, daß es heute auf dem tibetischen Plateau mehrere Wuchsklima-Provinzen gibt. Es galt jetzt, diese Untersuchungen fortzusetzen und zu verfeinern.

5. Die Nordhälfte Tibets liegt im Bereich des Dauerfrostes, mit jährlichen Auftautiefen von 30–60 cm. Das Gebiet wird aber auch durch zahllose Thermokarstseen charakterisiert. Es sollte daher versucht werden, durch Bohrungen in derartigen Seen – zu Fuß oder vom Boot aus – Aufschluß über das Alter des Thermokarstes zu gewinnen.

6. Lassen sich dortige Oberflächenformen und Sedimente auch recht gut in eine relative geologische Zeitskala einordnen, so sollte doch auch versucht werden, möglichst viele „absolute" Altersdaten zu gewinnen. Das konnte nur durch Aufgraben geologischer Profile und geeigneter Probenahme für die ^{14}C- und die Thermolumineszenzdatierung (TL) erfolgen.

7. 1989 hatte Hr. Frenzel bei 4400 m Höhe im Quellgebiet des Hoang Ho Artefakte aus Quarziten gefunden, die als neolithisch erkannt worden waren (Freund, G.: 1991). Es sollte versucht werden, weitere Aufsammlungen am Fundplatz und

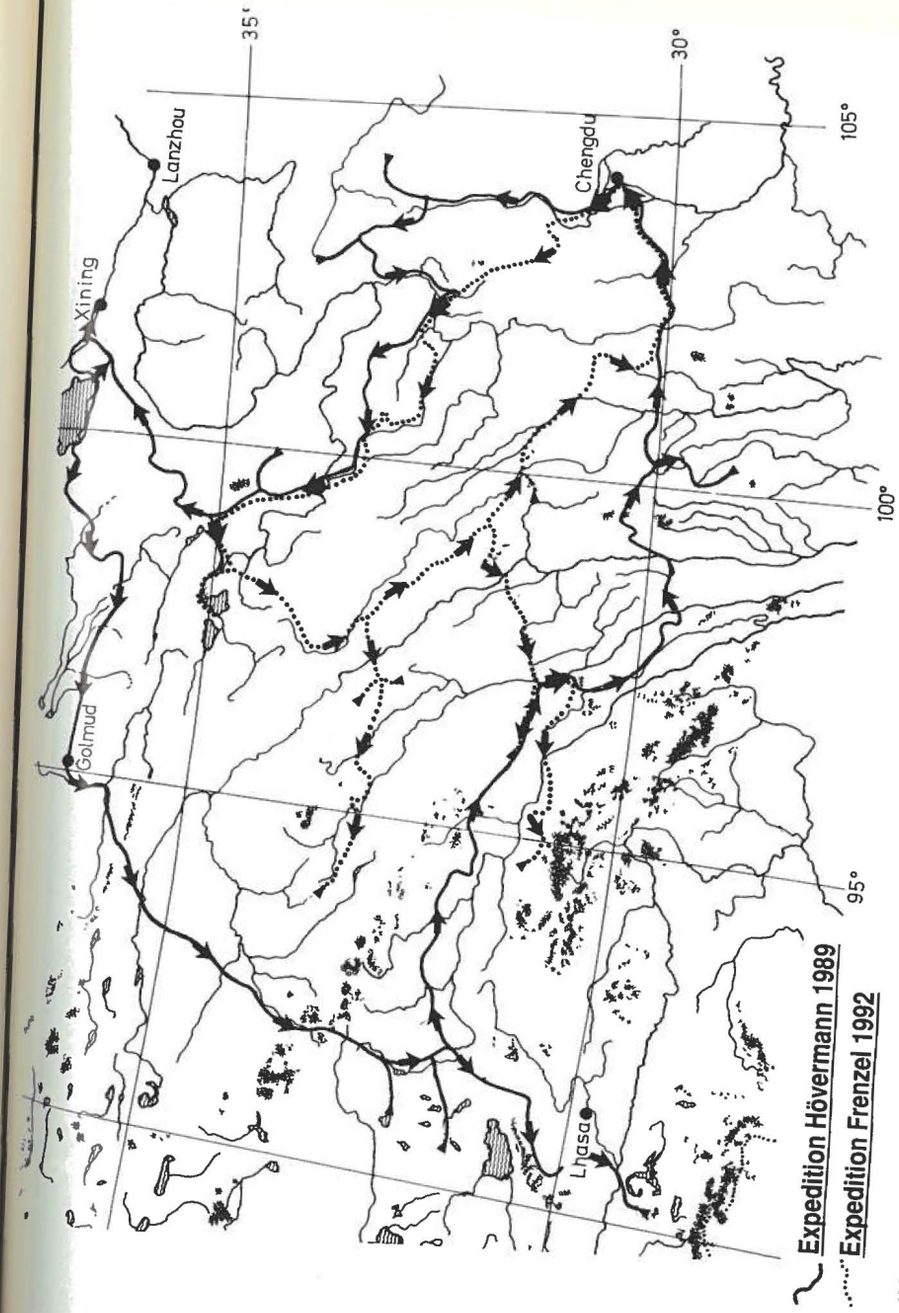


Abb. 1: Routen der Expeditionen 1989 und 1992. Schraffur: Seen; Schummerung: Heutige Vergletscherung.

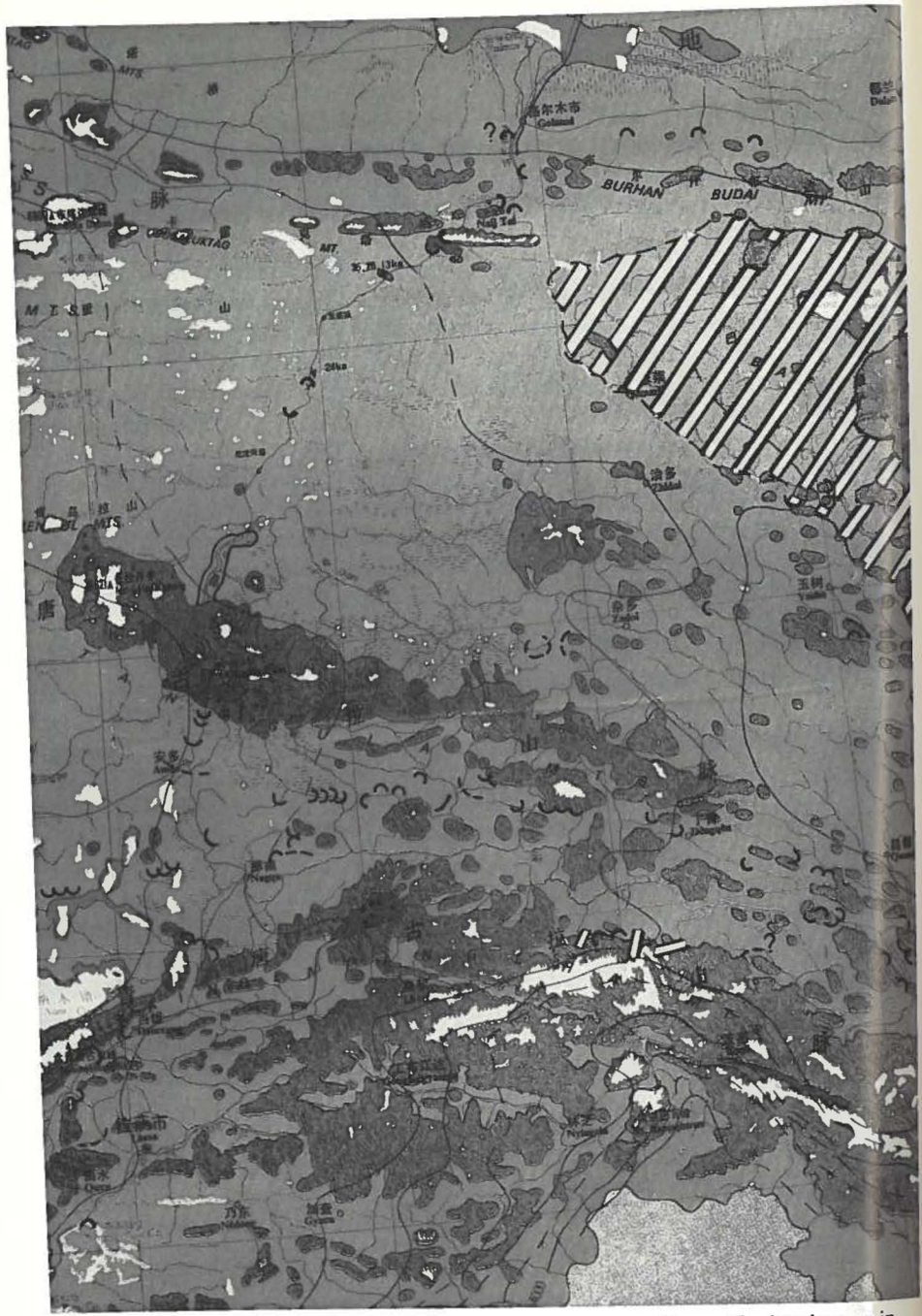
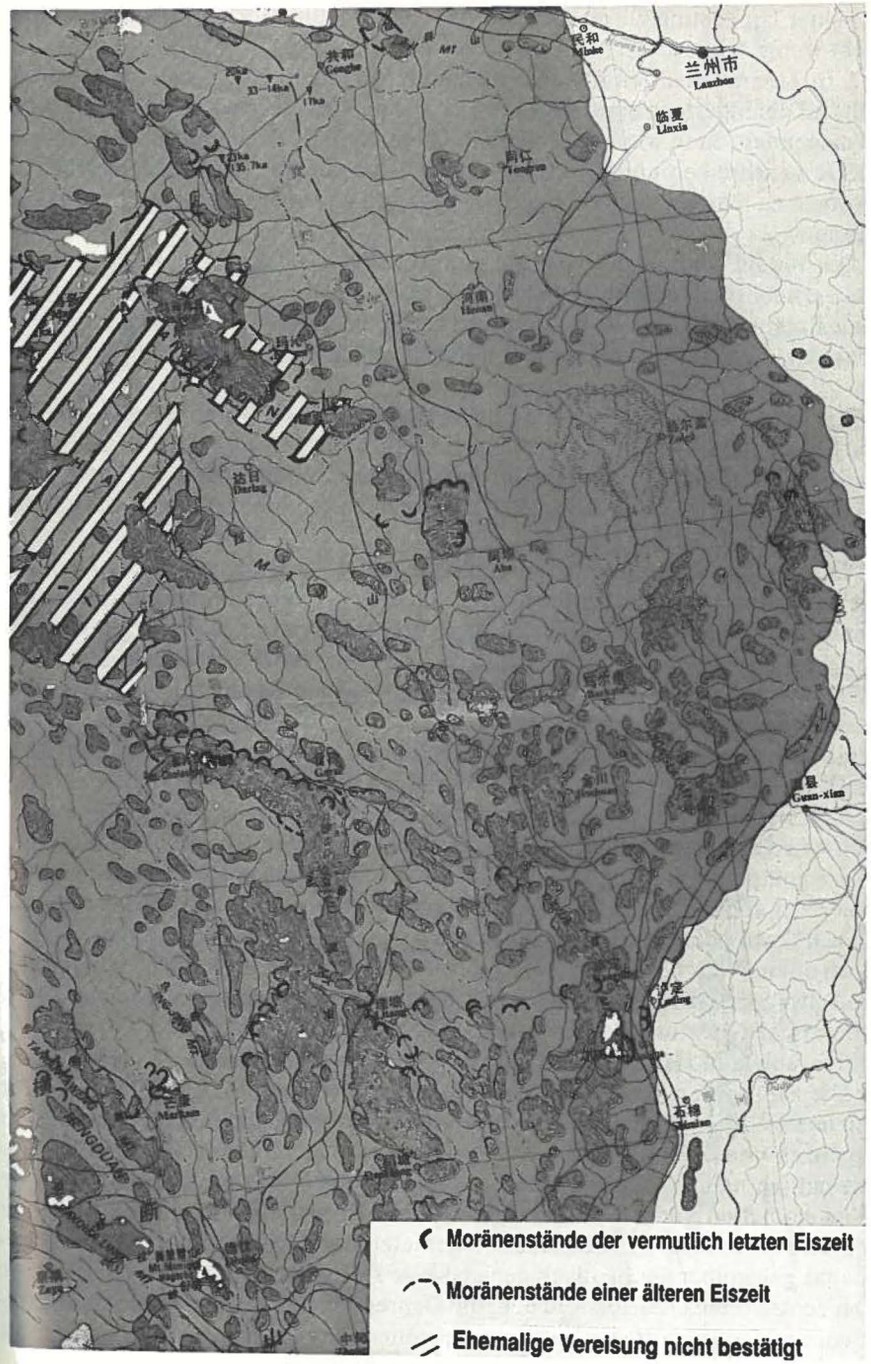


Abb. 2: Beobachtungen zur vermutlich letzteiszeitlichen und einer älteren Vergletscherung in Ost-Tibet. Kartengrundlage: Shi Yafeng et al. (1991): hellgrau: eiszeitlich unvergletschert; dunkelgrau: letzteiszeitliche Vergletscherung; weiß: heutige Vergletscherung.—Eigene Beobachtungen: Siehe Legende auf der Karte.



in seiner Umgebung zu machen, da das Neolithikum Hoch-Tibets noch heute recht wenig erforscht ist.

8. In Zusammenarbeit mit dem Klinikum Mannheim ergab sich die Möglichkeit, auf der innerhalb eines Tages von ca. 450 m Höhe auf mehr als 4000 m Höhe ansteigenden, dann wiederholt 4900 m Höhe überschreitenden Route Langzeit-EKGs zu schreiben und Blutdruck- und Pulsmessungen am wissenschaftlichen Personal zu machen, und zwar auch dann, wenn physisch äußerst hart gearbeitet wurde.

Der Verlauf der Expeditionsroute kann aus Abb. 1 entnommen werden. Er war trotz erheblicher technischer Schwierigkeiten so gewählt worden, um eine optimale Ergänzung zu den Beobachtungen des Jahres 1989 zu erhalten und um möglichst viele, physisch-geographisch unterschiedlich ausgestattete Räume studieren zu können.

Die hervorragend organisierte Logistik lag in den bewährten Händen von Dr. Liu Shijan. Mit ihm hatte Hr. Frenzel bei einem von der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften finanzierten dreimonatigen Aufenthalt Dr. Lius' zum Jahreswechsel 1991/1992 alle Einzelheiten besprechen und sorgfältig planen können.

Während der Expedition wurden die folgenden vorläufigen Resultate erzielt. Sie werden an anderer Stelle ausführlich darzustellen sein: Gemäß den umfassenden geomorphologischen, geologischen und sedimentologischen Beobachtungen, besonders von Dr. Frank Lehmkuhl und Hrn. Frenzel, ergaben sich auch in dem 1992 bereisten Gebiet keinerlei Befunde, die auf letzteiszeitliches oder früheres Inlandeis verweisen könnten. Selbst die von Shi Yafeng et al. (1991) vermutete nordosttibetische Eiskappe der vorletzten Eiszeit hatte nicht bestanden (Abb. 2). Es fanden sich aber wiederholt Hinweise auf mindestens zwei, bisweilen auch drei größere Vereisungen. Die letzte war offenbar von der vorletzten durch eine Zeit extremer Verwitterung und Bodenbildung getrennt. Diese Bodenbildungsphase sollte dem Letzten Interglazial entsprechen, dessen starke Spuren schon mehrfach in der chinesischen Literatur erwähnt worden sind. Ob diesem „Interglazial" zwei oder nur eine Phase einer starken Vergletscherung gefolgt sind, ist noch offen. Wir erhoffen uns Aufschluß zu dieser Frage durch 51 TL-Datierungen und etwa 50 ^{14}C-Daten, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Botanischen Institut der Universität Hohenheim bezahlt und in Guangzhou, China, sowie in Heidelberg und Hannover angefertigt werden.

Die zahlreichen Geländebeobachtungen ermöglichen es, die Höhenlage der letzteiszeitlichen klimatischen Schneegrenze vorläufig anzugeben (Abb. 3). Sie ergänzen und berichtigen das 1959 durch Hrn. Frenzel (Abhandlungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse Jahrgang 1959, Nr. 13, Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Mainz) entworfene Bild. Die Beobachtungen lehren aber auch, daß die Depression der letzteiszeitlichen klimatischen Schneegrenze gegenüber der heutigen gebietsweise sehr verschieden stark war (Abb. 4). Der zentrale Teil Ost-Tibets, in dem die Depression der letzteiszeitlichen Schneegrenze nur 300 m betragen hatte, muß demnach damals sehr wenig Niederschlag

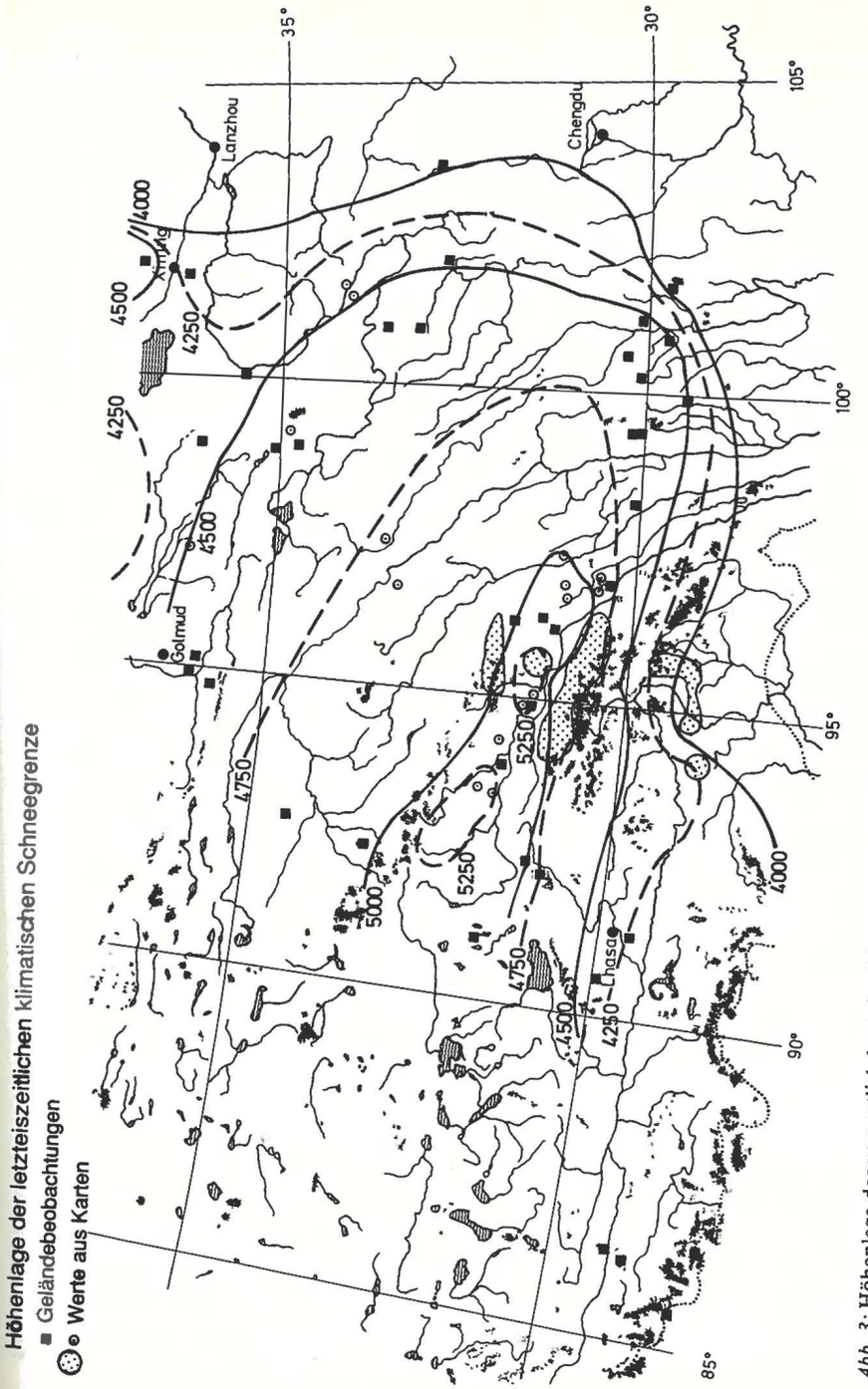


Abb. 3: Höhenlage der vermutlich letzteiszeitlichen klimatischen Schneegrenze. Schraffur: Seen; Schummerung: Heutige Vergletscherung.

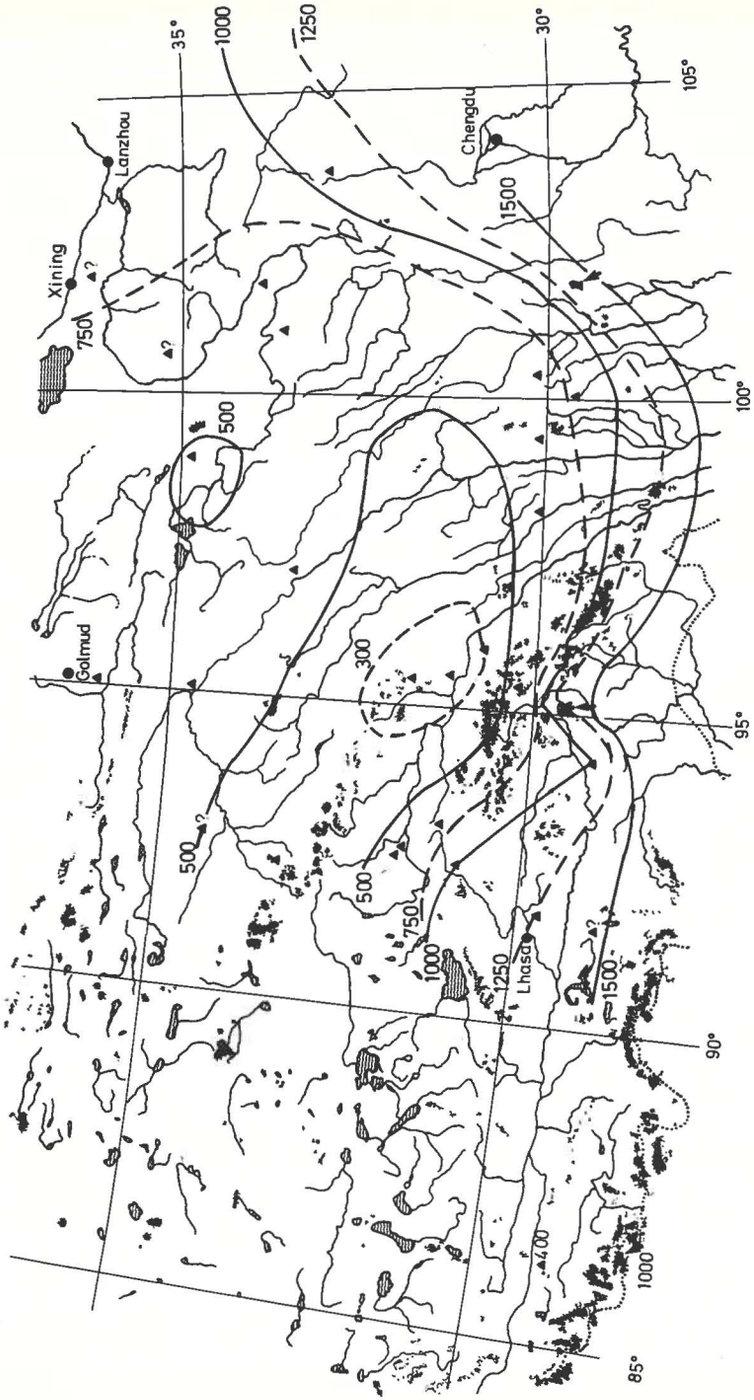


Abb. 4: Depression der vermutlich letzteiszeitlichen klimatischen Schneegrenze gegenüber der heutigen. Dreiecke: Beobachtungsstellen. Schraffur: Seen; Schummerung: Heutige Vergletscherung.

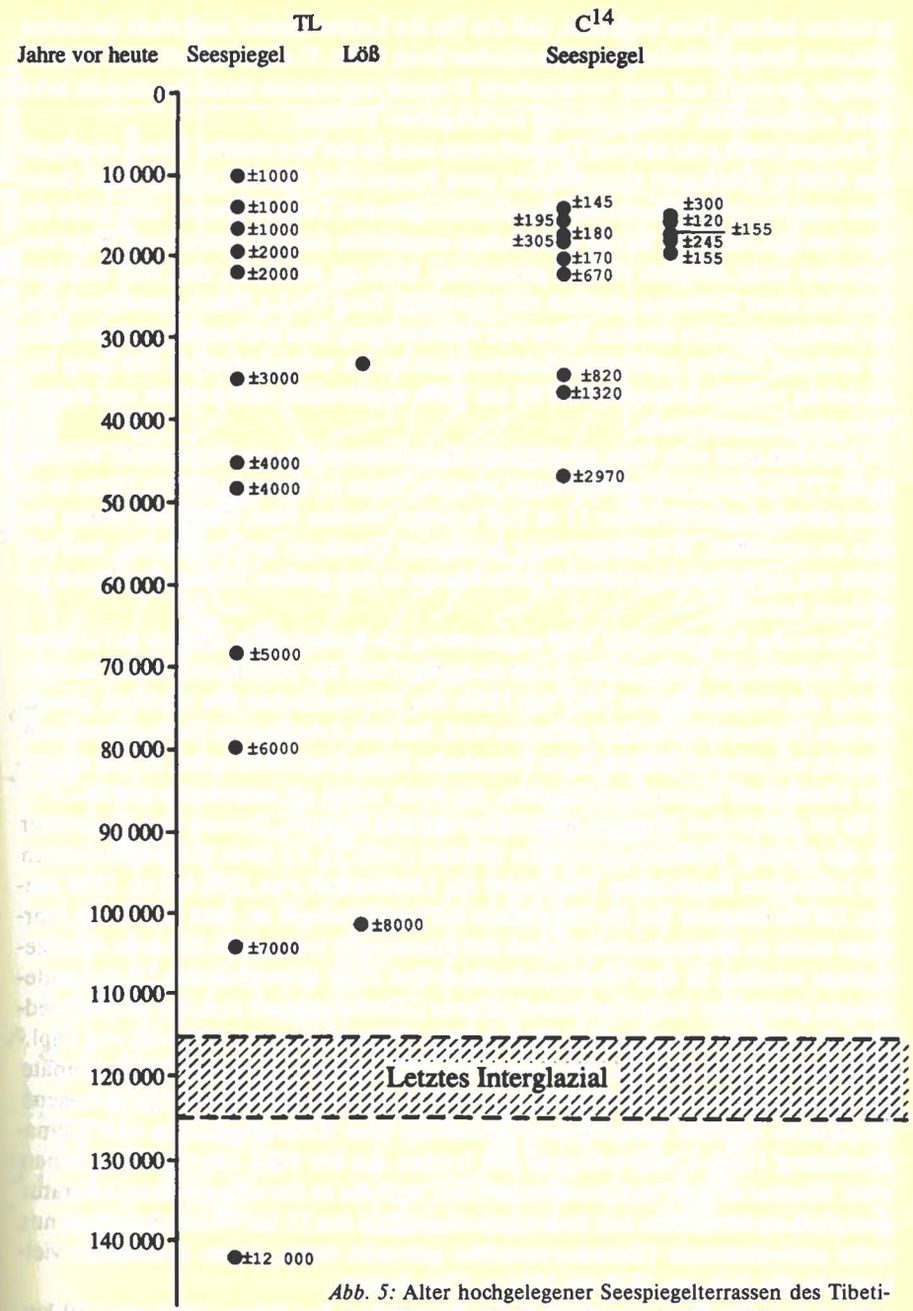


Abb. 5: Alter hochgelegener Seespiegelterrassen des Tibetischen Plateaus. TL-Daten: Daten der Expedition von 1989. C^{14}-Daten: Werte aus der Literatur.

erhalten haben. Dies bedeutet, daß die für die Letzte Eiszeit mehrfach datierten höheren Spiegelstände zentraltibetischer Seen (Abb. 5) nicht auf erhöhte Niederschläge, sondern auf eine verminderte Evapotranspiration dank der damals sehr stark abgesenkten Temperaturen zurückgehen dürften.

Zeugen eines sehr aktiven Dauerfrostes sind in der Nordhälfte Tibets oberhalb von 4200 m Höhe weit verbreitet, so etwa Pingos und Naledi (Abb. 6). Dort kommen auch reichlich Thermokarsterscheinungen vor. Diese konnten aber nicht datiert werden, da es im Bayan Kara Schan angesichts der sehr schlechten Wegeverhältnisse nicht möglich war, zu geeigneten Seen zu gelangen, und weil andererseits bei einer Bohrung nördlich des zentralen Tang Gu La Schan, vom Boot aus, der Bohrkopf im Eis stecken blieb und verloren ging. Das Bodeneis bereitete auch an anderen Stellen erhebliche Schwierigkeiten. Es wurde nördlich des Tang Gu La Schan mehrfach in ca. 30 bis 60 cm Tiefe angetroffen und kostete uns sieben Vorschlaghammerstiele.

Dennoch sind sehr viele geologische Handbohrungen niedergebracht worden (Abb. 7), bei denen völlig unerwartet an einer Stelle in mehr als 4000 m Höhe in einem schwimmenden Moor 11 m Torf erbohrt worden sind, ohne den festen Boden zu erreichen. Wir hatten nicht genügend Gestänge zur Verfügung, weil wir nicht mit der Möglichkeit derart tiefer Moore in den großen Höhen Ost-Tibets gerechnet hatten.

Das reiche Bohrmaterial wird gegenwärtig im Botanischen Institut der Universität Hohenheim aufbereitet. Es ist zu hoffen, daß die pollenanalytische Bestimmung der verschiedenen Taxa mit Hilfe des Blütenstaubes des reichlich gesammelten Herbarmaterials gut gelingen wird. Bei den Arbeiten am Herbar erstaunte, ähnlich wie schon 1989, der hohe botanische Sippenreichtum selbst in den zentralen tibetischen Plateaulandschaften, die doch meist als sippenarm gelten.

Es ist ein reiches Material an Bohrkernen aus Fichten, Tannen und Wacholder an der alpinen Waldgrenze erbohrt worden (Abb. 8). An zwei Stellen erreichten die besonders langlebigen Wacholder ein Lebensalter von 1000 bis ca. 1300 Jahren. Da der zentrale Teil der Stämme in der Regel morsch ist, dort also keine Jahrringe mehr zu bestimmen sind, muß mit einem noch wesentlich höheren Alter gerechnet werden. In den voneinander zum Teil stark abweichenden Dickenänderungen gleichalter Jahrringe verschiedener Gebiete spiegelt sich das unterschiedliche Regionalklima gut wider. Das an dem 1989 geborgenen Material von Dipl.-Biologen Achim Bräuning gewonnene Bild recht unterschiedlicher Wuchsklimate hat sich also bestätigt. Es ist daher zu hoffen, daß die noch nicht abgeschlossene detaillierte Analyse wesentlichen Aufschluß über Klimageschichte und Klimagliederung Hoch-Tibets während der letzten ein bis zwei Jahrtausende geben wird. Hierbei scheint sich herauszustellen, daß die in der chinesischen Literatur mehrfach als besonders kalt hervorgehobene Zeit des 17. bis 19. Jahrhunderts nur recht unbedeutende Gletschervorstöße gebracht hatte, deren maximaler vielleicht in die Zeit um 1810 bis 1820 n. Chr. datiert.

Nachdem Hr. Frenzel anläßlich der Expedition des Jahres 1989 etwa 30 km nordwestlich von Qamdo, Südost-Tibet, bei 4500 bis 4600 m Höhe mehr als 1000

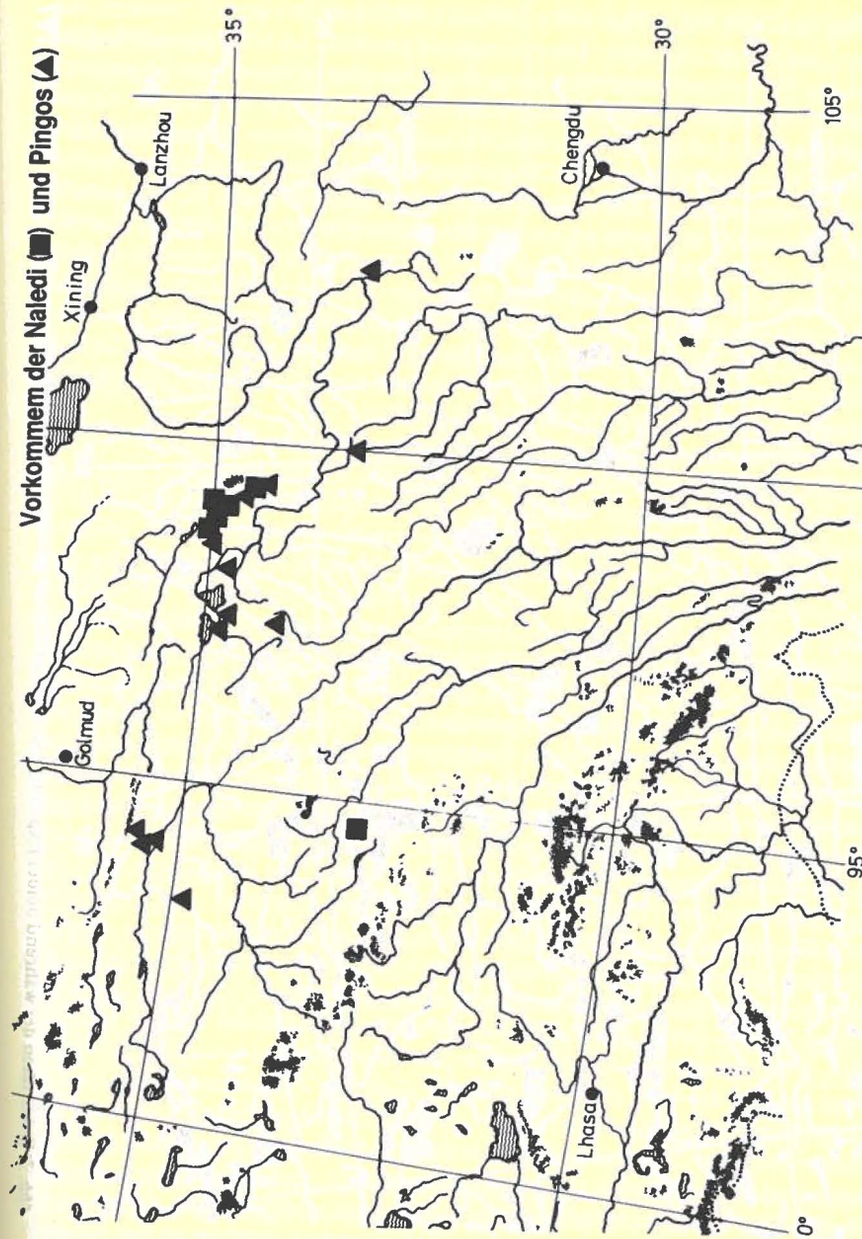


Abb. 6: Vorkommen der für Dauerfrost bezeichnenden Pingos und Naledi. Schraffur: Seen; Schummerung: Heutige Vergletscherung.

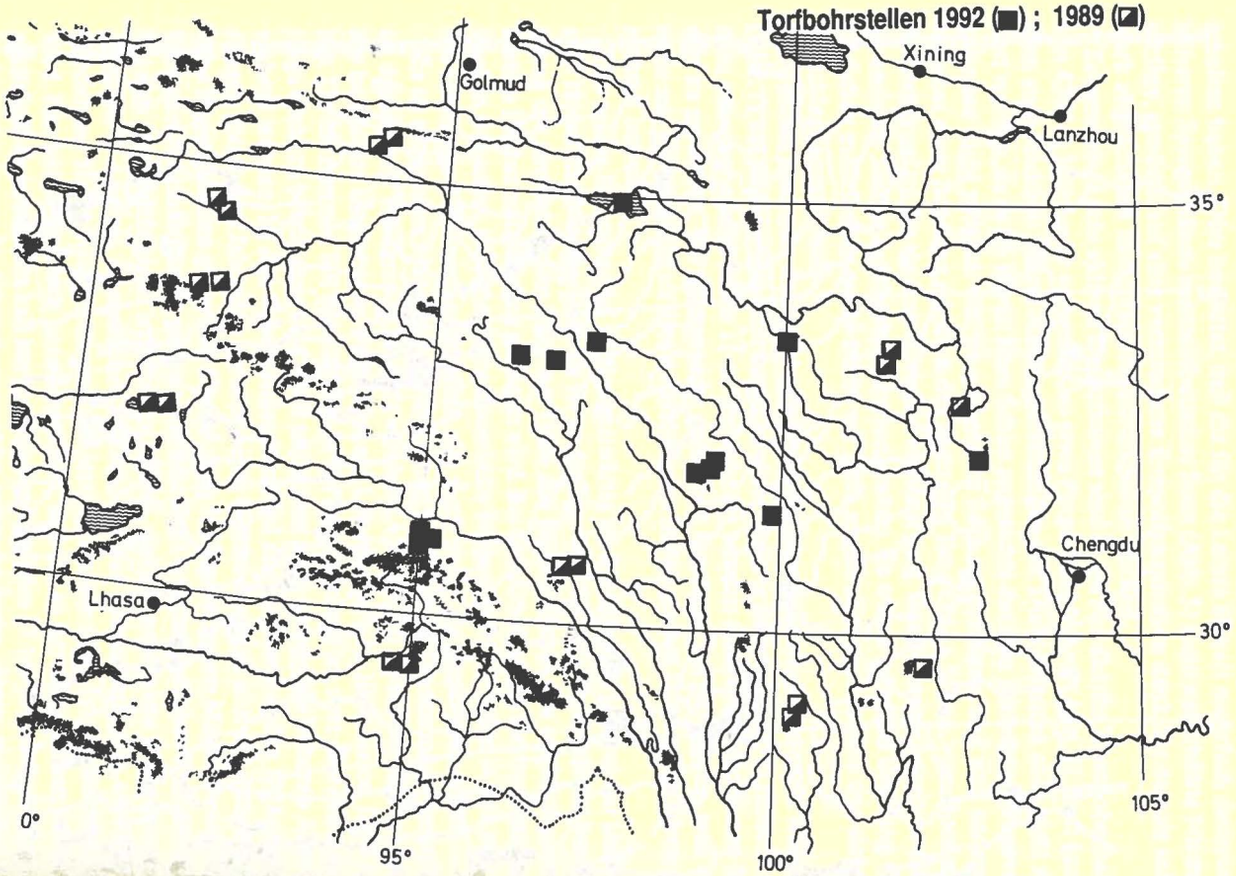


Abb. 7: Lokalitäten der während beider Expeditionen durchgeführten geologischen Bohrungen.

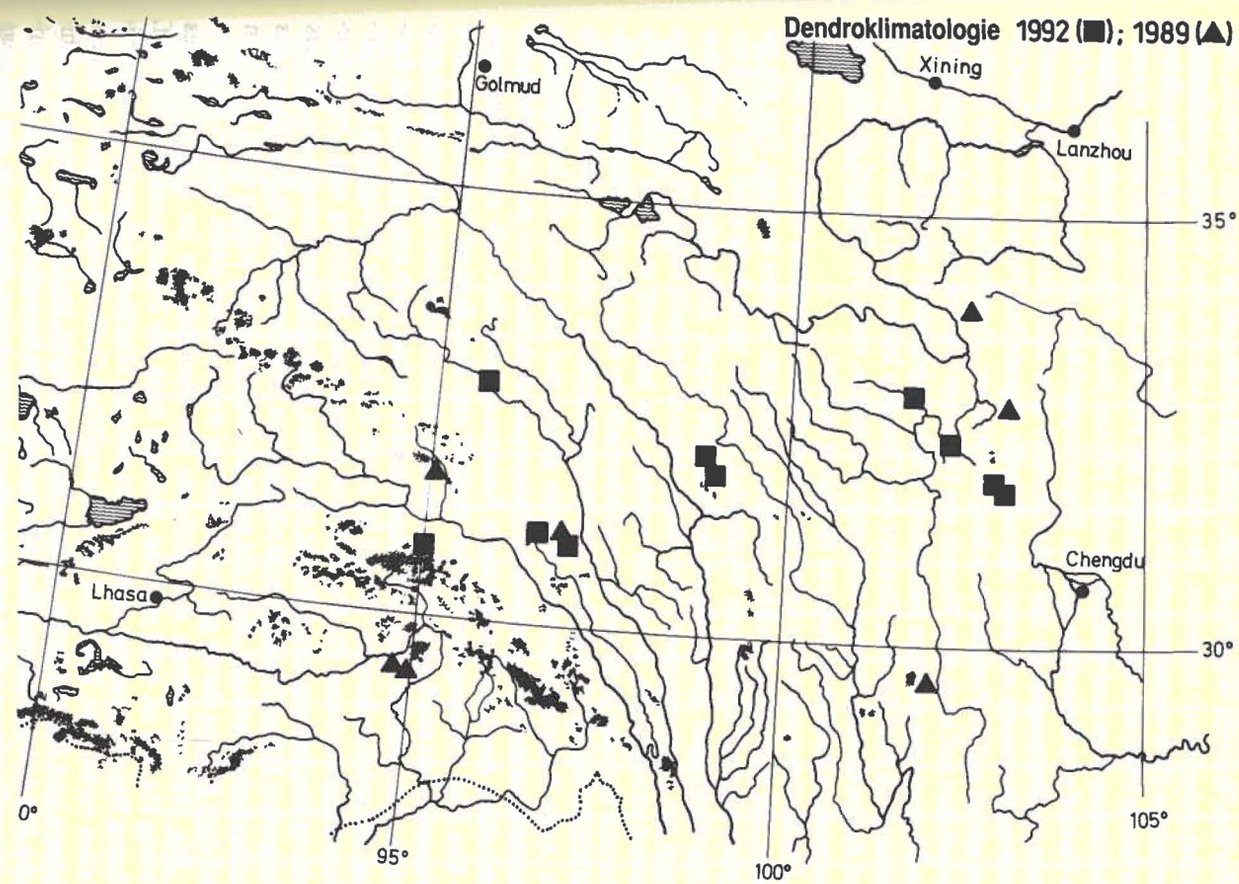


Abb. 8: Lokalitäten der während beider Expeditionen durchgeführten dendrochronologisch-dendroklimatologischen Bohrungen in lebenden Bäumen.

Jahre alte, lebende Wacholder hatte entdecken können, ist versucht worden, das Gebiet unter Schutz zu stellen. Die zahlreichen schriftlichen Vorstöße seit Beginn des Jahres 1990 waren vergeblich. Es gelang aber jetzt während der Expedition des Jahres 1992, den Governor General der Provinz Kam von dem hohen wissenschaftlichen Wert und dem praktischen Nutzen dieses Fichten-Wacholderwaldes im Verlauf von Unterredungen im Regierungsgebäude und anschließend im Gelände zu überzeugen, so daß sofort etwa 60 qkm unter strengen Schutz gestellt wurden, überwacht von zwei eigens hierfür abgestellten Forstbeamten. Das Gebiet erhielt auf Hr. Frenzels Vorschlag den Namen: „Qamdo Tang-dynasty juniper forest". Ihm soll nach dem Wunsch des Governor General ein Forschungsinstitut zur Ökologie der dortigen subalpinen Wälder angegliedert werden, das unter der Leitung von Prof. Dr. Wu, Direktor des Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, steht. Hr. Frenzel ist Mitglied des wissenschaftlichen Beirates für dieses Institut.

Die Bestimmungen der unter- und oberirdischen Biomasse litten unter der Tatsache, daß zwar vielfach schöne Steppen untersucht werden konnten. Fast alle gediehen aber auf ehemaligen Waldböden, wie sich beim Aufgraben der für diese Untersuchungen notwendigen Bodenprofile ergab. Es handelte sich offenbar meist um „Kultursteppen". Nur einmal konnte oberhalb von 4900 m Höhe eine Felsschuttvegetation bearbeitet werden, die habituell manchen eiszeitlichen Steppen Europas glich und die weit oberhalb der heutigen und auch der wärmezeitlichen Waldgrenze gedieh. Ihre Bioproduktion ist nach den Messungen von Dr. Anne-Kathrin Gliemeroth extrem gering und läßt somit die hochglazialen Verhältnisse des letzteiszeitlichen Europas nördlich der Alpen gut verstehen, einschließlich des damals so geringen Äsungsangebots für Groß- und Kleinsäuger.

Von Dipl.-Geographen Norbert Niehoff und Hrn. Frenzel wurden zahlreiche Wasserproben aus Regen, Flüssen, Eis und Auftauboden entnommen. Die chemischen Analysen des Fluß- und Regenwassers stehen noch aus, wie auch die Analyse der stabilen Isotope ^{18}O und ^{2}H durch das Institut für Hydrologie des GSF-Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit, Strahlung und Umweltforschung Neuherberg, zur vielleicht möglichen Herkunftsbestimmung des Wassers der großen Flüsse Tibets. Es wird nämlich von Hrn. Frenzel an die Beteiligung des Auftaubodens gedacht, denn die meist kleinen Gletscher sollten nicht die schon auf dem Plateau derart großen Flüsse im wesentlichen allein speisen können.

Die 1989 gemachten Artefaktfunde des Neolithikums im Quellgebiet des Hoang Ho, bei ca. 4400 m Höhe, konnten dank der Zusammenarbeit mit Prof. Huang Weiwen bestätigt und erweitert werden. Hierüber wird gerade eine Publikation vorbereitet. Der Fund ist, wie sorgfältige Geländebegehungen bei Regen, Schnee und Sturm lehrten, isoliert. Es gelang nicht, im Gebiet weitere neolithische Fundpunkte anzutreffen. Hierbei ist jedoch bemerkenswert, daß diese primitiven Funde ungefähr aus der selben Zeit stammen dürften, in der bei etwa 3600 m Höhe am Mekong südlich von Qamdo bereits reiche, blühende Dorfsiedlungen mit Getreideanbau existierten (vgl. die von chinesischen Archäologen zum Teil ausgegrabene Siedlung Kano, aus etwa 5300 v.h.).

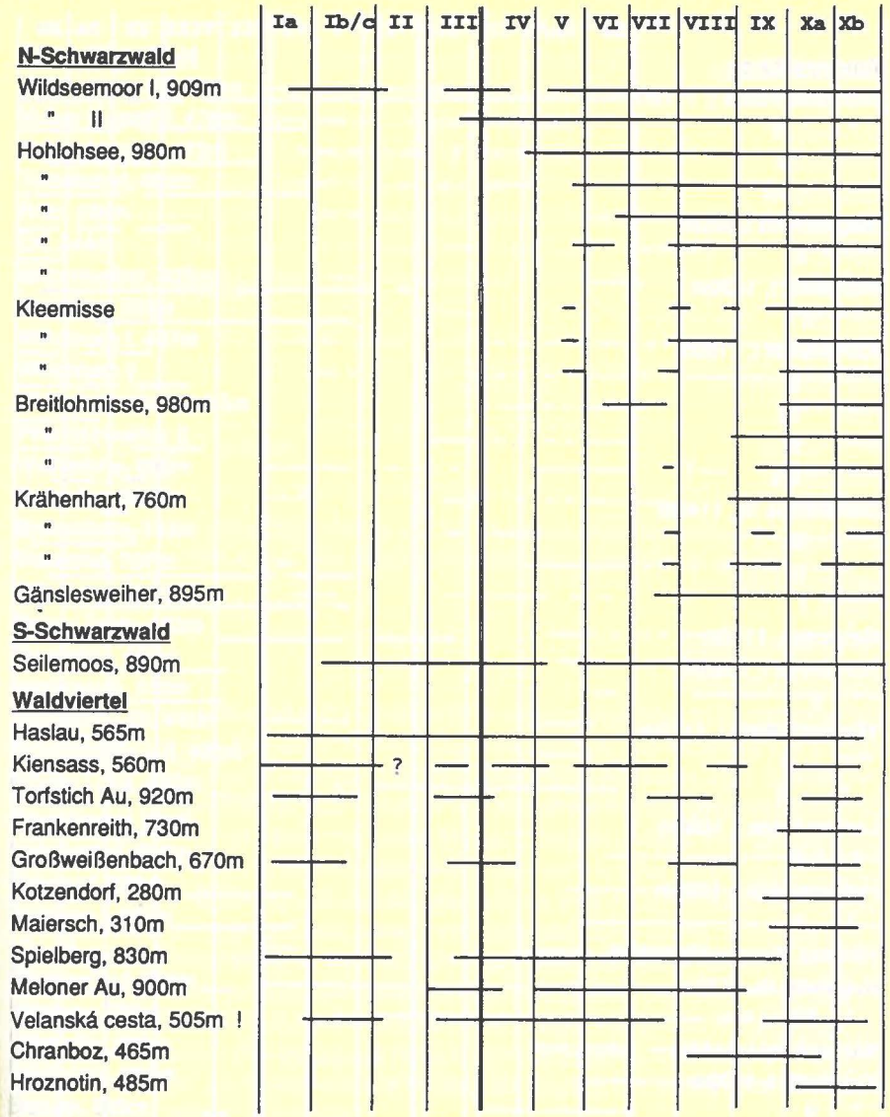
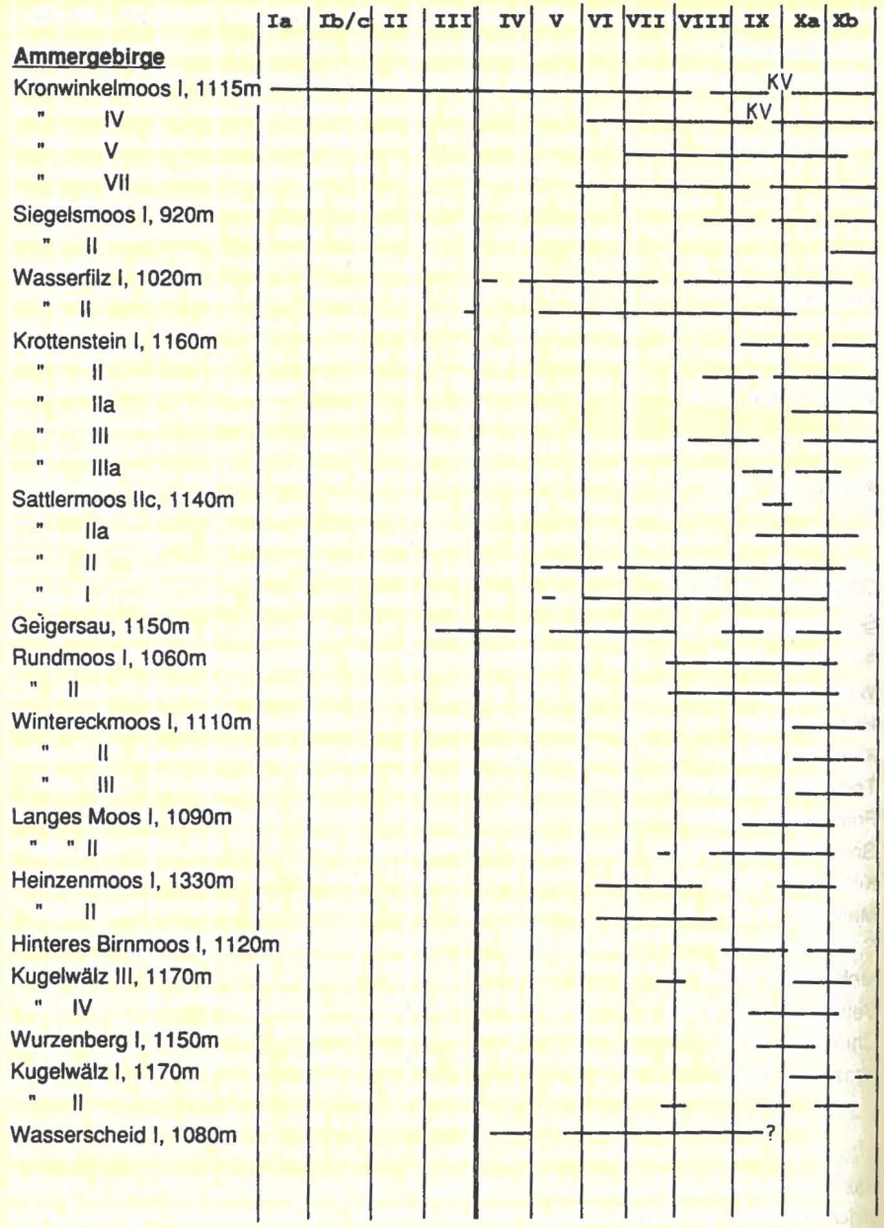
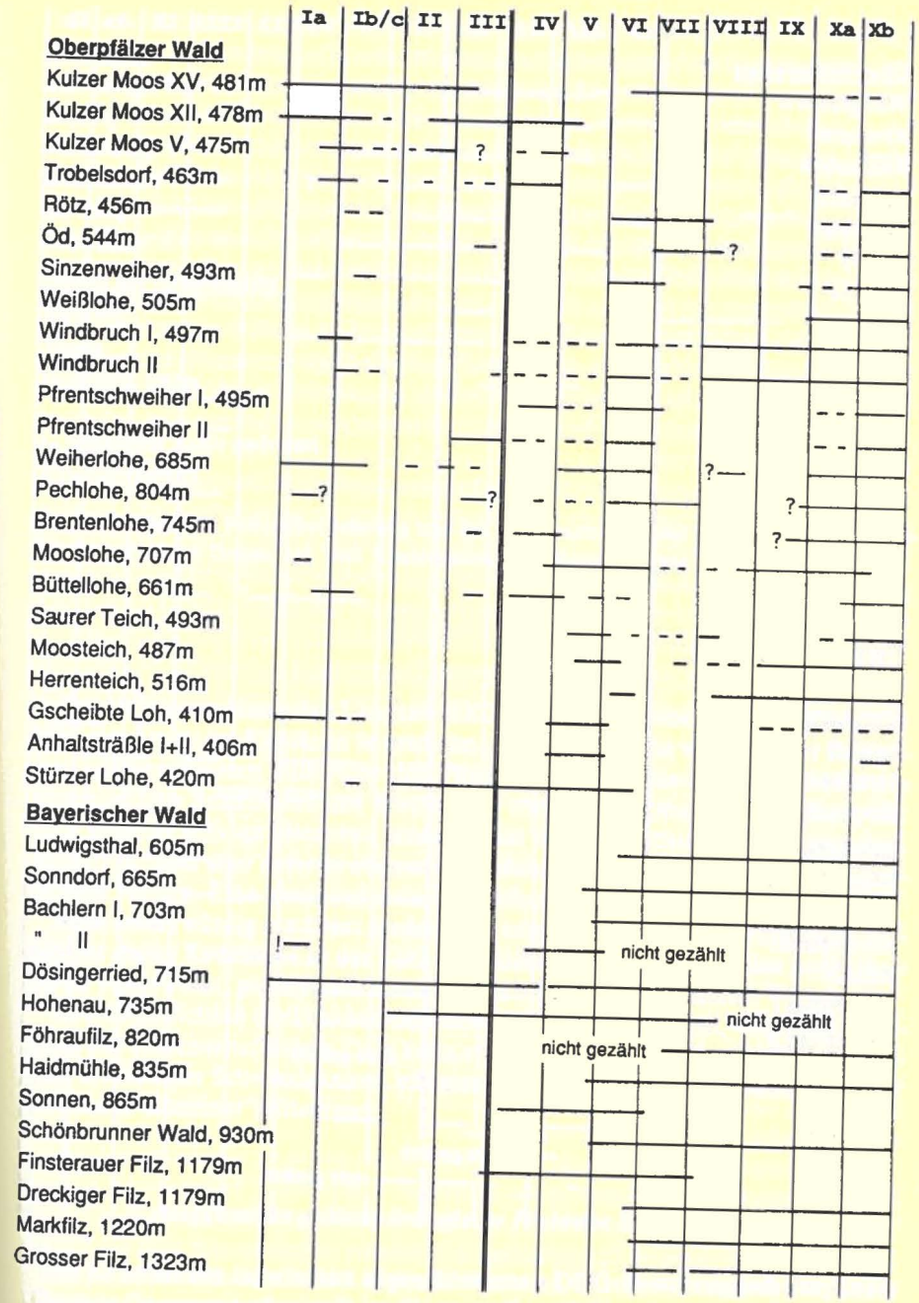
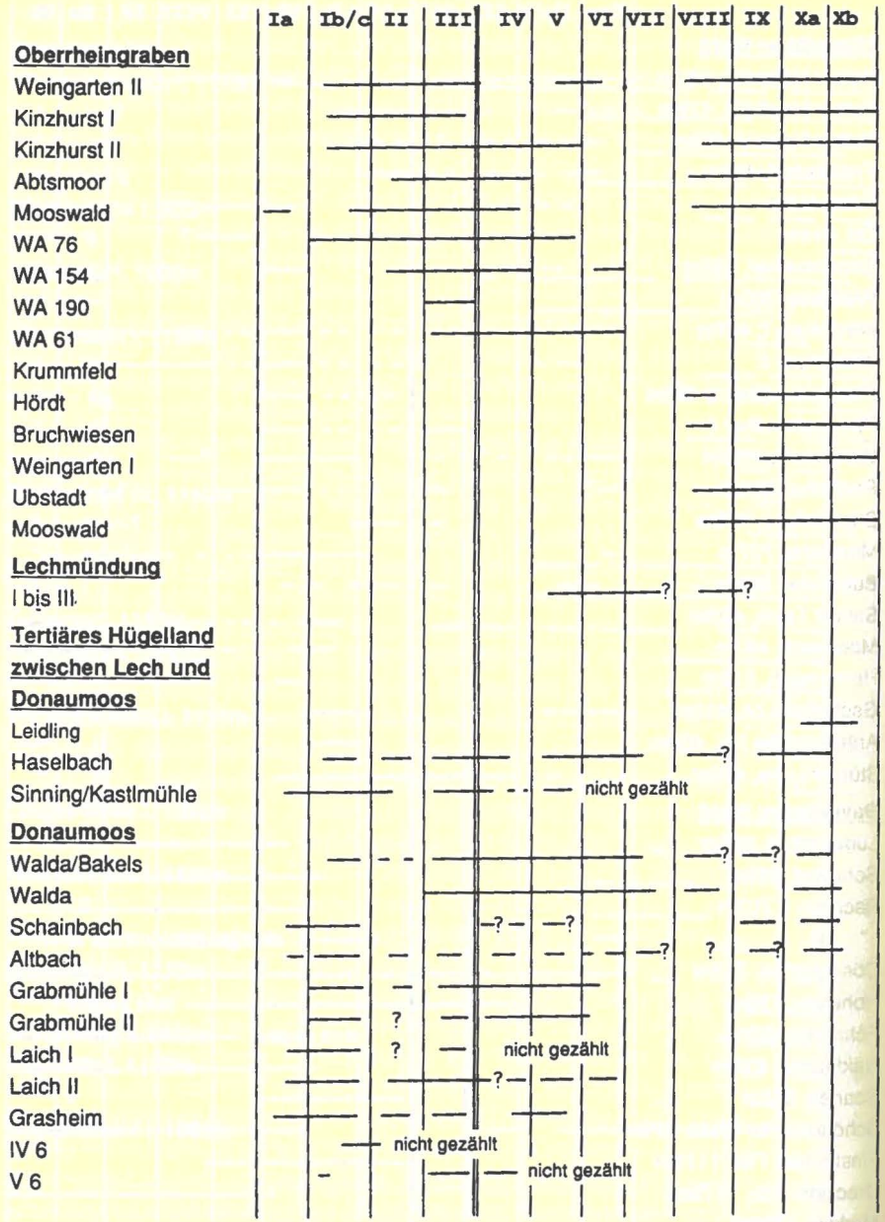
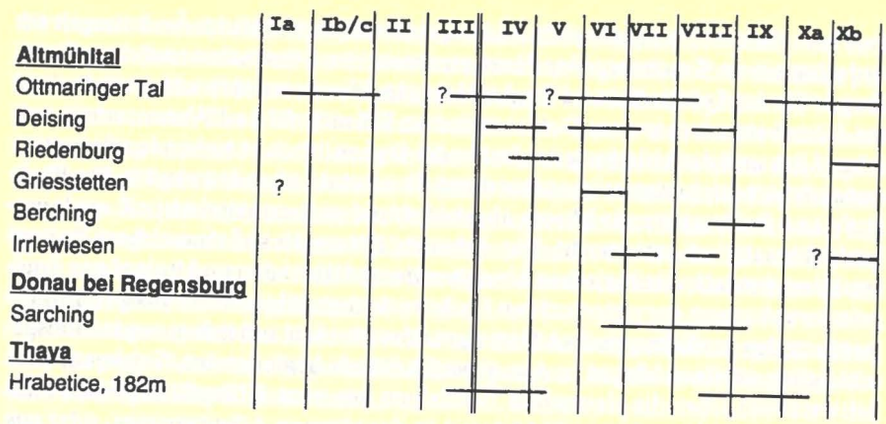


Abb. 9: Zeiten des Moorwachstums in süddeutschen Gebirgslandschaften. Der vertikale Doppelstrich bezeichnet die Grenze zwischen der letzten Eiszeit und dem Holozän. – Ia: Älteste Tundrenzeit; Ib/c: Bölling-Interstadial und ältere Tundrenzeit; II: Alleröd-Interstadial; III: Jüngere Tundrenzeit; IV: Präboreal; V: Boreal; VI und VII: Atlantikum; VIII: Subboreal; IX, Xa, Xb: Subatlantikum. – Die horizontalen Striche geben die Zeiten des Moorwachstums an. – Nach Bludau, 1985; Knipping, 1989; Peschke, 1977; Radke, 1972; Stalling, 1987. Symbole vgl. Abb. 10.


Ia
Ib/c
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
Xa
Xb
Ammergebirge
Kronwinkelmoos I, 1115m
" IV
" V
" VII
Siegelsmoos I, 920m
" II
Wasserfilz I, 1020m
" II
Krottenstein I, 1160m
" II
" IIa
" III
" IIIa
Sattlermoos IIc, 1140m
" IIa
" II
" I
Geigersau, 1150m
Rundmoos I, 1060m
" II
Wintereckmoos I, 1110m
" II
" III
Langes Moos I, 1090m
" " II
Heinzenmoos I, 1330m
" II
Hinteres Birnmoos I, 1120m
Kugelwälz III, 1170m
" IV
Wurzenberg I, 1150m
Kugelwälz I, 1170m
" II
Wasserscheid I, 1080m
KV
KV
?


Ia
Ib/c
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
Xa
Xb
Oberpfälzer Wald
Kulzer Moos XV, 481m
Kulzer Moos XII, 478m
Kulzer Moos V, 475m
Trobelsdorf, 463m
Rötz, 456m
Öd, 544m
Sinzenweiher, 493m
Weißlohe, 505m
Windbruch I, 497m
Windbruch II
Pfrentschweiher I, 495m
Pfrentschweiher II
Weiherlohe, 685m
Pechlohe, 804m
Brentenlohe, 745m
Mooslohe, 707m
Büttellohe, 661m
Saurer Teich, 493m
Moosteich, 487m
Herrenteich, 516m
Gscheibte Loh, 410m
Anhaltsträßle I+II, 406m
Stürzer Lohe, 420m
Bayerischer Wald
Ludwigsthal, 605m
Sonndorf, 665m
Bachlern I, 703m
" II
Dösingerried, 715m
Hohenau, 735m
Föhraufilz, 820m
Haidmühle, 835m
Sonnen, 865m
Schönbrunner Wald, 930m
Finsterauer Filz, 1179m
Dreckiger Filz, 1179m
Markfilz, 1220m
Grosser Filz, 1323m
nicht gezählt
nicht gezählt
nicht gezählt





!= gegenüber Autor geändert
KV= Kernverlust

Abb. 10: Zeiten der Pollenüberlieferung und des Moorwachstums der Auenstandorte an Oberrhein und oberer Donau, vgl. Text. Konstruktion des Diagramms wie das der Abb. 9.

Die 60 Tage umfassenden Langzeit-EKGs werden augenblicklich von Gundula Frenzel, Ärztin im Klinikum Mannheim, ausgewertet. Die während der Expedition aufgezeichneten Blutdruck- und Pulsfrequenzwerte lassen zum Teil sehr unterschiedliche Reaktionen des Körpers der einzelnen Probanden erkennen, mit zum Beispiel anfangs über etwa einen Monat erhöhtem, dann wieder normalem Blutdruck, oder aber anfangs abgesenkten, dann sich wieder langsam normalisierenden Werten. Eine abschließende Beurteilung und Analyse steht noch aus.

Recht merkwürdig erscheint die bei zwei oder drei Probanden festgestellte auffallend starke Reduktion in der Zahl der Thrombocyten während des Aufenthaltes in Hoch-Tibet, gepaart mit einem schlechten Heilen blutender Wunden.

Es sei zum Schluß dankbar hervorgehoben, daß die Expedtion, wie erwähnt, nahezu alle wissenschaftlichen Ziele hatte erreichen können, trotz zum Teil erheblicher technischer Schwierigkeiten während der Expedition und gesundheitlicher Probleme einzelner Teilnehmer.

2. Jungquartäre paläohydrologische Probleme Süddeutschlands

Im Rahmen des inzwischen abgeschlossenen DFG-Forschungsschwerpunkts „Fluviale Geomorphodynamik im Jüngeren Quartär" bearbeitete Hr. Frenzel, gemeinsam mit Dr. Maria Knipping, Dr. Christine Kortfunke und Dipl.-Biologen

Peer von Wahl sedimentologisch und vegetationsgeschichtliche Änderungen im hydrologischen Geschehen der Einzugsgebiete des Oberrheins und der oberen Donau für das Spätglazial und für das Holozän. Hierzu wurden während der letzten Jahre besonders in dem Gebiet zwischen Kaiserstuhl und Worms, sowie zwischen Ulm und der Mündung der Isar in die Donau, noch bestehende oder schon verlandete, beziehungsweise später durch Sand und Lehm überdeckte alte Flußläufe und flußbegleitende Moore abgebohrt und pollenanalytisch, z.T. auch makrofossilanalytisch untersucht. Die Arbeiten zielten ab auf eine sichere Rekonstruktion der paläoökologischen Ursachen der spätglazialen und holozänen Spiegelschwankungen der untersuchten Flußstrecken und des Grundwassers. Zur Ermittlung des großklimatischen Hintergrundes wurden außerdem vegetationsgeschichtlich zahllose Moore in den diese Flußläufe begleitenden Gebirgen, vom Schwarzwald über die deutschen Nordalpen bis zum Oberpfälzer Wald, zum Bayerischen Wald und zum Waldviertel in der eigenen Arbeitsgruppe, oder aus der Literatur bearbeitet.

Es zeigt sich, daß in den flachen Becken der randlichen Gebirge die Moorbildung während des Spätglazials zur Zeit des Allerödinterstadials (Zone II) vielfach unterbrochen oder stark abgemildert war, während der anschließenden Jüngeren Tundrenzeit (Zone III) aber erneut begonnen hatte oder intensiviert worden war (Abb. 9). Wie weit dies dort durch Abtauen des Dauerfrostes oder durch Schwächung der jahreszeitlichen Gefrornis während des Alleröds, durch den reversen Vorgang aber während der Jüngeren Tundrenzeit verursacht worden war, muß noch weiterhin geklärt werden, obwohl diese Erklärungsmöglichkeit sehr nahe liegt.

Die benachbarten Tieflandflüsse schnitten sich jedenfalls während des Allerödinterstadials (sensu lato) deutlich ein, schotterten ihre Betten aber während der anschließenden Jüngeren Tundrenzeit erneut auf. Dies verursachte ein Ansteigen des Grundwasserspiegels in den angrenzenden Schotterfluren und damit eine neue Vermoorung oder doch mindestens die Ablagerung von Hochflutlehmen. Eine gute Pollenführung war die Folge (Abb. 10).

In den Gebirgen scheint den erwähnten Wechsel des hydrologischen Geschehens somit vor allem das Verschwinden oder der Rückgang des Dauerfrostes beziehungsweise der jahreszeitlichen Gefrornis veranlaßt zu haben, im Tiefland aber der stärkere Vegetationsschluß während des Alleröd-Interstadials, bzw. die Auflockerung der Vegetation und der verstärkte Sedimenteintrag während der Jüngeren Tundrenzeit (Zone III), nicht aber etwa eine Feuchtezunahme des Klimas während der Jüngeren Tundrenzeit.

Ein anderer markanter Punkt in der Paläohydrologie ist die deutlich faßbare Feuchtezunahme des Klimas in der Mittleren Wärmezeit (Pollenzonen VI und VII), die sich in verstärkter Vermoorung in den Mittelgebirgen zu erkennen gibt. Dies ist eine altbekannte Erscheinung. Gleichzeitig schnitten sich aber die Flüsse ein, flußbegleitende Moore stellten ihr Wachstum ein oder wurden auch unter beträchtlichem Sauerstoffzutritt zersetzt, obwohl das Klima feuchter geworden war. Man wird vermuten müssen, daß dieser Vorgang durch die starke Transpiration

der damals herrschenden, geschlossenen Laubwälder verursacht worden war und durch den dichten Schluß der bodenbedeckenden Vegetation. Erst mit dem pollenanalytisch klar faßbaren menschlichen Eingriff in die flußbegleitende Vegetation änderte sich das Bild: Die Flüsse schotterten erneut auf, der Grundwasserspiegel stieg an, und Moorbildung setzte wieder ein, während sich in den begleitenden Gebirgen keine klimatische Feuchtezunahme abzeichnete. Die Feuchtezunahme ist dort in einer erneuten Vermoorung erst ab den Metallzeiten klar faßbar (z.T. beginnend in der Zone VIII, besonders aber in den Zonen IX und X), hier dann nahezu stets an das Auftreten der Spuren menschlicher Aktivitäten in der Umgebung der Moore geknüpft.

Man erkennt, daß im Holozän offenbar der Mensch paläoökologisch schon bald ein viel stärker hervortretender Faktor gewesen ist, als es die Feuchtigkeitsschwankungen des Klimas waren.

Literatur:

Bludau, W., Zur Paläoökologie des Ammergebirges im Spät- und Postglazial. 363 S., Schäuble Verlag, Rheinfelden 1985.

Bräuning, A., Zur Dendrochronologie und -klimatologie osttibetischer Waldgrenzstandorte. Dipl.-Arbeit Botanisches Institut der Universität Hohenheim, 100 S., maschinenschriftlich, 1992.

Freund, G., Einige Bemerkungen zur Steinzeit Süd- und Ostasiens. Neue Forschungen in Nepal. Quartär, *41/42*, 139–153, 1991.

Knipping, M., Zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte des Oberpfälzer Waldes. Dissertationes Botanicae, *140*, 209 S., Cramer, Berlin-Stuttgart, 1989.

Kuhle, M., Die Vergletscherung Tibets und ihre Bedeutung für die Geschichte des nordhemisphärischen Inlandeises. Paläoklimaforschung, *1*, 293–306, 1991.

Peschke, P., Zur Vegetations- und Besiedlungsgeschichte des Waldviertels (Niederösterreich). Mitt. d. Kommiss. f. Quartärforschung d. Österr. Akad. d. Wiss., *2*, 84 S., Wien 1977.

Radke, G.-J., Landschaftsgeschichte und -ökologie des Nordschwarzwaldes. Hohenheimer Arbeiten, *68*, 121 S., Ulmer, Stuttgart, 1972.

Shi Yafeng, Li Bingyuan, Li Jijun (eds.), Quaternary Glacial Distribution Map of the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau (1:3 000 000). Science Press, Beijing, 1991.

Stalling, H., Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im Bayerischen Wald. Dissertationes Botanicae, *105*, 201 S., Berlin-Stuttgart, 1987.