

AMAZONIANA	VI	1	67 – 79	Kiel, Sept. 1976
------------	----	---	---------	------------------

Aus der Zusammenarbeit zwischen Max-Planck-Institut für Limnologie, Abteilung Tropenökologie, Plön, Deutschland, und Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus–Amazonas, Brasilien

Da cooperação entre Max Planck Institut für Limnologie, Abteilung Tropenökologie, Plön, Alemanha, e Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus–Amazonas, Brasil

Die Entwicklung des zentral- und oberamazonischen Tieflands im Spät-Pleistozän und im Holozän

von

Georg Irion

Max-Planck-Institut für Limnologie, Abteilung Tropenökologie, Plön, Deutschland

Einleitung

Mit geringen Meereshöhen -- mehr als 1 000 000 km² liegen unter der 100 m Isohypse -- stellt das obere Amazonastiefland Brasiliens eine riesige Landmasse dar, die im Bereich der Amplituden der pleistozänen Meeresspiegelschwankungen liegt. Die Ablagerungen lakustrischer und auch fluviatiler Sedimente im Pleistozän scheinen daher in diesem Gebiet wahrscheinlich zu sein, während bei der geringen Erhebung und bei den hydrographischen Gegebenheiten eine Ausbildung von Flußterrassen, wie sie im unteren Amazonasgebiet beschrieben sind (siehe unten), nicht zu erwarten ist.

Die Datierung der tertiären, pleistozänen und holozänen Sedimentformationen des amazonischen Raumes ist erschwert durch das weitgehende Fehlen von Fossilien und auch durch die Unzulänglichkeit der tropischen Regenurwälder, die eine normale geologische Flächenkartierung fast unmöglich macht. Über den für die Entwicklung des amazonischen Tieflands besonders interessierenden Zeitraum, das Pleistozän und das beginnende Holozän, ist daher bisher nur wenig bekannt.

CAMARGO, 1949; SIOLI, 1966 und BEURLLEN, 1970 beschrieben im Gebiet des Amazonasdeltas pleistozäne Ablagerungen, die aber wegen der tektonischen Sonderstellung dieser Region (siehe auch MILLIMAN & BARRETO, 1975 und BARRETO et al. 1975) nicht ohne weiteres mit Sedimenten oberhalb des Deltas parallelisiert werden können. SOMBROEK, 1966; BREMER, 1973 und KLAMMER, 1971 und 1975, weisen auf pleistozäne Flußterrassen im unteren Amazonasgebiet hin und ANDRADE, 1956, erwähnt quartäre Ablagerungen an den Ufern des Rio Solimões und des Rio Japurá, ohne allerdings näher auf deren Entstehung einzugehen. Die Mapa Geológico do Brasil, 1971, verzeichnet im Amazonasgebiet

an keiner Stelle pleistozäne Ablagerungen.

Mineralogisch-geochemische Untersuchungen an Verwitterungsprofilen und Sedimenten des Amazonasgebiets (IRION, 1976c) und Echolotsondierungen im Flußbett des Amazonas lassen nun zusammen mit der Auswertung von Radarkarten (PROJETO RADAM, 1972/1973) zunächst einmal Betrachtungen über den Verlauf der letzten 100 000 Jahre (siehe auch IRION, 1976 a und b) zu.*)

Entwicklung im Pleistozän

Für den aus geologischer Sicht sehr kurzen Zeitraum des Pleistozäns kann im Amazonasgebiet nur mit geringfügiger tektonischer Aktivität gerechnet werden. Hierfür sprechen neben der geologischen Gesamtsituation auch die im unteren Amazonasgebiet von KLAMMER, 1971, beschriebenen Flußterrassen, die sich den Höhenlagen pleistozäner Meeresspiegelstände zuordnen lassen. Meeresspiegelstände zwischen 180 (?) und 30 Meter über NN mögen daher in den alt- und mittelpleistozänen Warmzeiten zur Ausbreitung riesiger Binnenseen im Tiefland des oberen Amazonas geführt haben. Sedimente solcher Seen wurden dort bisher nicht nachgewiesen; es ist allerdings zu vermuten, daß in diesen Seen, sollten sie bestanden haben, die Sedimentationsraten bei einem relativ kleinen Verhältnis von Einzugsgebiet (Erosionsgebiet) zu Seefläche außerordentlich gering waren.

Mit einem Meeresspiegelstand von 15 m über NN (FAIRBRIDGE, 1961; Fig. 1) hat sich, wie IRION, 1976b zeigt, im Monastir eine ausgedehnte Flußlandschaft in Zentralamazonien, etwa westlich des 60. Längengrades, gebildet. Die Mäanderstreifen der Ablagerungen des Monastir bilden heute eine Kuppenlandschaft, die 10-20 m über dem durchschnittlichen Pegel der Flüsse liegt. Ihre Böden zeichnen sich durch einen relativ hohen Gehalt an anorganischen Nährstoffen (IRION, 1976a) und damit erhöhter Fruchtbarkeit aus, was sich auch in der Zusammensetzung der Vegetation, z.B. im Auftreten von *Casania do Pará* äußert.

Etwas tiefer als das Monastir befindet sich, noch außerhalb der Pegel des jährlichen Hochwassers, vor allem am Rio Madeira und am Rio Solimões (= Amazonas oberhalb der Mündung des Rio Negros) und Rio Amazonas, die sog. Terra Alta. Ihrer Höhenlage (8 m über dem durchschnittlichen Pegel) nach ist sie dem Late-Monastir zuzuordnen.

Die Ablagerungen des Monastir stehen, aus mineralogisch-geochemischer Sicht betrachtet, zwischen den extrem stark verwitterten Sedimenten der tertiären Alter do Chão oder Barreira Formation und den noch nicht umgewandelten Sedimenten der rezenten Schwemmländer der *Várzea* (indianischer Begriff für Schwemmland). Der Grad der Verwitterung kann unter den im Amazonasgebiet gegebenen Bedingungen von vergleichbaren

*) Mein Dank gilt den vielen brasilianischen und deutschen Mitarbeitern aus Manaus, Recife, Plön und Heidelberg, die die Probennahme, die Analysen, die Auswertung der Ergebnisse und deren Zusammenstellung ermöglichten. Im INPA in Manaus fand ich unter dessen Direktor, Herrn Minister Dr. Paulo Machado, und bei der SUDENE in Recife eine freundliche und stets hilfsbereite Aufnahme und Zusammenarbeit. Unterstützung erfuhr ich auch durch das Laboratorium für Sedimentforschung an der Universität Heidelberg, wofür ich Herrn Professor Dr. G. Müller und Herrn Professor Dr. U. Förstner besonders danke. Herr Professor Dr. H. Sioli und die Kollegen der Abteilung Tropenökologie im MPI-Plön zeigten stets lebhaftes Interesse an meiner Arbeit; ich verdanke ihnen zahlreiche anregende wissenschaftliche Diskussionen.

Die Zeichnungen wurden von Frau Renate Flügel im Senckenberg-Institut in Wilhelmshaven angefertigt.

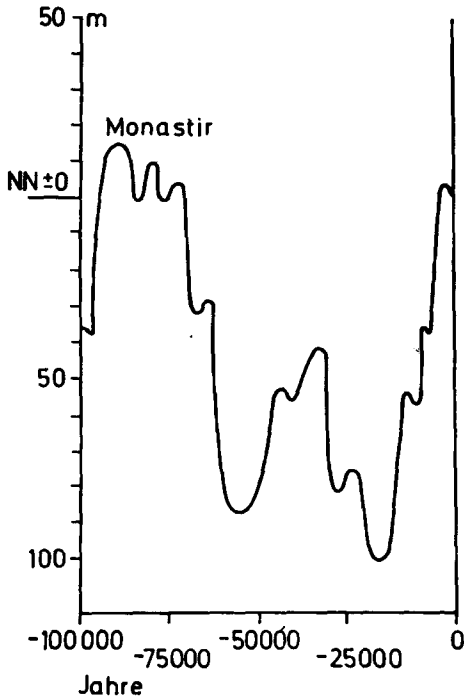


Fig. 1: Meeresspiegelstände der letzten 100.000 Jahre nach FAIRBRIDGE, 1961.

Sedimentzusammensetzungen und einheitlich klimatischer Entwicklung zur Alterseinstufung herangezogen werden und liefert damit einen weiteren Hinweis für das prä-holozäne Alter der Terra Alta und der dem Monastir zugeordneten fossilen Flußlandschaft (Tab. 1, siehe auch IRION und FÖRSTNER, 1975).

Im Anschluß an das Monastir folgte eine, verglichen mit anderen pleistozänen Kaltzeiten, lange Periode von etwa 50000 Jahren mit einem Meeresspiegeltiefstand, der nur kurz durch Interstitiale unterbrochen wurde. Die Herabsetzung der Erosionsbasis hatte eine Vertiefung der Flußtäler zur Folge. Echolotsondierungen im Rio Negro bei Manaus (SIOLI, 1967) haben max. Tiefen von 100 m, das sind 80 m unter NN, ergeben, und lassen vermuten, daß hier ein würmeiszeitliches Flußtal noch kaum verändert erhalten ist. Diese Tiefe spricht dafür, daß der Zeitraum des würmeiszeitlichen Meeresspiegeltiefstandes für die Ausbildung eines ausgeglichenen Tals des Hauptstroms lang genug war. Die Talauen des Amazonas lagen in der Zeit des maximalen Meeresspiegeltiefstandes damit wahrscheinlich 80 - 100 Meter unter ihrem heutigen Niveau.

Die Entwicklung im Holozän

Der Beginn des Postglazials ist durch einen besonders schnellen Meeresspiegelanstieg gekennzeichnet (FAIRBRIDGE, 1961). In den ersten 10000 Jahren betrug er im Durchschnitt etwas mehr als 10 mm/Jahr. Der Meeresspiegelanstieg war damit schneller als die Sedimentationsrate (IRION, 1976b), was zu der Annahme führt, daß sich im Tal des Amazonas ein See (Ria-See) mit zunächst zunehmenden Tiefen ausgebildet hat. Erst mit abneh-

Tab. 1: Vergleich der Mineralogie und Geochemie von Profilen in tertiären, pleistozänen und rezent-subrezentem Sedimenten des Stauwasserbereiches (Flußufer).

	Tertiär Alter do Chão-Formation am Ufer des Rio Negros 0 m ——— 10 m Tiefe	Laté-Epi monastire Várzea bei Santa Rita do Weil am Ufer des Rio Solimões 0 m ——— 10 m Tiefe	Rezente bis Subrezente Várzea am Solimões bei Manacapuru 0 m ——— 10 m Tiefe
Mineralgehalt,			
Feldspat	fehlt	starke Zunahme m.d.T.*	± konstant
Montmorillonit	fehlt	starke Zunahme m.d.T.	schwache Zunahme m.d.T.
Mica-Illit	± konstant	± konstant	± konstant
Chemie der peliti- schen Fraktion			
Calcium	± konst. (um 200 ppm)	500 ——— 4.000 ppm	konst. um 10.000 ppm
Kalium und Mag- nesium	± konst.	± konst.	± konst.
Natrium	± konst. (um 500 ppm)	2.000 ——— 4.000 ppm	± konst. 3.000 ppm
Mangan	± konst. (um 80 ppm)	90 ——— 400 ppm	± konst. um 800 ppm
Belag mit Ca⁺⁺- Ionen			
	± konst. < 2 mval/100 g	3 ——— 23 mval/100 g	24 ——— 35 mval/100 g

* m.d.T. = mit der Tiefe

mendem Meeresspiegelanstieg, seit etwa 8000 Jahren, kann eine Verlandung dieses Sees und damit auch die Ausbildung eines Flußbettes und die Entstehung der Várzea mit all ihren Erscheinungen (SIOLI, 1957; ANDRADE, 1956) wie Paranás, Furos, Lagos de várzea etc. angenommen werden.

Die Ablagerung des Ria-Sees im Tal des Amazonas ist durch die etwas grobkörnigeren Ablagerungen der Várzea überlagert (Fig. 2). Da aber der Amazonas nach dem Verlanden des Sees ein relativ tiefes Tal (25-80; $\phi \approx 35$ m) ausgebildet hat, erodiert er am Grund seines Flußbettes an zahlreichen Stellen seine alten Ablagerungen aus dem Seestadium. Solche Sedimente wurden an einigen Stellen am Grund des Flußbettes des Rio Solimões mit dem Echolot festgestellt. Die Analyse gedretschter Proben ergab wie erwartet in mineralogisch-geochemischer Sicht eine Übereinstimmung mit der Suspension des rezenten Amazonas. Ein besonders eindrucksvolles Beispiel zeigt ein Echolotprofil von dem Zusammenfluß des Rio Solimões mit dem Rio Negro (Fig. 3). Auf eine Länge von etwa 5 km stehen in Tiefen um 40 m feinkörnige Sedimente an. Sie "verschließen" das um 60 m tiefere Flußbett des Rio Negros. Die Mineralanalyse ergibt auch hier eine Übereinstimmung mit dem feinkörnigen Anteil der Suspension des Amazonas; wodurch ausgeschlossen wird, daß das feinkörnige Material der benachbarten tertiären Alter do Chão Formation zuzuordnen ist, da diese ihre Herkunft aus einer ganz anders gearteten Mineralprovinz, der der präkambrischen Schilde, ableitet, während der Amazonas seine Schwebfracht letztlich aus den Anden (abgesehen von einem kleineren Anteil, den die Flüsse des Acre liefern) bezieht (IRION, 1974, 1976c).

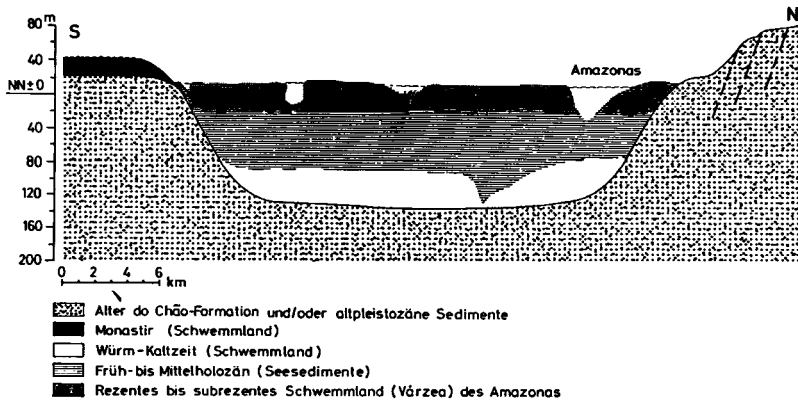


Fig. 2: Querschnitt (N - S) durch das Amazonastal kurz unterhalb der Mündung des Rio Negro, auf der Höhe der Ilha do Careiro.

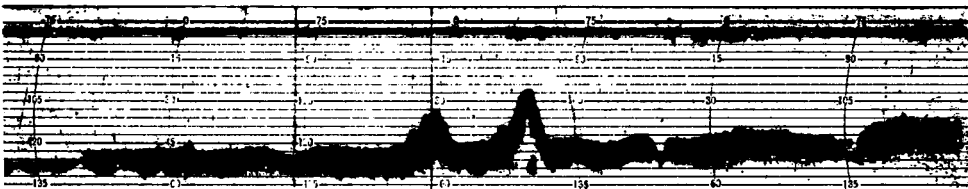


Fig. 3: Echologprofil vom Flußgrund des Rio Amazonas (in der Längsachse des Flusses) vor der Mündung des Rio Negros. Der Amazonas erodiert hier die feinkörnigen Ablagerungen seines früh-holozänen (siehe Fig. 2) Seestadiums. Das Profil ist etwa 4 km lang.

Da der Amazonas am Fuß der Anden einen Pegel von kaum mehr als 100 Meter über NN hat, kann angenommen werden, daß sich der postglaziale Ria-See über die Grenzen von Brasilien hinaus bis etwa auf die Höhe von Iquitos erstreckt hat. Die Ausdehnung dieses Sees wird in einem späten Stadium wahrscheinlich der der rezenten Várzea entsprochen haben, womit der See bei einer Länge von 2500 km nur an wenigen Stellen eine Breite von 100 km erreicht hätte und eine Fläche von etwa 80000 km² (64400 km² gibt CAMARGO, 1954 für die rezente Várzea Brasiliens an) gehabt haben könnte.

Der Amazonas heute

Das Flußbett des Amazonas und sein Schwemmland sind nach den obigen Erwägungen relativ jung (< 6000 Jahre). Das Flußbett ist, wie jetzt aus den Radar Karten entnommen werden kann, schmaler als früher angenommen (Fig. 4) wurde. Es erreicht im brasilianischen Bereich Durchschnittsbreiten zwischen 2.8 und 6 km und überschreitet an keiner Stelle die

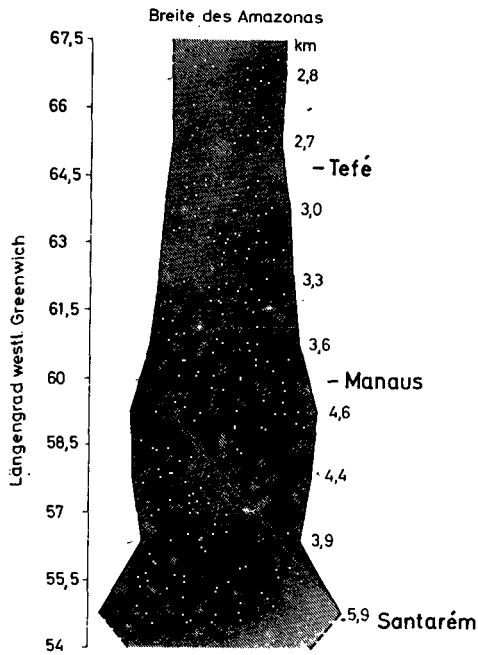


Fig. 4: Durchschnittliche Breite des So-limões-Amazonas zwischen dem 67,5. und dem 54. Grad westlicher Länge. Die Werte wurden unter Zusammenfassung von je 1,5° (etwa 150 bis 200 km Flußlauf) aus den Radar Karten des Projeto Radam ermittelt.

Breite von 10 km. Größere Breiten werden vor allem bei Hochwasser durch überschwemmte Várzeaflächen vorgetäuscht.

Die normale Bodenfracht des Amazonas ist ein Grobsand mit kleinem Kiesanteil, der z.T. riesige Rippeln (Fig. 5) ausgebildet hat (SIOLI, 1965). Die Sande und Kiese sind überwiegend schlecht gerundet, sie sind an ihrer Oberfläche gut poliert (Fig. 6).



Fig. 5: Echolotprofil von Riesenrippeln der Bodenfracht des Amazonas. Das Profil wurde etwa in der Höhe von Monte Alegre in Flußmitte aufgenommen. Die mittlere Rip-pel hat eine Länge von etwa 600 m und eine Höhe von 12 m.

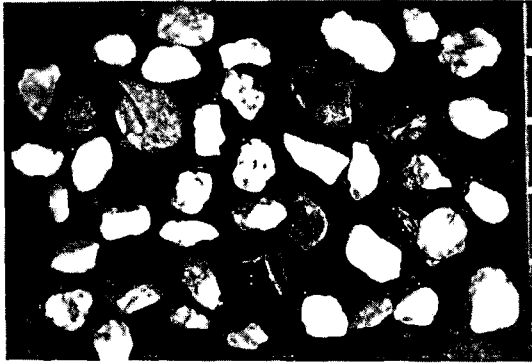


Fig. 6: Zum Teil schlecht gerundeter Kies aus der Bodenfracht des Amazonas bei Parentins. Man beachte die Politur der Kiese. (Ein Abstand auf dem Maßstab entspricht 1 cm).

Die Nebenflüsse des Amazonas

Wie bekannt (SIOLI, 1957), können im Amazonasgebiet zwei Grundtypen von Wässern, die suspensionsreichen Weißwässer und die suspensionsarmen Klar- und Schwarzwässer unterschieden werden. Die Suspensionsgehalte der Weißwässer sind mit Werten zwischen 40 und 300 mg/l (GIBBS, 1967) mindestens eine Zehnerpotenz höher als die der Klar- und Schwarzwässer (um 5 mg/l).

Für die Auffüllung der im Würmglazial tiefer eingeschnittenen Unterläufe der Nebenflüsse des Amazonas scheint aber vor allem der Unterschied in der Korngrößenzusammensetzung wesentlich zu sein. Während die Schwebfracht der Weißwasserflüsse einen Median im Siltbereich hat, führen die Klar- und Schwarzwasserflüsse vorwiegend Tone (der Tapajós auch Silte) in ihrer Suspension. Die Schwebfracht der Weißwasserflüsse kommt also bei noch relativ hohen Fließgeschwindigkeiten, z.B. am Gleithang von Mäandern, zur Ablagerung, während die Tone der Klar- und Schwarzwässer nur in Seen bei geringsten Fließgeschwindigkeiten abgelagert werden können. Mäander, wie sie in diesem Ausmaß wohl sonst nirgends aus der Erde auftreten, haben die weißwasserführenden Flüsse, die das Gebiet des Estado do Acre entwässern (Rio Javari, Rio Jutai, Rio Juruá und Rio Acre-Rio Purús) gebildet; das Verhältnis von Gefälle zu Wasserführung zu Talauenbreite und zu Sedimentzusammensetzung scheint hier die Mäanderbildung außerordentlich zu begünstigen, während für andere Weißwasserflüsse, wie dem Rio Madeira und dem Rio Branco, dieses Verhältnis ungünstig zu sein scheint.

In den Unterläufen der suspensionsarmen Klar- und Schwarzwasserflüsse haben sich sog. Ria-Seen (GOUROU, 1950), die beim postglazialen Meeresspiegelanstieg entstanden sind (SIOLI, 1957), mit heute meist geringen Tiefen zwischen 5 und 25 m, erhalten. Die Verbreitung der Ria-Seen reicht im Gebiet des Amazonasverlaufs wahrscheinlich hinauf bis Pebas/Peru. Im Norden sind diese Seen bis zum Äquator (z.B. am Rio Xeriuini, einem Nebenfluß des Rio Branco) und auch am Mittel- und Unterlauf des Rio Negro anzutreffen. Im südwestlichen Tiefland erstreckt sich ihr Vorkommen bis mindestens 5° südlicher Breite (z.B. Lago Jari am Rio Purús). Diese außerordentlich weite Verbreitung zeigt nochmals,

wie ungewöhnlich flach das zentrale obere Amazonasgebiet ist.

Die Sedimentation in den größeren Ria-Seen oder Ria-Mündungen, wie z.B. dem Unterlauf des Rio Xingu, des Rio Tapajós (Fig. 7) und des Rio Uatumã, ist am stärksten im untersten, am breitesten ausgebildeten Abschnitt des Rias. Hier wird bei stark verminderter Fließgeschwindigkeit die feinkörnige Suspension dekantiert (SIOLI, 1957, 1968). Die Auffüllung des alten Tals von der Oberseite her durch die Bodenfracht des einströmenden Flusses ist gering, wodurch sich hier in einigen Fällen ein relativ tiefes Becken erhalten hat.

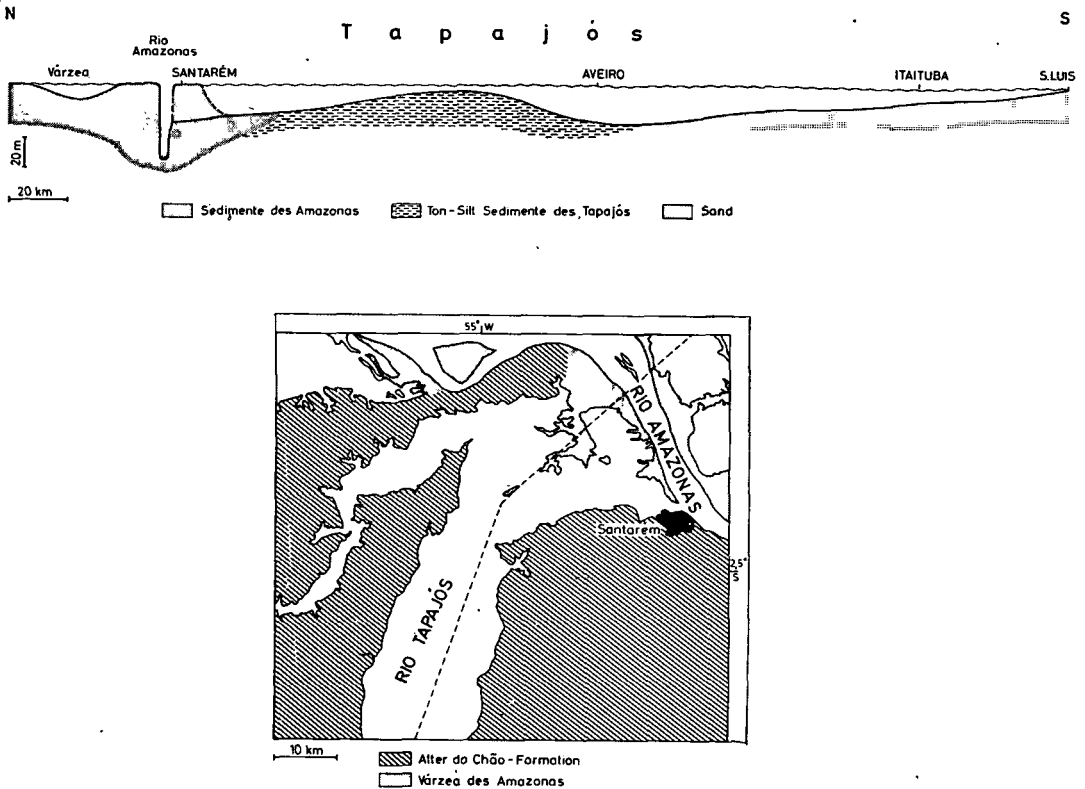


Fig. 7: Längsschnitt des Unterlaufs des Rio Tapajós bei mittlerem Hochwasser. Etwa ab Aveiro ist der Tapajós als Ria-See ausgebildet. Bei geringen Fließgeschwindigkeiten lagert er hier seine feinkörnige Suspension ab. Das Wasser des Amazonas fließt bei Hochwasser unter Bildung eines Deltas in den Ria des Tapajós hinein und sedimentiert dort einen Teil seiner Schwebfracht.

Die Lageskizze gibt den mittleren und unteren Teil des Ria-Sees wieder. Die gestrichelte Linie zeigt die Lage des Profils.

In kleineren Ria Mündungen, wie z.B. dem Hauptzufluß des Lago Aiapuí (Fig. 8), wird bei geringen Fließgeschwindigkeiten auf der ganzen Länge fast gleichmäßig sedimen-

tiert. Im Mündungsbereich dringt bei Hochwasser des Vorfluters dessen Wasser weit in den Ria hinein und bestimmt dort, wie auch bei größeren Ria-Seen (Fig. 7), die Sedimentation.

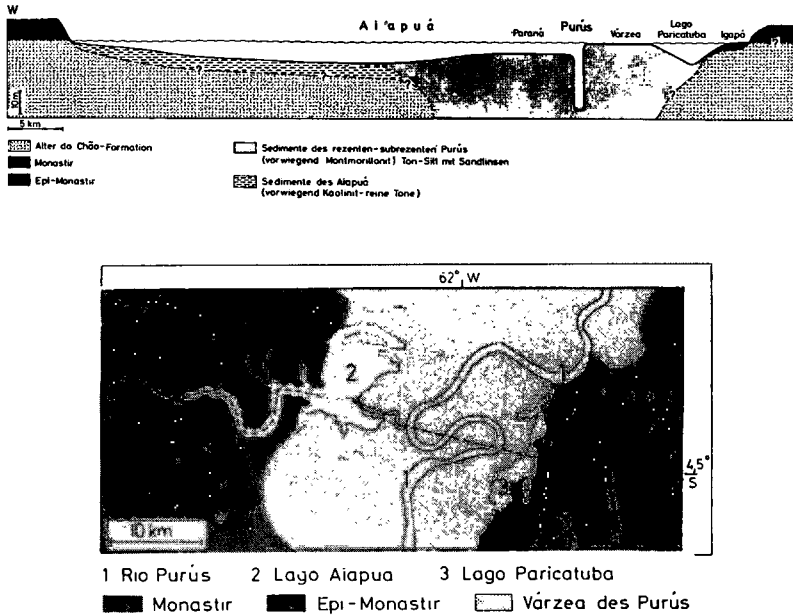


Fig. 8: Querschnitt durch das Tal des Rio Purús auf der Höhe des Lago Aiapua (bei mittlerem Wasserstand). Der Hauptzufluß des Lago Aiapua ist als kleiner Ria-See ausgebildet; er führt suspensionsarmes Schwarzwasser. Im Gegensatz zum Tapajós kommt es im Ria des Lago Aiapua bei seiner Verbreiterung nicht zur Abnahme der Seetiefe, da bei den bedeutend kleineren Dimensionen dieses Rias der Austausch der Sedimente nicht in Rinnen sondern auf der ganzen Breite erfolgt.

Bei Hochwasser fließt das Wasser (Weißwasser) des Rio Purús durch einen Paraná (siehe Lageskizze) in den Lago Aiapua und auch in den Ria-See und sedimentiert dort einen Teil seiner Schwebfracht. An der rechten (östlichen) Talseite des Rio Purús ist der Várzeasee Lago Paricatuba und ein Igapó (Überschwemmungswald des Schwarzwassers), der auf pleistozänem Sediment liegt, wiedergegeben.

Die Lageskizze zeigt die geologische Situation, wie sie sich nach Geländeuntersuchungen und aus der Radar Karte des Projeto Radam ergibt. Die gestrichelte Linie zeigt die Lage des Profils. Die Flußschlinge in der östlichen Talhälfte des Rio Purús ist im Querschnitt nicht berücksichtigt.

Beim jährlichen Niedrigwasser verringern sich die Seetiefen meist auf Werte unter 5 m, was zur Erhöhung der Fließgeschwindigkeiten im See und zur Ausbildung von Erosionsrinnen führt. So hat GIBBS, 1967, im Ausfluß des Lago Tefé und des Lago Coari bei Niedrigwasser Suspensionsgehalte zwischen 130 und 140 mg/l gemessen, während in den Zuflüssen dieser Seen der Gehalt an Schwebfracht nur bei etwa 5 mg/l lag. Ähnliche Erosion wurde

im Tapajós (eine Rinne mit 35 m Tiefe, IRION, 1976c) beobachtet und scheint für andere eingehend untersuchte Ria-Seen, wie z.B. dem Uatumã, dem Lago Aiapuã und zahlreichen kleinen Ria-Seen, gesichert zu sein.

In den meisten Ria-Seen Amazoniens wird also, wie oben gezeigt wurde, bei Hochwasser sedimentiert, während bei Niedrigwasser vorwiegend erodiert wird. Diese Erscheinung spricht zusammen mit der fast einheitlichen Tiefe der Ria-Seen (etwa 5 bis 25 m) für das Bestehen eines Gleichgewichts im Sedimenthaushalt dieser Seen, das sich zwischen Ablagerung und Erosion eingestellt hat.

Die Auffüllung der im Würmglazial tief eingeschnittenen Täler der Klar- und Schwarzwasser führenden Nebenflüsse des Amazonas scheint damit -- wie auch die der Weißwasserflüsse -- einen gewissen Abschluß gefunden zu haben. Trotz der Sedimentarmut der Klar- und Schwarzwasser war also durch die Bildung der Ria-Seen eine vergleichsweise rasche Sedimentation möglich gewesen.

Der Rio Negro

Der größte Schwarzwassernebenfluß des Amazonas, der Rio Negro, nimmt im Bezug der Auffüllung seines pleistozänen Tals eine Sonderstellung ein (Fig. 9). Etwa 200 km oberhalb seiner Mündung ist sein Tal auf eine Strecke von etwa 90 km durch Inseln fast vollständig aufgefüllt. Der Fluß selbst fließt in einzelnen Rinnen, die eine Gesamtbreite von 3 km und eine durchschnittliche Tiefe von 30 - 40 m haben. Die Fließgeschwindigkeiten sind zu hoch für die Ablagerung der Schwebfracht des Flusses, so daß nur noch auf der Innenseite hufeisenförmig ausgebildeter Inseln (SIOLI, 1968) eine Sedimentation in Frage kommt. Nach einer folgenden Verbreiterung des Flußbettes auf 8 km verengt er sich zuerst 70 km und dann nochmal 18 km vor der Mündung in den Amazonas erneut auf 2 bzw. 3 km. Die Fließgeschwindigkeit erhöht sich daher wieder und noch nicht abgesetzte Tone und Silte bleiben in Suspension. So ist es zu erklären, daß hier -- wahrscheinlich ist es die einzige Stelle im Amazonasgebiet -- ein würmglaziales Tal, bzw. Flußbett, fast unverändert erhalten ist (SIOLI, 1967).

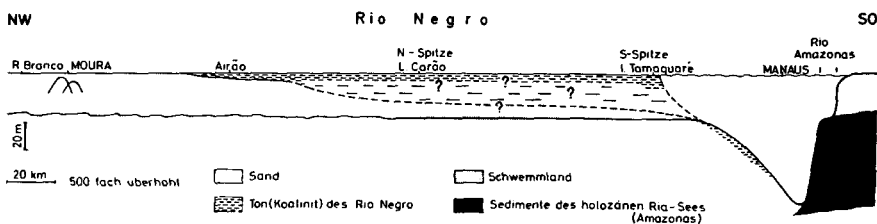


Fig. 9: Längsschnitt durch das untere Rio Negro Tal. Die durchgezogene Linie entspricht der Haupttrinne zwischen den Inseln des Flusses. Die gestrichelte Linie stellt einen Längsschnitt durch die Inseln des Rio Negros dar. Rechts im Bild ist die Mündung des Rio Negros in den Amazonas mit der darauffolgenden Várzea wiedergegeben. Das Echolot von Fig. 3 wurde an dieser Stelle aufgenommen.

Schlußbetrachtung

Die Verteilung von Land, Wasser, Überschwemmungswälder (Igapó und Várzea) und Terra Firme, wie sie heute im Amazonasgebiet anzutreffen ist, war im Verlauf des Pleistozäns starken Schwankungen unterworfen. Riesige Seen, wie sie vor allem für das ältere Pleistozän angenommen werden können, haben bei Meeresspiegeltiefständen mit einer vergleichsweise starken Zertalung abgewechselt. Selbst bei nicht wesentlich verändertem Klima werden sich daraus weitgehende Konsequenzen für die Fauna und Flora des Amazonasgebiets ergeben haben.

Während im Monastir, vor etwa 100000 Jahren ähnliche Zustände wie heute vorgeherrscht haben können, war die darauffolgende Periode, durch Tiefenerosion und damit durch das weitgehende Fehlen von Seen, Várzeaflächen und Igapós gekennzeichnet. Bei veränderter Sedimentführung scheint es wahrscheinlich, daß auch Flüsse, die heute Klar- und Schwarzwasser führen, über einen beträchtlichen Suspensionsgehalt verfügt haben. Während heute im Tiefland vorwiegend stark verwittertes Material abgetragen wird, kann angenommen werden, daß im Würmglazial auch die tiefliegenden, noch unverwitterten Partien der noch nicht verfestigten tertiären Sedimente des Alter do Chão (Barreira) in den Bereich der Erosion gelangten. Das Auftreten würmglazialer, feldspatreicher Sedimente vor der Mündung des Amazonas, wie es DAMUTH und FAIRBRIDGE, 1970 beschreiben, passt daher gut in den oben beschriebenen Verlauf des ausgehenden Pleistozäns und läßt nicht, wie angenommen, auf ein arides Klima während der letzten Kaltzeit schließen.

Die Geschichte der Landschaft Amazoniens kann also für das Spät-Pleistozän und für das Holozän in groben Zügen umrissen werden. Der Klimaverlauf in diesem Zeitraum scheint dagegen noch weitgehend unbekannt zu sein. Aufschlüsse dazu könnten nur nach bisher gewonnenen Untersuchungsergebnissen, z.B. an Hand der Analysen von Sedimentkernen aus Milieus mit besonders geringen Ablagerungsraten (kleine Ria-Seen), und an Hand von Bodenprofilen gewonnen werden, und so beitragen zur Deutung der ökologischen Gegebenheiten, wie sie heute im Amazonasgebiet anzutreffen sind.

Zusammenfassung

Im oberen Tiefland Amazoniens lassen die geringen Meereshöhen dieser Region die Bildung riesiger Binnenseen zu Zeiten der früh- bis mittelpleistozänen Meeresspiegelhochstände vermuten. Bei weniger hohen Meeresspiegelständen (um 15 m über NN) können dagegen für das Monastir (letzte Warmzeit vor dem Würmglazial) ausgedehnte Flußlandschaften nachgewiesen werden. Zur Zeit ihrer Bildung waren sie der rezenten Várzea ähnlich. Heute zeichnen sie sich durch eine relative Hochlage (etwa 5 - 10m über der Várzea) und durch einen mehrere Meter mächtigen Verwitterungshorizont aus.

In den im Würmglazial tief eingeschnittenen Tälern Amazoniens bildeten sich im Postglazial, bei schnellem Meeresspiegelanstieg, zunächst sog. Ria-Seen. Bei geringerem Meeresspiegelanstieg, etwa seit dem Mittelholozän, wurden dann die Täler des Amazonas und die der Weißwasser führenden Nebenflüsse zusegmentiert und damit die Várzea gebildet. In den Unterläufen der suspensionsarmen Klar- und Schwarzwasserflüsse blieben die Ria-Seen bestehen.

Die Auffüllung der Ria-Seen hat bei durchweg geringen Seetiefen einen gewissen Abschluß gefunden. Für den Sedimenthaushalt dieser Seen scheint sich, wie auch für den überwiegenden Anteil der Schwemmländer Zentralamazoniens, damit ein Gleichgewicht zwischen Sedimentablagerung und Sedimentabtragung eingestellt zu haben.

Resumo

Na planície superior da Amazônia, as baixas cotas desta região permitem supor a formação de enormes lagos interiores na época das alturas máximas do nível do mar durante o pleistoceno inferior, e médio. Contudo, com alturas menores do nível do mar (cerca de 15 m acima do nível atual), podem ser comprovadas extensas paisagens fluviais para o Monastir (último período quente antes do glacial de Würm). Durante o período de sua formação eram semelhantes à várzea recente. Atualmente se caracterizam por uma relativa posição elevada (cerca de 5-10 m acima da várzea) e por um horizonte de decomposição de vários metros de espessura.

Nos vales amazônicos profundamente entalhados durante o glacial de Würm, formaram-se no post-glacial com a elevação do nível do mar, primeiramente assim chamadas rias. Posteriormente, com a elevação menor do nível do mar, talvez desde o holoceno médio, os vales do Amazonas e dos afluentes com água branca foram preenchidos com sedimentos, e se formou a várzea. As rias se mantiveram nos cursos inferiores dos rios de água clara e preta pobres em suspensões.

O preenchimento das rias concluiu-se de certa forma com as profundidades relativamente pequenas dos lagos. Para o balanço de sedimentos destes lagos, assim como para a maior parte dos terrenos aluvionais da Amazônia central, parece que se estabeleceu um equilíbrio entre deposição e erosão dos sedimentos. (Tradução por Dr. Reimar Schaden).

Literatur

- ANDRADE, G.O. (1956): Furos, Parará e Igarapé. — Ed. Universidade do Recife, Pernambuco, sec., E Geografia e História 17, 1-41
- BARRETO, L., MILLIMAN, J., AMARAL, C. and FRANCISCONI, O. (1975): Continental margin sedimentation of Brazil. Part II. Northern Brazil. — Contrib. Sedimentology 4, 11-43
- BEURLEN, K. (1970): Geologie von Brasilien. — Berlin, Stuttgart
- BREMER, H. (1973): Der Formungsmechanismus im tropischen Regenwald Amazoniens. — Z. Geomorph. N.F. 17, 195-222
- CAMARGO, F.C. de (1949): Terra e colonização no antigo e novo quaternário da zona da Estrada de Ferro de Bragança, Estado do Pará, Brasil. — Bol. Mus. Par. E. Goeldi, 10, 123-147
- CAMARGO, F.C. de (1954): A conquista das várzeas do Amazonas. — Edição mimeografada
- DAMUTH, J.E. and FAIRBRIDGE, R.W. (1970): Equatorial Atlantic Deep-Sea Arkosic Sands and Ice-Age Aridity in Tropical South America. — Geological Society of America Bulletin 81, 189-206
- FAIRBRIDGE, R.W. (1961): Eustatic Changes In Sea Level. — Physics and Chemistry of the Earth 4, 99-185
- GIBBS, R.J. (1967): The Geochemistry of the Amazon River System: Part I. The Factors that Control the Salinity and the Composition and Concentration of the Suspended Solids. — Geological Society of America Bulletin 78, 1203-1232
- GOUROU, P. (1950): Observações Geográficas na Amazônia. — Revista Brasileira de Geografia 3, 355-408
- IRION, G. (1974): Erste Untersuchungsergebnisse an Sedimenten und Verwitterungsprofilen in Amazonien. — Referate Band des 4. Geowissenschaftlichen Lateinamerika-Kolloquiums; Hannover, 14. und 15. Nov. 1974.
- IRION, G. (1976a): Mineralogisch-geochemische Untersuchungen an der pelitischen Fraktion amazonischer Oberböden und Sedimente. — Biogeographica (im Druck)
- IRION, G. (1976b): Quaternary sediments of the upper Amazon lowlands of Brazil. — Biogeographica (im Druck)
- IRION, G. (1976c): Mineralogisch-geochemische Untersuchungen an Verwitterungsprofilen, Fluß- und Seesedimenten im Einzugsgebiet des Amazonas. — In Vorbereitung
- IRION, G. und FÖRSTNER, U. (1975): Chemismus und Mineralbestand amazonischer See-Tone. — Die Naturwissenschaften 62, 179
- KLAMMER, G. (1971): Über plio-pleistozäne Terrassen und ihre Sedimente im unteren Amazonasgebiet. — Z.f. Geomorph., N.F. 15, 62-106
- KLAMMER, G. (1975): Beobachtungen an Hängen im tropischen Regenwald des unteren Amazonas. — Z. Geomorph., N.F. 19, 273-286

- MILLIMAN, J.D. and BARRETO, H.T. (1975): Relict magnesian calcite oolite and subsidence of the Amazon shelf.- *Sedimentology* 22, 137-145.
- SIOLI, H. (1957): Sedimentation im Amazonasgebiet.- *Geologische Rundschau* 45, 608-633
- SIOLI, H. (1965): Zur Morphologie des Flußbettes des Unteren Amazonas.- *Die Naturwissenschaften* 5, 104
- SIOLI, H. (1966): General features of the delta of the Amazon.- *Humid Tropics Research-Scientific Problems of the Humid Tropical Zone Deltas and their Implications. Proceedings of the Dacca Symposium.- UNESCO*, 381-390
- SIOLI, H. (1967): Studies in Amazonian Waters.- *Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica*, 3, (Limnologia), 9-50
- SIOLI, H. (1968): Zur Ökologie des Amazonas-Gebietes.- *Biogeography and Ecology in South America I, Monogr. Biol.* 18, 137-170
- SOMBROEK, W.G. (1966): Amazon soils.- Wageningen

Verwendetes Kartenmaterial:

- Mapa Geológico do Brasil (1971): Ed. Ministério das Minas e Energia Departamento Nacional da Produção Mineral, Rio de Janeiro
- Projeto Radam (1972/73): Mosaico semi-controlado de radar (da Amazônia). Executado por LASA Engenharia e Propecções S.A.

Anschrift des Autors:

Zum Druck angenommen im Dezember 1975

Dr. Georg Irion
Senckenberg-Institut
Schleusenstraße 39A
D - 2940 Wilhelmshaven
BR Deutschland

