

# Beiträge zur Geschichte der Araukarienwälder, der Campos und der atlantischen Regenwälder Süd- und Südostbrasilens im Spätquartär

- Hermann Behling, Bremen -

## Summary

Several pollen analytical studies on terrestrial and marine sedimentary archives document marked changes of the south and southeast Brazilian ecosystems during the Late Quaternary. Regions in which today *Araucaria* forests and Atlantic rain forests occur, were treeless during the last Ice Age period, specially during the Last Glacial Maximum period. Tropical Atlantic rain forests shifted at least 750 km to the North. The re-expansion to the South occurred during Late-Glacial period. The south and southeast Brazilian highland was during the last glacial period mostly treeless. Small stands of *Araucaria* forests may have occurred in deep and protected valleys in south Brazil and in form of small forests in southeast Brazil. Campos (grassland) was the predominate vegetation form. During the early and mid Holocene period the south Brazilian highland was still covered with campos. The expansion of the *Araucaria* forests is found relatively late, specially during the last 1000 years.

## Einleitung

Die Palynologie ist für paläoökologische und paläoklimatische Rekonstruktionen besonders geeignet. Fossile Pollenkörner und Sporen erhalten sich unter Luftabschluss in den Ablagerungen von Seen, Meeren, Sümpfen und Mooren und sind Zeugen vergangener Pflanzengesellschaften und Vegetationsformen. Die charakteristische Form von Pollen- und Sporentypen lässt meistens eine Bestimmung der Gattungen, manchmal sogar einzelner Arten zu; die Pflanzenfamilien lassen sich fast immer zuordnen. Durch Pollenanalysen kann auch die Veränderung von Ökosystemen oder die Verschiebung ganzer Vegetationszonen festgestellt werden. Paläoökologische Forschungen sind daher ein wichtiger Beitrag zum Verständnis der heutigen Ökosysteme.

Da Vegetation und Klima eng miteinander verknüpft sind, erlauben die Resultate oft auch Aussagen über Klimaveränderungen. Die Palynologie hat daher in der Klimaforschung einen hohen Stellenwert. Weiterhin lassen sich durch pollenanalytische Studien sowie durch Untersuchungen von karbonisierten Partikeln in Sedimentablagerungen auch Aussagen über menschliche Eingriffe in die Umwelt machen.

In den gemäßigten Klimaregionen der nördlichen Hemisphäre hat sich die Palynologie seit langem bewährt, wurde in den Neotropen aber erst in den 1960er Jahren durch VAN DER HAMMEN (1963) und WIJNSTRA & VAN DER HAMMEN (1966) eingeführt. In den Tropen und Subtropen wurde sie bisher jedoch nur wenig angewendet, wohl auch wegen der Schwierigkeit, mit einer hohen Anzahl verschiedener Pollen- und Sporentypen arbeiten zu müssen. Während es allein in Deutschland über 5000 Pollenanalysen gibt, sind es in den Neotropen weniger als 200.

Paläoökologische Untersuchungen haben sich bis vor wenigen Jahren überwiegend auf die Andenregionen konzentriert (MARKGRAF 1993). Durch die hier vorgestellten Studien werden

nun neue und weitgehend noch unerforschte Regionen wie die der Araukarienwälder, der Campos und der atlantischen Küstenregenwälder im südlichen Brasilien erfasst.

Die Analysen ermöglichen neue Einblicke in die Stabilität und Dynamik von neotropischen Ökosystemen während der Eiszeit (Pleistozän) und der Nacheiszeit (Holozän). Sie geben Einblicke in die spätquartären Klimaveränderungen in den Neotropen und liefern Erkenntnisse über den Einfluss des Menschen auf tropische Ökosysteme.

## Die heutigen Araukarienwälder, die Campos und atlantischen Regenwälder in Süd- und Südostbrasilien

Die Verbreitung brasilianischer Araukarienwälder beschränkt sich im wesentlichen auf das südbrazilianische Hochland zwischen den südlichen Breitengraden von 24° bis 30° in Höhenlagen zwischen 500 m und 1500 m (Abb. 1). Vereinzelt kleinere Areale kommen aber auch extrazonal in den höheren Lagen südostbrasilianischer Gebirge zwischen 1400 m bis etwa 2000 m vor, und zwar zwischen 18° und 24°. Die Araukarienwälder von Campos do Jordão

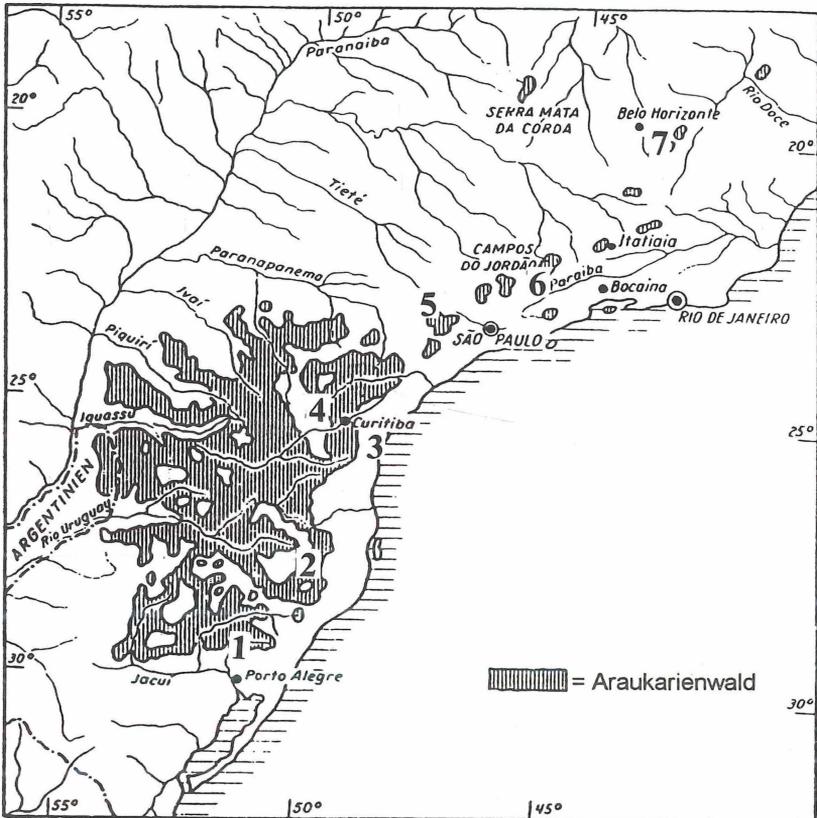


Abb. 1. Die natürliche Verbreitung von *Araucaria angustifolia* in Süd- und Südostbrasilien (nach HUECK 1953). Die Abbildung zeigt auch die Lage der pollenanalytischen Untersuchungsgebiete in Rio Grande do Sul (1): São Francisco de Paula; in Santa Catarina (2): Serra do Rio Rastro, Morro da Igreja, Serra da Boa Vista, und (3) Volta Velha; in Paraná: (4) Serra Campos Gerais; in São Paulo: (5) Botucatú, (6) Morro de Itapeva im Campos do Jordão Gebirge; und in Minas Gerais: (7) Catas Altas.

und Itatiaia zwischen São Paulo und Rio de Janeiro sind wohl die bekanntesten Typen ihrer Art. Der Biogeograph Kurt Hueck hat sich bereits Mitte des 20. Jahrhunderts intensiv mit der natürlichen Verbreitung beschäftigt und eine Verbreitungskarte (Abb.1) veröffentlicht (HUECK 1953). Die ursprüngliche Gesamtfläche der Araukarienwälder betrug etwa 200.000 km<sup>2</sup>. Ein Großteil ihrer natürlichen Areale wurde aber - vor allem durch die intensive Holznutzung und Gewinnung von Weideland - in den letzten Jahrzehnten weitgehend zerstört. Interessant ist jedoch, dass auf dem südbrasilianischen Hochland teilweise ausgedehnte natürliche Graslandflächen (Campos) vorkommen, obwohl in diesen Regionen ein Waldklima vorherrscht und es diese Grasländer daher eigentlich gar nicht geben dürfte (Campos-Problem, HUECK 1966).

Die Region der Araukarienwälder wird durch ein immerfeuchtes subtropisches Klima mit jährlichen Niederschlägen zwischen >1400 und 2400 mm sowie Temperaturen zwischen -10 °C und +38 °C charakterisiert (NIMER 1989).

Benachbarte tropische artenreiche atlantische Regenwälder vom Typ der „Mata Atlantica“ erstrecken sich in Form einer nur 100 - 150 km breiten Zone von Natal bis Porto Alegre entlang der ostbrasilianischen Küste (POR 1992). In den küstennahen südostbrasilianischen Gebirgen ist diese Region durch ein immerfeuchtes Klima mit relativ hohen Niederschlägen bis über 4000 mm gekennzeichnet.

## **Zur Geschichte der Araukarienwälder**

Zur spätquartären Entwicklung der Araukarienwälder lagen bis vor wenigen Jahren keine Untersuchungen vor; es gab nur Vermutungen, wie sich diese subtropischen Wälder entwickelt haben könnten. Eine Vorstellung geht davon aus, dass die Araukarien während der Kaltzeiten gar nicht auf dem südbrasilianischen Hochland vorkamen, sondern nur im wärmeren Tiefland. Isolierte Vorkommen auf einer etwa 300 m hohen Erhebungen im südbrasilianischem Küstentiefland in Santa Catarina, wie sie von REITZ & KLEIN (1966) beschrieben wurden, mögen für diese Annahme sprechen. Andere Hypothesen gehen davon aus, dass sich diese Wälder weiter in den Norden nach Südostbrasilien verschoben hatten und sich mit Beginn der holozänen Klimaverbesserung auf dem südbrasilianischem Hochland wieder nach Süden hin ausbreiteten. Hierfür spricht vor allem das extrazonale Vorkommen isolierter Areale von Araukarien in den südostbrasilianischen Gebirgen (Abb. 1).

## **Die Araukarienwälder im Spätpleistozän**

Die ersten Ergebnisse von Pollenanalysen aus den Bundesstaaten Paraná (BEHLING 1997a) und Santa Catarina (BEHLING 1993) in Südbrasilien sind überraschend. Araukarien kamen bereits während des Spätglazials ab 14.000 <sup>14</sup>C-J.v.H. auf dem südbrasilianischen Hochland vor. Es gab während der letzten Kaltzeit aber keine ausgedehnten Wälder, sondern nur sehr kleine Waldbestände in geschützten tiefen Tälern mit ausreichender Feuchtigkeit. Die spätglaziale Landschaft auf dem südbrasilianischem Hochland war somit überwiegend durch ein waldfreies Grasland gekennzeichnet. Neue, noch nicht veröffentlichte Ergebnisse lassen vermuten, dass es während des letzten Glazial-Maximums (LGM) nur in tief eingeschnittenen Tälern kleine Refugien von Araukarienwälder gab, das Hochland selbst war jedoch waldfrei. Untersuchungen aus dem atlantischen Küstentiefland (östlich von Curitiba) dokumentieren aber, dass es dort im Spätpleistozän keine Araukarienwälder gegeben hat (BEHLING & NEGRELLE 2001).

Wenn es keine Araukarienwälder im Küstentiefland gegeben hat, stellt sich die Frage, ob sie sich dann während der letzten Kaltzeit nach Norden in den Südosten Brasiliens verschoben haben? Dazu liegen Ergebnisse paläoökologischer Arbeiten aus den Staaten São Paulo und Minas Gerais vor, und zwar aus Regionen, in denen sich die heutige natürliche Vegetation überwiegend aus 20 bis 30 m hohen tropischen halbhimmergrünen Wäldern zusammensetzt. Pollenanalytische Daten von den etwa 32.000 bis 18.000 <sup>14</sup>C-J.v.H. alten organischen Ablagerungen bei Botucatu (230 km westlich der Stadt São Paulo) dokumentieren ebenfalls waldfreie Landschaften (BEHLING et al. 1998). Araukarienwälder gab es hier während dieser Zeit nicht, sondern nur Grasland. Für ein Gebiet rund 650 km weiter nördlicher, bei Catas Altas (80 km östlich der Stadt Belo Horizonte), liegt eine weitere pollenanalytische Untersuchung für den Zeitabschnitt von >48.000 bis etwa 18.000 <sup>14</sup>C -J.v.H. vor (BEHLING & LICHTER 1997). Die Resultate zeigen, dass auch hier die Landschaft weitgehend waldfrei war. Zu dieser Zeit existierten aber offenbar Galeriewälder entlang der Flüsse. Zu diesen schmalen subtropischen Galeriewäldern gehörten interessanterweise Arten und Gattungen, die aus Araukarienwäldern kommen, wie zum Beispiel *Drimys brasiliensis*, *Ilex*, *Podocarpus*, *Symplocos* und *Araucaria*

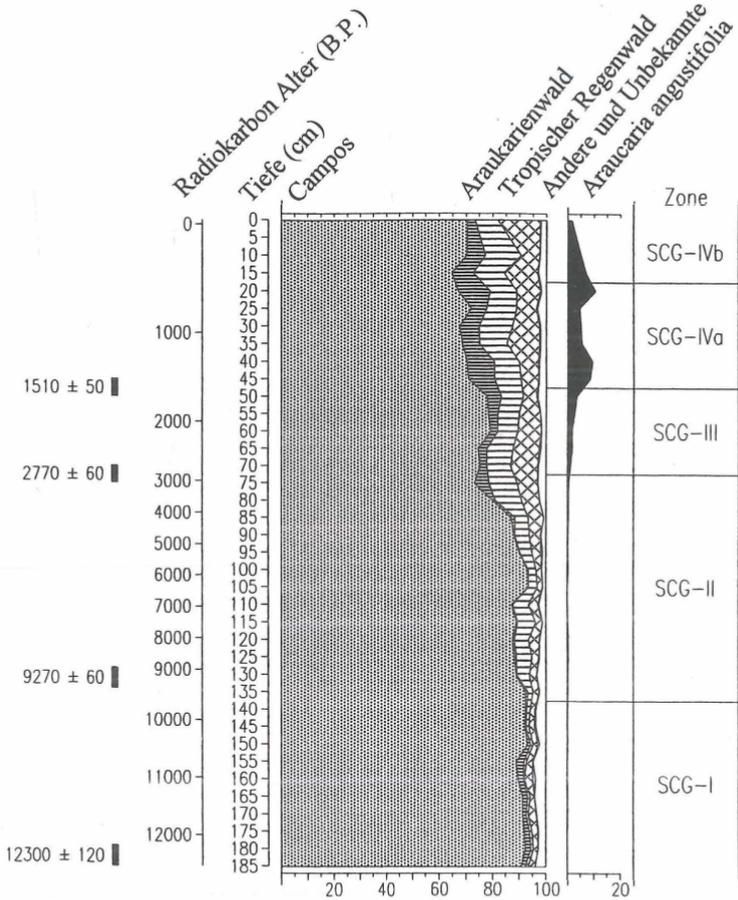


Abb. 2: Pollensummediagramm einschließlich der Radiokarbon-Datierung vom Untersuchungsgebiet Serra Campos Gerais (siehe Abb. 1) im Bundesstaat Paraná. Der prozentuale Anteil von *Araucaria angustifolia* Pollenkörnern ist zusätzlich dargestellt (aus BEHLING 1997a)

*angustifolia* selbst. Von einer Verschiebung der gesamten Araukarienwaldzone vom Süden in den Südosten Brasiliens kann also keine Rede sein.

Die Ergebnisse konnten zusätzlich durch pollenanalytischen Untersuchungen an zwei marinen Sedimentkernen (Geo3229-2 und GeoB 3202-1) aus der Küstenregion Südostbrasilien bestätigt werden (BEHLING et al. 2002). Beide Kerne, deren Basis >50.000 bzw. >80.000  $^{14}\text{C}$  -J.v.H. alt sind, beinhalten einen hohen Anteil an Pollenkörnern, die von Gräsern stammen, sowie einen geringen Anteil, der von Araukarienwäldern stammt. Danach gab es während der letzten Kaltzeit nur kleine Bestände von Araukarienwäldern, vermutlich in tiefen, feuchten und geschützten Tälern im Süden und in Form von Galeriewäldern weiter nördlich im Südosten Brasiliens.

Aus dem Campos do Jordão Gebirge, wo heute ein größeres isoliertes Areal von Araukarienwäldern liegt, existiert ebenfalls eine pollenanalytische Studie an organischen Ablagerungen aus Höhenlagen von 1850 m (BEHLING 1997b). Auch dort gab es während des letzten Vereisungsmaximums (int. Last Glacial Maximum, LGM) nur Grasland und keine Araukarienwälder. Erst aus dem Spätglazial finden sich Hinweise auf vereinzelte Araukarien-Vorkommen.

Anhand vegetationsgeschichtlicher Rekonstruktionen lassen sich auch paläoklimatische Aussagen ableiten. Da Araukarien an bestimmte Klimabedingungen gebunden sind - keine zu strengen Fröste (maximal etwa  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), keine langen Trockenzeiten und jährliche Niederschläge von mindestens 1400 mm (GOLTE 1978, HUECK 1966) - sind sie ideale Klimaindikatoren. Eine der Hauptschlussfolgerungen ist, dass es während des LGM im tropischen Südbrasilien deutlich trockener und kälter war (BEHLING & LICHTHE 1997): die Temperaturen lagen im Jahresdurchschnitt um mindestens 5 bis  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$  niedriger als heute. Auch ist von strengen Frösten während der australen Wintermonate auszugehen.



Abb. 3: Araukarienwald mit *Araucaria angustifolia* im Campos do Jordão-Gebirge in Südbrasilien.

## Die Araukarienwälder im Holozän

Durch die nacheiszeitliche Klimaverbesserung breiteten sich zu Beginn des Holozäns die Araukarienwälder auf dem südbrasilianischen Hochland aus und verdrängten das Grasland - so die allgemeine Auffassung (z.B. AB'SABER 1977). Doch die pollenanalytischen Ergebnisse stimmen damit nicht überein. Große Gebiete des südbrasilianischen Hochlandes waren während des frühen und mittleren Holozäns überwiegend mit Campos bedeckt (BEHLING 1995, 1998, 2001, BEHLING et al. 2002). Araukarienwälder gab es nur in Form von schmalen Galeriewäldern in feuchten und geschützten Tälern. Erst im späten Holozän vor etwa 3000 Jahren konnten sich die Araukarienwälder etwas Raum gegenüber dem Campos verschaffen. Zur starken Ausbreitung kam es aber erst vor etwa 1000 Jahren (Rio Grande do Sul und Santa Catarina) bzw. 1500 Jahren (Paraná), also offensichtlich erst viel später, als nach der gängigen Vorstellung bislang angenommen wurde.

Diese neuen paläoökologischen Ergebnisse mögen auch das von HUECK (1966) aufgezeigte Campos-Problem lösen. Die offene Frage war: warum gibt es auf dem südbrasilianischen Hochland so viele und zum Teil große offene Campos-Flächen, obwohl doch ein Waldklima vorherrscht und das Hochland mit Araukarienwäldern bewachsen sein müßte? Die Vermutung, es handle sich bereits um überwiegend durch die ersten Siedler geschaffenes Grasland, hat sich als falsch herausgestellt (HUECK 1966). Araukarienwälder haben sich nach unseren pollenanalytischen Resultaten erst sehr spät auf dem Hochland ausgebreitet und konnten es deswegen noch nicht vollständig besiedelt haben. Unter den heutigen Klimabedingungen wäre es nachfolgend wohl vollständig mit Araukarienwäldern besiedelt worden, wenn der Mensch dies durch seine intensive Landnutzung nicht verhindert hätte.

Es ist davon auszugehen, dass ungünstige Klimabedingungen, wie eine zu lange jährliche Trockenzeit von vermutlich etwa 3 Monaten, die endgültige Ausbreitung der Araukarienwälder verhinderten (BEHLING 1997a). Erst im späten Holozän, vor allen in den letzten 1000 bis 1500 Jahren, wurde es deutlich feuchter und es gab keine langen Trockenperioden mehr.

Auch aus Südostbrasilien gibt es zusätzliche Resultate, die belegen, dass dort im frühen Holozän die jährliche Trockenzeit viel länger dauerte als heute (BEHLING 1995). Im Gebirge von Campos do Jordão war z.B. auch die floristische Zusammensetzung der Araukarienwälder - mit einem höheren Anteil von *Symplocos*-Bäumen und wenig *Araucaria* und *Podocarpus* - anders als im späten Holozän (BEHLING 1997b).

In Südostbrasilien konnten sich die Araukarien gegenüber dem trockenen und warmen postglazialen Klima nicht behaupten. Tropische halblaubwerfende Wälder, oder in noch trockeneren Gebieten Savannen (Cerrado), ersetzten das subtropische Grasland einschließlich seiner Galeriewälder. Die Araukarien konnten hier nur noch in die wenigen feuchten und kühleren Gebirgsregionen ausweichen und bildeten so ihre heutigen isolierten Areale.

Bei der holozänen Ausbreitung der Araukarien hat vermutlich auch der Mensch eine gewisse Rolle gespielt. Die relativ großen Samen sind essbar und waren für die Paläo-Indios eine wichtige Nahrungsquelle. Araukariensamen mögen so über größere Strecken, z. B. vom Hochland ins Tiefland, transportiert worden sein. Dies mag vielleicht auch der Grund dafür sein, dass es auch im Küstentiefland an wenigen Stellen Araukarien gibt oder gegeben hat.

Menschen haben bereits im Spätglazial verschiedene Regionen Südamerikas erreicht (z.B. DILLEHAY et al. 1992; ROOSEVELT et al. 1996; BEHLING 1996). Ihr Einfluss auf die Umwelt war durch die relativ kleinen Populationen zu dieser Zeit noch nicht sehr groß. Anthropogene Brände (z.B. bei der Jagd nach Tieren) können jedoch schon einen bedeutenden Einfluss auf die damaligen Ökosysteme gehabt haben. Die Häufigkeit der Brände hat im frühen Holozän

in verschiedenen neotropischen Regionen - beispielsweise auch in der Serra Campos Gerais Region - deutlich zugenommen (BEHLING 1997a). Während der glazialen Periode waren Brände auf dem südbrasilianischen Hochland jedoch eher selten. Von einem stärkeren Eingriff des Menschen in die Umwelt ist erst seit dem mittleren und vor allem seit dem späten Holozän ab etwa 3000 Jahren auszugehen.

## Die atlantischen Regenwälder im südlichen Brasilien

Rekonstruktionen der Meeresoberflächentemperaturen für die Region des westlichen tropischen Südatlantiks zeigen für die Periode des LGM einen im Vergleich zu den heutigen mittleren Jahrestemperaturen nur weniger als 2 °C niedrigeren Wert (z.B. CLIMAP 1981). Geringfügig niedrigere Jahresmitteltemperaturen haben vermutlich nur einen unbedeutenden Einfluss auf die Vegetation der tropischen Tieflandregenwälder gehabt.

Aus einem kleinen ursprünglichen Dünental im Naturreservat Volta Velha in der südlichen atlantischen Regenwaldregion (Grenzgebiet der Bundesstaaten Santa Catarina und Paraná)

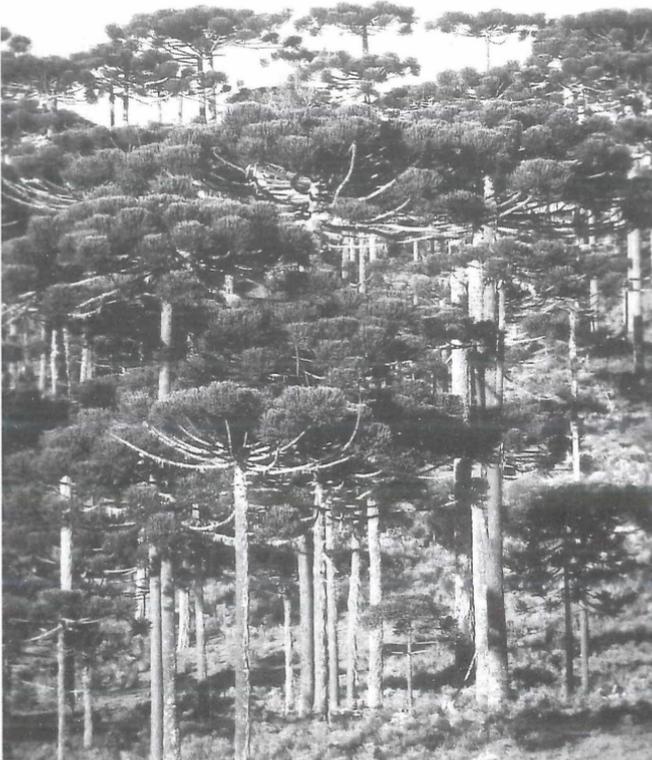


Abb. 4: Araukarienwald im Bundesstaat Santa Catarina in Südbrasilien.

etwa 3 km vom Ozean entfernt, konnten etwa 35.000 <sup>14</sup>C-J.v.H. alte Ablagerungen erbohrt werden. Die Untersuchungen erlauben zum ersten Mal einen Einblick in die Dynamik der tropischen atlantischen Regenwälder während des LGM (BEHLING & NEGRELLE 2001). Die Ergebnisse sind eindrucksvoll und lassen drei unterschiedliche Perioden für das Spätpleistozän erkennen: die Prä-LGM, die LGM und die spätglaziale Periode. Während der Prä-LGM Periode (>35.000 - 27.650 <sup>14</sup>C-J.v.H.) gab es hier Grasland mit kleinen Waldflächen, die überwiegend aus Myrtaceen und Melastomataceen aufgebaut waren. Tropische Baumarten wie Palmen, *Alchornea* und Moraceae/Urticaceae traten selten auf. Während der folgenden LGM-Periode waren die Waldflächen kleiner und tropische Arten fehlten fast vollständig. Im Spätglazial ab 14.300 <sup>14</sup>C-J.v.H. kam es dann zu einer deutlichen Ausbreitung tropischer Arten, wobei es sich zuerst noch um Sukzessionsstadien mit einem hohen Anteil von *Symplocos*- und später von *Ilex*-Bäumen gehandelt haben dürfte. Im frühen Holozän gab es im Untersuchungsgebiet von Volta Velha noch keine geschlossenen atlantischen Regenwälder. Marine Einflüsse, die durch das Auftreten von Mikroforaminiferen in den Ablagerungen belegt sind, haben den Regenwald bis etwa 6100 <sup>14</sup>C-J.v.H. im Untersuchungsgebiet beeinträchtigt. Erst danach konnte sich ein vollständig geschlossener atlantischer Regenwald ausbilden.

Diese Ergebnisse machen deutlich, dass sich während des LGM bestimmte Populationen von tropischen Arten, wie z.B. *Alchornea*, deren Verbreitungsgrenze heute 750 km weiter südlicher liegt, weit nach Norden verschoben hatten. Ausgedehnte Grasländer im Tiefland sprechen für Verhältnisse, wie sie heute auf dem Hochland über 800 - 1000 m vorkommen. So wurden z.B. Pollenkörner von *Moritzia dasiantha* gefunden, eine Art, die heute nur auf dem Hochland verbreitet ist. Araukarien hat es aber während der letzten Kaltzeit im Tiefland nicht gegeben.

Die rekonstruierte Paläoovegetation erlaubt auch Klimarekonstruktionen (BEHLING & NEGRELLE 2001). Danach lagen für das Untersuchungsgebiet während des LGM die Temperaturen im Jahresdurchschnitt um 3° bis 7°C niedriger und es gab vermutlich 5 bis 30 Frosttage im Jahr. Die jährlichen Niederschläge waren im Vergleich zu heute möglicherweise etwa 500 mm niedriger. Eine deutliche Abkühlung von 3° bis 7 °C steht in Diskrepanz zur rekonstruierten Meeresoberflächentemperatur mit einem Rückgang von weniger als 2 °C.

## Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Pollenanalytische Studien an mehreren terrestrischen und marinen Sedimentkernen geben neue Einblicke zur spätquartären Dynamik von Vegetation und Klima im südlichen Brasilien. Die Ergebnisse aus den verschiedenen Ökosystemen machen deutlich, dass pollenanalytische Untersuchungen auch in den Tropen und Subtropen, trotz der Schwierigkeit mit einer großen Anzahl von Pollen- und Sporentypen arbeiten zu müssen, sehr erfolgreich eingesetzt werden können, um Vegetations- und Klimaveränderungen in diesen Regionen zu erforschen.

Die paläoökologischen Forschungen dokumentieren, dass auch die Tropen und Subtropen während des Spätquartärs starken Veränderungen unterworfen waren. Neotropische Ökosysteme haben sich sowohl in ihrer Artenzusammensetzung als auch in ihrer Verbreitung im Spätpleistozän und im Holozän verändert. Auch der Beginn und die Intensität menschlicher Eingriffe kann durch die Pollenanalyse und Analyse von karbonisierten Partikeln ermittelt werden.

Die Ökosysteme in Südost- und Südbrasilien waren während des Pleistozäns und auch während des Holozäns einem starken Wandel unterworfen. Das heute noch in kleinen Gebieten auf dem südbrasilianischem Hochland vorkommende Grasland war während der letzten

Kaltzeit, insbesondere während des LGM, um mindestens 750 km nach Norden in den Südsten Brasiliens ausgedehnt. Subtropisches Grasland gab es auch im südlichen tropischen atlantischen Tiefland. Waldökosysteme wie die der Araukarienwälder, der halbimmergrünen Wälder und der atlantischen Regenwälder nahmen eine wesentlich kleinere Fläche ein. Arten aus dem tropischen atlantischen Regenwald haben sich auch um mindestens 750 km nach Norden verschoben. Die vermutete Verschiebung der Zone der Araukarienwälder von Süd- nach Südostbrasilien (COLINVAUX et al. 1996) lässt sich nicht bestätigen. Das spätpleistozäne Klima war dafür in Südostbrasilien viel zu trocken. Tropische Savannen (Cerrado) waren im Spätpleistozän aufgrund des kälteren Klimas und wegen des Vorkommens von Frösten in Südostbrasilien weiter nach Norden verschoben.

Die ermittelte durchschnittliche Jahresmitteltemperatur lag während des LGM in Südostbrasilien um 5 - 7 °C niedriger. Ähnliche Werte von 3 - 7 °C konnten auch für die tropische Küstenregion im südlichen Brasilien errechnet werden. Diese deutliche Abkühlung steht im Gegensatz zur rekonstruierten Meeresoberflächentemperatur von weniger als 2 °C für die Region des westlichen tropischen Südatlantiks (CLIMAP 1981). Die antarktischen Kaltfronten müssen während des Pleistozäns intensiver und wesentlich weiter nach Norden, vermutlich auch häufig bis in die Amazonasregion, vorgeedrungen sein.

Im Spätglazial konnten sich die atlantischen Regenwälder nach Süden hin ausbreiten. Die südbrasilianischen Araukarienwälder haben sich hingegen erst sehr spät ab etwa 3000 <sup>14</sup>C-J.v.H. und insbesondere in den letzten 1500/1000 Jahren ausbreiten können. Danach kommt es Südbrasilien etwa um 3000 <sup>14</sup>C-J.v.H. und dann vor allem um 1500 <sup>14</sup>C-J.v.H. (Bundesstaat Paraná) bzw. um 1000 <sup>14</sup>C-J.v.H. (Bundesstaat Santa Catarina und Rio Grande do Sul) zu einem deutlich feuchten Klima. Neue unveröffentlichte hochauflösende Untersuchungen aus Cambara do Sul in Bundesstaat Rio Grande do Sul datieren diese Vegetations- und Klima- veränderungen auf 3500 <sup>14</sup>C-J.v.H., bzw. auf 1100 <sup>14</sup>C-J.v.H.

Intensitätsveränderungen der südpolaren Kaltfrontensysteme, der kalten südpolaren Meeresströmungen (Falkland Currents), der Hochdrucksysteme und der Häufigkeit der ENSO-Ereignisse mögen hier eine wichtige Rolle spielen. Vermutlich gibt es auch einen Zusammenhang zwischen ENSO-Ereignisse und der Blockierung antarktischer Kaltfronten in Südbrasilien (MARTIN et al. 1993), was noch genau untersucht werden sollte.

## Literatur

- AB'SABER, A.N. (1977): Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião do períodos glaciais quaternários. - *Paleoclimas* **3**: 1-19.
- BEHLING, H. (1993): Untersuchungen zur spätpleistozänen und holozänen Vegetations- und Klimageschichte der tropischen Küstenwälder und der Araukarienwälder in Santa Catarina (Südbrasilien). - *Dissertationes Botanicae* **206**, J. Cramer, Berlin, 149pp.
- BEHLING, H. (1996): First report on new evidence for the occurrence of *Podocarpus* and possible human presence at the mouth of the Amazon during the Late-glacial. - *Vegetation History and Archaeobotany* **5**: 241-246.
- BEHLING, H. (1997a): Late Quaternary vegetation, climate and fire history in the *Araucaria* forest and campos region from Serra Campos Gerais (Paraná), S Brazil. - *Review of Palaeobotany and Palynology* **97**: 109-121.
- BEHLING, H. (1997b): Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE Brazil. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **129**: 407-422.

- BEHLING, H. (1998): Late Quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. - Review of Palaeobotany and Palynology **99**: 143-156.
- BEHLING, H. (2002): South and Southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. - Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology **177**: 19-27.
- BEHLING, H., ARZ, H. W., PÄTZOLD, J. & WEFER, G. (2002): Late Quaternary vegetational and climate dynamics in southeastern Brazil, inferences from marine core GeoB 3229-2 and GeoB 3202-1. - Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology **179**: 227-243.
- BEHLING, H., BAUERMANN, S.G. & NEVES, P.C. (2001): Holocene environmental changes from the São Francisco de Paula region, southern Brazil. - Journal of South American Earth Sciences **14**: 631-639.
- BEHLING, H. & LICHTHE, M. (1997): Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical Southeastern Brazil. - Quaternary Research **48** (3): 348-358.
- BEHLING, H., LICHTHE, M. & MIKLOS, A. W. (1998): Evidence of a forest free landscape under dry and cold climatic conditions during the last glacial maximum in the Botucatu region (Sao Paulo State), Southeast Brazil. - Quaternary of South America and Antarctic Peninsula **11**: 99-110.
- BEHLING, H. & NEGRELLE, R.R.B. (2001): Late Quaternary tropical rain forest and climate dynamics from the Atlantic lowland in southern Brazil. - Quaternary Research **56**: 383-389.
- CLIMAP-project members (1981): Seasonal reconstructions of the Earth's surface at the last glacial maximum, GSA Map and Chart Ser., MC-36, 1-18.
- COLINVAUX, P.A., DE OLIVEIRA, P.E., BUSH, M.B., MILLER, M.C. & STEINITZ-KANNAN, M. (1996): Temperature depression in the lowland tropics in glacial times. - Climate Change **32**: 19-33.
- DILLEHAY, T.D., CALDERÓN, G.A., POLITIS, G. & BELTRAO, M.C. DE M.C. (1992): Earliest Hunters and Gatherers of South America. - Journal of World Prehistory **6**: 145-204.
- GOLTE, W. (1978): Die südandine und die südbrasilianische Araukarie. Ein ökologischer Vergleich. - Erdkunde **32**: 279-296.
- HUECK, K. (1953): Distribuição e habitat natural do Pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*). - Bolm. Fac. Filos. Ciênc. Univ. São Paulo, Bot. **10**: 1-24.
- HUECK, K. (1966): Die Wälder Südamerikas. - Fischer, Stuttgart, 422 pp.
- MARKGRAF, V. (1993): Climatic history of Central and South America since 18,000 yr B.P: Comparison of pollen records and model simulations. In: WRIGHT, H.E. JR., KUTZBACH, J.E., WEBB III, T. RUDDIMAN, W.F., STREET-PERROTT, F.A. AND P.J. BARTLEIN (eds). Global climates since the last glacial maximum. - University of Minnesota Press, Minneapolis London, p. 357-385.
- MARTIN, L., FOURNIER, M., MOURGUIART, P., SIEFEDDINE, A. & TURCQ, B. (1993): Southern Oscillation signal in South American palaeoclimatic data of the last 7000 years. - Quaternary Research **39**: 338-346.
- NIMER, E. (1989): Climatologia do Brasil. - IBGE, Rio de Janeiro, 421pp.
- POR, F.D. (1992): Sooretama the Atlantic rain forest of Brazil. - SPB Academic Publishing bv, The Hague, The Netherlands, 130pp.
- REITZ P.R. & KLEIN R.M. (1966): Araucariáceas. Flora Ilustrada Catarinense.
- ROOSEVELT, A.C., LIMA DA COSTA, M., LOPES MACHADO, C., MICHAB, M., MERCIER, N., VALLADAS, H., FEATHERS, J., BARNETT, W., IMAZIO DA SILVEIRA, M., HEDERSON, A., SLIVA, B., CHERNOFF, B., REESE, D.S., HOLMAN, J.A., TOH, N. & SCHICK, K. (1996): Paleoindian cave dwellers in the Amazon: The peopling of the Americas. - Science **272**: 373-384.
- VAN DER HAMMEN, T. (1963): A palynological study on the Quaternary of British Guyana. - Leidse Geologische Mededelingen **29**: 126-168.
- WIJMSTRA, T. A. & VAN DER HAMMEN, T. (1966): Palynological data on the history of tropical savannas in northern South America. - Leidse Geologische Mededelingen **38**: 71-90.

Anschrift des Verfassers:

PD Dr. Hermann Behling, Zentrum für Marine Tropenökologie, Fahrenheitstraße 6, D-28359 Bremen

email: [hbehling@zmt.uni-bremen.de](mailto:hbehling@zmt.uni-bremen.de)

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: [14](#)

Autor(en)/Author(s): Behling Hermann

Artikel/Article: [Beiträge zur Geschichte der Araukarienwälder, der Campos und der atlantischen Regenwälder Süd- und Südostbrasilien im Spätquartär 59-68](#)