

Artikel

## Spät- und postglaziale Landschaftsentwicklung im Bajan Nuur See-becken (Nordwestmongolei)

Naumann, Stephan

in: Die Erde | Die Erde - 130

14 Seite(n) (117 - 130)

---

### Nutzungsbedingungen

DigiZeitschriften e.V. gewährt ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht kommerziellen Gebrauch bestimmt. Das Copyright bleibt bei den Herausgebern oder sonstigen Rechteinhabern. Als Nutzer sind Sie nicht dazu berechtigt, eine Lizenz zu übertragen, zu transferieren oder an Dritte weiter zu geben.

Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen:

Sie müssen auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten; und Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgend einer Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen; es sei denn, es liegt Ihnen eine schriftliche Genehmigung von DigiZeitschriften e.V. und vom Herausgeber oder sonstigen Rechteinhaber vor.

Mit dem Gebrauch von DigiZeitschriften e.V. und der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

### Terms of use

DigiZeitschriften e.V. grants the non-exclusive, non-transferable, personal and restricted right of using this document. This document is intended for the personal, non-commercial use. The copyright belongs to the publisher or to other copyright holders. You do not have the right to transfer a licence or to give it to a third party.

Use does not represent a transfer of the copyright of this document, and the following restrictions apply:

You must abide by all notices of copyright or other legal protection for all copies taken from this document; and You may not change this document in any way, nor may you duplicate, exhibit, display, distribute or use this document for public or commercial reasons unless you have the written permission of DigiZeitschriften e.V. and the publisher or other copyright holders.

By using DigiZeitschriften e.V. and this document you agree to the conditions of use.

### Kontakt / Contact

DigiZeitschriften e.V.

Papendiek 14

37073 Goettingen

Email: [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

DIE ERDE	130	1999	S. 117 - 130	Regionaler Beitrag
----------	-----	------	--------------	--------------------

• *Limnische - Paläoklima - Vegetationsentwicklung*

**Stephan Naumann** (Berlin)

## **Spät- und postglaziale Landschaftsentwicklung im Bajan Nuur Seebecken (Nordwestmongolei)**

*Late- and postglacial landscape evolution in the Bayan Nuur lake basin  
(northwestern Mongolia)*

Mit 2 Figuren

Seespiegelschwankungen als Ausdruck paläoklimatischer Veränderungen stellen im Bereich der innerasiatischen intermontanen Becken ein wesentliches Mittel zur Rekonstruktion des Paläoenvironments dar. Die geographische Lage der Mongolei im Wechselspiel zwischen autochthonen Beckenklimaten, dem Einfluß der monsunalen und der außertropisch zyklonalen Zirkulation unterstreicht die Bedeutung des Raumes für die Rekonstruktion der paläoklimatischen Landschaftsentwicklung in Innerasien, verdeutlicht jedoch auch die Problematik einer einheitlichen Darstellung der Seengeschichte der Mongolei im letzten Spät- und Postglazial zu der die vorliegende Veröffentlichung einen Beitrag geben soll.

### **1. Einleitung**

Die stratigraphische Gliederung des Pleistozäns der Mongolei, die der westsibirischen Tiefebene entspricht, stützt sich im wesentlichen auf Arbeiten russischer Geologen zur Paläolimnologie in der Senke der Großen Seen. Seespiegelschwankungen sind dabei an einen paläoklimatischen Zyklus gebunden, der in den ausgehenden Interglazialen und den beginnenden Glazialen durch Absenkung der Jahresmitteltemperaturen und damit eingeschränkter Evaporation zu einem erhöhten Feuchtigkeitsangebot und demzufolge zu höheren Seespiegelständen führt. Das Ausmaß dieser Seespiegelschwankungen

kann dabei erheblich sein. Für den Übergang vom Karginer Interstadial zum Sartan Glazial werden für das Chirgis Nuur Seespiegelstände von 152 m und für das Uvs Nuur von 207 m über heutigem Niveau angegeben (*Devjatkin* 1981: 164). Abflußerhöhungen in den Vorflutern von niedertauenden Gletschern im Spätglazial bei geringer Evapotranspirationsleistung können ebenfalls zu kurzfristigen, aber erheblichen Seespiegelanstiegen in den abflußlosen Becken führen (*Sevastjanov* 1993, 1994).

Im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und der Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)

unterstützten Projektes zur 'Rekonstruktion der paläoökologischen und -klimatischen Landschaftsentwicklung anhand von limnischen und sedimentären Sedimenten im Uvs-Nuur-Becken (Nordwest-Mongolei)' konnten von 1995 - 1997 drei Forschungsreisen durchgeführt werden, deren Ergebnisse hier für das Teilbecken des Bajan Nuur Sees vorgestellt werden.

## 2. Lage des Untersuchungsgebietes

Das untersuchte Gebiet des Bajan Nuur Sees (N 50°00'00'' E 94°00'00'') liegt zentral im östlich an das Uvs Nuur anschließende Dünenfeld der Böörög Deliyn Els, 10 km nordöstlich des Som Zentrums Suungow (*Fig. 1*).

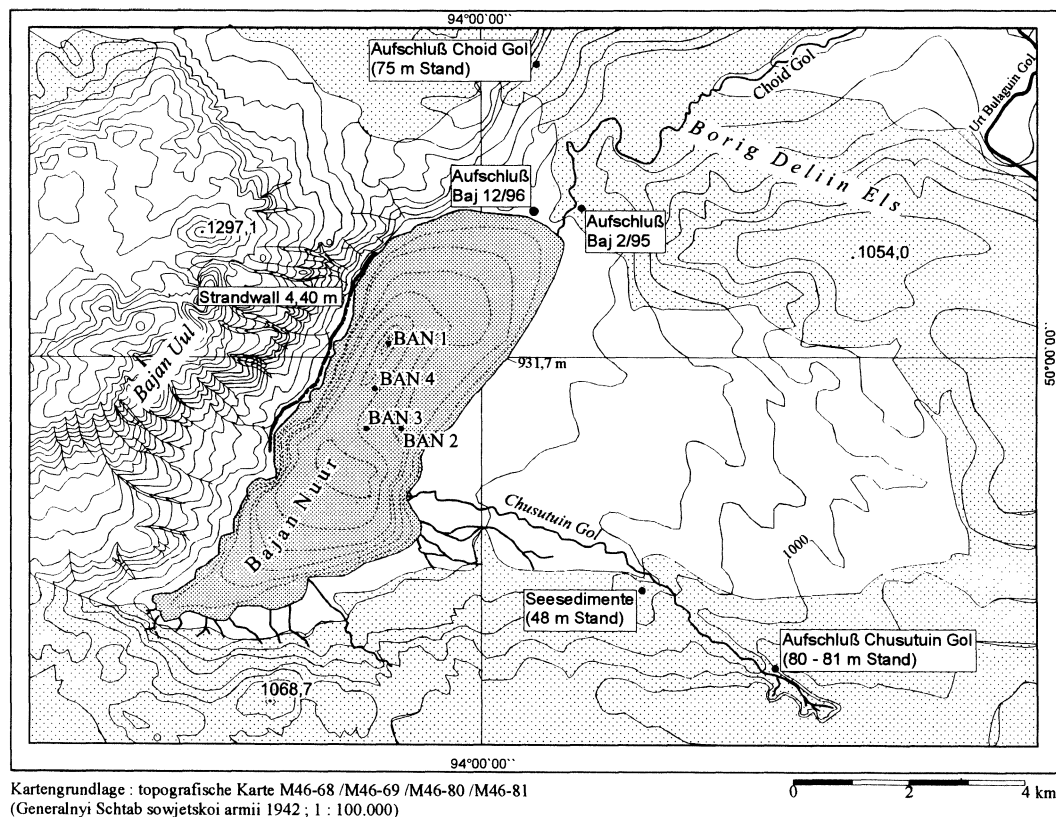
## 3. Physisch-geographischer Überblick

Das landschaftlich bestimmende Element, mit einem Anteil von 82 % am oberirdischen Einzugsgebiet des Bajan Nuur, sind die Dünen- und Flugsandfelder der Böörög Deliyn Els. Diese Altdünen tragen zum Teil dichte Steppenvegetation und weisen typische, der Hauptwindrichtung aus WNW folgende, langgestreckte Rückenformen (*Grunert und Klein 1998*) auf. Sie umschließen den Beckenraum in einem nördlichen und südlichen Schenkel und erreichen, gemessen am rezenten Seespiegel des Bajan Nuur, relative Höhen von über 130 m. Im Süden des Sees und am Abfluß (Choid Gol), der den nördlichen Dünenschenkel zerschneidet, treten infolge von Überweidung aktive Barchane und barchanoide Formen auf. Im Westen wird das Becken durch den tektonisch gehobenen Bruchkörper des Bajan Uul (1344 m NN) begrenzt. Dieser streicht quer zur Hauptwindrichtung und schützt den Beckenraum vor der Akkumulation der äolisch transportierten Sande (*Fig. 1*). Die Erhebung

wird vornehmlich durch Granite, Tonschiefer, Konglomerate und roten Sandstein aufgebaut. Der Bajan Uul folgt in seinem Streichen einer aktiven tektonischen Störung (*Sevastjanov et al. 1994*), die bis an das Chan Chochin Nuuru Gebirge heranreicht. In den Tonschiefern stellt sich eine Verflachung ein, die fluvial zerschnitten ist. Die an den Bajan Uul anschließenden Akkumulationsfußflächen (*Walther und Naumann 1997*) sind teilweise von äolischen Sandschleppen überdeckt sind und fallen zum See hin ein.

Im Gegensatz zum Uvs Nuur ist der Bajan Nuur (931,7 m NN) ein Süßwassersee (mongol. 'bajan' = 'reich'). Mit einer maximalen Länge von 12,2 km und einer Breite von 3,9 km weist der See eine Fläche von 32,04 km<sup>2</sup> auf. Er folgt in seiner Längsachse dem Streichen des Bajan Uul. Die Seebeckenmorphometrie konnte anhand zahlreicher Echogramme rekonstruiert werden. Demnach läßt sich der See in 2 Teilbecken mit einer maximalen Tiefe von 29,2 m bzw. von 25 m untergliedern (*Fig. 1*). Der Seebeckenquerschnitt ist asymmetrisch mit einer steilen zum Gebirgskörper aufsteigenden Westflanke und einem flacheren Osthang. Die Seebeckenmorphometrie unterstreicht somit die tektonische Beckenanlage.

Dieser als mesotroph einzustufende (schriftl. Mitt. *Horn 1998*) Durchströmungssee, dessen nördlicher Abfluß der Choid Gol dem Nariyn Gol tributär ist, ist in seiner Entwässerung an das Uvs Nuur angeschlossen. Das Gewässer wird durch einen großflächigen Grundwasserleiter gespeist, der seine Wurzeln im Chan Chochin Gebirge und dessen höhergelegenen Akkumulationsfußflächen hat und das Oberflächeneinzugsgebiet bei weitem übertrifft. Die ausschließlich südlich und südöstlich um den See austretenden Zuflüsse des Bajan Nuur sind durchweg perennierender Natur und weisen nicht unbe-



Dünenfeld Borig Deliin Els    
  Strandwall    
  Isobathen    
  perennierender Flußlauf

Fig. 1 Topographie des Bajan Nuur Beckens (Mongolei) und Lage der Untersuchungspunkte /  
Topography of the Bajan Nuur basin (Mongolia) and study area

trächtliche Quellschüttungen auf. Eine Speisung durch Niederschlagswasser im begrenzten Oberflächeneinzugsgebiet ist daher auszuschließen. Das Ministerium für Energie, Geologie und Bergbau der Mongolei gibt 1996 eine Quellschüttung des Chusutuin Gol von 0,216 m<sup>3</sup>/s an (Fig. 1). Grunert (mündl. Mitt. 1998) ermittelte für den Monat August 1997 0,75 m<sup>3</sup>/s und belegt durch morphographische und chemische Untersuchungen des Oberflächenwassers einen Grundwasserzustrom vom Chan Chochin Gebirge in das Bajan Nuur Becken. Nach Horn (mündl. Mitt. 1998) beträgt die heutige mittlere Verweilzeit des Wassers im See ca. 8 Jahre.

#### 4. Jungpleistozäne Seesedimente im Bajan Nuur Becken

Aufgrund der konservierenden Wirkung der äolischen Sande bietet das Dünenfeld der Böörög Deliin Els günstige Bedingungen, um ältere Seesedimente auffinden zu können. Dies gelang sowohl in der Ostbucht des Uvs Nuur als auch an Flußeinschnitten des Choid Gol und des Chusutuin Gol um den Bajan Nuur See.

##### Der Aufschluß Chusutuin Gol

Im Taleinschnitt des Chusutuin Gol streichen auf einer Länge von mehreren 100 Me-

tern Seesedimente aus (Fig. 1). Die Dünen-sande erreichen nach tachymetrischer Vermessung von der Talsohle bis zum Dünen-top eine Mächtigkeit von 60 m. Die Seese-dimente liegen 18,1 m über dem Chusutuin Gol und etwa 81 m über heutigem Seespiegel des Bajan Nuur. Entlang der Seesedimente wurden zahlreiche Profile aufgenommen, wobei sich folgende allgemeingültige Lagerungsverhältnisse ergaben.

Die Limnite sind von jüngeren bis zu 40 m mächtigen Dünen-sanden überdeckt und von diesen durch eine Erosionsdiskordanz abgegrenzt. Die Seesedimente erreichen Mächtigkeiten von 80 - 100 cm und werden durch karbonatische, entschichtete Schluffe gebildet, die Kalkgehalte von 13 - 15 % aufweisen. Vereinzelt treten Feinsandschmitzen auf. An der Basis der Limnite konnten Mol-lusken der Gattungen *Limnaea*, *Bythinella* und *Gyraulus* nachgewiesen werden. Diese erbrachten ein konventionelles Radiokarbon-alter von 46.700 +/- 1.400 y.b.p. (Beta Ana-lytics 109824). Zum Liegenden gehen die Seesedimente kontinuierlich in fluviale Ablagerungen über. Diese setzen sich zu-meist aus Mittel- bis Feinsanden zusammen. Zum Liegenden sind sie durch eine Erosi-onsdiskordanz von den unterlagernden äoli-schen Sanden abgegrenzt. Dabei zeigen die fluvialen Sedimente häufig Strukturen ehe-maliger Rinnen, die wiederum verfüllt wur-den. Aus diesen Rinnen konnten umgelager-te, fossile Knochenfragmente geborgen wer-den, die von Prof. Von Den Driesch als Wildpferd, Kamel, Löwe (Höhlenlöwe ?), Hyäne (Höhlenhyäne ?), einem Boviden (Yak oder Wisent) und Mammut bestimmt wurden. Dies entspricht einer kaltzeitlichen Artengemeinschaft (mündl. Mitt. Prof. Von Den Driesch 1998).

#### *Der Aufschluß Choid Gol*

Auf der gegenüberliegenden Beckenseite des Bajan Nuur, am nördlichen Flußeinschnitt des Choid Gol, konnten gleichartige Seese-dimente in einer vergleichbaren Höhenlage gefunden werden (Fig. 1). Diese sind an den von Südwest nach Nordost streichenden Höhenrücken des Bajan Uul angelagert und in einer Erosionsrinne aufgeschlossen. Die tachymetrische Vermessung ergab eine relative Höhe von 75 m über rezentem Bajan Nuur Seespiegel. Es handelt sich hierbei ebenfalls um karbonatische Schluffe mit Kalkgehalten von 13 - 15 %, die von äoli-schen Sanden überdeckt werden und teilwei-se noch laminare Schichtung aufweisen.

### **5. Altholozäne Seesedimente im Bajan Nuur Becken**

Auf der östlichen Beckenseite im Dünenfeld der Böörög Deliyn Els stehen 48 m über heutigem Seespiegel karbonatische Schluffe mit Kalkgehalten von 20-25% an, die von Dünen-sanden unter- und überlagert werden (Fig. 1). In diesen Sedimenten wurden Mol-lusken der Gattung *Limnaea* geborgen, die ein Radiokarbonalter von 11.230 +/- 60 conv. y.b.p. (Beta Analytics 99141) erbrachten. Pflanzliche Makroreste, die von Dr. Stumböck aus Seekarbonaten in gleicher Höhenlage ausgelesen wurden (Grunert und Klein 1998), erbrachten parallel dazu ein AMS datiertes Radiokarbonalter von 9.690 +/- 60 y.b.p. (Utrecht A7-18).

### **6. Mittelholozäne Seesedimente im Bajan Nuur Becken**

Der Abfluß des Bajan Nuur schneidet sich gegenwärtig in ältere Ablagerungen ein, wo-bei angeschnittene, verfüllte Depressionen auffällig sind, die an ihrer Basis einen stark

kryoturbierten Torf in unterschiedlichen Mächtigkeiten aufweisen. Diese Torfe sind dem Flußtal angelagert und streichen mit den Mulden aus, wobei sie im Muldentiefsten die größten Mächtigkeiten aufweisen. Diese Depressionen werden als ehemalige, inzwischen verfüllte Altarme des Choid Gol gedeutet.

#### *Der Aufschluß Baj2/95*

Exemplarisch für die allgemeine Geländesituation ist der Aufschluß Baj 2/95. Er befindet sich 145 m nördlich des Bajan Nuur in einem rechtsseitigen Prallhang (Fig. 1). An der Basis des Schurfes wurden über 80 cm mächtige in diskordanter Schichtung lagernde, graue, gut sortierte, kalkarme ( $<3\%$   $\text{CaCO}_3$ ) Mittelsande aufgeschlossen, die unter fluvialen Bedingungen sedimentiert wurden. Einen Übergang zu semi-terrestrischen Bedingungen dokumentieren die Torfe im Hangenden der Sande. Das Torfband erreicht im Muldentiefsten eine Mächtigkeit von 20 cm. Die Torfe sind stark mineralisiert und nachträglich kryoturbiert, wobei die liegenden Sande eingearbeitet wurden. Das Radiokarbonalter der Torfe wurde mit  $7.310 \pm 90$  conv. y.b.p. (Beta-91954) bestimmt. Innerhalb dieses Torfbandes und an anderen Positionen am Abfluß des Bajan Nuur konnten zahlreiche fossile Knochen geborgen werden, die als Wildpferd (*Equus ferus przewalski*), Argalischaf (*Ovis ammon*), Sandratte (*Meriones spec.*), Zippammer (*Emberiza cia*) und Hase (*Ochonta spec.*) identifiziert werden konnten (schriftl. Mitt. von Frau Prof. Von Den Driesch 1997). Eine unter subhydrischen Bedingungen gebildete Sedimentationsfolge schließt sich über den Torfen an. Sie ist allgemein charakterisiert durch horizontal lagernde Schluff- und Feinsandbänder. Gefüge und Kalkgehalte bis zu 47 % sprechen für Still- und Flachwasserbildungen. Die Brackwasserleitformen *Cypridis torosa* und *Heterocypris salina* dominie-

ren in den Ostrakodenspektren (mündl. Mitt. von Herrn S. Mischke 1997). Desweiteren treten Oogonien der Art *Chara vulgaris var. vulgaris* auf, die im schwach bewegten Wasser beheimatet ist (schriftl. Mitt. von Frau Dr. Soulie-Märsche). Abgeschlossen wird die subhydrisch gebildete Sedimentfolge von einem 10 cm mächtigen mit Molluskenschill angereicherten Aufarbeitungshorizont, der ufernah unter Einfluß der Wellenbewegung abgelagert worden sein dürfte. Der Übergang zu eindeutig terrestrischen subaerischen Bedingungen wird durch den anschließenden fossilen Humushorizont, der ein Alter von  $2.930 \pm 90$  conv. y.b.p. (LU-2662 in Sevastjanov 1993: 73) aufweist, dokumentiert. Das Profil wird durch 35 cm mächtige äolische Sande abgeschlossen.

#### *Der Aufschluß Baj 12/96*

Die rezente Morphodynamik in den Uferbereichen des Bajan Nuur ist durch eine Strandwallbildung im mittleren Hochwasserbereich gekennzeichnet. In den leeseitigen wannenförmigen Mulden der Strandwälle wird aufgearbeitetes phytogenes Material (*Potamogeton*, *Characeae*) eingespült. Derartige phytogene Horizonte, die im aktuellen Seespiegelniveau gebildet werden, konnten an der Westseite des Bajan Nuur in einem älteren Schorrenbereich gefunden werden. Diese Schorre korreliert mit einem Strandwallniveau, das 4,40 m über dem rezenten Seespiegel liegt und uferparallel an der westlichen Uferseite über längere Strecken verfolgt werden konnte (Fig. 1). Diese phytogene Flachwasserfazies wurde ebenfalls an der Nordseite des Sees auskartiert und in einem Deflationsrest ergraben (Fig. 1). Die Basis wird hier von subparallel geschichteten, dunkelgrauen Fein- bis Mittelsanden in 30 cm Mächtigkeit eingenommen, die eingeschwemmte Stengelreste von *Phragmites* enthalten. Das Radiokarbonalter der Stengelreste wird mit  $7.170 \pm 80$  conv.

y.b.p. angegeben. Diese Ablagerungen, die im tieferen bewegten Wasser sedimentiert wurden, werden von dunkelgrauen, rippelgeschichteten Mittelsanden abgelöst, die im flacheren ufernahen Bereich mit durchgreifender Wellenbewegung abgesetzt wurden. Ein weiter sinkender Seespiegel wird in der darüber folgenden Schicht durch stark karbonathaltige hellgelbgraue Schluffe dokumentiert. Im Ausstreichen dieser Schicht wurden durch selektive Deflation Stromatolithe freigelegt, die durch *Cyanophyceen* im tidalen Hochwasserbereich gebildet werden. Dieser Prozess einer sukzessiven Regression des Seespiegels kulminiert in einem phytogenen, graugrünen Horizont, der als Flachwasserfazies eingangs beschrieben wurde. Nach tachymetrischer Einmessung des Profils und der Radiokarbondatierung des Horizontes stellte sich demnach um  $6.740 \pm 80$  conv. y.b.p. ein Seespiegelniveau von 932,2 m NN ein und lag demnach 0,5 m über dem heutigen. Im Hangenden der Sedimentationsabfolge setzt nun eine Inversion zu den beschriebenen Prozessen ein, welche wiederum eine Transgression des Sees widerspiegelt. Der Topbereich des Schurfes ist gekappt und wird durch äolische Sande überdeckt, die umgelagertes Molluskenmaterial enthalten.

## 7. Limnite des Bajan Nuur

Im Bajan Nuur Seebecken wurden 4 Kernbohrungen mittels USINGER-Verfahren niedergebracht, die Aufschluß über die limnologische Entwicklung des Sees und über die Vegetationsentwicklung geben sollten (*Fig. 1*).

In allen vier Bohrungen ist die limnologische Entwicklung des Gewässers über die Sedimentation von basisnahen klastischen Sedimenten, Kalkmudden, laminierten Feindetritusmudden, ungeschichteten Feindetritusmudden zu organikreicheren Kalkmudden

in den Topbereichen der Bohrkern nachzuvollziehen (*Fig. 2*). Die erbohrten Limnite erreichen in der Bohrung BAN 1 mit 12,28 m die größte Mächtigkeit. Der Kern wurde in 10 Sedimentationszonen (SZ) unterteilt (*Fig. 2*) und geochemisch, röntgendiffraktometrisch, palynologisch und auf den Gehalt an Mikrofossilien untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen sollen im folgenden kurz umrissen werden.

### *Sedimentologie*

Die Basis des Bohrkerns BAN 1 von 1226 - 1008 cm wird von grauen Fein- bis Mittelsanden gebildet (SZ 1), die sich in Wechselagerung mit Feinkiesen befinden (*Fig. 2*). In einer Tiefe von 1071 - 1077 cm treten Rhizomreste auf, die ein Radiokarbonalter von  $13.210 \pm 90$  conv. y.b.p. (Beta 101483) ergaben. Insgesamt ist diese Sedimentationszone durch die Dominanz der allochthonen Prozesse charakterisiert und läßt auf ein sich entwickelndes Seebecken mit intensiveren morphodynamischen Prozessen im Einzugsgebiet schließen. Sowohl in BAN 1 (1008-1000 cm) als auch in BAN 4 (568-551 cm) tritt als Abschluß der klastischen Sedimentationsfolge eine zum Teil intern geschichtete Tonlage (SZ 2) auf, die in BAN 4 eine Caraganawurzel und Rhizomreste enthielt und als uferrandnahe Fazies angesehen wird (*Fig. 2*). Die Radiokarbondatierung erbrachte hier ein Alter von  $12.210 \pm 80$  conv. y.b.p. (Beta Analytics 101484).

Unter der Berücksichtigung der Seebeckemorphologie und der Sedimentmächtigkeit wäre der Seespiegel demnach in 1000 Jahren um 11 m angestiegen und hätte damit 29 m unter heutigem Niveau gelegen, d.h. das Becken wäre zu diesem Zeitpunkt in jedem Falle abflußlos (*Fig. 1* und 2).

In Sedimentationszone 3 (SZ 3) treten erstmalig echte Limnokalzite auf. Im Bohrkern

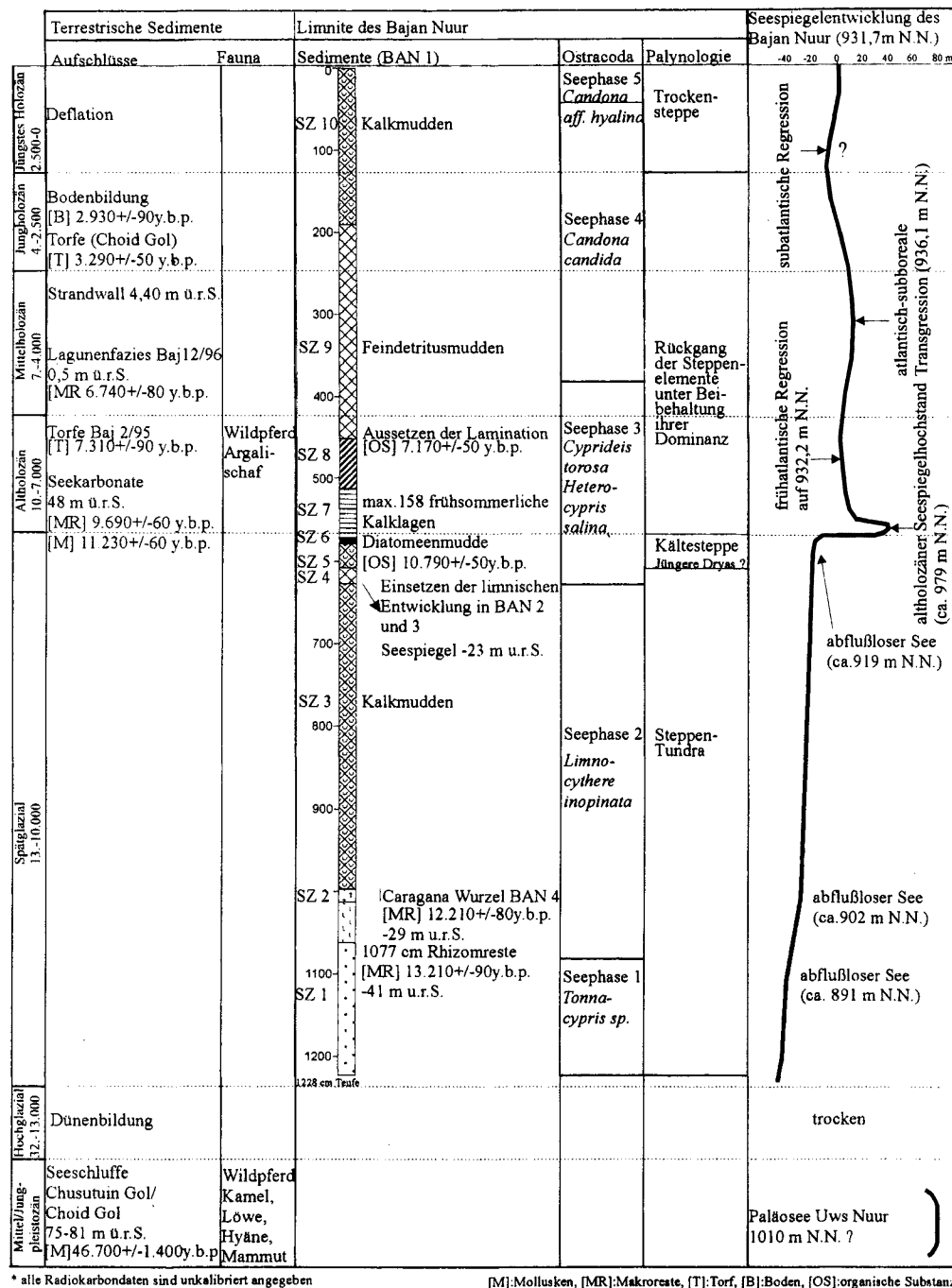


Fig. 2 Spät- und postglaziale Seebeckenentwicklung des Bajan Nuur / Late- and postglacial development of the lake basin Bajan Nuur



BAN 1 ist dieser Sedimentationsabschnitt durch weiß - gelbgraue, ungeschichtete Kalkmudden in einer Mächtigkeit von 372 cm gekennzeichnet (*Fig. 2*). Diese Sedimentationszone ist in den Bohrungen BAN 2 und 3 nicht nachweisbar. Demnach bleibt der Bajan Nuur im Spätglazial, bei einer maximalen Tiefe von 12 m und einem um 23 m niedrigeren Seespiegel im Vergleich zu heute, weiterhin abflußlos.

Die Kontinuität ansteigender Organikgehalte in den Sedimenten der Bohrung BAN 1 setzt sich bis in die Sedimentationszone 4 mit durchschnittlich 16.68 % auf Kosten sinkender Kalkgehalte fort (*Fig. 2*).

In den Bohrungen BAN 2 - 4 tritt an die Stelle dieser organikreicheren Kalkmudde eine Feinsandeinschaltung, die Mächtigkeiten von 6 - 20 cm erreicht. Wahrscheinlich beginnt der Nachweis der limnischen Entwicklung des Sees in den Bohrungen BAN 2 und 3 erst zu diesem Zeitpunkt und manifestiert sich in den randnahen Beckenbereichen durch einen drastisch zunehmenden Eintrag von klastischem Material. Im Bekkentieftsten führt der vermehrte Eintrag an gelösten Stoffen vermutlich zu einer Steigerung der organischen Produktion im See.

Aus den zunehmenden Klastikagehalten in den beckenrandnahen Bereichen könnte man eine gesteigerte fluviale Aktivität im Einzugsgebiet, zunehmende Lösungstransporte und damit vermutlich insgesamt feuchtere Bedingungen mit einer Anhebung des Seespiegels ableiten.

Der Übergang von SZ 5 in SZ 6 vollzieht sich in allen Bohrungen fließend und ist durch stetig sinkende Kalkgehalte bei gleichzeitig ansteigenden Organikgehalten und durch die Sedimentation einer rot-dunkelbraunen, feinstlaminieren Diatomeen-

mulde charakterisiert. Aufgrund des relativ hohen Organikgehaltes war eine AMS-Datierung des Materials in einer Teufe von 575 cm in BAN 1 auf ein konventionelles Radiokarbonalter von 10.790 +/- 50 conv. y.b.p. (Beta Analytics 106784) möglich.

Die Diatomeenmulde wird zum Hangenden hin scharf durch das Einsetzen laminierter Sedimente begrenzt. Es handelt sich hierbei um alternierende Warven (SZ 7), die jahreszeitliche Schichtung aufweisen. Insgesamt konnten in BAN 1 158 und in BAN 4 154 frühsummerliche Kalklagen makroskopisch ausgezählt werden (*Fig. 2*).

Aufgrund von terrestrisch aufgenommenen Belegen für Limniete, die zeitgleich mit der einsetzenden Lamination zu stellen sind, können wir annehmen, daß ein in erster Linie extrem angestiegener Seespiegel für die Meromixie des Gewässers verantwortlich ist (s. Kap. Altholozäne Sedimente). Entspricht die Lamination einer jahreszeitlichen Schichtung, könnte dieser Seespiegelhochstand von extrem kurzer Dauer gewesen sein, da in allen 4 Bohrungen jeweils nur maximal 158 Warven ausgezählt werden konnten.

In den Bohrkernen BAN 1 und BAN 4 setzt die Sedimentation der frühsummerlichen Kalklagen aus, wobei die anschließenden feindetritischen Sedimente laminiert sind (SZ 8). Die Lamination endet in BAN 1 in einer Teufe von 451 cm (*Fig. 2*). An diesem Punkt wurde eine AMS-Datierung vorgenommen und erbrachte ein konventionelles Radiokarbonalter von 7.170 +/- 50 conv. y.b.p. (Beta Analytics 106783). Das Aussetzen der frühsummerlichen Kalklagen könnte mit einer nun wieder vollständigen Zirkulation des Gewässers, verursacht durch einen absinkenden Seespiegel, begründet werden.

Die Sedimentationszone 9 ist durch das Auftreten von dunkelolivgrünen - olivgelbbraunen, mitunter diffus geschichteten Feindetritusmudden gekennzeichnet. Die Organikgehalte schwanken relativ stark, liegen jedoch grundsätzlich über 20 % und erreichen in BAN 1 Maxima von über 40 % (Fig. 2).

Der Topbereich aller Bohrungen ist wiederum durch das Auftreten einer organikreichen Kalkmudde charakterisiert. In BAN 1 vollzieht sich der Übergang von organogener Feindetritusmudde zur olivgelbbraunen Kalkmudde fließend, wobei die Kalkgehalte von unter 10 % allmählich auf Werte von über 30 % ansteigen (SZ 10). Der Gehalt an organischer Substanz sinkt invers dazu auf ca. 10 % ab (Fig. 2).

#### *Mikrofossilien in BAN 1 am Beispiel der Ostrakodenverteilung*

Um Aussagen zur Paläolimnologie des Bajan Nuur Sees treffen zu können, wurde die gesamte Kernstrecke des Bohrkerns BAN 1 auf Mikrofossilien untersucht. Es fanden sich in erster Linie Ostrakoden, Mollusken, Characeenstengel, Oogonien, Knochenfragmente, Arthropodenreste und Samenkapseln. Da in allen untersuchten Proben Ostrakodenschalen enthalten waren, versprach deren Bestimmung am ehesten, paläoökologische Aussagen formulieren zu können. Die Art- bzw. Gattungsbestimmung und die Ableitung der ökologischen Aussagen wurde von Herrn Dipl. Geograph Steffen Mischke vorgenommen. Dessen nachfolgende Interpretation stützt sich im Wesentlichen auf das dominante Vorkommen von *Limnocythere*, die von wenigen anderen Arten begleitet wird. Aufgrund dieser Tatsache trägt die Ableitung von 5 ökologischen Seestadien, von wenigen Ausnahmen abgesehen, nur vorläufigen Charakter (schriftl. Mitt. Mischke 1998).

#### Seephase 1:

An der Kernbasis von 1226 - 1070 cm (SZ1) tritt in größerer Häufigkeit die Gattung *Tonnacypris* sp. (evtl. *lutaria*) auf. Diese schwimmunfähige Art ist charakteristisch für flache, austrocknende Wiesentümpel, Gräben und Schmelzwasseransammlungen. Sie findet sich nur selten in bewegtem Wasser, ist in Bezug auf den Kalkgehalt ohne Ansprüche und gilt als reine Süßwasserform. Ebenso belegt *Cyprideis torosa* mit Noden Süßwasserverhältnisse (Fig. 2). Für diese Seephase kann ein flaches, periodisch austrocknendes Gewässer und eine langsame Etablierung eines stabilen Gewässers angenommen werden.

#### Seephase 2:

Diese Phase ist charakterisiert durch das dominante Auftreten von *Limnocythere inopinata* bzw. *Limnocythere* cf. *inopinata* und grenzt den Bereich von 1070 - 628 cm Kernstrecke ein (SZ1-3). Dies entspricht einem stabilen Gewässer mit relativ warmen Temperaturen (Fig. 2).

#### Seephase 3:

Diese Phase umfaßt den Bereich von 628 - 380 cm (SZ4-9). Charakteristisch ist hier der eventuell durch kältere Temperaturen hervorgerufene Rückgang im Auftreten der *Limnocytheren* in SZ4 und SZ6. Außerdem treten jetzt Brack- und Salzwasservertreter (*Cyprideis torosa* ohne Noden, *Heterocypris salina*), sowie Flachwasservertreter wie *Darwinula stevensoni* auf. Dies spricht generell für labiler werdende Bedingungen in Bezug auf Seephase 2 (Abb. 2).

#### Seephase 4:

Diese Phase (380 - 30 cm) kündigt kühler werdende Temperaturen und Süßwasserbedingungen an. Belegt wird dies durch das nun dominierende Auftreten von *Candona*

*candida*, die die *Limnocytheren* weitestgehend ablöst (Fig. 2).

#### Seephase 5:

Die oberen 30 Kernzentimeter sprechen durch das Hinzutreten von *Candona* aff. *hyalina* und *Illiocypris* spec. für deutlicher werdende Süßwasserbedingungen. Insgesamt bleiben die Verhältnisse wie in Phase 4 bestehen (Fig. 2).

#### Palynologische Untersuchungen am Bohrkern BAN I

Auf der Grundlage der Bohrung Ban I sind über eine Kernstrecke von 0 bis 1050 cm 54 Pollenproben ausgezählt worden, die eine erste Interpretation der regionalen Vegetationsgeschichte des Gebietes um den Bajan Nuur ermöglichen.

Allgemein ist zu den ausgezählten Proben zu bemerken, daß das Verhältnis von Baumpollen zu Nichtbaumpollen durch eine ausgeprägte Dominanz der Nichtbaumpollen charakterisiert ist, wie es für spätglaziale Ablagerungen und insgesamt für baum- oder waldarme Gebiete in der Umgebung der Entnahmestelle typisch ist. Dies gilt insbesondere für die ausgehaltenen Steppenelemente (*Artemisia*, *Chenopodiaceen* und *Ephedra distachya*-Typ), die sich in mehrfacher Überhöhung in den einzelnen Pollenspektren niederschlagen und vor allem im Spätglazial, in abgeminderter Form auch im Holozän, markant hervortreten. Das Spätglazial ist im weiteren - neben der Dominanz der lichtliebenden und konkurrenzmeidenden Steppenelemente - durch Anteile von *Larix*, *Picea*, *Alnus*, *Pinus* und durch höhere Anteile von *Betula* und *Salix* gekennzeichnet. Letztgenannte kamen vermutlich als strauchförmige Pioniergehölze vor und würden somit, entsprechend ihrer Qualität als Leitarten hoch- und spätglazialer Ablagerungen, Tundrenverhältnisse anzeigen (Fig. 2). Hinzu kom-

men *Hippophae* (die im Holozän aussetzt oder unbedeutend wird), *Thalictrum*, *Cyperaceae* und in erhöhtem Maße *Gramineae*, die die trockenen Kältesteppen der Späteiszeit ebenfalls prägten. Insgesamt entspricht die Vegetation in diesem Zeitabschnitt wohl am ehesten einer Steppen-Tundra, die zum Ende des Spätglazials eine Betonung der Kältesteppe erfährt (Fig. 2). Dies macht sich in den Pollenspektren zum einen durch eine weitere Zunahme der Steppenelemente (vor allem *Ephedra distachya*-Typ) und zum anderen durch einen Rückgang der Baum-(Gehölz-)pollen bemerkbar. Sehr deutlich zeigt sich dies in der Ausbreitungstendenz von *Pinus*, deren Anteile im Verlauf des Spätglazials verstärkt zunehmen und zum Ende hin abrupt zurückfallen. Diese gegensätzliche Tendenz der Steppenelemente zu den Bäumen (Gehölzen) fällt mit der Datierung 10.790 $\pm$ 50 conv. y.b.p. (s. Kap. Limniete des Bajan Nuur) zusammen und ist somit wahrscheinlich der jüngeren Dryas zuzuordnen (Fig. 2).

Im Altholozän kehren sich die eben beschriebenen Verhältnisse zu Gunsten einer verstärkten Zunahme der Baumpollen um. Die Steppenelemente (vor allem *Ephedra distachya*-Typ) weichen infolge des klimatischen Wechsels (vermutlich unter feuchter werdenden Bedingungen) vom Spätglazial bis zum Mittelholozän stetig zurück, bleiben jedoch während des gesamten Holozäns dominant (Fig. 2).

Im Mittelholozän bis Jungholozän ist wiederum eine Zunahme der Steppenelemente zu verzeichnen, die mit einem relativ hohen *Gramineae*-Anteil einhergeht. Die Baumpollen nehmen in diesem Zeitraum insgesamt ab. Die *Pinus*- und *Betula*-Werte bleiben über diesen Zeitraum betrachtet, ungeachtet einiger Schwankungen, relativ konstant.

Das jüngste Holozän wird geprägt durch die Steppenelemente und bedeutende Anteile von Gräsern und Kräutern, so daß man hier von einer gräserreichen Trockensteppe ausgehen kann (*Fig. 2*).

### 8. Skizzierung der paläolimnologischen Entwicklung des Bajan Nuur

Die wenigen Belege für mittel- bzw. jungpleistozäne Sedimente lassen die Vermutung zu, daß es unter den Bedingungen des trockenen kalten Hochglazials der Riß II Vereisung (145.000 y.b.p., Tas-Jenissei-Vereisung i.S. *Devjatkin* 1981), zur Regression des Uvs Nuur Beckens und zu einer Aktivierung der äolisch dominierten Transportprozesse kommt, wodurch das Dünenfeld der Böörög Deliyn Els in einer ersten Dünenbildungsphase angelegt wird. Hierfür sprechen ebenfalls die Belege einer kaltzeitlichen Fauna im Aufschluß Chusutuin Gol (s. *Kap. 4*).

Das in der Nordwestmongolei für alle Beckenräume nachgewiesene Zyrjanka Pluvial (90.000 - 75.000 i.S. *Devjatkin* 1981) führt zur Transgression des Uvs Nuur. Belege für einen derartigen Paläosee konnten nur an wenigen Lokalitäten gefunden werden, wobei die vorliegenden Datierungen, die ausschließlich an Mollusken vorgenommen wurden, nicht für absolute Altersangaben geeignet sind. Die Existenz eines Gewässers mit einer absoluten Seespiegelhöhe von 1010 m NN im Uvs Nuur Becken (*Fig. 2*) kann jedoch nicht ausgeschlossen werden (s. *Kap. 4*).

Das ausgehende wärmzeitliche Hochglazial bis Spätglazial ist unter noch trocken kalten Bedingungen durch eine erneute Aktivierung der äolischen Prozesse gekennzeichnet (Dünenbildungsphase II i.S. *Grunert*). Der Gebirgskörper des Bajan Uul bewirkt eine Auf-

üstelung des Dünenfeldes in einen nördlichen und südlichen Schenkel, die das Bajan Nuur Becken weiträumig einschließen. Um 13.200 vor heute entsteht im Bajan Nuur Becken ein flaches, abflußloses periodisch austrocknendes Gewässer (s. *Kap. 7*). Die Beckenauffüllung setzt sich nur langsam fort. Um 12.210 vor heute ist ein maximal 11 m tiefer See entstanden, in dem vorwiegend feinklastisches Material zur Ablagerung kommt. Eine langsam zunehmende Erhöhung des Seespiegels und die Entwicklung eines stabilen Seemetabolismus wird durch die Sedimentation von biogen präzipitierten Kalkmudden und durch die aufgefundene Ostrakodenfauna angezeigt (*Fig. 2*). Der Seespiegel dürfte bis zu diesem Zeitpunkt vermutlich nicht höher als 12 m gewesen sein, jedoch mindestens 23 m unter dem heutigen gelegen haben (s. *Kap. 7*). Hinsichtlich der Vegetation ist das Spätglazial durch eine Steppen-Tundra geprägt, die in der Jüngeren Dryas durch Zurückweichen der Bäume und Gehölze eine Betonung der Kältesteppe erfährt. Inwieweit sich dieser Kälterückschlag auf den Seemetabolismus auswirkte, ist zum jetzigen Stand der Untersuchungen noch ungeklärt. Im beginnenden Altholozän führt ein verstärkter Zustrom von Oberflächenwasser, dokumentiert in feinsandigen Ablagerungen der SZ 4 (Ban 2-4), auch zum verstärkten Eintrag an gelösten Stoffen, die eine Steigerung der biologischen Aktivität bewirken. Vermutlich steigt der Seespiegel um 10.000 vor heute aufgrund der Abgeschlossenheit des Beckens nun sehr rasch und kurzfristig auf ein Niveau von 48 m über dem gegenwärtigen an (s. *Kap. 5*). Begleitet wird diese Feuchtezunahme durch ein Zurückweichen der Steppenelemente zugunsten der Bäume und Gehölze. Die Steppenelemente bleiben jedoch dominant. Im See selbst kommt es zur Ablagerung von jahreszeitlich geschichteten Mudden (*Fig. 2*), was die Meromixie des

Gewässers bestätigt (s. Kap. 7).

Es ist anzunehmen, daß die Dünensande, die das Becken abdämmen vom Grundwasser auf breiter Front unterströmt werden, so daß es, durch 'leaching' Prozesse ausgelöst, zum Nachsacken der Sande kommt. Der Seespiegel wird erniedrigt und letztlich entwickelt sich der Oberflächenabfluß des Choid Gol. Folgende von uns vorerst als frühatlantische Regression bezeichnete Situation können wir bis etwa  $6.740 \pm 80$  conv. y.b.p. (Aufschluß Baj 12/96) annehmen (Fig. 2). Durch Abschnüren von Mäanderschlingen setzt in den aufgelassenen Totarmen sehr rasch eine Vertorfung ein. Zu dieser Zeit besiedeln Säugetiere das Gebiet um den Bajan Nuur (Fig. 2), die der Faunengemeinschaft einer Gebirgssteppe entsprechen und damit hygrisch und thermisch günstigere Bedingungen als heute dokumentieren (schriftl. Mitt. von Frau Prof. Von Den Driesch 1997). Ein weiteres Absinken des See- und Grundwasserspiegels führt zur Einstellung des Torfwachstums und zur intensiven Kryoturbation der höher gelegenen Torfe im Aufschluß Baj 2/95. Durch die von Stromatolithenbänken eingefasste lagunäre Spülsaumfazies dokumentiert, kulminiert der Seespiegel um  $6.740 \pm 80$  conv. y.b.p. (Aufschluß Baj 12/96) etwa 0,5 m über heutigem Niveau (Fig. 2). In den erbohrten Limniten des Bajan Nuur wird dieses Ereignis durch das endgültige Aussetzen der Lamination (Fig. 2) in der Sedimentabfolge, datiert auf  $7.170 \pm 50$  y.b.p. (Beta 106783), begleitet (s. Kap. 7).

Zunehmend feuchtere Verhältnisse im Mittelholozän bedingen jedoch letztlich einen See- und Grundwasserspiegelanstieg, der zur Überflutung der Torfe führt. Ehemalige Totarme geraten unter Wasserbedeckung, wodurch in den flachen Mulden eine intensive organische Produktion und biogene Entkalkung einsetzt (s. Kap. 6). Letztendlich stellt

sich ein Seespiegelniveau von 4,40 m über dem heutigen ein (Fig. 2). Da der Bajan Nuur zu diesem Zeitpunkt schon als Durchströmungssee zu bezeichnen ist, sind die klimatischen Bedingungen, die zur Anhebung des Seespiegels geführt haben, insgesamt als feuchter einzuschätzen, als zum Zeitpunkt des 48 m Standes im beginnendem Altholozän. Diese Phase wird von uns vorerst als spätatlantische-subboreale-Transgression bezeichnet. Im See selbst werden in erster Linie Feindetritusmudden abgelagert (Fig. 2).

Im weiteren Verlauf der Entwicklung führen jedoch sich sukzessiv verschlechternde klimatische Bedingungen zu einer allmählichen Absenkung des Wasserspiegels. Dies kündigt sich durch das Aufwachsen von Torfen im 4,40 m Niveau um 3.290 conv. y.b.p. (Jungholozän) an (Fig. 2). Der Abfluß tieft sich wieder in die älteren Seeablagerungen ein und zerschneidet diese. Auf den letztendlich trockenfallenden Seesedimenten kommt es unter noch hinreichend günstigen Bedingungen zur Pedogenese ( $2.930 \pm 90$  conv. y.b.p. Aufschluß Baj 2/95). Das jüngste Holozän ist durch eine Intensivierung der äolischen Prozesse gekennzeichnet (Fig. 2), die zu einer weitgehenden Verschüttung der Talaue, zur Deflationierung der Seesedimente und zum Begraben der jungen Böden unter

Flugsanden führen. Diese zunehmende Trockenheit drückt sich nach den relativ konstanten Verhältnissen des Alt- und Mittelholozäns in einer gräserreichen Trockensteppenvegetation aus. Ohne genaue Angaben zu den absoluten Seespiegelnhöhen machen zu können, wird diese Phase vorerst als subatlantische Regression bezeichnet (Fig. 2).

## 9. Literatur

- Deviatkin, E.V.* 1981: Cenozoic of Inner Asia. - Nauka, Moscow [in Russian]
- Grunert, J. und M. Klein* 1999: Bodenentwicklung auf Altdünen im Uvs Nuur Becken. - *DIE ERDE* **130** (2)
- Murzaev, E. M.* 1954: Die Mongolische Volksrepublik. Physisch - geographische Beschreibung. - Gotha
- Naumann, S. und M. Walther* 1999: Mittelholozäne Seespiegelschwankungen des Bayan Nuur (Nordwestmongolei). - *Marburger Geogr. Schriften*. - im Druck
- Sevastianov, D.V., J.P. Seliverstov and G.M. Cernova* 1993: Landscape development in the Uvs Nuur basin. - *Vestnik SPbGU. Ser., 7*: 71-81 [in Russ.]
- Sevastianov, D.W., W.F. Schuwalow and I.Ju. Neustrujewa* 1994: Limnology and Paleolimnology of Mongolia. - Nauka, Sankt-Petersburg [in Russ.]
- Walther, M.* 1998: Paläoklimatische Untersuchungen zur jungpleistozänen Landschaftsentwicklung im Changai-Bergland und in der nördlichen Gobi (Mongolei). - *Petermanns Geographische Mitteilungen* **142**: 205-215

*Zusammenfassung: Spät- und postglaziale Landschaftsentwicklung im Bajan Nuur Seebecken (Nordwestmongolei)*

Paläoklimatisch induzierte Seespiegelveränderungen im Spät- und Postglazial können für den zentral im Uvs Nuur Becken gelegenen Bajan Nuur See anhand von quartärgeologisch-interdisziplinären Untersuchungsmethoden rekonstruiert werden. Im Anschluß an die Dünenbildungsphase des trocken kalten würmzeitlichen Hochglazials beginnt die Seebeckenentwicklung nachweislich um 13.200 conv. y.b.p. und setzt sich kontinuierlich fort. Nach einem kurzfristigen Kälterückschlag (Jüngere Dryas) führen zunehmend feuchtere Verhältnisse im beginnenden

den Altholozän (10.000 – 7.000 y.b.p.) zu einem kurzfristigen Seespiegelanstieg. Die folgende frühatlantische Regression wird vermutlich durch die Abflußbildung ausgelöst. Das Mittelholozän (7.000 – 4.000 y.b.p.) ist unter einer verstärkten Feuchtezunahme durch ein Seespiegelhochstand gekennzeichnet (späatlantisch - subboreale Transgression). Eine verstärkte äolische Dynamik verbunden mit einer Regression des Seespiegels charakterisiert die Entwicklung im jüngsten Holozän (2.500 – 0 y.b.p.) (subatlantische Regression).

*Summary: Late- and postglacial landscape evolution in the Bayan Nuur lake basin (northwestern Mongolia)*

The use of geological prospecting techniques allowed us to reconstruct the palaeoclimatically induced lake level changes during the late- and postglacial period of Lake Bayan Nuur, which is located in the centre of the Uvs Nuur Basin. The formation of dune fields during the dry and cold phase of the Last Glacial Maximum has followed by the development of the lake basin that started around 13,200 conv. y.b.p. and has continued since then. After a short phase of cold conditions (Younger Dryas) humidity increased and led to a rise in lake level at the onset of the Early Holocene (10,000 - 7,000 y.b.p.). This transgression was followed by a regression during the early Atlantic period, which was apparently triggered by outflow from the lake. Increased humidity during the Middle Holocene (7,000 - 4,000 y.b.p.) indicated a high lake level at that time (late Atlantic - Sub-Boreal transgression). The Youngest Holocene (2,500 - 0 y.b.p.) development is characterized by enhanced aeolian activity and the shoaling of Lake Bajan Nuur (Sub-Atlantic regression).

*Résumé: L'évolution du paysage au centre du bassin Uvs Nuur (situé au nord-ouest de la Mongolie) pendant la période ante- et postglaciaire*

L'usage des techniques géologiques nous a permis de reconstruire les changements d'origine paléoclimatologique du niveau marin du lac Bayan Nuur, situé au centre du bassin Uvs Nuur, pendant la période ante- et postglaciaire. La formation du champ de dunes pendant la phase froide et sèche du dernier maximum de l'époque glaciaire fut suivie d'un développement du bassin de lac à partir de 13.200 conv. y.b.p. approximativement et est depuis ce temps-là en train de se continuer. Après une phase brève de conditions froides (Dryas Récent), l'humidité s'agrandit et aboutit à une montée du niveau de lac à court terme au commencement de

l'holocène ancien (10.000 - 7.000 y.b.p.). Cette transgression fut suivie par une régression pendant la période atlantique récente apparemment déclenchée par l'écoulement du lac. L'augmentation de l'humidité pendant l'holocène moyen (7.000 - 4.000 y.b.p.) désigne un niveau élevé du lac (transgression atlantique ancienne - sub-boréale). Le développement de l'holocène le plus récent (2.500 - 0 y.b.p.) est caractérisé par un dynamisme éolien élevé et un régression du niveau marin du lac Bayan Nuur (régression sub-atlantique).

Dipl.-Geogr. *Stephan Naumann*, Institut für Geographische Wissenschaften der FU Berlin, Malteserstraße 74-100, D-12249 Berlin

Manuskripteingang: 02.09.1988

Annahme zum Druck: 29.11.1998