

## **Kurzzeit-Langzeit-Dynamik von Steppen- und Halbwüstengebieten Ostasiens**

- Martin Speier, Hannover -

### **Abstract**

**Long term – short term dynamics of Eastasian steppes and semi-deserts:** The floristic structure of east Asian steppe vegetation can be regarded as the result of climate, edaphon, vegetation history and the interactions of zoo- and phytocenosis. The life circle of fossorial rodents such as *Microtus brandti* has the strongest influence on the microstructure and the short term dynamics of steppe vegetation except from actual grazing effects and human impact. The stronger the human influences are, the deeper will be the changes of steppe vegetation structure and species combination in comparison with the potential-natural vegetation. As a general tendency, with decreasing degrees of naturalness of steppe vegetation, its level of organisation, its lifespan and its ecological stability is decreasing, as well. Long term dynamics of climatic oscillations can be reconstructed on the basis of pollenanalytical and geological or sedimentological methods which lead to a general modell indicating a spatial shifting of vegetation and climatic belts during the Holocene. The East Asian paleomonsoon, which constitutes an important component of the global paleoclimatic system, experienced similar climatic oscillations that are recorded in Chinese lacustrine sediments and loess-paleosols sequences. In many regions of present deserts climate remained dry during the mid-Holocene whereas steppe could extend to the very north and different forest types conquered wide areas in southwest China. Between 8.000 BP and 3.000 BP, the northern limit of the summer monsoon moved landward and precipitation increased in regions exposed to the expanding Holocene East Asian monsoon. During the late Holocene desert and half deserts developed in large areas of Northwest China whereas former forest-steppe regions in the Northeast became drier and supported the expansion of steppe vegetation. The climatic change between humid and arid phases during the Holocene differs from place to place. While dry intervals during the mid-Holocene seem to be more asynchronous than synchronous in arid and semi-arid China extreme deserts remained dry for a longer time span. The climate became drier after 4.000 BP except in the deserts situated in the Chinese Loess Plateau. During the mid-Holocene optimum a warm and wet climate allowed the greatest extend of forest-steppe vegetation and forest ecosystems on the Chinese mainland, including a northwards shift of temperate forests and a westward extend of mixed deciduous forest types. A drier climate during the late Holocene led to a shift of steppe vegetation to the southeast while desert and half-deserts ecosystems could reestablish in the northwestern part of China.

### **1. Einführung**

Alle Ökosysteme dieser Erde unterliegen durch den Einfluss des globalen Klimageschehens und aufgrund der Interaktionen zwischen den Biozöosen und Biotopen

einem steten Wandel, der vielfältige dynamische Prozesse in der belebten wie auch der unbelebten Umwelt auslöst. Selbst kurzfristige Wetterphänomene können die Zusammensetzung von Lebensgemeinschaften deutlich verändern, was zu einer Verschiebung von interspezifischen Konkurrenzbedingungen oder auch Veränderungen in den Nahrungsketten führen kann. Solche Phänomene können als Kurzzeit-Dynamiken („*short term dynamics*“) mit einer Dauer von wenigen Jahren oder Jahrzehnten beschrieben werden. Zu ihnen gehören beispielsweise das Massenaufreten von Pflanzenfressern (Wühlmäuse, Heuschrecken etc.) und die dadurch ausgelösten Vegetationsveränderungen oder etwa das Absterben von ehemals flussbegleitenden Galeriewäldern durch das über viele Jahre andauernde Ausbleiben von entsprechenden Niederschlägen.

Langzeit-Dynamiken („*long-term-dynamics*“) umfassen hingegen Veränderungen der Geobiosphäre, die sich über mehrere Jahrhunderte, Jahrtausende und sogar Jahrmillionen hinziehen und somit eher Ausdruck von globalen klimatischen Veränderungen sind, welche zu einer räumlichen Verschiebung von Klima- und Vegetationszonen (Zonobiomen) führen. Aride und vor allem semiaride Lebensräume wie die Steppenlandschaften stellen in diesem Zusammenhang besonders interessante Lebensräume dar, weil in ihnen neben pflanzenfressenden Großtieren auch zahlreiche kolonienbildende Kleintiere mit episodischer Massenvermehrung vorkommen, die innerhalb eines kurzen Zeitraumes das Erscheinungsbild der Vegetation völlig verändern können. Der fortwährende Wechsel von kleinflächiger Degradation und anschließender Regeneration ist somit typisch für die Kurzzeit-Dynamik von Steppenlandschaften wie Untersuchungen von GURICHEVA & BUEVICH (1989), GUNIN & VOSTOKOVA (1989), DMITRIEV et al. (1990), GUNIN et al. (1999) oder WEI & SKARPE (1995) exemplarisch belegen.

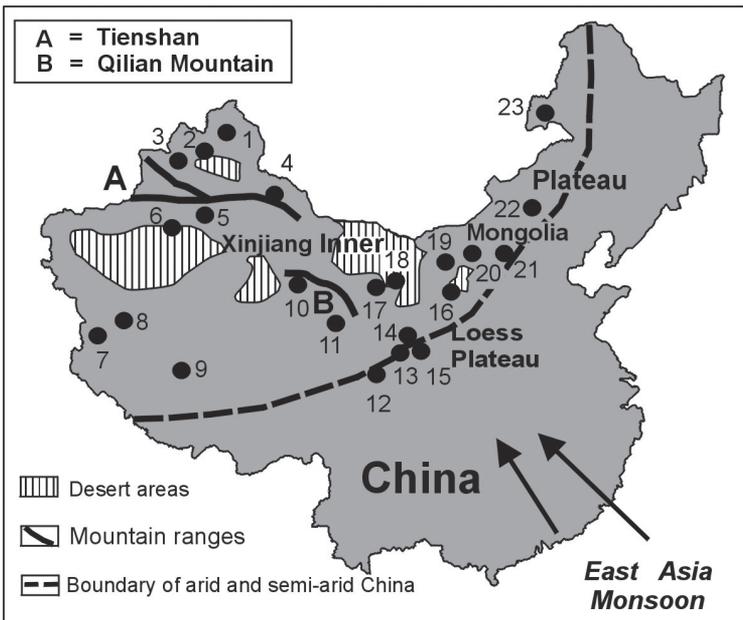


Abb. 1: Übersicht über ausgewählte Forschungsregionen in der Volksrepublik China, in denen seit dem Jahre 1990 paläoökologische Studien zur Langzeit-Dynamik von Steppen- und Wüstengebieten durchgeführt wurden. Nach Angaben von C.B. AN et al. (2006), H.Y. LIU et al. (1999 a,b), H.Y. LIU et al. (2000) sowie SPEIER et al. (2002) und SPEIER (2002). Zu den einzelnen Fundpunkten siehe Tab. 1.

Die Erforschung der Langzeit-Dynamik von Klima- und Vegetationszonen ist zur Zeit Gegenstand weltweiter Forschung, da man sich unter dem Eindruck aktueller globaler Klimaveränderungen durch die Rekonstruktion von Paläoökosystemen und Paläoklimazonen Aufschluss über die Reaktionsfähigkeit und die Raumdynamik von heutigen Lebensgemeinschaften oder Biomen erhofft. Grundlage für solche Rekonstruktionen ist ein enges Netz an paläoökologischen Untersuchungen, die möglichst viele synchronisierbare Proxidaten beinhalten (WEBB III. et al. 1993, PRENTICE et al. 1996, PRENTICE et al. 1998). In den semiariden und ariden Regionen Ostasiens, vornehmlich in den Steppen- und Halbwüstengebieten der Volksrepublik China, ist inzwischen ein solch dichtes Netz an paläoökologischen Daten erarbeitet worden, welches die Rekonstruktion von klimatogenen Veränderungen in einzelnen Großlandschaften erlaubt (Abb. 1). Dabei sind klimatisch induzierte Oszillationen von Biomgrenzen, insbesondere als Folge von Veränderungen des monsonalen Niederschlagsregimes, inzwischen mehrfach und ausführlich beschrieben worden (s. exempl.: AN et al. 1991, SUN & CHEN 1991, Y.F. SHI et al. 1993, WINKLER & WANG 1993, DING et al. 1995, YU et al. 1998, YU et al. 2000, SPEIER et al. 2002, AN et al. 2006). Auf der Basis von 24 ausgewählten pollen- und makrorestanalytischen Untersuchungen jüngerer Datums kann inzwischen ein Modell erstellt werden, welches die durch den holozänen Klimawandel ausgelösten Langzeit-Veränderungen in der räumlichen Verteilung der Steppen- und Halbwüstenregionen Ostasiens exemplarisch veranschaulicht (Abb. 1, Tab. 1).

Tab. 1: Pollenanalytische Untersuchungen in den Steppen und Wüstengebieten Asiens. (Nach Angaben von C.B. AN et al. 2006, H.Y. LIU et al. 1999 a, 1999 b, H.Y. LIU et al. 2000 sowie SPEIER et al. 2002 und SPEIER 20002). Erläuterung zu Abb. 1.

Nr.:	Profil:	Sediment:	Bearbeiter:
1	Wulungu-See	Seesedimente	YANG & WANG (1996)
2	Manas-See	Seesedimente	LIN et al. (1996), SUN et al. (1994), RHODES et al. (1996)
3	Aibi-See	Seesedimente	LI (1996), WU (1995)
4	Balikum-See	Seesedimente	HAN & QU (1992)
5	Bosten-See	Seesedimente	Zhong & Xiong (1998), Xu (1998)
6	Tarim	Flusssedimente	FENG et al. (1999)
7	Sumxi Co-See	Seesedimente	GASSE et al. (1991)
8	Guliya	Eiskern	THOMPSON et al. (1997)
9	Selin Co Lake	Seesedimente	GU et al. (1993), SUN et al. (1993)
10	Dunde	Eiskern	LIU et al. (1998)
11	Quinhai-See	Seesedimente	LIU, H.Y. et al (2002), LIU, X.Q. et al. (2002)
12	Zoige	Torfe	ZHOU et al. (2001)
13	Baixie	Loess	AN et al. (1993), ZHOU et al. (1998)
14	Sujiwan	Loess	AN et al. (2003)
15	Dadiwan	Loess	AN et al. (2003)
16	Liushuwan	Loess	LI et al. (2000, 2003), ZHOU et al. (1998)
17	Hongshui	Flusssedimente	ZHANG et al. (2000), MA et al. (2003)
18	Yema lake	Seesedimente	SHI et al. (2002), ZHU et al. (2001)
19	Yanhaizi Lake	Seesedimente	CHEN, C.T.A. et al. (2003), CHEN, F.H. et al. (2003)
20	Chasugi	Torfe	WANG & SUN (1997)
21	Daihai Lake	Seesedimente	WANG et al. (1990), WANG & LI (1991)
22	Haoluku	Seesedimente	LIU et al (1999a,b 2002), SPEIER et al. (2002)
23	Liuzhouwan	Seesedimente	LIU et al. (1999a,b 2002), SPEIER et al. (2002)
24	Hulun Lake	Seesedimente	YANG et al. (1995), YANG & WANG (1996)

## 2. Klima- und biogeographische Gliederung

Die eurasiatischen Steppenlandschaften stellen flächenmäßig die größten Steppengebiete der Erde dar, welche sich vom Osten Europas über eine Strecke von über 10.000 km bis in die Mandchurei ausdehnen. Über die Dsungarische Pforte, einer zwischen Himalaya und Tienschan gelegenen Gebirgslandschaft in Verbindung stehend, zerfällt dieser kontinentale Steppengürtel in die zwei großen Teilgebiete der eurosibirischen (Eurasische Unterregion) und der ostasiatischen Steppenlandschaften (Mongolisch-chinesische Unterregion).

Die eurosibirischen Steppenlandschaften erstrecken sich zwischen den sommergrünen Laubmischwäldern und den angrenzenden Halbwüsten- und Wüstengebieten von der Ukraine bis zum Altaigebirge, wobei sich ein südlicher Ausläufer noch bis zu den Hängen des Tienschan-Gebirges ausdehnt. Wie auch im östlichen Mitteleuropa, so laufen auch hier der Wärme- und der Feuchtegradient von Nord nach Süd weitgehend parallel, wobei nach Süden hin die jährlichen Niederschlagsmengen kontinuierlich zurückgehen, die Jahresdurchschnittstemperaturen hingegen zunehmen. Entlang dieses Feuchtegradienten wird die eurosibirische Steppe in zwei Untertypen gegliedert: die sog. „Wiesensteppe“ mit einer ganzjährig etwas günstigeren Wasserversorgung und die „krautreiche Federgrassteppe“ in Gebieten mit etwas geringeren Niederschlägen. Die nach Westen gerichteten und heute oftmals isolierten zentral- und osteuropäischen Vorposten der osteuropäischen Steppen können in diesem Zusammenhang als Relikte von ehemals großflächig verbreiteten, periglazialen Kältesteppen gesehen werden, die bis heute auf wärmegetönten Sonderstandorten überlebt haben (GRABHERR 1997).

Die ostasiatischen Federgras-Steppen der mongolisch-chinesischen Unterregion besitzen ihre größte Ausdehnung in Ost-Westrichtung und reichen von der Mandchurei und Nordostchina über die südliche Mongolei bis zur Dsungarischen Pforte (Abb. 2). Östlich des Tienschan- und des Altai-Gebirges schließen sich nach Westen die eurosibirischen Steppengebiete an. Die mongolisch-chinesische Steppenregion unterscheidet

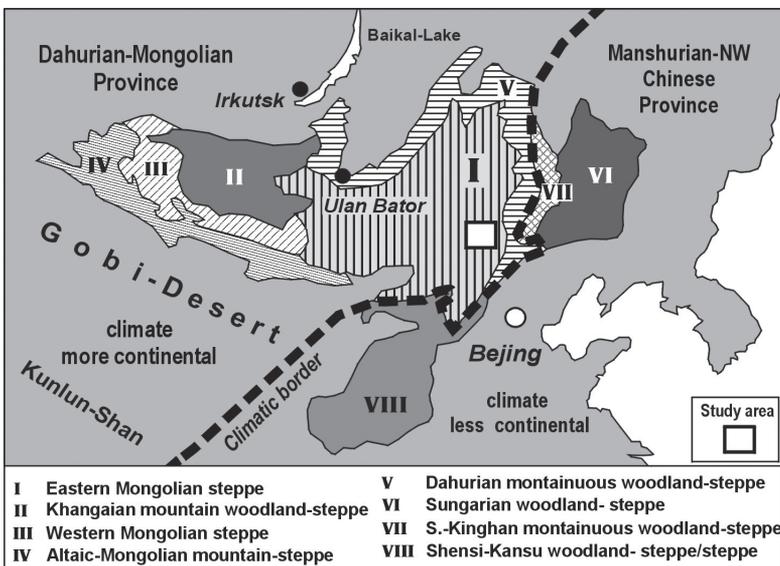


Abb. 2: Biogeographische Gliederung der ostasiatischen Steppengebiete nach WALTER (1974).

det sich klimatisch von den eurosibirischen Steppengebieten vor allem dadurch, dass das jährliche Niederschlagsmaximum – nicht wie dort – in den Frühjahrsmonaten Mai und Juni, sondern entsprechend dem Einfluss des ostasiatischen Monsunklimas in den Sommermonaten von Juli bis August liegt (WALTER 1974, SCHROEDER 1998). Somit wird die eurosibirische Steppe vor allem durch atlantische, die ostasiatische Region hingegen von tropisch-subtropischen Niederschlagsregimes des Pazifiks geprägt. Auch innerhalb des mongolisch-chinesischen Steppengebietes lässt sich ein klimatischer Gradient zwischen den stärker monsunal getönten, südöstlichen Waldland-Steppenregionen von Shensi-Kansu, der Sungarei und des südlichen Kinghan-Gebirge und den stärker kontinental geprägten Steppenregionen der west- und ostmongolischen Steppe unterscheiden (Abb. 2). Zu den letzteren gehören neben der westmongolischen Steppenregion als Kerngebiet des ostasiatischen Steppengebietes im Osten und Nordosten die Großlandschaften der Dahurischen Waldlandschaft-Steppen-Übergangszone, welche fast bis an den südlichen Baikalsee reicht. Im Westen schließen hier die von Nord nach Süd klimatisch zu differenzierenden Teilregionen der westmongolischen Steppe sowie der Khangai- und Altai-Gebirgssteppen an. Infolge der vergleichsweise großen Ausdehnung in N-S-Richtung von etwa 3.000 km beträgt die Sommerlänge mit Tagesdurchschnittstemperaturen von mehr als + 10 °C in den nördlichen Gebirgssteppen nur etwa 3 Monate. Nach Süden hin werden die klimatischen Bedingungen dagegen zunehmend günstiger. Während das Julimittel in den nördlichen Steppengebieten nur +17 °C beträgt, steigen die durchschnittlichen Julitemperaturen im Ordos-Gebiet bereits auf +22 °C an, wobei sich die jeweiligen Jahresminima von -50 °C auf -30 °C erhöhen (vergl. SCHROEDER 1998).

Die hygrisch günstige Wiesensteppe nimmt insgesamt nur einen schmalen Streifen entlang der Waldgrenze und am Rand der Gebirge ein. Sehr viel größere Flächen im Bereich der südlichen und der Inneren Mongolei sind dagegen von der Kurzgrassteppe bedeckt. Südlich dieser zonalen Verbreitung erscheint steppenartiges Grasland auch noch als Höhenstufenformation am relativ feuchten östlichen und südlichen Rande des tibetanischen Plateaus. An die den nördlichsten Teil dieses Landes einnehmende sibirische Gebirgsstaiga schließt die Waldsteppenzone an, die hier in Höhenlagen von 1.000 m NN bis maximal über 3.000 m NN (Gobi-Altai) als Gebirgs-Waldsteppe ausgebildet ist. Die Grassteppen sind hier vor allem auf der ostmongolischen Platte anzutreffen. Daran schließt sich eine Wüstensteppe an, die allmählich in die Wüste Gobi übergeht (Abb. 2).

Allgemein sind die Steppenregionen durch eine Kälteruhe im Winter und eine Trockenruhe im Sommer gekennzeichnet, so dass die Hauptentwicklungsphase der Vegetation das Frühjahr mit einer relativ hohen Bodendurchfeuchtung ist. Unter den extrem kontinentalen Bedingungen Zentralasiens kommt es demgegenüber zu einer extrem langen und durch Kälte und Trockenheit bedingten Ruhephase von September bis Mai. Da sich so gut wie keine winterliche Schneedecke ausbildet und die Niederschläge erst wieder im Juni einsetzen, herrscht während des kurzen Frühjahrs eine so große Trockenheit, dass die für Steppengebiete ansonsten so charakteristischen Frühjahrs-Therophyten hier weitgehend fehlen (vergl. Tab. 2). Da die Periode der größten Erwärmung mit der Phase der größten Niederschläge zusammenfällt, kommt es in den zentralasiatischen Steppengebieten zu einer großen sommerlichen Vegetationsentfaltung (WALTER 1974, FUKAREK 1979).

Auch biogeographisch lässt sich die klimatische und räumliche Gliederung der eurasiatischen Steppenregion am Verteilungsmuster verschiedener Steppenpflanzen nachvollziehen (Tab. 2): Zonal über die gesamte Steppenregion verbreitet sind neben

Tab. 2: Biogeographische Gliederung der Euro-asiatischen Steppenzone (Nach: WALTHER 1974).

<p><b>Eurasische Unterregion</b></p> <p>Osteuropäisches und westsibirisch-kasachisches Gebiet</p>	<p><b>Mongolisch-Chinesische Unterregion</b></p> <p>östliches dahuro-mongolisches und mandschurisches Gebiet</p>
<p><b>Gemeinsame Arten:</b> <i>Koeleria cristata</i>, <i>Helicotrichon schellianum</i>, <i>Phleum phleoides</i>, <i>Anemone sylvestris</i>, <i>Dracocephalum ruyischiana</i>, <i>Phlomis tuberosa</i>, <i>Artemisia dracunculus</i>, <i>Scorzonera austriaca</i> u. a. sowie:</p> <p><b><i>Stipa capillata</i> und <i>Stipa sareptana</i></b></p>	
<p><b>Typische Geophyten-Gattungen:</b></p> <p><i>Ornithogalum</i>, <i>Crocus</i>, <i>Tulipa</i>, <i>Bellevalia</i>, <i>Bulbocodium</i>, <i>Hyacinthella</i>, <i>Eremurus</i> u.a.</p> <p><b>Ephemere Annuellen-Gattungen:</b></p> <p><i>Brumus</i>, <i>Holosteum</i>, <i>Arenaria</i>, <i>Ceratocephalus</i>, <i>Erophila</i>, <i>Valerianella</i>, <i>Ferula</i> (<i>F. caspica</i>)</p>	<p><b>Typische Geophyten und ephemere Annuelle fehlen weitgehend. Ausnahmen:</b></p> <p><i>Tulipa uniflora</i>, <i>Androsace septentrionalis</i>, <i>Androsace turzanovii</i>, <i>Allium</i> div. spec.</p> <p><b>Hier monotypische Gattungen:</b></p> <p><i>Anemarrhena</i> (Liliaceae), <i>Dontostemon</i> (Brassicaceae), <i>Sibbaldianthe</i> (Rosaceae), <i>Stellera</i> (Thymelaceae), <i>Saposhnikovia</i> (Apiaceae), <i>Panzeria</i> (Lamiaceae), <i>Cymbaria</i> (Scrophulariaceae)</p>
<p><b><i>Stipa orientalis</i></b> (Kasachisches Geoelement)  <b><i>Stipa kirghisorum</i></b> (kasacho-mittelasiatisch)  <b><i>Stipa korshinskyi</i></b> (transwolga-kasachisch)</p>	<p><b><i>Stipa gobica</i>, <i>Stipa baicalensis</i>, <i>Stipa krylovii</i></b>  oder <b><i>Stipa grandis</i></b> regional vorherrschend</p>

den Federgräsern *Stipa capillata* und *Stipa sareptana* vor allem *Koeleria cristata*, *Helicotrichon schellianum*, *Phleum phleoides* und *Anemone sylvestris* sowie *Artemisia dracunculus* oder *Dracocephalum ruyischiana*. Für eine mögliche pflanzensoziologische Gliederung der eurasiatischen Steppenregionen kämen diese Arten vermutlich auch als Kennarten höherer syntaxonomisch-pflanzensoziologischer Einheiten in Frage. Während in den Florenregionen Eurosibiriens zahlreiche Geophyten-Gattungen (*Ornithogalum*, *Crocus*, *Bellevalia*, *Bulbocodium*, *Tulipa*, *Hyacinthella* u.a.) typisch für den Frühlingsaspekt der dortigen Steppenvegetation sind, fehlen in den dahuro-mongolischen und mandschurischen Regionen Arten dieser Gattungen aufgrund der winterlichen Kälte meist bis auf einige Ausnahmen (*Tulipa uniflora*, *Allium anisopodium*, *Allium bidentatum*, *Allium condensatum*, *Allium tenuissimum*, *Allium ledebourianum* u. a.). Besonders in den ostasiatischen Steppen treten hingegen zahlreiche monotypische Gattungen wie beispielsweise *Anemarrhena* (Liliaceae), *Dontostemon* (Brassicaceae), *Sibbaldianthe* (Rosaceae), *Saposhnikovia* (Apiaceae) oder *Panzeria* (Lamiaceae) auf. Als Kennarten niedrigerer syntaxonomischer Einheiten könnten weiterhin die in den beiden Unterregionen vorkommenden Federgräser dienen. So wachsen beispielsweise in den osteuropäisch-westsibirisch-kasachischen Steppenregionen vor allem *Stipa orientalis* (kasachisch), *Stipa kirghisorum* (kasacho-mittelasiatisch) und *Stipa korshinskyi* (transwolga-kasachisch) auf. In der mongolisch-chinesischen Unterregion dominieren hingegen je nach den regional vorherrschenden Niederschlags- und Bodenbedingungen *Stipa gobica*, *Stipa baicalensis*, *Stipa krylovii* oder *Stipa grandis* (H. Y. LIU 1998, H. Y. LIU et al. 1999 a, b).

### 3. Vegetation und Biotoptypen

Während die südlichen Grassteppen auf hellen Kastanosemen nur noch für eine extensive Weidewirtschaft geeignet sind, kann auf den nördlichen Grassteppen mit mittleren und dunklen Kastanosemen noch Ackerbau betrieben werden (vergl. BASTIAN 2000). Da die Gräser in diesem Vegetationstyp dominieren, besitzt die Grassteppe ein relativ eintöniges Aussehen. Dabei ist je nach den Standortbedingungen und lokalen Klimaverhältnissen das Dominieren einer Grasart über weite Flächen charakteristisch. Typische Vertreter sind Arten wie beispielsweise *Stipa krylovii*, *Koeleria gracilis*, *Agropyron pectinatum*, *Aneurolepidium pseudoagropyron* oder *Poa botryoides* sowie *Carex duriuscula* (FUKAREK 1979, HILBIG 1987). Mit dem Beginn der Vegetationsperiode gegen Mitte Mai setzt auch in der Grassteppe eine Folge von verschiedenen Blühaspekten ein. Zunächst blühen ausdauernde, krautige Rosetten- und Polsterpflanzen wie beispielsweise die violett blühende *Pulsatilla turczaninowii*, die blau blühende *Iris tigrida*, die gelb blühende *Potentilla acaulis* oder *Androsace incana* mit weißen sowie *Amblynotus obovatus* mit blauen Infloreszenzen. Im Frühsommer dominieren hingegen die gelbblühenden Steppenlupinen (*Thermopsis lanceolata*) und Rachenblütler (z.B. *Cymbaria dahurica*). Im Hochsommer bestimmen schließlich die Gräser das Vegetationsbild, nur spärlich durchsetzt von *Galium verum*, *Veronica incarna* sowie verschiedenen Nelken- und Asternarten. Erst im Spätsommer beherrschen dann die vielen *Artemisia*-Arten mit graugrünen Farbtönen das Vegetationsbild.

Tab. 3: Pflanzengesellschaften und Vegetationsformationen in den Steppenlandschaften der Mongolischen Republik auf der Grundlage der Untersuchungen von HILBIG (1987) unter Ausschluss der Schotter- und Felsschutt-Gesellschaften.

<b>Gesellschaft/Formation:</b>	<b>Kurzcharakterisierung:</b>
<b>Gesellschaften der Grassteppen:</b>	
<i>Cymbario - Stipetum krylovii</i>	„Trockensteppe“ des südlichen mongolisch-dahurischen Florenbezirkes auf Kastanosem
<i>Filifolio sibirici - Stipetum krylovii</i>	Nordostmongolische Assoziation auf lehmig-sandigen, dunklen Kastanosemen
<i>Nanophyto - Stipetum krylovii</i>	Flachpolsterreiche „Trockensteppe“ auf Berghängen und Terrassen
<i>Stipa grandis</i> -Gesellschaft	Ost-Changai bis östliche Mongolei auf hygrisch günstigeren Standorten
<b>Gesellschaften der Bergsteppen:</b>	
<i>Hedysaro inundati - Stipetum krylovii</i>	Montane leguminosenreiche Steppengesellschaft zwischen 1900 und 2500 m NN
<b>Gesellschaften der Wiesensteppen:</b>	
<i>Thalictro petaloidei - Helictotrichetum schelliani</i>	Gesellschaft auf frischen-tiefgründigen Berghängen bei Nd > 300 m NN
<i>Androsace ovczinnikovii - Helictotrichetum schelliani</i>	Blüten-, polster- und rosettenpflanzenreiche Ass. im mongolischen Altai u. im Chovd-Gebiet

Die Beschreibung von verschiedenen Vegetationstypen in der Chinesischen Volksrepublik folgt auch heute noch in weiten Teilen dem nordamerikanischen Dominanzprinzip, so dass einzelne Vegetationstypen der hiesigen Steppenvegetation nach den bestandsbeherrschenden Arten benannt und klassifiziert werden. Eine pflanzensoziologisch-syntaxonomische Erfassung von Steppenvegetationen im Sinne von BRAUN-BLANQUET bildet daher immer noch die Ausnahme (vergl. LIU 1998, LIU et al. 2000). In der damaligen Mongolischen Volksrepublik hatte jedoch schon zu Beginn der 80er Jahre W. Hilbig erstmals eine zusammenfassende Darstellung der Steppen- und Halb-

Tab. 4: Pflanzengesellschaften und Vegetationsformationen der Halbwüsten- bzw. Wüstenlandschaften der Mongolischen Republik auf der Grundlage der Untersuchungen von HILBIG (1987) unter Ausschluss der Schotter- und Felsschutt-Gesellschaften.

<b>Gesellschaften und Formationen der Strauchhalbwüsten:</b>	
<b>Gesellschaft/Formation:</b>	<b>Kurzcharakterisierung:</b>
<i>Artemisio xerophyticae</i> - <i>Caraganelum leucophloae</i>	Artenarme und sehr lückige Strauchformation auf sandigen Substraten in großen Seesenken
<i>Oxytropidi aciphyllae</i> - <i>Caraganelum leucophloae</i>	Strauchformation auf sandig-kiesigen Substraten mit vielen mehrjährigen Arten
<i>Amygdalo pedunculatae</i> - <i>Caraganelum leucophloae</i>	Auffällig dunkle Strauchformation auf steinig-felsigen Standorten im Gobi-Altai
<i>Eurotio-Zygophylletum xanthoxyli</i>	Wüstengesell. der Ost- und Südgobi auf kiesigsteinigen und salzhaltigen Standorten
<i>Convolvulus gortschakovii</i> - Halbwüste	auf sandig, kiesig-steinigen Substraten in der Südmongolei und Uvs-Nuur-Beckens
<i>Kalidium gracile</i> - Halbwüste	Artenarme Gesell. auf tonigen Solontschakböden mit geringem Deckungsgrad (ca.10%)
<i>Nitraria sibirica</i> - Gesellschaft	Sanddüngengesellschaft am Nord- und Südrand des Gobi-Altai
<i>Stipeto glareosae</i> - <i>Anabasetum brevifoliae</i>	Großflächig verbreitete Federgras-Halbwüstengesell. in Zentralasien auf Sand-Kies
<i>Allio polyrrhizi</i> - <i>Stipetum glareosae</i>	Geophytenreiche Halbwüstengesell. mit Federgräsern, variantenreiche Gesellschaft
<b>Gesellschaften und Formationen der Grashalbwüsten und Wüsten</b>	
<i>Psammochloa villosa</i> – Gesellschaft	Sandfestigende Gesellschaft auf Lockersanden in der südlichen Mongolei
<i>Elymus secalinus</i> - Gesellschaft	Artenarme Gesell. in Kontakt zur Halbstrauchwüste auf Sand, mongol.-dsungarisch
<i>Anabasis brevifolia</i> - Wüste	Weitverbreitete Halbwüstenvegetation mit zonalem biogeographischem Charakter
<i>Calligano mongolici</i> - <i>Haloxyletum ammodendronis</i>	Turanisch-gobische Saxaul-Strauchformation in Sandgebieten mit Alluvialkontakt
<i>Sympagma regelii</i> - Wüste	In der Wüstenzone des Transaltai-Gobi auf flachgründig-steinigen Standorten
<i>Reaumurio</i> - <i>Nanophytetum erinacei</i>	Halbkugel-Polstervegetation in der Dsungarischen Gobi auf Kies/Stein-Substraten
<i>Artemisio pectinati</i> - <i>Nanophytetum erinacei</i>	Dominierende Polstervegetation mit Steppenarten, vorwiegend in den tieferen Lagen

wüstenvegetation auf der Grundlage der Methode von BRAUN-BLANQUET erarbeitet, welche heute noch wertvolle Grundlagen für den Aufbau einer pflanzensoziologischen Beschreibung der hiesigen Biotoptypen liefert (s. HILBIG 1987). Tab. 3 und Tab. 4 geben einen Überblick über die seinerzeit determinierten Pflanzengesellschaften.

Viele dieser von HILBIG (1987) beschriebenen Pflanzengesellschaften besitzen sicher hinsichtlich ihrer Verbreitung einen eher regionalen Charakter und sind nicht für den gesamten zentral- und ostasiatischen Steppengürtel gültig. Mit Sicherheit ließen sich zahlreiche weitere Gesellschaften erfassen, wenn man die chinesischen und ostmongolischen Florenbezirke in ähnlicher Weise bearbeiten würde. So sind vor allem in der Inneren Mongolei auf großen Flächen ± homogene Steppenvegetationen verbreitet, welche jeweils von *Stipa gobica*, *Stipa krylovii* oder *Stipa grandis* sowie von *Caragana microphylla* u.a. gekennzeichnet werden und eine deutlich andere oder lediglich eine ähnliche Artenkonstitution wie die von HILBIG (1987) beschriebenen

Gesellschaften und Formationen besitzen (H.Y. LIU 1998, H.Y. LIU et al. 1999a, 1999 b, H.Y. LIU et al. 2000, SPEIER 2002).

#### 4. Kurzzeit-Dynamik

Die Steppenlandschaften sind wie alle semiariden und ariden Ökosysteme in ihrer Struktur einem kurzfristigen Wandel unterworfen, der aus den Oszillationen der regionalen bzw. überregionalen Wetterbedingungen (Dauer und Intensität von Regen- und Trockenzeiten) und der Populationsdynamik der in ihnen lebenden Pflanzenfresser resultiert. Längere Trockenphasen können genauso wie eine Abfolge ungewöhnlich ergiebiger Regenfälle zu einer Verschiebung im jeweiligen Artenspektrum der Biozöosen führen.

Als Folge solcher Ereignisse können im Konkurrenzkampf um Lebensraum und Nahrung unterschiedliche Organismen Vorteile erlangen, die zu einer Verschiebung der interspezifischen Konkurrenzbedingungen führen. Die Steppen- und Halbwüstengebiete Zentralasiens sind von Natur aus die natürlichen Weidegebiete von Steppentieren wie beispielsweise von Dromedaren oder Wildpferden wie etwa den Przewalski-Pferden, welche schon immer einen schwachen Weideeinfluss auf die Steppenvegetation ausübten. Daneben haben aber auch erdbewohnende Kleinsäuger wie beispielsweise Erdhörnchen und Wühlmäuse durch ihre Wühltätigkeit einen erheblichen Einfluss auf die Mikrozonierung und die Mikrosukzession der Federgras-Steppen wie dies GURICHEVA & BUEVICH (1989), GUNIN et al. (1999) und DMITRIEV et al. (1990) für die mongolischen Steppengebiete im östlichen Khangai exemplarisch nachweisen konnten.

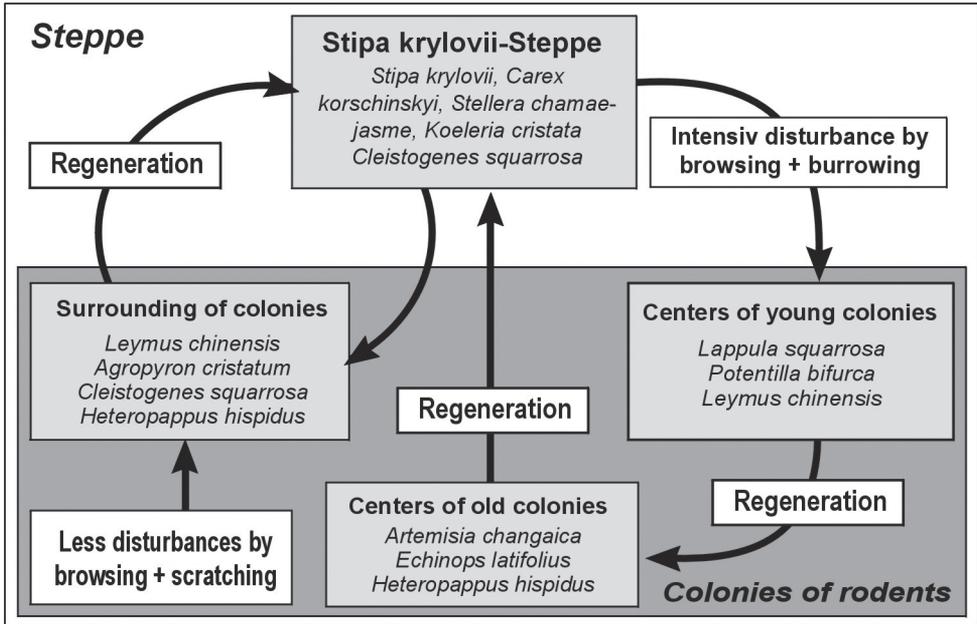


Abb. 3: Vereinfachtes Modell zur Kurzzeitdynamik in der *Stipa krylovii*-Steppe der Inneren Mongolei als Folge der Einwirkung von Nagern (*Ochotona daurica*) auf die Steppenvegetation (verändert nach Angaben von LAVRENKO & KARAMYSHEVA 1993).

Huf- und Nagetiere tragen in diesem Zusammenhang durch ihre Fraßtätigkeit grundsätzlich zu einer Anregung der pflanzlichen Primärproduktion von Stepppflanzen bei, solange die Bestandsdichte einzelner Tierarten nicht zu hoch ist (vergl. WEST 1991). Zur ursprünglichen Ausstattung der asiatischen Steppenfauna gehörten als Herbivore neben Wildpferden (*Tarpane*, *Equus caballus*) und Wildkamelen (*Camelus bactrianus*) einst vor allem Saiga-Antilopen (*Saiga tartarica*), deren Bestände heute ausgerottet oder auf wenige, kleine Populationen zusammengeschrumpft sind (SCHULZ 2000). Zu den Tierarten der asiatischen Steppen, welche sich bis heute noch in verhältnismäßig großer Dichte erhalten haben, zählen neben Hasen und Kaninchen zahlreiche größere Nagetierarten wie beispielsweise Ziesel (*Citellus citellus*) oder Hamster (*Cricetus cricetus*) bzw. kleinere Nagerarten wie Steppenwühlmäuse (*Microtus brandti*) oder Bergwühlmäuse (*Alticola argentatus*). Besonders Nagetiere üben einen großen Einfluss auf die Struktur und die lokale Artengarnitur der Steppenvegetation aus (Abb. 3). Für kleinere Nager sind periodische Massenvermehrungen im Abstand mehrerer Jahre ein wesentliches Charakteristikum, wobei es hierbei zu einer lokalen Vernichtung der Phytomasse von bis zu 90 % kommen kann (GROSSE et al. 1984, GUNIN et al. 1999).

Entscheidend für das längerfristige Erscheinungsbild der Steppe ist allerdings die Lebensweise der zahlreichen Nagerarten, die hier oftmals in größeren Kolonien zusammenleben und im Umfeld ihrer Bauten die Vegetation verbeißen und schließlich nahezu völlig kahl fressen können. Dabei kommt es durch das Wühlen und Scharren der Tiere aber auch zu einer Veränderung der lokalen Bodenbedingungen: Der Boden wird im Umfeld der Kolonien tief aufgegraben, wobei ältere und nährstoffreichere Substrate durch die Wühltätigkeit der Nager an die Bodenoberfläche gelangen. Auf diese Weise entstehen kleinflächig Rohbodensituationen, welche nach dem Erlöschen einer Kolonie von verschiedenen Pflanzenarten wieder besiedelt werden können, die etwas höhere Ansprüche an die Nährstoffverhältnisse besitzen oder deren Samen in lockeren Substraten besser zu keimen vermögen als in einer mehr oder weniger dicht geschlossenen Federgrassteppe. Insbesondere die größeren und kleineren Erdhaufen stellen in diesem Zusammenhang für Steppensträucher wie beispielsweise *Caragana microphylla*, *Caragana frutex* oder *Amygdalus nana* geeignete Siedlungsplätze dar, da sie hier einem geringeren Konkurrenzdruck durch die Gräser unterliegen (WALTER & BRECKLE 1999).

Typisch für die Lebensweise der Steppenwühlmäuse (*Microtus brandti*) ist die Anlage von  $\pm$  radiärsymmetrischen Bauten, in denen jeweils eine Sippe – bestehend aus den Elterntieren und deren 1. und 2. Nachkommenschaft – lebt. Häufig anzutreffen sind allerdings auch ganze Familienverbände, welche aus mehreren bis vielen Sippen bestehen und dann als „Kolonie“ bezeichnet werden (ZIMMERMANN 1964). Die Anzahl von Schlupflöchern des Bausystems einer einzelnen Sippe besteht im Herbst aus 30-40 Ein- und Ausgängen, wenn die Populationsdichte ihren Höhepunkt erreicht. Bioökologische Untersuchungen im Kerulental (Rep. Mongolei) aus dem Anfang der 80er Jahre des vergangenen Jahrhunderts geben Aufschluss über die Dimensionen solcher Bausysteme: So konnten beispielsweise GROSSE et al. (1984) für eine Wühlmaus-Population von *Microtus brandti* 40 Baue ermitteln, deren Durchmesser ca. 5,75 m betrug und im Schnitt über etwa 23 Schlupflöcher verfügte, in deren Umfeld keinerlei Vegetation mehr anzutreffen war. Mit einem Durchmesser von etwa 17 m konnte seinerzeit das Territorium einer einzelnen Sippe („Sippenrevier“) bestimmt werden, das von den Tieren regelmäßig zur Nahrungsaufnahme aufgesucht wurde. Allerdings reichte der Aktionsradius einzelner Tiere bis zu 150 m über das Koloniezentrum hinaus. Das

damals ermittelte Nahrungsspektrum der Nager setzte sich im Wesentlichen aus Pflanzenteilen von *Caragana microphylla*, *Agropyron repens*, *Poa attenuata*, *Artemisia frigida*, *Potentilla bifurca* und *Cymbaria dahurica* zusammen (GROSSE et al. 1984).

Die Folge des Äsungsverhaltens solcher Nager ist letztlich das Entstehen eines Mikoreliefs mit verschiedensten Kleinsukzessionen, so dass die Steppenvegetation letztlich keine uniforme Matrix darstellt, sondern aus einem Mosaik aus zoogenen Mikrostrukturen besteht (Abb. 4). Untersuchungen in der *Stipa grandis*-Steppe der Inneren Mongolei von GUNIN et al. (1999) zeigen weiterhin, dass im Umfeld von

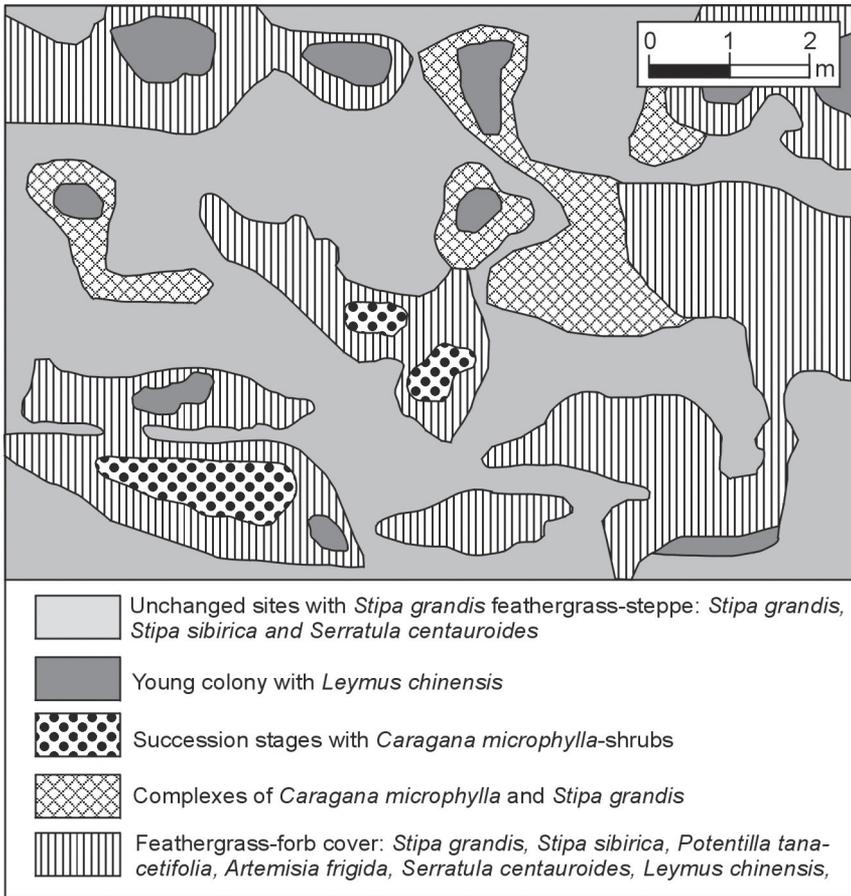


Abb. 4: Darstellung des Vegetationsmosaiks in einer ostmongolischen Federgras-Steppe (*Stipa grandis*-Gesellschaft) im Umfeld von Kolonien der Mongolischen Steppenwühlmaus (*Microtus brandti*) mit verschiedensten Sukzessionsstadien (Nach: GUNIN et al. 1999).

Nagerkolonien diejenigen Flächen, an denen durch die Wühltätigkeit der Tiere frisches Bodenmaterial zu liegen kam, zunächst von *Leymus chinensis* besiedelt wurde. Im weiteren Verlauf der Sukzession stellte sich innerhalb weniger Jahre wieder eine Federgras-Steppenvegetation ein, die in erster Linie aus *Stipa grandis*, *Stipa sibirica*, *Potentilla tanacetifolia* sowie *Artemisia frigida* und *Serratula centauroides* gebildet wurde, während *Leymus chinensis* zunehmend an Bedeutung verlor. Auf den aufgescharrten

Sandflächen konnten sich hingegen kleine Gebüschinitialen von *Caragana microphylla* einstellen. Studien von LAVRENKO & KARAMYSHEVA (1993) in der mongolischen *Stipa krylovii*-Steppe führten zu vergleichbaren Ergebnissen. Auch hier spielte *Leymus chinensis* die Rolle eines Pioniergrases auf solchen patchworkartig strukturierten Pionierstandorten, gleichgültig ob sie im Zentrum der Nagerkolonie oder an der von den Tieren weniger beeinflussten Peripherie lagen (Abb. 3). Im Zentrum von ehemaligen Nagerkolonien traten im Laufe der weiteren Sukzession vor allem *Lappula squarrosa* und *Potentilla bifurca* als häufige Florenelemente auf. Die Flächen im Umfeld der Nagerbehausungen zeigten abweichend davon eine etwas andere Arten-garnitur: Neben *Leymus chinensis* kamen hier vor allem *Cleistogenes squarrosa*, *Agropyron cristatum* und *Heteropappus hispidus* vor. Mit zunehmendem Alter traten weiterhin *Echinops latifolius* und *Heteropappus hispidus* hinzu und kennzeichneten somit die allmähliche Regeneration der vormals stark devastierten Flächen im Zentrum der ehemaligen Kolonien. Die vollständige Regeneration führte schließlich wieder zu einer Federgrassteppe, in der *Stipa krylovii* das Vegetationsbild bestimmte, wobei als regelmäßige Begleiter *Koeleria cristata*, *Stellera chamaejasme*, *Carex korschinskyi* und *Cleistogenes squarrosa* auftraten.

In den stärker ariden Steppenformationen mit offenen Vegetationsstrukturen kann es durch intensive Wühltätigkeiten der Nager, Windanriss oder infolge von Trittbelastung durch größere Weidetiere zu einer Bodenverletzung und zur vorübergehenden Bildung von offenen Sandflächen kommen. Sukzessionsbiologische Untersuchungen von WEI & SKARPE (1995) in den halboffenen *Artemisia*-Steppen der Naiman-Region (Innere Mongolei, VR China) haben in diesem Zusammenhang gezeigt, dass als Pionier auf den bloßen Sandflächen zunächst *Agriophyllum squarrosum* auftritt, welches jedoch innerhalb von nur 4 Jahren durch andere Arten ersetzt wird. So folgen im 2. Jahr nach der Erstbesiedlung vor allem ausdauernde Arten wie *Pennisetum centrasiatricum* und *Artemisia halodendron*. Insgesamt wurden innerhalb dieser mehrjährigen Studie 31 verschiedene Arten ermittelt, die an der Regeneration solcher semiarider Steppenkomplexe beteiligt sind. Unter den Chamaephyten sind hierbei besonders *Caragana microphylla*, *Artemisia frigida*, *A. halodendron* und *Lespedeza dahurica* zu nennen. Unter den Therophyten waren besonders *Bassia dasyphylla*, *Salsola collina* und *Setaria viridis* mit großer Regelmäßigkeit auf solchen Sukzessionsflächen anzutreffen. *Ixeris chinensis* gehörte hier zu den häufigsten Hemikryptophyten; unter den Geophyten stellte sich bereits nach 1 Jahr vor allem der Zwiebelgeophyt *Allium ansisopodium* ein.

## 5. Anthropo-zoogene Beeinflussung der Steppenvegetation

Die auf tiefgründigem Lößlehm befindlichen Wiesensteppen sind von Klima und Boden her auch für den Ackerbau geeignet. Infolgedessen sind heute viele dieser Wiesensteppengebiete bereits vollständig in Agrarflächen umgewandelt worden. Die großräumige Beseitigung dieser Steppenvegetation begann allerdings in den meisten Gebieten erst in den letzten 150-200 Jahren. Vorher wurden sie weithin von nomadischen Reitervölkern beherrscht, die sie als Weideland nutzten. Erst die territoriale Eroberung und Erschließung durch Russland im Westen bzw. China im Osten führte zu einer Besiedlung mit Ackerbauern. Gegenüber der Wiesensteppe ist die Kurzgrassteppe jedoch für den Ackerbau weniger geeignet. Wo man in ihrem Grenzbereich noch Äcker angelegt hat, kam es vielerorts zu starken Erosionsschäden bis hin zum völligen Abtrag des Oberbodens. Im übrigen dient die Kurzgrassteppe auch heute noch

überwiegend als Weideland. Auf dieser Variante aufbauend ist in Zentralasien, hauptsächlich in der Mongolei, mancherorts noch die alte Nomadenwirtschaft erhalten geblieben. Auf Grund der geringen oder fehlenden Schneedecke und der „Gefrier-trocknung“ der Vegetation durch die gegen Ende der Vegetationsperiode einsetzenden Fröste wird in den mongolischen Steppengebieten während des ganzen langen Winters geweidet.

Die Steppen Zentralasiens wurden schon in prähistorischer Zeit von nomadisierenden Kulturgruppen besiedelt, die ihre Weidetiere in den Steppenlandschaften grasen ließen. In den vergangenen Jahrzehnten hat sich jedoch unter dem Eindruck einer stark angestiegenen Bevölkerungszahl und der Einführung einer modernen Viehwirtschaft im Vergleich zu früheren Jahrhunderten der Weidedruck auf diese Gebiete sehr stark erhöht. Viele Steppengebiete tragen daher heute keine natürlichen, sondern vor allem anthropo-zoogene Pflanzengesellschaften. Generell sind die Veränderungen in der Struktur der Steppenvegetation umso tiefgreifender, je stärker der anthropo-zoogene Einfluss ist, wobei nicht nur die Lebensspanne der verschiedenen floristischen Komponenten solcher Ersatzvegetationen verkürzt, sondern auch die Stabilität des Ökosystems insgesamt erniedrigt wird (BASTIAN 2000). Aufgrund des rasanten Bevölkerungszuwachses innerhalb der vergangenen Jahrzehnte wurden sowohl in der Volksrepublik China als auch in der Mongolischen Republik die Viehbestände drastisch erhöht, was vielerorts zur Überweidung und teilweise auch zur Zerstörung der ehemaligen Steppenvegetation geführt hat. Allein in der Mongolei werden derzeit etwa 29 Millionen Stück Weidevieh (in erster Linie Rinder) gezählt. Rund 10 Millionen ha der ehemaligen Steppenlandschaften gelten in der Mongolei bereits als überweidet bzw. stark übernutzt (BASTIAN 2000).

Grundsätzlich werden bei der Beweidung vor allem giftige oder dornige Steppenpflanzen gefördert sowie solche, die besonders drüsige oder wollig behaarte Pflanzenteile besitzen. Nach FUKAREK (1979) wird eine schwache Überweidung der zentralasiatischen Steppen vor allem durch das gehäufte Vorkommen der giftigen Thymelacee *Stellera chamaejasme* angezeigt, bei stärkerer Beweidung dominieren hingegen eher *Artemisia frigida*, *Leontopodium campestre* sowie die drüsig behaarte *Oxytropis glandulosa* und *Gentiana decumbens* oder *Delphinium grandiflorum*. Untersuchungen von Steppenrasengesellschaften im nordöstlichen Kangai-Gebirge der Mongolei belegen in diesem Zusammenhang, dass die Förderung von *Artemisia frigida* ein sehr häufig zu beobachtender Effekt der Weidebeeinflussung ist (GUNIN & VOSTOKOVA 1989). In den montanen *Stipa kylovii*-Steppen des Kangai-Gebirges konnte beispielsweise beobachtet werden, dass sich bei zunehmender Beweidung die hiesigen Federgras-Steppen allmählich mit Arten von Felsstandorten und hochmontanen Geoelementen wie *Pedicularis achilleifolia*, *Silene repens*, *Lagotis integrifolia*, *Bistorta vivipara*, *Schultzia crinita*, *Minuartia verna* oder *Leontopodium ochroleucum* anreicherten (GUNIN et al. 1999). Bei verstärkter Beweidung nimmt zudem der Bedeckungsgrad immer weiter ab, so dass die Vegetation sukzessive schütterter wird und schließlich gänzlich verschwindet. Entsprechende Untersuchungen im mongolischen Altai haben ergeben, dass sich durch eine erhöhte Viehweide der Anteil an Gräsern in solchen Weidekomplexen von zunächst 60% bis auf unter 5% vermindert; wohingegen der Anteil an Wermut-Arten an der Gesamtbedeckung der Vegetation antagonistisch zunimmt (GUNIN & VOSTOKOVA 1993, GUNIN et al. 1999). Weiterhin konnte jüngst auch gezeigt werden, dass die *Agropyron cristatum*-Gesellschaften des mongolischen Altais durch eine starke Beweidung sukzessive durch eine beifußreiche Vegetation mit *Artemisia frigida*, *A. dracuculus* und *A. santolinifolia* ersetzt werden (VOLKOVA 1994).

Wo jedoch in den tieferen Lagen *Stipa baicalensis* zusammen mit Kräutern wie *Serratula centauroides*, *Echinops latifolius*, *Bupleurum scozonerifolium*, *Heteropappus hispidus* und *Potentilla conferta* eine krautreiche Gras-Steppe aufbaut, können bei Beweidung ganz andere Arten wie beispielsweise *Cleistogenes squarrosa*, *Leymus chinensis* und *Carex duriuscula* allmählich zur Dominanz gelangen (GUNIN et al. 1999). Auf sandigen Substraten, wo *Caragana microphylla* eine besondere Rolle spielt, kann eine übermäßige Beweidung zu einer verstärkten Winderosion beitragen, wenn die Steppengräser abgefressen oder zertreten werden. Dann kann wiederum *Caragana stenophylla* vermehrt solche Flächen besiedeln, wohingegen die Federgräser durch andere Arten wie beispielsweise *Leymus racemosus* oder *Calamagrostis epigeios* verdrängt werden. In salzhaltigen Senken wiederum kommt es unter Beweidungsbedingungen zu einer Substitution von *Stipa krylovii*, *Cleistogenes squarrosa* und *Koeleria cristata* durch *Leymus chinensis*, *Carex duriscula*, *Serratula centauroides*, *Artemisia scoparia*, *A. adamsii*, *Chenopodium aristatum* u.a. (BANNIKOVA 1983, GUNIN et al. 1999).

## 6. Langzeit-Dynamik

Die klimatogenen Oszillationen der asiatischen Wüsten- und Steppen-Biome sind Ausdruck einer langfristigen Dynamik des globalen Klimas, das von einer Vielzahl verschiedener Faktoren gesteuert wird (ZHOU et al. 1996). Als eine wesentliche Ursache für die Zu- oder Abnahme der Aridität innerhalb der nordostasiatischen Steppen- und Halbwüstengebiete gilt in diesem Zusammenhang der wechselnde Einfluss des Südwest-Monsuns, der je nach seiner Stärke und Ausrichtung unterschiedliche Regenmengen nach Süd-, Zentral- und Nordostchina transportiert (WINKLER & WANG 1993, Z. AN et al. 1993, PACHUR et al. 1995, W. ZHOU et al. 1996, AN et al. 2001, SPEIER et al. 2002). Der asiatische Sommermonsun wird von einem zyklisch entstehenden Temperaturgefälle angetrieben, das aus der unterschiedlichen Erwärmung des kühleren, westlichen Pazifischen Ozeans und dem wärmeren asiatischen Kontinent ergibt und zur Ausbildung von Hochdruckzonen über dem Pazifik und zur Entstehung von Tiefdruckgebieten über dem asiatischen Festland führt (W. ZHOU et al. 1996). Während der Sommermonate entsteht so ein mehr oder weniger konstanter Zufluss feuchter maritimer Luftmassen nach Zentral- und Ostasien. Während des Winters dreht sich der Temperatur- und Luftdruckgradient allerdings um, so dass kalt-trockene Luftmassen aus Nord und Zentralasien nach Süden fließen und dabei große Mengen an innerasiatischen Wüstenstäuben in die Lössregionen Asiens und in den Nordpazifik transportieren. Während der Eiszeiten schwächte sich der Sommermonsun ab, wohingegen sich die winterlichen Luftströmungen verstärkten, deren Feinstäube als mächtige Lössablagerungen im Bereich des heutigen chinesischen Löss-Plateaus akkumulierten (AN et al. 1993).

Palynologisch gibt es verschiedene Möglichkeiten solche wechselnden Humiditätsphasen in den entsprechenden Pollendiagrammen deutlich zu machen, wobei je nach den untersuchten Archiven (Lössablagerungen, Seesedimente etc.) zusätzliche Informationen aus Staubablagerungen (Magnetische Suszeptibilität), Korngrößenverteilungen eingewehter Festpartikel oder Hinweise auf ariditätsbedingte Seespiegelschwankungen herangezogen werden können (EL-MOSLIMANY 1990, AN et al. 1991). Generell gilt in semiariden und ariden Regionen der Quotient der Pollenkörner von *Artemisia spec.* und von Chenopodiaceen, aber auch die numerischen Frequenzspektren dieser Palynomorphen als gute Indikatoren für das Erkennen von wechselnden Humiditäts- und Ariditätsphasen (vergl. YU & H. LIU 1997, H.Y. LIU et al. 1999a, 1999 b, YU et al. 1998). Zudem sind in pollenanalytischen Untersuchungen aus Ökotonbegrenz-

regionen das Verhältnis von Baum- und Nichtbaumpollen sowie der jeweilige Kurvenverlauf der Baumpollenfrequenzen und der Sträucher ein Indiz für eine höhere Humidität. In diesem Zusammenhang wird allerdings auch deutlich, dass in den verschiedenen Regionen Zentral- und Nordostasiens in unterschiedlichen Zeitscheiben auch unterschiedlich viele Antworten der damaligen Vegetationen auf die Veränderungen

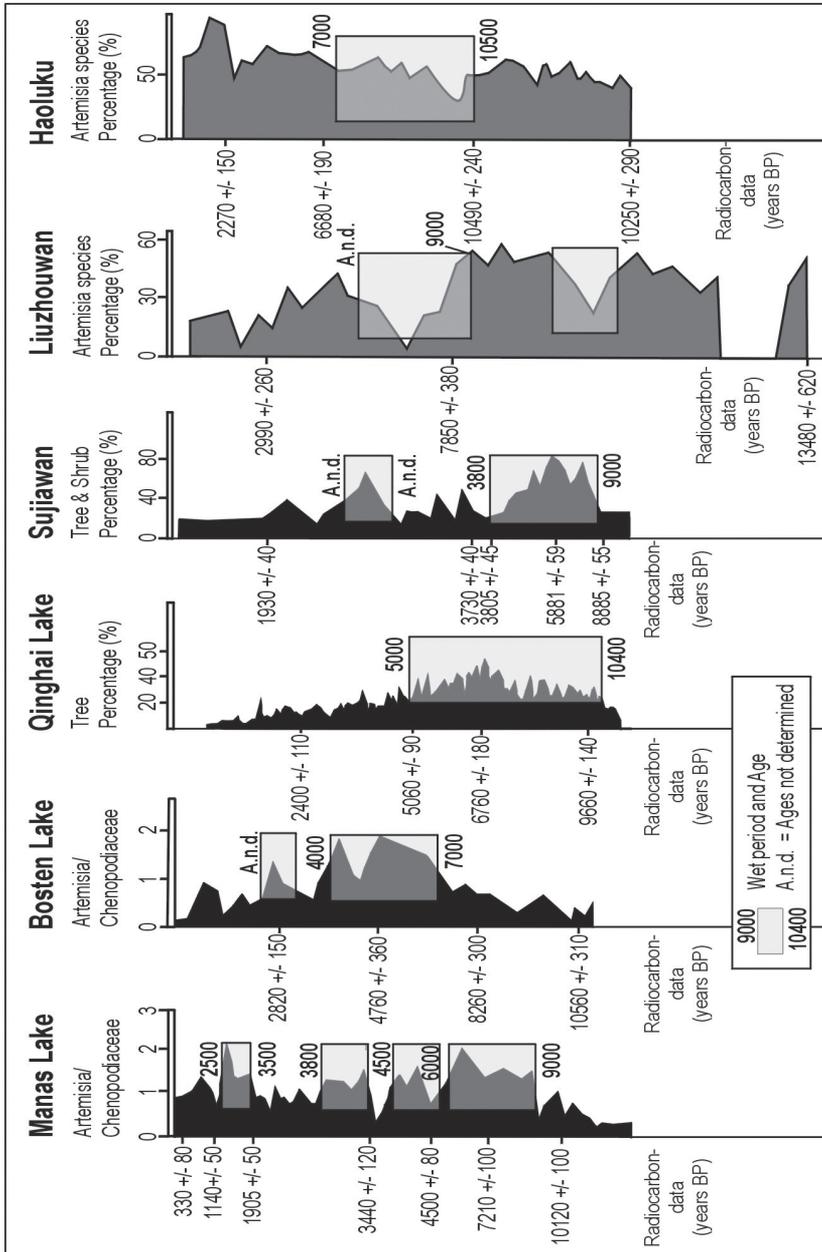


Abb. 5: Rekonstruktion von holozänen Feuchthephasen in Steppen- und Halbwüstenlandschaften Chinas auf der Basis ausgewählter Pollendiagramme. Darstellung nach Angaben von C.B. AN et al. (2006), H.Y. LIU et al. (1999 a, b), H.Y. LIU et al. (2000) sowie SPEIER et al.

des Klimas erfasst werden können (Abb. 5), was auf die lokalen Bedingungen des jeweiligen Untersuchungsortes zurückzuführen ist (C.B. AN et al. 2006).

Hochauflösende Bohrkerne bestehend aus limnischen oder terrestrischen Sedimenten (Torfe und Löss-Palaeosole) aus der Löss-Wüsten-Transitionszone Chinas lassen für das frühe Holozän (Jüngere Dryas-Periode) auf mehrere, zeitlich rasch aufeinanderfolgende Klimaschwankungen schließen, die in den einzelnen Regionen Nordwestchinas zu einer räumlichen Verschiebung zwischen Steppen und Wüstengebieten führten (ZHOU et al. 1996, C.B. AN et al. 2006). So lassen sich aus den Proxidaten beispielsweise zwischen 11.200 BP und 10.600 BP trocken-kalte Klimabedingungen rekonstruieren, denen bis 10.200 BP kalt-feuchte Bedingungen folgten. Zwischen 10.200 BP und 10.000 BP stellten sich offenbar wieder kalt-trockene Klimaregimes ein (ZHOU et al. 1996). Regionale Unterschiede zwischen dem Nordwesten und Nordosten Chinas sowie in den zentralen Wüstengebieten machen deutlich, dass es hinsichtlich der Auswirkungen des Paläomonsuns nicht einfach zu einer Nord-West-, Nord-Süd- oder Ost-West-Verschiebung der heutigen Vegetationsgürtel gekommen ist (Abb. 6).

So lassen sich beispielsweise anhand der limnischen Sedimente des Manas-Sees nördlich des Tianschan-Gebirges zwischen 9.000 BP und 2.500 BP mindestens 4 ver-

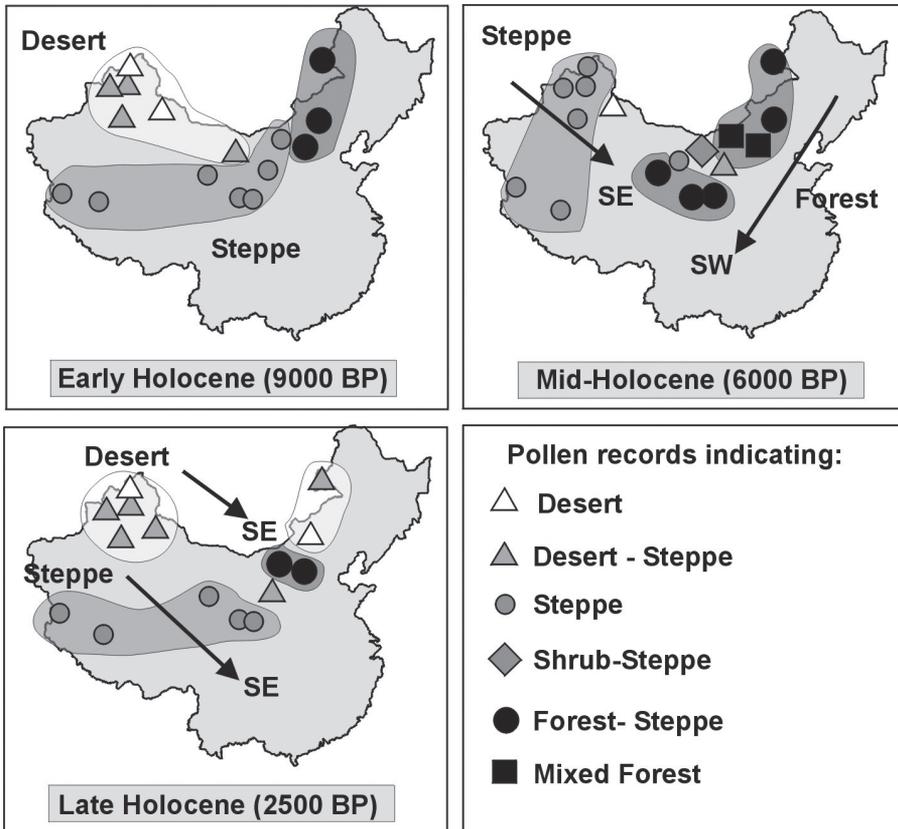


Abb. 6: Veränderungen in der Ausdehnung der Steppen, Halbwüsten und Wüstengebiete sowie der Waldgürtel in der VR China während des Holozän. Vereinfachte Darstellung auf der Basis von Daten von C.B. AN et al. (2006) und SPEIER et al. (2002) sowie SPEIER (2002).

schiedene Humiditätsphasen rekonstruieren, während sich am Quinghai-See südlich des Quilian-Gebirges in einer dortigen Untersuchung lakustriner Sedimente in einer von 10.400 BP bis 5.000 BP andauernden Feuchteperiode 16 verschiedene Klimaoszillationen nachweisen lassen (Abb. 5). In den Profilen Liuzhouwan und Haoluku, welche aus dem Bereich des Inneren Mongolei-Plateaus stammen, treten ausgesprochene Humiditätsphasen lediglich für die Perioden zwischen 10.500 BP und etwa 7.000 BP pollenanalytisch in Erscheinung (SPEIER et al. 2002). Erst eine überregionale Betrachtung der vielen Einzeluntersuchungen liefert ein Modell, das die Antworten der verschiedenen Vegetationen und Ökosysteme auf die holozänen Oszillationen des Südwestmonsuns wiedergibt (Abb. 6).

Noch während des letzten Hochglazials und bis zum frühen Spätglazial war das Klima in Nordwest- und Zentralchina ausgesprochen kalt und trocken. Man nimmt an, dass zu dieser Zeit regelmäßige Einbrüche arktischer Luftmassen aus Sibirien eine Südausdehnung der Steppe begünstigten (K. LIU 1988). Der äußerste Nordwesten Chinas nördlich des Tienschan war zu dieser Zeit sogar von einer wüstenartigen Vegetation bewachsen. Offenbar als Folge stärkerer Sommermonsune setzte um  $10.490 \pm 240$  BP wieder kurzfristig ein klimatischer Umschwung zu kühlfeuchten Klimabedingungen ein, denen abermals ein kalt-trockenes Klimaregime folgte.

Um 9.000 BP bestimmten jedoch wiederum stärkere Sommermonsune und eine ausgeprägte Saisonalität das Klima Süd- und Nordostchinas, wobei aber vor allem die Winter feuchter, die Sommer jedoch regenreicher und sogar wärmer als heute waren. Pollenanalytische Untersuchungen aus Sedimenten des Manas-Sees, der heute in der Wüste Gobi liegt, weisen für die Periode zwischen 9.000 BP und 6.000 BP sogar auf ausgesprochene Feuchtephasen hin (SUN et al. 1988). Kennzeichnend für diese Periode ist zudem ein allgemeiner Anstieg des Meeresspiegels sowie eine flächenmäßige Ausdehnung heutiger Paläoseen (SUN & CHEN 1991, PACHUR et al. 1995, LI & ZHU 2001). Im Wald-Steppen-Ökoton-Bereich des Inneren Mongolei-Plateaus herrschte dagegen um 9.000 BP eine Steppenvegetation vor, die sich mindestens bis zu 70 km in das Gebiet der heutigen Waldland-Grasland-Zone erstreckte (SPEIER et al. 2002).

Für die Zeitscheibe zwischen 8.000 und 6.000 BP lassen sich in Nordchina mancherorts dramatische Seespiegelveränderungen mit deutlich sinkenden Wasserspiegeln feststellen, die auf eine regionale Trockenheit in einigen Gebieten hinweisen, wobei einige Wüsten- und Halbwüstengebiete auch während des mittleren Holozän („Holozänes Optimum“) trocken blieben, auch wenn sich das Klima in weiten Teilen Zentralasiens durch höhere Niederschläge auszeichnete (AN et al. 2006). Zwischen 8.000 BP und 3.000 BP wanderte nach Untersuchungen von SHI et al. (1994) nämlich die nördliche Grenze der monsunalen Sommerniederschläge allmählich nach Norden und brachte vor allem Regionen, die in ihrer Exposition dieser Norddrift entgegenstanden, höhere Jahresniederschläge. Dadurch konnte sich offenbar Waldvegetation allmählich nach Südosten und Steppen nach Nordosten und Norden ausdehnen (Abb. 6). Aber auch hierbei lassen sich regionale Unterschiede vor allem in den einzelnen Wüstenregionen erkennen: In der Takla Makan-Wüste herrschten zwischen 8.000 BP und 6.000 BP nämlich weiterhin trocken-warme Klimabedingungen vor, während es in der Hobq-Wüste zwischen 8.000 BP und 4.300 BP generell trocken war (LI et al. 2000).

Das Holozäne Optimum (s. AN et al. 2001) mit überregional eher warmen und feuchten Klimabedingungen wurde vor allem während des Mittleren Holozäns wirksam, zeigt aber auch hier regionale zeitliche Unterschiede im Auftreten des Anstiegs der jährlichen Niederschläge. So lässt sich dieses warm-feuchte Klimaintervall zunächst im

Tibetanischen Hochplateau, dann in der Xinjian-Region und schließlich etwas später auch im Löss Plateau und in der Inneren Mongolei paläoökologisch nachweisen (C.B. AN et al. 2006). Dabei kam es insgesamt zu einer zonalen Verschiebung der damaligen Biome. So wuchsen beispielsweise auf dem chinesischen Festland tropische Regenwälder dort, wo heute saisonale Regenwälder bzw. immergrüne Waldökosysteme beheimatet sind. Die Nordgrenze der temperaten Laubwälder hatte sich sogar um ca. 800 km nach Norden – im Vergleich zu heute – verschoben (YU et al. 2000). Um etwa 4.000 BP kam es jedoch zu einer Abschwächung des Sommermonsuns und in den ariden und semi-ariden Regionen Chinas wieder zu einer Rückkehr zu deutlich trockeneren Bedingungen, so dass sich der Steppengürtels nach Südosten verlagerte (Abb. 6). Im Nordosten und Nordwesten entstanden als Folge der zunehmenden Trockenheit hingegen wieder Wüsten und Halbwüsten.

## Literatur

- AN, C.-B., Z.-D. FENG & L. BARTON (2006): Dry or humid? Mid-Holocene humidity changes in arid and semi-arid China. – *Quat. Sc. Rev.* **25**: 351-361.
- AN, Z.S., G.J. KUKLA, S.C. PORTER & J. XIAO (1991): Magnetic susceptibility evidence of monsoon variation on the Loess plateau of Central China during the last 130.000 years. – *Quat. Res.* **36**: 29-36.
- AN, Z.S., S.C. PORTER, W. ZHOU, Y. LU, D.J. DONAHUE, M.J. HEAD, X. WU, J. REN & H. ZENG (1993): Episode of strengthened summer monsoon climate of Younger Dryas age on the loess plateau of Central China. – *Quat. Res.* **39**: 45-54.
- AN, Z.S., J.E. KUTZBACH, W.L. PRELL & S.C. PORTER (2001): Evolution of Asian monsoon and phased uplift of the Himalayas-Tibetan plateau since late Miocene times. – *Nature* **365**: 143-147.
- BANNIKOVA, I.A. (1983): Vegetation cover. The structure of altitudinal belt pattern. – In: LAVRENKO, E.M. & I.A. BANNIKOVA (eds.): Mountain forest-steppe of the Eastern Hangai (MPR).- 89-130, Nauka, Moscow. (in Russian).
- BASTIAN, O. (2000): Ecological situation and land use in Mongolia. – In: MANDER, Ü & R.H.G. JONGMAN (eds.): *Advances in Ecological Sciences* **5**: 199-225, Southampton, Boston.
- DING, Z., N.W. RUTTER, Z. YU, Z. GUO & R. ZHU (1995): Ice-volume forcing of East Asian winter monsoon variations in the past 800.000 years. – *Quat. Res.* **44**: 149-159.
- DMITRIEV, P.P., O.I. KHUDIYAKOV & L. ZHARGALSAIHAN (1990): Successional ranges of the dark-chestnut soils and steppe vegetation of Eastern Mongolia associated with burrowing mammal's activity. – *Bull. of the Moscow Society of Nature Investigators. Div. Biol.* **1**: 3-15. (In Russian).
- EL-MOSLIMANY, A.P. (1990): Ecological significance of common nonboreal pollen examples from drylands of the middle east. – *Rev. of Palaeobotany and Palynology* **64**: 343-350.
- FUKAREK, F. (1979): *Pflanzenwelt der Erde*. – 1. Aufl., 290 S., Urania-Verl., Jena, Berlin.
- GRABHERR, G. (1997): *Farbatlas Ökosysteme der Erde - Natürliche und künstliche Land-Ökosysteme aus geobotanischer Sicht*.- 364 S., 1. Aufl., Ulmer-Verl., Stuttgart.
- GROSSE, W.-R., A. STUBBE, J. SCHUH & N. DAWAA (1984): Zum Raum-Zeit-Verhalten von *Microtus brandti* und *Alticola argentatus*. – *Erforsch. Biol. Ress. MVR* **4** (Wiss. Beitr. Univ. Halle-Wittenberg 1984/59 (P21)): 124-131.
- GUNIN, P.D. & E.A. VOSTOKOVA (1989): Methodology of assessment of the state and mapping of ecosystems under extreme conditions: 203 p., ONTI PNC RAN, Pushino. (in Russian).
- GUNIN, P.D., E.A. VOSTOKOVA, N.I. DOROFYUK, P.E. TARASOV & C.C. BLACK (1999): Vegetation dynamics of Mongolia. – *Geobotany* **26**: 1-238.
- GURICHEVA, N.P. & Z.G. BUEVICH (1989): Composition, structure and seasonal development of steppe communities. – In: LAVRENKO, E.M. & I.A. BANNIKOVA (eds.): *The steppes of the eastern Hangai*: 53-58, Nauka, Moscow. (In Russian).

- HILBIG, W. (1987): Pflanzengesellschaften der Mongolischen Volksrepublik. – Diss. an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 239 S. (Textband), Halle/Saale.
- LAVRENKO, E.M. & Z.V. KARAMYSHEVA (1993): Steppes of the former Soviet Union and Mongolia. – In: COUPLAND, R.T. (ed.): Natural grasslands - Ecosystems of the world **8 A**: 3-59, Elsevier, Amsterdam.
- LI, B. & L. ZHU (2001): „Greatest lake period“ and its palaeoenvironment on the Tibetan plateau. – *J. Geogr. Sci.* **11** (1): 34-42.
- LI, Y., X. ZHANG & G. ZHOU (2000): Study of quantitative relationship between vegetation and pollen in surface samples in the eastern forest area of northeast China transect. – *Acta Botanica Sinica* **42** (1): 81-88 (in Chinese).
- LIU, H.Y. (1998): Past and present woodland-steppe ecotone in the south-eastern Inner Mongolia plateau. – Diss. Institut für Geobotanik der Universität Hannover, 106 S., Hannover.
- LIU, H.Y., H. CUI, R. POTT & M. SPEIER (1999): Surface pollen of the woodland-steppe-ecotone in southeastern Inner Mongolia, China. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **105**: 237-250.
- LIU, H.Y., H. CUI, R. POTT & M. SPEIER (2000): Vegetation of the woodland-steppe transition at the southeastern edge of the Inner Mongolian Plateau. – *J. Veg. Science* **11**: 525-532, Uppsala.
- LIU, H.Y., M. SPEIER & R. POTT (1999): Vegetationskundliche und paläoökologische Untersuchungen zum Landschafts- und Klimawandel im Waldsteppen-Ökoton des Inneren Mongolei-Plateaus (VR China). – In: BRECKLE, S.-W., B. SCHWEIZER & U. ARNDT (Hrsg.): Ergebnisse weltweiter ökologischer Forschung - Beiträge des 1. Symposiums der A.F.W. Schimper-Stiftung: 1-17, Stuttgart.
- LIU, K. (1988): Quaternary history of the temperate forests of China. – *Quart. Science Reviews* **7**: 1-20.
- PACHUR, H.J., B. WÜNNEMANN & H. ZANG (1995): Lake evolution in the Tengger Desert, Northwestern China during the last 40.000 years. – *Quat. Res.* **44**: 383-391.
- PRENTICE, I.C., J. GUIOT, B. HUNTLEY, D. JOLLY & R. CHEDADDI (1996): Reconstructing biomes from paleoecological data: a general method and its application to European pollen data at 0 and 6 ka. – *Climate dynamics* **12**: 185-194.
- PRENTICE, I.C. & T. WEBB III. (1998): Biome 6000: reconstructing global mid-Holocene vegetation patterns from paleoecological records. – *J. Biogr.* **25**: 997-1005.
- SCHROEDER, F.-G. (1998): Lehrbuch der Pflanzengeographie. – 457 S., 1. Aufl., Quelle & Meyer Verl., Wiesbaden.
- SCHULZ, J. (2000): Handbuch der Ökozonen. – 577 S., 1. Aufl., Ulmer-Verl., Stuttgart.
- SHI, Y.F., Z.C. KONG, S.M. WANG, L.Y. TANG, F.B. WANG, T. D. YAO, X.T. ZHAO, P.Y. ZANG & S.H. SHI (1993): Mid-Holocene climates and environments in China. – *Global and Planetary Change* **7**: 219-233.
- SPEIER, M. (2002): Actual and historical aspects of the steppe vegetation in Inner Mongolia (PR China). – *Int. Sympos. of Biodiversity & Phytosociology University of Ancona* 18-19. Sept. 2002: 8-9, Errebi, Falconara M. (An).
- SPEIER, M., H. LIU, H. CUI & R. POTT (2002): Klimainduzierte Oszillationen von Vegetationsgrenzen im Wald-Steppen-Ökoton des Inneren Mongolei-Plateaus (Volksrepublik China). – *Ber. d. Reinh-Tüxen-Ges.* **14**: 17-30.
- SUN, X. & Y. CHEN (1991): Palynological records of the last 11.000 years in China. – *Quat. Science Rev.* **10**: 537-544.
- SUN, X., N.Q. DU & C.Y. WEN (1988): Palaeoecological environments since 14 ka PB in the Manas Lake area. – *Quat. Sciences* **8**: 239-248 (in Chinese).
- VOLKOVA, E.A. (1994): Botanical geography of Mongolian and Gobi Altai. – *Proceedings of Koarov Bot. Inst. of Russ. Acad. of Sci.*, 130 p., St. Petersburg. (in Russian).
- WALTER, H. (1974): Die Vegetation Osteuropas, Nord- und Zentralasiens. – 452 S., Fischer-Verl., Stuttgart.

- WALTER, H. & S. BRECKLE (1999): *Vegetation und Klimazonen: Grundriss der globalen Ökologie*. – 544 S., 7. Aufl., Ulmer-Verl. Stuttgart.
- WEBB, T. III., W.F. RUDDIMAN, F.A. STREET-PERROT, V. MARKGRAF, J.E. KUTZBACH, P.J. BARTLEIN, H.E. WRIGHT & W. L. PRELL (1993): Climatic changes during the past 18.000 years: regional syntheses mechanisms and causes. – In: WRIGHT, H.E., J.E. KUTZBACH, T. WEBB, W.F. RUDDIMAN, F.A. STREET-PERROTT & P.J. BARTLEIN (eds.): *Global climates since the last glacial maximum: 514-535*, University of Minnesota Press, Minneapolis, London.
- WEI, Z. & CH. SKARPE (1995): Small-scale species dynamics in semi-arid steppe vegetation in Inner Mongolia. – *J. Veg. Sci.* **6**: 583-592.
- WINKLER, M. G. & P. WANG (1993): The Late-quaternaly vegetation and climate of China. – In: WRIGHT, H.E., J.E. KUTZBACH, T. WEBB, W.F. RUDDIMAN, F.A. STREET-PERROTT & P.J. BARTLEIN (eds.): *Global climates since the last glacial maximum: 221-261*, University of Minnesota Press, Minneapolis, London.
- YU, G., I.C. PRENTICE, S.P. HARRISON & X. SUN (1998): Pollenbased biome reconstructions for China at 0 ka and 6 ka. – *J. Biogr.* **25**: 1055-1070.
- YU, G., X. CHEN, J. NI, R. CHEDDADI, J. GUIOT, H. HAN, S. HARRISON, C. HUANG, M. KE, Z. ZONG & S. LI et al. (2000): Palaeovegetation of China: a pollen data-based synthesis for the mid-Holocene and the last glacial maximum. – *J. Biogeogr.* **27**: 635-664.
- YU, P. & H. LIU (1997): Surface pollen and their relationship with climate of different vertical zones in Beitai, Xiaowutai Mountain. – *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis* **33** (4): 475-484.
- ZHOU, W., D.J. DONAHUE, S.C. PORTER, T.A. JULL, L. XIAOQIANG, M. STUIVER, A. ZHISHENG, E. MATSOMOTO & D. GUANGGRONG (1996): Variability of monsoon climate in East Asia at the end of the last glaciation. – *Quat. Res.* **46**: 219-229.
- ZIMMERMANN, K. (1964): Zur Säugetierfauna Chinas. – *Mitt. Zool. Mus. Berlin* **40**: 87-140.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Martin Speier, Institut für Geobotanik der Universität Hannover, Nienburgerstraße 17, D-30167 Hannover

e-Mail: [martinspeier@aol.com](mailto:martinspeier@aol.com)

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 2006

Band/Volume: [18](#)

Autor(en)/Author(s): Speier Martin

Artikel/Article: [Kurzzeit-Langzeit-Dynamik von Steppen- und Halbwüstengebieten Ostasiens 129-148](#)