Werk

Titel: Bodenentwicklung auf Altdünen im Uvs Nuur Becken

Autor: Grunert, Jörg; Klein, Michael; Stumböck, Max; Dash

Ort: Berlin

Jahr: 1999

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385984391_0130|log27

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

DIE ERDE	130	1999	S. 97 - 115	Regionaler Beitrag

• *Trockengebiete - Landschaftsgenese - Paläoklimaforschung*

Jörg Grunert, Michael Klein, Max Stumböck (Mainz)
und **Mr. Dasch** (Ulaan Baatar)

Bodenentwicklung auf Altdünen im Uvs Nuur Becken

Soil development on fixed dunes in the Uvs Nuur basin

Mit 9 Figuren

Die vorliegende Abhandlung ist ein Beitrag zur Erforschung der Landschaftsgenese in Trockengebieten, hier der klimatisch extremen Steppenzone Zentralasiens. Sie ist gleichzeitig ein Beitrag zur Paläoklimaforschung, die gerade in Hochasien (Tibet) seit Jahren intensiv betrieben wird. Regional betrachtet sind die Untersuchungen über die Genese eines großen Dünenfeldes Teil des von der DFG geförderten Verbundprojektes Uvs Nuur, dessen Ziel darin besteht, die geographisch-ökologische Entwicklung eines hochkontinentalen Binnenbeckens aufzuklären und die wichtigsten Stoff-Flüsse zu bestimmen. Die vielfältigen Geländearbeiten sind übergreifend bzw. vernetzt angelegt, um auf diese Weise Synergieeffekte zu erzielen. Böden dienen, im konkreten Fall, hauptsächlich als Klimaindikatoren, mit deren Hilfe sich Dünen unterschiedlichen Alters und damit unterschiedlichen Verwitterungsgrades voneinander trennen lassen. Die wichtigsten Bodenkennwerte wurden im Labor bestimmt. Zusätzliche Pollenanalysen aus einigen Bodenprofilen erlauben Rückschlüsse auf die vorzeitliche Vegetation und die damals herrschenden Klimabedingungen.

1. Untersuchungsgebiet und Fragestellung

Die Untersuchungen im Uvs Nuur Becken, das sich etwa 250 km in W-E-Richtung erstreckt und hydrographisch ein in sich abgeschlossenes Binnenentwässerungsgebiet bildet, sind Teil des Forschungsvorhabens 'Paläogeographische und biosphärische Bedingungen der Landschaftsentwicklung im nördlichen Zentralasien', welches von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wird *(Fig. 1)*. Mit Hilfe von ausgewählten Landschaftsprofilen sollten im Gebirgsvorland und im Beckenbereich geomorphologische Leitformen kartiert und ihre jungquartäre bzw. holozäne Genese untersucht werden. Während der Expeditionen 1996, 1997 und 1998 galt das Hauptaugenmerk den äolischen Formen, dokumentiert in dem 150 km langen und ca. 30 km breiten Binnendünenfeld 'Böörög Deliyn Els', das sich entlang des 50. Breitengrades ungefähr in W-E-Richtung erstreckt. Es stellt die zentrale Landschaftseinheit des Uvs Nuur Beckens dar und beginnt am Ostufer des brackigen Sees in 760 m ü. NN. Von dort steigt es nach Osten allmählich bis auf 1450 m ü. NN. an. Unterbrochen

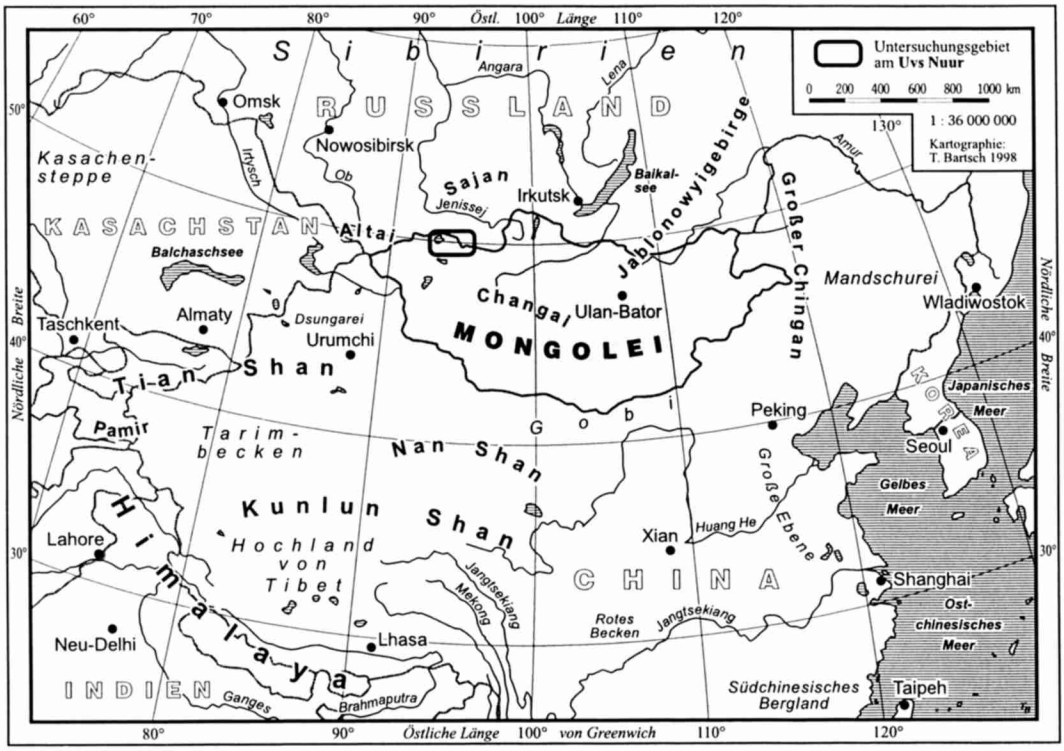


Fig. 1 Lage des Uvs Nuur Beckens in Zentralasien / *Location of the Uvs Nuur basin in Central Asia*

wird es vom kleinen tektonischen Becken des Bayan Nuur (932 m), zusammen mit dem westlich vorgelagerten Berg 'Bayan Uul' (1360 m). Die Dünen tragen heute eine mehr oder weniger dichte Steppenvegetation, die durch Überweidung stellenweise aufgelichtet ist, und sind dadurch fixiert. Ihre Entstehung läßt sich nur mit einem wesentlich trockeneren Klima bei gleichzeitig höheren Windgeschwindigkeiten erklären. Dies wird aus der Form und Anordnung der Dünen geschlossen. Es handelt sich in der Regel um dicht gescharte Längsdünenrücken, die in Richtung der vorherrschenden Winde aus WNW orientiert sind. Da sie einen mehr oder weniger gut entwickelten, holozänen Kastanosem tragen, wird ein hoch- bis spätglaziales Entstehungsalter zwischen 20.000 und 13.000 B.P. angenommen.

Untergeordnet kommen auch Parabeldünen vor. Sie sind viel jünger, vermutlich jungjüngstholozän, und werden als Sekundärformen gedeutet. Die Bodenentwicklung befindet sich erst in einem Initialstadium. Zusätzlich erschwert wird sie durch ständige Sandverlagerungen an der Dünenoberfläche als Folge des geringen Schutzes durch eine nur schüttere Steppenvegetation. Die Dünen sind demnach teilaktiv.

Noch jünger, bzw. gegenwärtig vollaktiv sind Barchane, die bevorzugt in schmalen Streifen an den Rändern des westlichen Dü-

nenfeldes auftreten. Als Hauptursache kommt sicherlich Windexposition in Frage; daneben spielt aber auch die große Trockenheit hier im tiefstgelegenen Teil des Dünenfeldes eine Rolle. Es handelt sich demnach auch um einen Effekt der Höhenstufung, denn die Jahresniederschläge steigen in W-E-Richtung von 100 mm am Uvs Nuur bis auf ca. 200 mm im höchsten Teil des Dünenfeldes an.

Unabhängig von diesem Einfluß ist vorläufig eine das gesamte Dünenfeld betreffende Einteilung in drei unterschiedlich alte Dünengenerationen möglich, wobei die älteste Generation (1.), jene der Längsdünen, die bei weitem bedeutendste darstellt. Die 2. Generation wird von den Parabeldünen gebildet, während die wenigen Barchanvorkommen die 3. Generation repräsentieren.

Der Beginn des Dünenfeldes unmittelbar am Ostufer des ca. 80 x 70 km großen, aber nur 20 m tiefen Uvs Nuur legt die Vermutung nahe, daß die Sandmassen bei Seespiegeltiefständen aus dem Seebecken ausgeweht wurden. Dies war nur in ariden Klimaperioden möglich. Als Sedimentlieferanten während des Quartärs kamen allein die Zuflüsse aus den umliegenden Gebirgsketten in Frage: im Westen der Kharkhiraa-Fluß, im Norden die Flüsse aus dem Tannu-Ola-Gebirge und im Süden aus dem Khan Khökhiyn Nuruu-Gebirge. Der mit 568 km Länge bedeutendste Zufluß ist jedoch der von Osten kommende Tesijn Gol, der ein breites Delta aufgeschüttet hat. Daraus läßt sich folgern, daß zumindest während des Quartärs dem Seebecken große Mengen an sandigen Sedimenten zugeführt wurden. Über die vermuteten Schwankungen der Sedimentzufuhr sowie über die Auswehung der Sedimente während unterschiedlicher Klimaperioden ist zur Zeit noch wenig bekannt.

Konkreter läßt sich dagegen das Alter der Dünen bestimmen. Aus der Mächtigkeit des Bodens kann mit einiger Sicherheit auf ein prä-holozänes Alter geschlossen werden. Bestätigt wird dies durch datierte Seekreiden von Seehochständen während des Früh- und Mittelholozäns, die den Dünensanden auflagern (*Naumann* und *Walther* 1998). Die gleichen Autoren liefern auch eine Bestätigung für die postulierte prä-holozäne Trockenperiode; indem sie nachweisen können, daß der kleine See Bayan Nuur um 13.000 B.P. fast ausgetrocknet war. Seine heutige größte Tiefe beträgt immerhin 29 m.

Da sich das Dünenfeld hauptsächlich aus Altdünen der sog. 1. Generation zusammesetzt, erhebt sich die Frage, ob diese nicht noch weiter untergliedert werden können. Die vom Uvs Nuur stammenden Sandmassen wurden, so läßt sich vermuten, über einen längeren Zeitraum des Jungquartärs allmählich oder in Schüben nach Osten transportiert, demzufolge der Ostteil des Dünenfeldes auch der jüngste sein müßte. Es geht also um die Frage, ob die Altersgliederung des Dünenfeldes in 3 Generationen in Abhängigkeit von der Entfernung des Sandes zum Herkunftsgebiet noch weiter modifiziert werden kann. Zur Klärung der Frage sollen Böden auf Altdünen aus verschiedenen Bereichen des Dünenfeldes vorgestellt werden.

1.1 Literaturlage

Im Zuge der Eiszeitforschung gab es schon zu Beginn des 20. Jhts. erste Untersuchungen im Nordwesten der Mongolei (*Granö* 1910). Aber erst 1954 erschien in Gotha die deutsche Übersetzung der Länderkunde von *Mursajew* über die Mongolische Volksrepublik, die bis heute eines der wichtigsten Standardwerke darstellt. Spezielle bodenkundliche Untersuchungen fehlen aus dieser Zeit.

Ein weiteres Standardwerk (in russischer Sprache) stellt die Arbeit von *Dewjatkin* (1981) über die quartäre Entwicklung Zentralasiens, hier vor allem der Altai-Region, dar.

Ab Mitte der sechziger Jahre begannen die Akademien für Wissenschaften der Mongolei und der Sowjetunion in einem Gemeinschaftsprojekt mit der systematischen Erforschung von Verbreitung, Genese, Klassifizierung, Agrophysik und Wasserhaushalt der Böden der Mongolei. Ziel der Arbeiten war die quantitative und qualitative Schätzung der Bodenressourcen und ihre Bedeutung für die landwirtschaftliche Nutzung. Zusätzlich wurden anthropogen verursachte Änderungen des Bodens aufgenommen.

Eine Zusammenfassung der durchgeführten Arbeiten findet sich in der Dissertation von *Dordschgotow* (1992) sowie in zahlreichen weiteren, ebenfalls in russischer Sprache verfaßten Abhandlungen des Autors. 1981 publizierte er zusammen mit *Kowalkowski* eine Abhandlung in englischer Sprache. Die durchgeführten Untersuchungen, bei denen es in erster Linie um die Abschätzung der Bodenfruchtbarkeit ging, bezogen auch das Uvs Nuur Becken mit ein. Kartiert wurden hier vor allem Kastanoseme unterschiedlichen Entwicklungsgrades. Böden dieses Typs sind im semiariden Zentralasien unter Kurzgrassteppe weit verbreitet. Der Name ist vom braunen Farbton der Kastanie abgeleitet. Der Ah-Horizont wird bei einem voll entwickelten, 'dunklen' Kastanosem 30 - 50 cm, bei einem mäßig entwickelten 'hellen' Kastanosem nur 20 - 30 cm mächtig. Die Böden sind carbonathaltig und weisen im Oberboden häufig einen stark verfestigten $CaCO_3$-Horizont auf. Ihr pH-Wert liegt im basischen Bereich. Die landesweiten Kartierungen fanden ihren Niederschlag in der Bodenkarte der Mongolei im Maßstab 1: 2.500000 (*Nogina, Dordschgotov, Ewstifeew, Maksimowitsch, Ufimzewa* 1980).

Weitere Arbeiten über die Böden der Mongolei, vornehmlich der Selenga-Region, stammen sowohl von deutschen (*Haase, Richter* und *Barthel* 1964; *Haase* 1983; *Opp* 1991, 1994), als auch von polnischen Wissenschaftlern (*Kowalkowski* und *Lomborinchen* 1975; *Kowalkowski* 1989). Die bedeutendste Arbeit ist sicherlich die von *Haase* (1983). Der Autor untersuchte typische Toposequenzen in einigen Tälern des Changai und Gobi-Altai und stellte sie in aussagekräftigen Landschaftsprofilen dar. Neben der Gliederung der Deckschichten ging es ihm vorrangig um bodengenetische Fragen, die für Zentralasien heute noch von grundsätzlicher Bedeutung sind. Dies gilt zwar in erster Linie für die Gebirge; doch auch für die Beckenräume, bspw. das Uvs Nuur Becken, lassen sich der Arbeit wertvolle Anregungen entnehmen.

Über das aktuelle 'Uvs Nuur-Projekt' berichtet *Opp* (1998) in einer zusammenfassenden Abhandlung. Beschrieben werden außerdem die Böden zweier Transsekte von den südlichen Randgebirgen zum Beckeninneren, wodurch die Bodenverbreitung, aber auch der unterschiedliche Grad der Bodendegradation erfaßt werden soll.

Wichtige Erkenntnisse zur Quartärgliederung des nördlichen Uvs Nuur Gebietes veröffentlichte *Seliverstow* (1989). Eine geomorphologische Untersuchung jüngsten Datums über den Südwestteil des Beckens stammt von *Walther* und *Naumann* (1997). Es geht um die Gliederung der Fußflächen im Vorland des Kharkhiraa und des Khan Khökhiyn Nuruu-Gebirges und deren mögliche Verzahnung mit hohen, jungquartären Seespiegelständen des Uvs Nuur. In einer weiteren Arbeit (*Naumann* und *Walther*

1998) untersuchen die beiden Autoren die holozänen Seespiegelstände des Bayan Nuur, deren Ablagerungen den alten Dünen aufliegen. Durch ihre Datierung auf maximal etwa 11.000 B.P. ließ sich das Alter der Dünen auf einen früheren Zeitraum (Hoch-Spätglazial) festlegen. Über die heutige und pleistozäne Vergletscherung des 4100 m hohen Kharkhiraa-Gebirgsmassivs am Westrand des Uvs Nuur Beckens berichtet *Lehmkuhl* (1998) in einer umfassenden Studie. Das heute gering vereiste Massiv war in der letzten Kaltzeit bis auf 3000 m herab stark vergletschert. Ein vermutlich hoher sommerlicher Schmelzwasseranfall bewirkte jedoch einen nur mäßigen Seespiegelanstieg des Uvs Nuur um ca. 12 m (*Walther* und *Naumann* 1997).

Eine Übersicht über die Vegetation der Mongolei gibt das grundlegende Werk von *Hilbig* (1990). Auf mehreren Expeditionen durch das Land besuchte er auch wiederholt das Uvs Nuur Becken und querte einmal sogar das Dünenfeld 'Böörög Deliyn Els'.

Seit Beginn der sechziger Jahre betrieb *Stubbe* Forschungen über die Säugetierfauna der Mongolei (*Stubbe* und *Dawaa* 1983), bei der auch die Nagetierfauna des Uvs Nuur Bekkens Erwähnung fand. Die meist in großer Zahl vorkommenden Bodenwühler spielen gebietsweise eine wichtige Rolle bei der Entwicklung der Steppenböden.

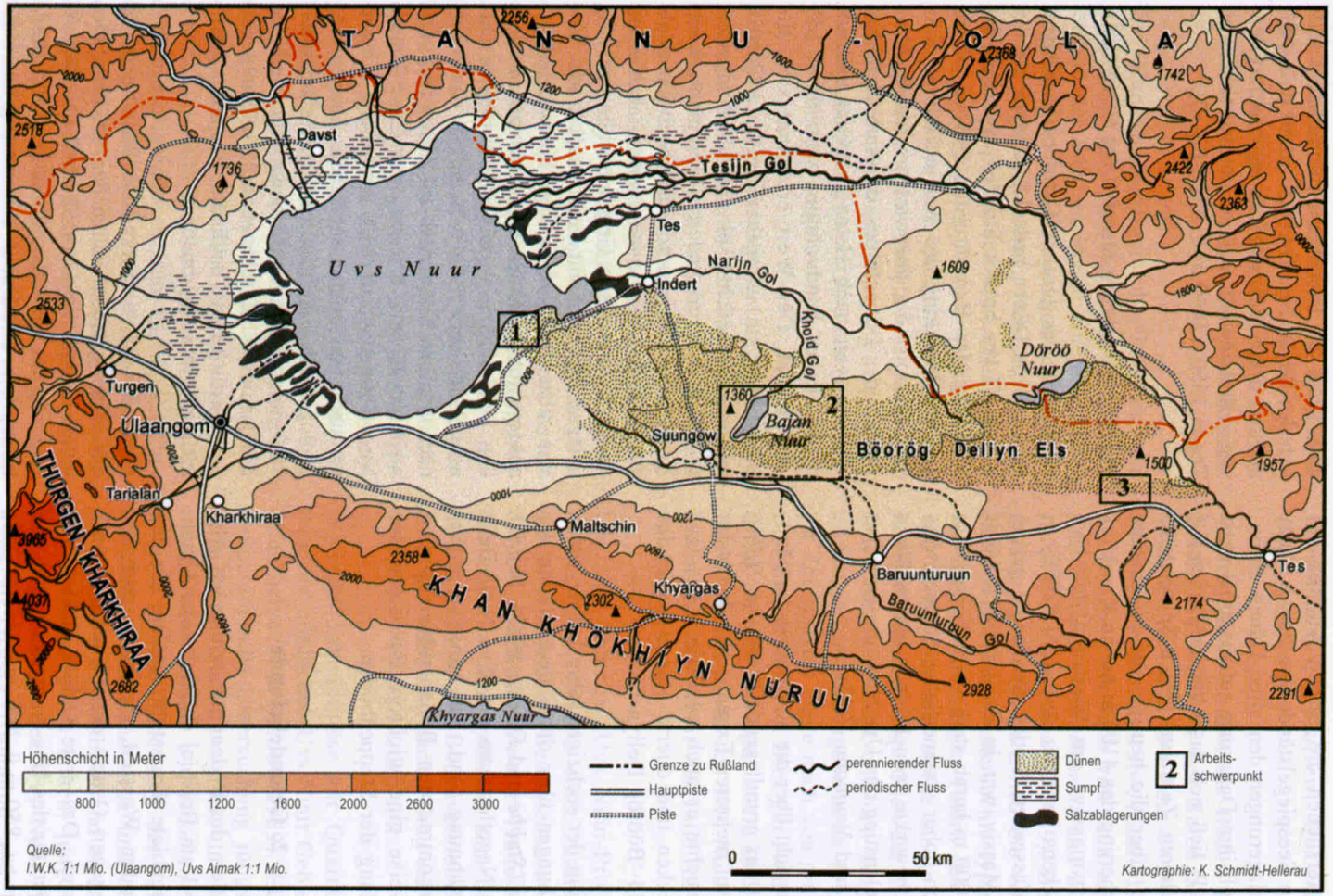
2. Geländebefunde

Das Problem der Bodenentwicklung auf Altdünen soll am Beispiel dreier lokaler Untersuchungsgebiete dargestellt werden, die den tiefliegenden Westteil, die Mitte und den hochgelegenen Ostteil des Dünenfeldes repräsentieren. Das erste Gebiet (2.1) grenzt an das Ostufer des Uvs Nuur und reicht von 760 m bis ca. 850 m ü. NN., das zweite (2.2) umschließt das Dünengebiet unmittelbar südlich des Bayan Nuur in 932 - 1050 m ü. NN. und das dritte (2.3) das Dünengebiet mit dem sog. Lärchenwald, ca. 30 km westlich von Tes in 1350 - 1460 m ü. NN. *(Fig. 2).*

2.1 Dünenfeld am Ostufer des Uvs Nuur

Keinesfalls das gesamte Ostufer des riesigen Sees ist von Dünen bedeckt, sondern nur ein knapp 30 km breiter Streifen zwischen der Mündung des Baruunturuun Gol im Süden und der Mündung des Narijn Gol im Norden. Dies ist die unerwartet schmale Wurzelzone des Dünenfeldes, das sich immerhin 150 km weit nach Osten erstreckt und ein beträchtliches Sandvolumen von mind. 135 km³ besitzt. Der Wert errechnet sich aus Länge (150 km) x mittlere Breite (30 km) x mittlere Sandmächtigkeit von schätzungsweise 30 m. Es verwundert daher nicht, wenn Zweifel an der Hypothese des Seebeckens als alleiniger Sandquelle aufkommen, auch wenn die topographischen Gegebenheiten dies nahelegen. So erscheint Ferntransport aus Westen, über das Altai-Gebirge hinweg, nahezu ausgeschlossen. Einen Eindruck von den großen Sandmengen vermittelt bereits das Dünengelände ostwärts des Seeufers, das schon nach wenigen Kilometern auf 850 m und nach weiteren 40 km, bis etwa zur Linie Bayan Nuur-Suungow, auf 1000 m ansteigt. Gewiß ist auch von einem ähnlichen Anstieg des geologischen Untergrundes auszugehen, doch der gleichbleibende Höhenunterschied der Ränder des Dünenfeldes von 25 - 35 m gegen das nördliche und südliche Vorland spricht für eine große Sandmenge.

Figur 3 zeigt zwei typische Schnitte durch das Dünengelände östlich des Seeufers. Der untere Schnitt liegt am Südrand des Dünenfeldes in der Nähe der Mündung des Baruunturuun Gol. Die Dünen sind niedrig und stel-



Übersichtskarte vom Uvs Nuur Becken / General Map of Uvs Nuur Basin

Fig. 2 Das Uvs Nuur-Becken mit den vorgestellten Arbeitsgebieten / *The study areas in the Uvs Nuur basin*

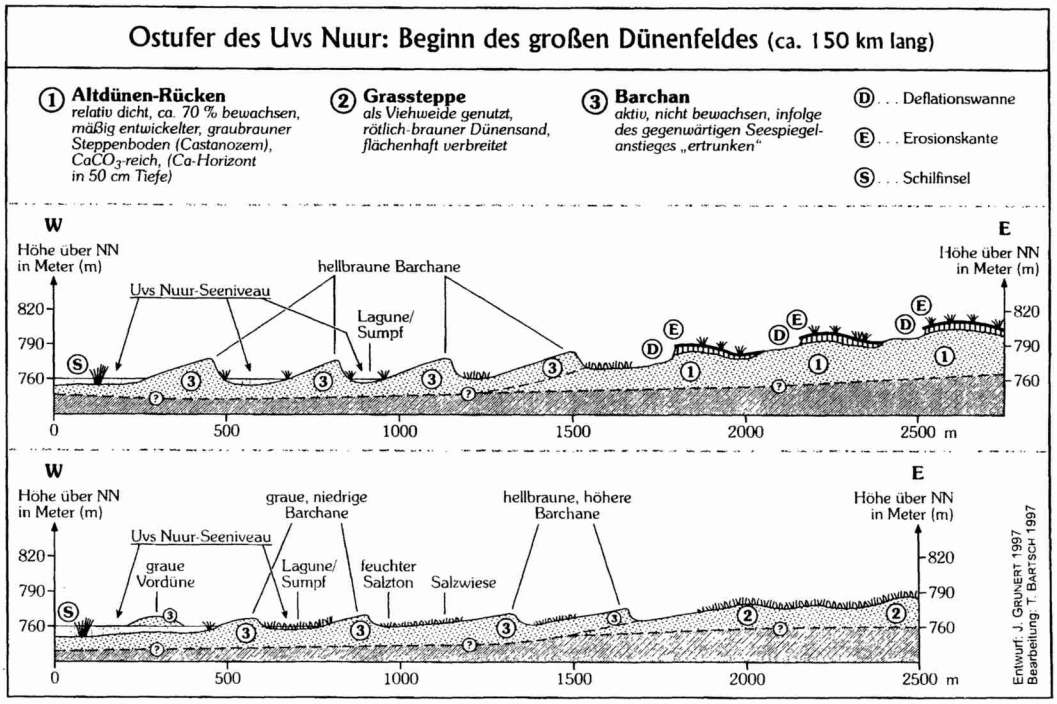


Fig. 3 Landschaftsprofile am Ostrand des Uvs Nuur. Das Bodenprofil D, A18 liegt außerhalb des oberen Landschaftsprofiles / *Cross sections on the eastern shore of Uvs Nuur lake. The soil profile D, A18 is located outside the upper cross section*

len aktive Barchane dar. Im Hinterland folgt ein Übergang zu älteren, mit Steppe bewachsenen Dünenrücken, die aber nur eine geringe Bodenentwicklung aufweisen. Der obere Schnitt liegt etwa 10 km nördlich davon, im Kernbereich des Dünenfeldes. Die Dünen, ebenfalls Barchane, werden hier bis zu 30 m hoch. Ihre Aktivität ist durch den Seespiegelanstieg der letzten 5 Jahrzehnte um mindestens 3 m, davon allein 2 m seit 1980, jedoch stark eingeschränkt worden. Sie wirken isoliert, bzw. ertrunken und werden seeseitig durch die Brandung erodiert. Im Hinterland schließen sich ebenfalls ältere, bewachsene Dünen an, die einen mäßig entwickelten Kastanosem tragen und daher als Dünen der 1. Generation anzusprechen sind. Auf einer solchen Längsdüne, ca. 5 km vom See entfernt und in 840 m ü. NN., wurde ein Bodenprofil aufgenommen. Die niedrige, relativ dichte Vegetation besteht vor allem aus Zwergsträuchern der Gattung *Ephedra*, die, mit langer Pfahlwurzel ausgestattet, ein semiarides Klima mit höchstens 150 mm Nd. pro Jahr anzeigen.

Der Boden - es handelt sich um einen mäßig entwickelten Kastanosem - besitzt einen graubraunen, schwach krümeligen, im oberen Teil gut durchwurzelten Ah-Horizont von 40 cm Mächtigkeit, der nach unten allmählich in den gelbbraunen C-Horizont aus mineralischem Dünensand übergeht *(Fig. 4)*. Die Korngrößenverteilung der sechs beprobten Horizonte *(Fig. 4)* zeigt einen homogenen Profilaufbau. Die Ton- und Schluffrak-

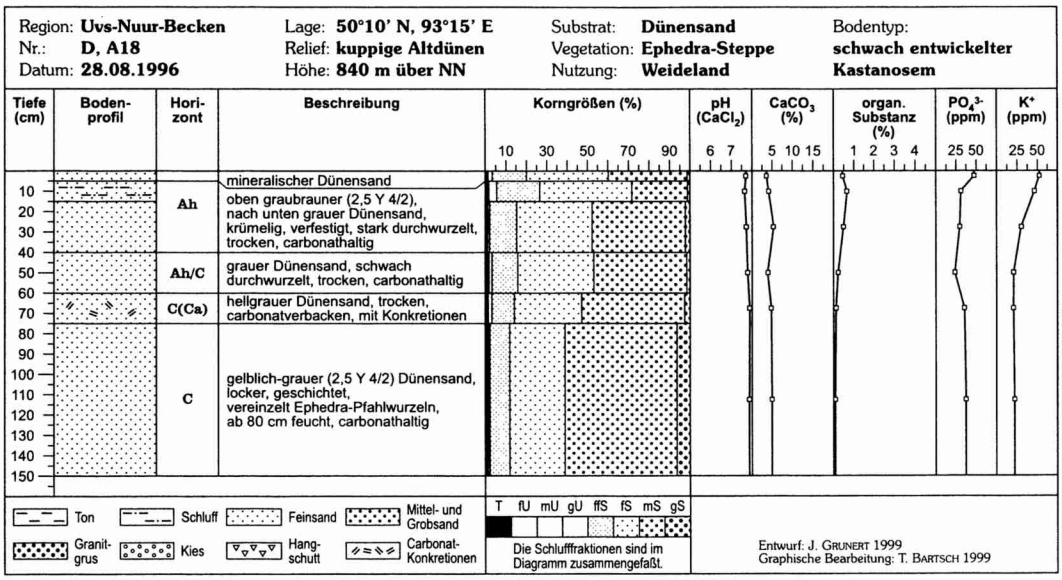


Fig. 4 Analysendiagramm des Bodenprofiles D, A18 / *Analysis diagram of the soil profile D, A18*

tion ist mit weniger als 3 % sehr gering. Lediglich in 10 cm Tiefe erreicht sie einen etwas höheren Wert. Bedingt durch Trokkenheit und lang anhaltende Winterkälte kam es nur in geringem Maße zur Tonmineralneubildung. Dies ist zwar typisch für die Steppenböden Zentralasiens (*Dordschgotow* 1992; *Haase* 1983); infolge der lokalen Bekkensituation, die zur Bildung eines monatelang festliegenden Kaltluftsees führt, dürfte es sich hier dennoch um eine für die Pedogenese extrem ungünstige Situation handeln. Auffällig ist die starke Vorherrschaft von ffS, fS und mS, die zusammen etwa 90 % des Korngrößenspektrums darstellen. Der nennenswerte, nach unten deutlich zunehmende gS-Anteil läßt sich ebenfalls mit äolischer Dynamik (starke Winde) erklären. Ebenfalls auffällig sind zahlreiche Aragonitkörner (Bruchstücke von Molluskenschalen), die in allen Sandfraktionen vorkommen (freundl. mündl. Mitt. von *B. Meyer,* Göttingen). Sie stammen mit Sicherheit vom Uvs Nuur, bei dessen Trockenfallen sie ausgeblasen werden konnten.

Der pH-Wert liegt in allen Horizonten über 7, der $CaCO_3$-Gehalt zwischen 3,5 und 5 %. Eindeutige Hinweise auf einen Carbonat-Anreicherungshorizont im Unterboden liegen nicht vor. Unerwartet niedrig ist der Gehalt an organischer Substanz (max. 0,7 %); extrem niedrig der Gehalt an Stickstoff. Es wäre daher wenig aussagekräftig, das C/N-Verhältnis zu bestimmen. Der Gehalt an den wichtigen Nährelementen Kalium und Phosphor ist dagegen relativ hoch, woraus auf eine beachtliche natürliche Fruchtbarkeit des Bodens geschlossen werden kann. Das Dünengelände wird ganzjährig als Weidegebiet genutzt.

Pollenuntersuchungen an drei Sedimentproben aus 10 - 15 cm, 30 - 35 cm und 65 - 70 cm Tiefe wurden von *M. Stumböck* durchgeführt. Die obere und mittlere Probe stam-

men aus dem Ah-Horizont, die untere Probe aus dem liegenden, mineralischen Dünensand. Die Pollendiagramme sind hier nicht dargestellt. Der Pollengehalt der oberen Probe ist hoch, der Pollengehalt der mittleren Probe gering; die untere Probe ist pollenfrei. Die Pollen aller drei Proben sind als Folge von Oxidation unter Luftzutritt stark degradiert. Das Pollenspektrum der oberen Probe mit den hohen Anteilen an *Artemisia*, *Chenopodiaceae* und *Ephedra* repräsentiert im wesentlichen die heutige Vegetation auf den Altdünen, deren Deckungsgrad etwa 50 % beträgt. Der geringe Pollengehalt der mittleren, insbesondere aber die Pollenfreiheit der unteren Probe, spiegeln ein rein minerogenes, zur Zeit der Ablagerung offenbar hochmobiles Sediment wider. Die Vegetationsbedeckung war vermutlich gering; das Klima war arider als gegenwärtig. Die anschließende Bodenbildung setzte dagegen ein erheblich höheres Maß an Feuchtigkeit voraus.

2.2 Dünenfeld südlich des Bayan Nuur

Am Bayan Nuur, ca. 60 km östlich des Uvs Nuur gelegen, teilt sich das Dünenfeld in einen nördlichen und einen südlichen Streifen, die sich 15 km östlich des Sees wieder vereinigen. Verursacht wird dies durch das kleine Bergmassiv Bayan Uul (1360 m) an der Westseite des Sees, das sich wie ein Wellenbrecher über das Dünenmeer erhebt. Die größten Sandmassen enthält der südliche Streifen. Zwischen dem kleinen Marktort Suungow (1000 m) und dem Südende des Bayan Nuur (932 m) sind sie zu einem wahren Dünengebirge aufgetürmt. Die Häufung von Barchanen entlang einer Linie südlich des Sees spricht für hohe Windgeschwindigkeiten; gleiches läßt sich aus den Altdünen ableiten, aus denen sich der Dünenstreifen zusammensetzt. Viele Längsdünen der 1. Generation sind zu teilaktiven Parabeldünen umgeformt worden. An zahlreichen Stellen wurden alte Längsdünen erodiert. Sichtbares Zeichen sind breite Deflationswannen, die durch ihre helle Farbe im Landschaftsbild auffallen. Verursacht wird dies durch eine Streu aus kalkverkrusteten Stengel- und Wurzelröhren, die bei der Erosion des Dünenbodens freigelegt wurden.

Das folgende Bodenprofil (D, A1, *Fig. 5)* stammt von einer Altdüne am Südufer des Bayan Nuur. Gut 100 m über dem heutigen Seespiegel (932 m) gelegen, zeigt es eine typische Situation: Der dichtbewachsene Längsdünenrücken wird auf seiner Nordwestseite gegenwärtig stark erodiert und von der sich immer weiter ausbreitenden Deflationswanne allmählich aufgezehrt. Ihr Boden weist eine dichte Streu aus weißen, carbonatischen Pflanzenstengeln und -wurzeln auf, die den Eindruck erweckt, es handele sich um lacustrine Absätze des Bayan Nuur. Ihre pedogene Herkunft aus einem Carbonatanreicherungshorizont im Unterboden läßt sich jedoch eindeutig nachweisen. Weich und brüchig im Boden, härten sie nach der Freilegung an der Luft schnell aus und werden auch bei starkem Sandwind offenbar nicht zerstört.

Profilaufbau und Bodenanalytik *(Fig. 6)* besitzen eine große Ähnlichkeit mit dem Profil vom Ostufer des Uvs Nuur *(Fig. 4)*. Der ebenfalls graubraune, etwa 40 cm mächtige A-Horizont ist hier deutlich stärker durchwurzelt. Sein Humusgehalt liegt aber ebenfalls unter 0,5 %; sein Stickstoffgehalt ist kaum meßbar. Interessant ist der Verlauf der $CaCO_3$-Kurve. Der Oberboden weist eine Carbonatverarmung auf (1,5 %), der Unterboden eine deutliche Carbonatanreicherung (5,3 %). Der Carbonatgehalt des gelbbraunen, mineralischen Dünensandes im Liegen-

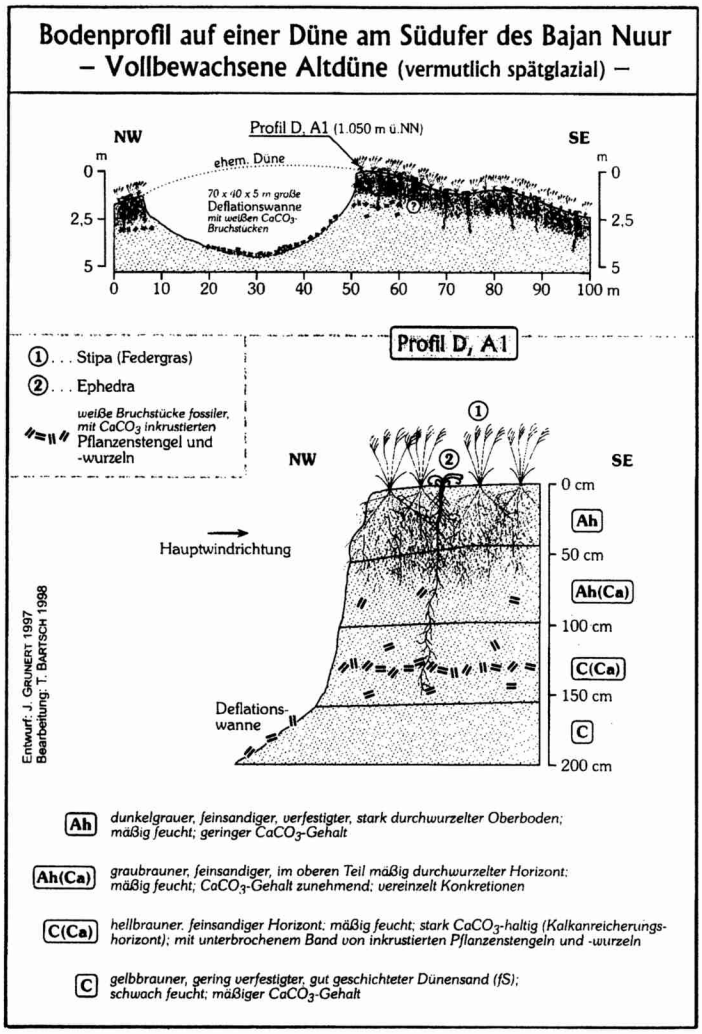


Fig. 5 Holozänes Bodenprofil D, A1 auf einer Altdüne mit vorgelagerter Deflationswanne am Südufer des Bayan Nuur. Die Pollendiagramme spiegeln ungefähr das heutige Vegetationsbild der Umgebung wider / *The holocene soil profile D, A1 on a fixed dune with a deflation mould on the windward side. The pollen spectra represent a former vegetation similar to the present one*

den beträgt 4-5 %. Daraus läßt sich eine vertikale Carbonatverlagerung mäßigen Umfanges ableiten, die klimatisch zu deuten wäre.

Das heutige Klima ist mit geschätzten 150 mm Nd. pro Jahr etwas humider als am Ostrand des Uvs Nuur und sowohl wegen der Entfernung zum See als auch wegen der Höhenlage nicht mehr dem unmittelbaren Bekkeneinfluß unterworfen. Angesichts der Belege für hohe Seespiegelstände am Bayan Nuur erhebt sich nun die Frage, ob die pedogenen Prozesse während des Holozäns bei möglicher-

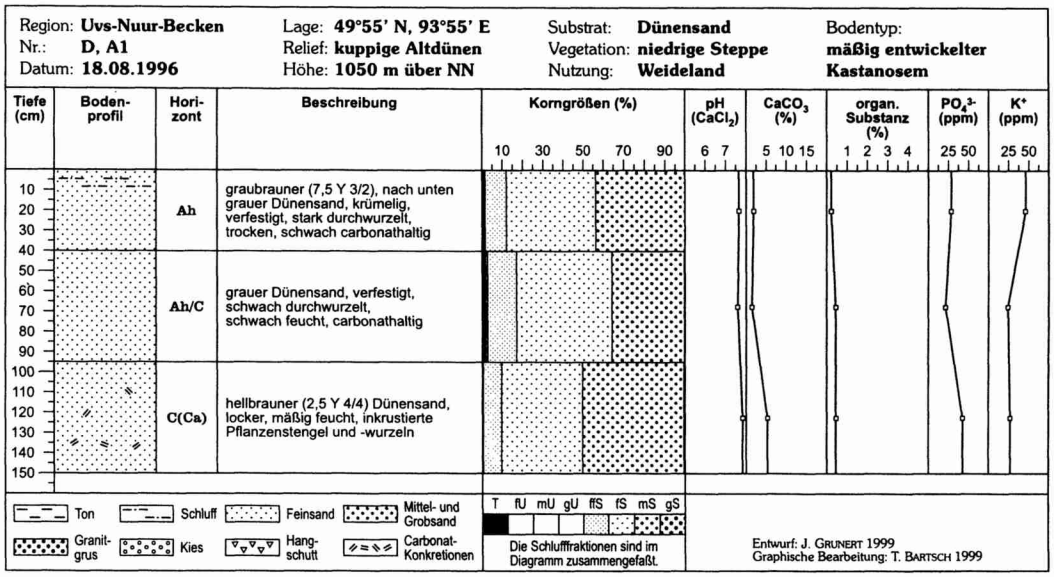


Fig. 6 Analysendiagramm des Bodenprofiles D, A1 / *Analysis diagram of the soil profile D, A1*

weise erheblich höheren Niederschlägen nicht noch viel intensiver gewesen sein mußten, als es die schwache Carbonatanreicherung im Unterboden und das nicht sehr tiefgründige Bodenprofil erwarten lassen. Eine schlüssige Antwort auf diese Frage steht zur Zeit noch aus.

Der relativ hohe Carbonatgehalt des Dünensandes, vor allem aber die immer noch nachweisbaren Aragonitkörner können als sicheres Indiz für einen genetischen Zusammenhang mit den Dünensanden am Ostufer des Uvs Nuur dienen und damit die Hypothese des Transportweges des Sandes von WNW nach ESE stützen. Daß es sich um reinen Dünensand handelt, wird aus der Korngrößenzusammensetzung deutlich. Der Sand besteht fast ausschließlich aus den Fraktionen ffS, fS und mS; T und U kommen in geringen Mengen nur im Oberboden vor, wo sie als Indiz für eine bescheidene Tonmineralneubildung gewertet werden können.

Eine weitere Hilfe für die paläoklimatische Interpretation des Bodenprofils stellt die pollenanalytische Untersuchung dreier Horizonte dar *(Fig. 5)*. Entnommen wurden Proben aus 5 - 10 cm (Ah), 60 - 70 cm (Ah/C) und, durch Auflösung einer Kalkkruste, aus 130 - 140 cm (C/Ca) Tiefe. Alle drei Proben weisen einen mittleren bis hohen Pollengehalt auf. Die Pollen der beiden oberen Proben sind stark degradiert; diejenigen aus der Kalkkruste besitzen dagegen einen sehr guten Erhaltungszustand. Dieser läßt sich nur mit einem raschen Einschluß der Pollen in eine sich bildende Kalkkruste erklären. Der Transport erfolgte vermutlich über Sickerwasser. Daraus auf viel intensivere pedogene Prozesse im Holozän zu schließen, erscheint aber zu gewagt. Die drei Pollenspektren repräsentieren im wesentlichen das heutige Vegetationsbild der näheren Umgebung. Es handelt sich um eine baumlose Steppe dominiert von *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae* (Süßgräser), und Zwergsträuchern der Gattung *Ephedra*, bei einem Deckungsgrad von ca. 70 %. Wegen des etwas feuchteren Klimas ist dieser deutlich höher als am Ostufer des Uvs Nuur. Die

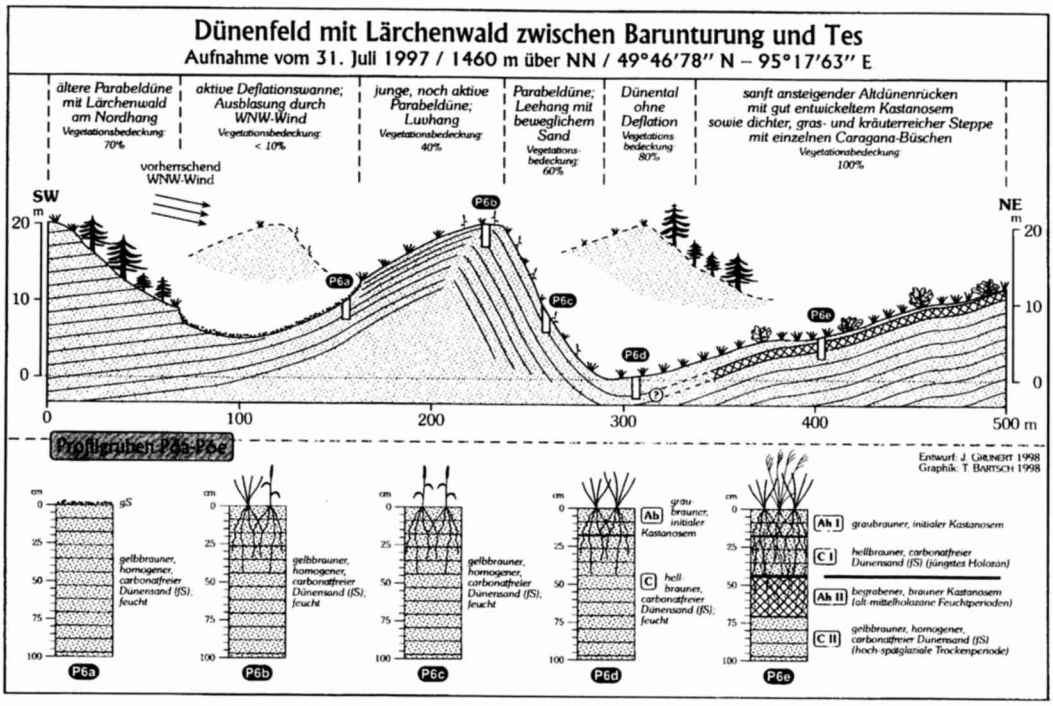


Fig. 7 Landschaftsprofil im östlichsten Teil des Dünenfeldes im Bereich des sog. Lärchenwaldes mit dem vorgestellten Bodenprofil 6e / *Larix-covered dunes in the most eastern part of the dune-field with the location of the soil profile 6e*

nennenswerten Anteile von Kiefern- und Birkenpollen lassen sich nicht ohne weiteres als lokale Vorkommen deuten. Dagegen sprechen die hohe Pollenproduktion und die guten Fernflugeigenschaften, die eher eine Herkunft aus dem etwa 100 km entfernten, südsibirischen Tannu-Ola-Gebirge nahelegen. Somit ergeben die Pollenspektren keinen einschlägigen Hinweis auf ein feuchteres Paläoklima. Der minerogene Dünensand unterhalb des bis 70 cm tief reichenden Ah-Horizonts wurde aufgrund des extrem geringen Pollengehalts nicht untersucht.

2.3 Dünenfeld mit Lärchenwald

Der hier vorgestellte Dünenausschnitt liegt ca. 90 km östlich des Bayan Nuur, an der Piste von Baruunturuun nach Tes in 1400-1460 m ü. NN. Schon von weitem fällt das kuppige Relief des Dünenfeldes auf, das im Luftbild ebenfalls gut zu erkennen ist. Es handelt sich überwiegend um dicht geschartе, 15-25 m hohe Parabeldünen, deren schüttere Bedeckung mit Steppenpflanzen (30 - 50 %) nur einen unzureichenden Schutz gegen Sanddrift bietet. Kleine Bestände von *Larix sibirica* gedeihen ausschließlich an den Nordflanken der Dünen (*Hilbig* 1990, *Treter* 1996). Die hohen Dünen überlagern ein älteres, sanftwelliges Dünenrelief, dessen Reste als grüne Inseln erscheinen. Diese tragen eine dichte, artenreiche Steppenvegetation und einen kräftig braunen Kastanosem, der 70 cm Profiltiefe erreichen kann. In *Figur 7* und *8* (Profil 6e) liegt er unter jungem Dünensand begraben und ist vermut-

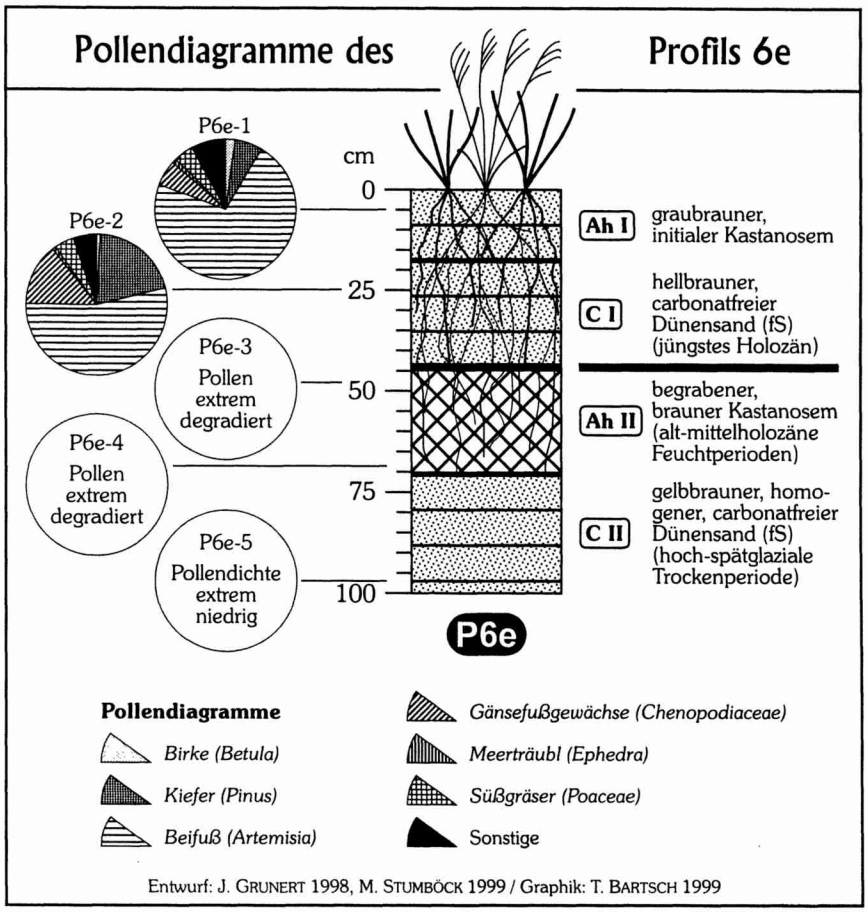


Fig. 8 Holozänes Bodenprofil 6e auf einem Altdünenrücken. Die Pollendiagramme spiegeln ungefähr das heutige Vegetationsbild der Umgebung wider / *The holocene soil profile 6e on an old dune ramp. The pollen spectra represent a former vegetation similar to the present one*

lich stark gekappt. Der Ah-Horizont ist daher nur 25 cm mächtig. Mit Hilfe der Korngrößenanalyse läßt sich der begrabene Boden gut dokumentieren *(Fig. 9)*. Die Ton- und Schluffgehalte sind signifikant höher als in den hangenden und liegenden Horizonten, erreichen jedoch zusammen nur knapp 10 %. Dennoch läßt sich daraus erneut auf eine gewisse Tonmineralneubildung schließen, die mit dem Klima von schätzungsweise gut 200 mm Jahresniederschlag in Einklang stehen dürfte. Wie bei den bisherigen Profilen ist die Dominanz von ffS, fS und mS augenfällig. Auch der hohe pH-Wert ist vergleichbar *(Fig. 9)*. Eine starke Abweichung ergibt sich jedoch bei der Betrachtung des Carbonatgehaltes, der hier, mit Ausnahme des liegenden, mineralischen Dünensandes, extrem niedrig liegt. Dies legt die Vermutung nahe, daß sich hier lokale Sande mit den aus dem Seebecken des Uvs Nuur ausgewehten Sanden mischten. Als Zulieferer kämen die nach Norden entwässernden Flüsse des Khan Khökhiyn Nuruu-Ge-

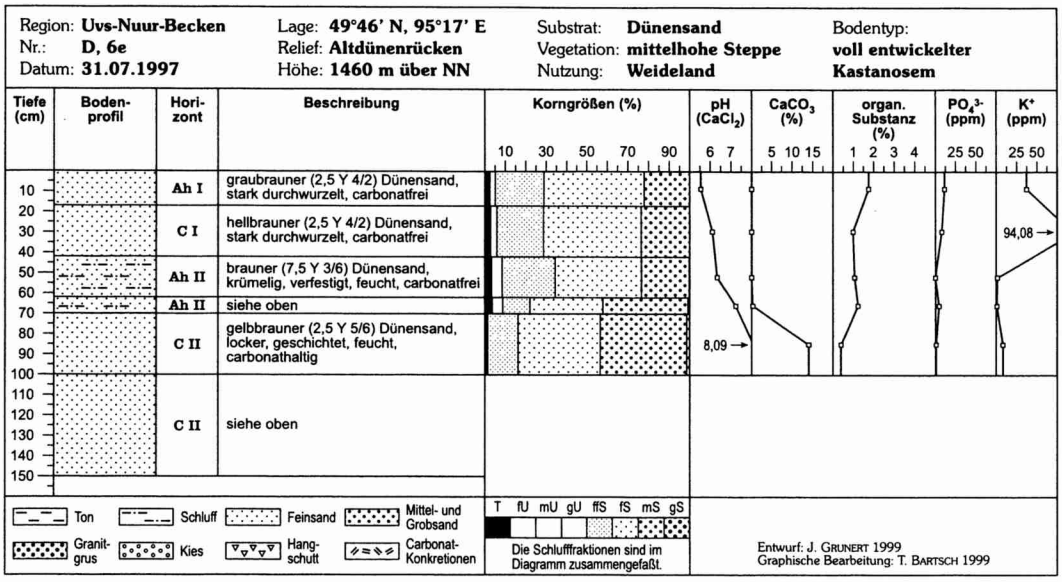


Fig. 9 Analysendiagramm des Bodenprofiles 6e / *Analysis diagram of the soil profile 6e*

birges in Frage. Angesichts des minimalen Carbonatgehaltes im gesamten Profil läßt sich über eine mögliche Carbonatverlagerung nichts aussagen. Gleiches gilt auch für die Hypothese einer möglichen intensiveren Pedogenese während der holozänen Feuchtzeit.

Wegen der monotonen Korngrößenzusammensetzung aus ffS, fS und mS und der geringen Profildifferenzierung werden die übrigen Bodenprofile (P6a-P6d) nicht weiter vorgestellt. Sie repräsentieren das jüngste Holozän.

Profil 6e wurde außerdem pollenanalytisch untersucht *(Fig. 8)*. Analysiert wurden Proben aus den Tiefen 5 - 10, 20 - 30, 45 - 50, 60 - 70 und 95 - 100 cm. Die beiden oberen Proben stammen aus einem jungen äolischen Decksediment, die Proben 3 und 4 aus dem Ah-Horizont eines begrabenen Kastanozems und die Probe 5 aus dem liegenden minerogenen Altdünensand. Mit Ausnahme der nahezu pollenfreien Probe 5 sind die Pollengehalte mittel bis hoch. Generell ist der Erhaltungszustand der Pollen aber schlecht; im Fall der Proben 3 und 4 sind sie so stark verwittert, daß eine Bestimmung kaum möglich war. Bei der Interpretation der Pollendiagramme läßt sich erneut eine große Ähnlichkeit mit der Vegetation der näheren Umgebung feststellen. Infolge der höhenbedingten noch größeren Feuchtigkeit tritt *Ephedra* stark zurück, während *Artemisia* dominiert. Auch *Poaceae* (Süßgräser), vor allem *Stipa* (Federgras), die das heutige Vegetationsbild mitbestimmen, lassen sich pollenanalytisch vielfach nachweisen. Der Deckungsgrad der Vegetation, die vereinzelt auch *Larix sibirica* enthält, beträgt nahezu 100 %. Trotz ihres lokalen Vorkommens ist die Lärche in den Pollenspektren 6e1 und 6e2 mit lediglich etwa 2 % vertreten und wurde daher unter 'Sonstige' subsummiert. Dieser sehr geringe Anteil beruht auf der Tatsache, daß die Lärche ein ausgesprochen schwacher Pollenproduzent ist. Im Gegensatz dazu muß für die Kiefer, wie oben dargelegt, Fernflug angenommen werden. Ihr relativ hoher An-

teil am Pollenspektrum läßt nicht zwingend auf das Vorhandensein von Kiefernwäldern in der Umgebung während des Holozäns schließen. Der starke Zersetzungsgrad der Pollen im begrabenen Ah-Horizont (6e3 und 6e4) geht aber möglicherweise auf intensivere Verwitterungsprozesse im Holozän zurück, die auf ein spürbar feuchteres Klima deuten würden. Der extrem niedrige Pollengehalt des minerogenen Dünensandes (6e5) läßt sich, ähnlich wie in DA 18 und DA 1, auf hohe Mobilität bei geringer Vegetationsbedeckung in aridem Klima zurückführen.

3. Ergebnisse

Unter Bezugnahme auf die eingangs gestellten Fragen lassen sich folgende Aussagen treffen:

Die Gliederung des untersuchten Dünenfeldes in Dünentypen verschiedenen Alters ist sicher belegt. Hinsichtlich ihrer Verbreitung besitzen die Längsdünen der 1. Generation die weitaus größte Bedeutung. Stellenweise dominieren jedoch Parabeldünen der 2. Generation; Barchane der sog. 3. Generation spielen nur eine geringe Rolle. Eine gesetzmäßige Abfolge der Dünenformen von West nach Ost konnte allerdings nicht beobachtet werden. Auffällig ist jedoch die Zunahme der Parabeldünen im hochgelegenen Ostteil des Dünenfeldes, was nur als Ausdruck hoher Windgeschwindigkeiten interpretiert werden kann. Dies steht in gewissem Gegensatz zur gängigen Vorstellung einer Höhenstufung Zentralasiens, nach der die äolische Dynamik mit der Höhe abnimmt (*Hövermann* und *Hövermann* 1991).

Jüngste Erkenntnisse über möglicherweise sehr alte (mittelquartäre?), riesige Querdünen in einigen Teilen des Dünenfeldes stellen die bisherige Dünengliederung in Frage, wonach das Dünenfeld mit der Aufwehung der Längsdünen der 1. Generation entstand. Möglicherweise ist es im Kern viel älter und bereits im Laufe des Quartärs entstanden. Mit Hilfe von Bodenbildungen, etwa in Form der erhofften besonders mächtigen Profile, gelang die Unterscheidung bislang jedoch nicht.

Eine Absicherung der Hypothese, das Uvs Nuur-Seebecken habe als alleinige Quelle für den Dünensand gedient, läßt sich mit Hilfe von Schwermineralanalysen erreichen. Bislang wurden 20 Sedimentproben von verschiedenen Orten untersucht *(S. Wozazek*, Univ. Stuttgart). Die Schwermineralspektren von Flußsedimenten des Tesijn Gol und von Dünensanden aus allen Teilen des Dünenfeldes zeigen eine große Übereinstimmung. Der Anteil instabiler Minerale (Hornblende, Klinopyroxen, Hypersthen und Granat) beträgt meist über 70 %, wobei Hornblende mit Anteilen um 50 % überwiegt. Stabile Minerale (Zirkon, Rutil, Epidot) kommen nur auf einen Anteil von 10 - 20 %. Den Rest bildet sog. Alterit. Carbonatbeläge der Körner aus Calcit in fast allen Proben erschwerten die Probenvorbereitung. Auffälligstes Merkmal aller Proben, insbesondere der Dünensande, ist die gute Zurundung der Mineralkörner, selbst der Zirkone, was als Ausdruck starker mechanischer Transportbeanspruchung gewertet werden muß. Dies bedeutete hohe Windgeschwindigkeiten mit der Folge eines schnellen Dünenwachstums und, gleichbleibende Windrichtung vorausgesetzt, eine weitreichende Dünenwanderung. Es erhärtet sich daher die Vermutung, das Dünenfeld stelle genetisch eine Einheit dar, die, wie eingangs formuliert, einer bestimmten Klimaperiode zuzuordnen ist. Die ältere Vorstellung einer allmählichen Ostwärtswanderung der Dünen über einen längeren Zeitraum des Quartärs ist damit nicht

länger haltbar. Die insgesamt recht ähnlichen Bodenprofile spiegeln lediglich eine gewisse, hygrisch bedingte Höhenstufung wider; sie liefern keinerlei Beweis für eine zeitlich gestreckte Mehrphasigkeit des Dünenfeld-Aufbaues.

Andererseits geben drei soeben erhaltene O.S.L.-Datierungen (*Ed. Rhodes*, Oxford) Auskunft über eine letztmalige Bewegung der Längsdünen, die offenbar alle Teile des Dünenfeldes betraf. Die fast zeitgleichen Datierungen aus dessen Westteil (OxL-1010; 9.550 ± 1.070 a, OxL-1011; 10.770 ± 1.310 a) und Ostteil (OxL-1013; 10.810 ± 1.440 a) erlauben diesen Schluß. Außerdem weisen sie auf die jüngere Dryaszeit als letzte Aktivitätsphase hin.

Abschließend sei auch auf die Möglichkeit des Vergleichs mit anderen Dünengebieten der Erde, beispielsweise dem Altdünengürtel des afrikanischen Sahel hingewiesen. Trotz der unterschiedlichen Breitenlage zeigen sich Parallelen in der jungquartären und holozänen Klimaentwicklung. Insbesondere die große Trockeperiode von ca. 20.000 - 13.000 (10.000) B.P. läßt sich gut mit dem Ogolien/Kanemien des Sahel parallelisieren. In jener Zeit rückten die saharischen Dünenfelder 4 - 500 km weit nach Süden vor um danach, im frühen Holozän (Tchadien) durch Savannenbewuchs ortsfest zu werden und an der Oberfläche zu verwittern. Rotbraune cambic oder gar luvic Arenosols zeugen von einem wechselfeuchten Klima, das deutlich feuchter war als das gegenwärtige und daher folgerichtig als Pluvialzeit bezeichnet wird (*Völkel* und *Grunert* 1990). Hier hören die Parallelen zum Uvs Nuur-Becken aber möglicherweise auf, denn eine echte holozäne Pluvialzeit vom Ausmaß der sahelischen konnte bislang nicht sicher belegt werden. Dies gilt sowohl für die Deutung der durch Seekreiden nachgewiesenen höheren Seespiegelstände (*Naumann* und *Walther* 1998), als auch für die Interpretation von Spuren einer stärkeren holozänen Verwitterung in den untersuchten Bodenprofilen.

Danksagung

Der DFG danken wir für die großzügige Förderung sowohl unseres Teilprojektes als auch des gesamten Forschungsvorhabens 'Paläogeographische und biosphärische Bedingungen der Landschaftsentwicklung im nördlichen Zentralasien'. Dank des Kooperationsvertrages der Mongolischen Akademie der Wissenschaften, Ulaan Baatar, mit der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin besteht eine gute Basis für die Forschungen in der Mongolei. Herrn *Dr. Dordschgotow*, dem stellv. Leiter der Mongolischen Akademie der Wissenschaften, der die Expeditionen vor Ort organisierte, gebührt besonderer Dank. Gleiches gilt für seine Mitarbeiter in *Tschimgee*. Dank gebührt auch Herrn *Dasch*, dem Leiter der Abteilung Geomorphologie für Begleitung und Führung während der Expeditionen 1996 und 1997.

5. Literatur

Dewjatkin, E.W. 1981: Das Känozoikum Innerasiens. Stratigraphie, Geochronologie, Korrelation. - Akademie der Wiss., Moskau (russ. Ausgabe)

Dordschgotow, D. 1992: Böden der Mongolei. Genesis, Systematik, Geographie, Ressourcen und Nutzung. Fakultät der Bodenleitung, - Moskau (russ. Ausgabe)

Granö, J. 1910: Beiträge zur Kenntnis der Eiszeit in der nordwestlichen Mongolei und einiger ihrer südsibirischen Grenzgebirge. Fennia **28** (II.5)

Haase, G. 1983: Beiträge zur Bodengeographie der Mongolischen Volksrepublik. - Phys.-Geogr. Studien in Asien **34:** 231-367. - Brno

Haase, G., H. Richter und *H. Barthel* 1964: Zum Problem landschaftsökologischer Gliederung, dargestellt am Beispiel des Changai-Gebirges in der Mongolischen Volksrepublik. - Wiss. Veröff. d. Deutschen Inst. f. Länderkunde **21/22**: 489-516

Hilbig, W. 1990: Pflanzengesellschaften der Mongolei. - Erforschung biologischer Ressourcen der Mongolischen V.R. **8**. - Halle

Hövermann, J. und *E. Hövermann* 1991: Pleistocene and Holocene geomorphological features between the Kunlun Mountains and the Taklimakan Desert. - DIE ERDE Erg. H.**6**: 51-72

Kowalkowski, A. and *R. Lomborinchen* 1975: Geoecological conditions of the soil cover in the mountain complex of the Sant Catchment basin and valley. - Bull. de l'acad. Polonaise des Sci. **XXIII** (3-4): 207-212

Kowalkowski, A. 1989: Genese der Braunerden und Schwarzerden nach Untersuchungen in der Mongolischen V.R. und in der V.R. Polen. - Petermanns Geogr. Mitt. **1**: 7-21

Lehmkuhl, F. (1998): Quaternary glaciations in central and western Mongolia. In: Quaternary proceedings No.6. p. 1-15. London

Mursajew, E.M. 1954: Die Mongolische Volksrepublik. (Deutsche Übersetzung). - Gotha

Naumann, S. und *M. Walther* 1998: Mittelholozäne Seespiegelschwankungen des Bayan Nuur (Nordwestmongolei). - Marburger Geogr. Schriften (im Druck)

Nogina, N.A., D. Dordschgotow, J. G. Ewstifeew, S.W. Maksimowitsch und *K.A. Ufimzewa* 1980: Bodenkarte der Mongolei im Maßstab 1: 2.500000 (russ. Ausgabe)

Opp, Ch. 1991: Erste Ergebnisse bodenphysikalischer, bodenchemischer und landschaftsökologischer Untersuchungen in der Mongolei. - Mitt. d. deutschen bodenk. Ges. **661**: 197-200

Opp, Ch. 1994: Böden und Bodenprozesse in der Mongolei, Zeugen des Klima- und Nutzungswandels in Zentralasien. - Geowiss. **12** (9): 267-273

Opp, Ch. 1998: Geographische Landschaftsforschung im Uvs Nuur-Becken (nördliches Innerasien). - Mitt. u. Ber. f. d. Angehörigen u. Freunde d. Univ. Leipzig **4**: 20-25

Seliverstow, J.P. 1989: Geomorphologische Systeme des nördlichen Uvs Nuur-Gebietes und ihre raum-zeitliche Organisation. - Sovetsko-mongol'skij exsperiment "Ubsu-Nur" (Sowjetisch-mongolisches Experiment "Uvs Nuur"). Mongostoronnee sovescanie stran-clenov SEV (Mehrseitige Beratung der RGW-Mitgliedsländer). Kysyl. Kurzfassungen der Vorträge (in russ. Sprache). - Puscino

Stubbe, M. und *N. Dawaa* 1983: Stand der Erforschung der Säugetierfauna der Mongolischen Volksrepublik. - Erforschung biologischer Ressourcen der Mongolischen V.R. **2**: 93-111. - Halle

Treter, U. 1996: Gebirgs-Waldsteppe in der Mongolei. - Geogr. Rundschau **11**: 655-661

Völkel, J. und *J. Grunert* 1990: To the problem of dune formation and dune weathering during the Late Pleistocene and Holocene in the southern Sahara and the Sahel. - Z. Geomorph. N.F. **34**: 1-17

Walther, M. und *S. Naumann* 1997: Beobachtungen zur Fußflächenbildung im ariden bis semiariden Bereich der West- und Südmongolei (Nördliches Zentralasien). - Stuttgarter Geogr. Stud. **126**: 154-171

Zusammenfassung: Bodenentwicklung auf Altdünen im Uvs Nuur Becken

Das große Dünenfeld östlich des Sees Uvs Nuur erstreckt sich auf etwa 150 km in W-E-Richtung in Höhen zwischen 760 m am

Seeufer und 1.450 m am östlichen Ende bei Tes. Hier wird die untere Waldgrenze erreicht, dokumentiert durch einen schütteren Bestand von *Larix sibirica*. Das Klima ist semiarid; die Jahresniederschläge steigen von W nach E von unter 150 mm auf über 200 mm an. Der weitaus größte Teil des Dünenfeldes besteht aus Längsdünen, die WNW-ESE-orientiert sind. Sie tragen einen gut entwickelten Kastanosem und eine dichte Steppenvegetation und werden als Altdünen bzw. Dünen der 1. Generation bezeichnet. Entstanden sind sie im Hoch- und Spätglazial (ca. 20.000 - 13.000 B.P.) unter sehr trockenen Klimabedingungen. Letztmalig aktiv waren sie um 10.000 B.P. (s. O.S.L.-Datierungen). Außerdem kommen gebietsweise Parabeldünen vor (2. Dünengeneration); aktive Barchane (3. Dünengeneration) sind nur von lokaler Bedeutung. Die Parabeldünen besitzen ein jungholozänes Alter. Sie tragen einen schwach entwickelten Boden, der hier nicht diskutiert wird. Vorgestellt werden drei Beispiele von Kastanosems aus dem Westteil, der Mitte und dem Ostteil des Dünenfeldes. Die Böden sind überwiegend aus Fein- und Mittelsand aufgebaut und besitzen einen braunen, 20 - 40 cm mächtigen Ah-Horizont. Der Ton- und Schluffgehalt liegt unter 10 %; dennoch läßt sich dies als Ausdruck einer bescheidenen Tonmineralneubildung interpretieren. Die Profile aus dem Westteil und der Mitte des Dünenfeldes zeigen eine deutliche Carbonatverlagerung; das dritte Profil ist carbonatfrei. Zwei wichtige Aussagen sind möglich: 1. Das Dünenfeld ist im wesentlichen aus Altdünen gleichen Alters aufgebaut. 2. Der Sand stammt mit hoher Wahrscheinlichkeit aus dem Uvs Nuur-Seebecken (s. Schwermineralanalysen). Die durch höhere Seespiegel gut dokumentierten Feuchtzeiten des Holozäns hatten auf die Bodenentwicklung keinen großen Einfluß. Die Jahresniederschläge können daher nicht wesentlich über den heutigen gelegen haben.

Summary: Soil development on fixed dunes in the Uvs Nuur basin

The large, some 150 km long and 30 km wide, W-E orientated dunefield east of Uvs Nuur is situated between 760 m on the shore of the lake and 1,450 m in the eastern part near Tes. Here, the lower timberline is documented by sparsely growing trees of *Larix sibirica*. The climate is semiarid; the mean annual precipitation increases from less than 150 mm to more than 200 mm from W to E. The dunefield is predominantly composed of WNW-ESE orientated longitudinal dunes. They are covered by a well-developed castanozem and by a dense steppe vegetation and are therefore called old dunes or first generation dunes. They have developed under very dry climatic conditions during the High- and Late Glacial (about 20,000 - 13,000 B.P.). Final activity can be proved by O.S.L.-dating to 10,000 B.P. Some areas are covered by parabolic dunes (second generation); only locally active barchans of the third generation occur. The parabolic dunes are of younger Holocene age. They are covered by an initial soil which is not discussed here. Three examples of castanozems from the western, the central and the eastern part of the dunefield are presented. The soils are predominantly composed of the fine and middle sand fraction; their upper part has developed a brown, 20 - 40 cm thick Ah-horizon. The contents of clay and silt amount to less than 10 %; nevertheless, this can be interpreted as an indication of clay mineral formation. Carbonate migration can be seen in the profiles of the western and central parts of the dunefield; the third profile is free of carbonate. The main results are as follows: 1. The dunefield is predomi-

nantly composed of fixed dunes of the same age. 2. Probably, the sand originates from the Uvs Nuur lake basin (see heavy mineral analyses).The soil evolution during the Holocene has not been seriously influenced by pluvial periods which are well documented by higher lake levels in the area. Therefore, mean annual precipitation is presumed to have been only slightly higher than today.

Résumé: Evolution des sols à la surface des dunes anciennes dans la cuvette d'Uvs Nuur

Le grand erg à l'est du lac Uvs Nuur s'étend sur 150 km d'ouest en est, d'une altitude de 760 m au bord du lac jusqu' à 1.450 m au partie orientale près de la ville de Tes. Ici, la limite forestière inférieure est documentée par un nombre d'individus de *Larix sibirica*. Le climat est semi-aride; les précipitations annuelles montent d'ouest en est de moins de 150 mm à plus de 200 mm. La plus grande de l'erg est composée de dunes longitudinales, orientées ouest-nord-ouest à est-sud-est. Elles sont couvertes d'un castanozem bien développé et d'une végétation steppique dense. A cause de cela elles sont qualifiées de dunes anciennes ou dunes de la 1. génération. Elles se sont développées sous l'influence d'un climat très aride vers la fin de la période glaciaire (ca. 20.000 - 13.000 B.P.). Leur activité finale est fixée par des datations O.S.L. à 10.000 B.P. A côté, il y a des terrains avec prédominance de dunes paraboliques (2. génération dunaire); les barchans vifs (3. génération dunaire) sont d'une importance locale seulement. Les dunes paraboliques datent de l'époque de l'Holocène récent. Elles sont couvertes d'un sol initial qui ne sera pas discuté ici. On présentera trois exemples de castanozems de la partie occidentale, centrale et orientale de l'erg. Les sols sont composés essentiellement des fractions de sable fin et moyen et leur horizon-Ah marron est d'une épaisseur de 20 à 40 cm. Les fractions de l'argile de du limon ne dépassent pas 10 %. Pourtant, on peut interpréter cela comme expression d'une formation modeste des minéraux argileux. Les profils de la partie occidentale et centrale de l'erg témoignent d'une migration des carbonates. L'analyse mène à deux conclusions principaux: 1. L'erg est composé essentiellement de dunes du même âge. 2. Probablement, la cuvette du lac Uvs Nuur était la source du sable (d'après des analyses des minéraux lourds). L'évolution de sol n'a pas subi une forte influence pendant les périodes pluviales de l'Holocène qui sont bien documentées par plusieurs transgressions des lacs de la région. Par conséquent, on peut supposer que les précipitations annuelles n'étaient pas beaucoup plus haut qu'aujourd'hui.

Prof. *Dr. Jörg Grunert,* Dipl. Geogr. *Michael Klein,* P.D. *Dr. Max Stumböck*, Geographisches Institut der Universität Mainz, D-55099 Mainz
Mr. Dasch, Geoökologisches Institut der Mongolischen Akademie der Wissenschaften, Ulaan Baatar

Manuskripteingang: 01.09.1998
Annahme zum Druck: 29.11.1998