


2005

Natürliche und nutzungsbedingte Land- und Bodendegradationsprozesse, untersucht am Unteren Orchon (Nord-Mongolei) = Naturally and Land Use Caused Land and Soil Degradation Processes, Studied at the Lower Orchon (Northern Mongolia)

Christian Opp

Philipps-University Marburg, opp@staff.uni-marburg.de

Follow this and additional works at: <http://digitalcommons.unl.edu/biolmongol>

 Part of the [Asian Studies Commons](#), [Biodiversity Commons](#), [Environmental Health and Protection Commons](#), [Environmental Indicators and Impact Assessment Commons](#), [Environmental Monitoring Commons](#), [Nature and Society Relations Commons](#), [Other Animal Sciences Commons](#), and the [Other Ecology and Evolutionary Biology Commons](#)

Opp, Christian, "Natürliche und nutzungsbedingte Land- und Bodendegradationsprozesse, untersucht am Unteren Orchon (Nord-Mongolei) = Naturally and Land Use Caused Land and Soil Degradation Processes, Studied at the Lower Orchon (Northern Mongolia)" (2005). *Erforschung biologischer Ressourcen der Mongolei / Exploration into the Biological Resources of Mongolia*, ISSN 0440-1298. 146.

<http://digitalcommons.unl.edu/biolmongol/146>

This Article is brought to you for free and open access by the Institut für Biologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg at DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln. It has been accepted for inclusion in *Erforschung biologischer Ressourcen der Mongolei / Exploration into the Biological Resources of Mongolia*, ISSN 0440-1298 by an authorized administrator of DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln.

Erforsch. biol. Ress. Mongolei (Halle/Saale) 2005 (9): 475-494

Natürliche und nutzungsbedingte Land- und Bodendegradationsprozesse, untersucht am Unteren Orchon (Nord-Mongolei) *

Ch. Opp

Abstract

Naturally and land use caused land and soil degradation processes, studied at the Lower Orchon (Northern Mongolia)

Landscape-ecological investigations were carried-out within the forest steppe of Northern Mongolia. The site conditions of the partly by agriculture used area of Cagaan Tolgoj at the Lower Orchon (Aimag Selenge) were analysed in 7 test areas. Results of soil analysis are given. The evaluation of soil cover and partly vegetation cover was carried-out with special regard, to degradation phenomena. It is based on field analysis, measurements during the soil survey and the detection of soil degradation parameter with the help of laboratory analysis. Among naturally and land use caused factors of soil status and of the changing conditions within forest steppe and steppe ecosystems, climatic-hygic features and cattle grazing are the most important influences in the study area. Potentials and limits of extended man's activities were shown for different kinds of land use, such as pasture land, arable land and reaping. The climatic scenario of a long-term increasing temperature was also taken into consideration.

Keywords

Land and Soil degradation, natural disturbances, anthropogenic impacts, Lower Orchon (Mongolia)

Einführung

Im Rahmen des internationalen Remote-Sensing-Experiments GEOMON-89/90 weilten deutsche Geo- und Biowissenschaftler 1990 erstmals am Unteren Orchon in der Mongolei. Neben der Überprüfung der Anwendbarkeit von in anderen Ländern erprobten Fernerkundungsmethoden und landschaftsökologischen Arbeitsweisen, verfolgten die durchgeführten Untersuchungen das Ziel,

- die Standorteigenschaften, insbesondere die Boden- und Vegetationsverhältnisse in der ehemaligen Staatsfarm Cagaan Tolgoj zu erfassen,
- Zustand und räumliche Differenzierung der dort verbreiteten Ökosysteme zu dokumentieren,
- Aussagen über den Einfluss landwirtschaftlicher Nutzung und natürlicher Prozesse auf die Ökosysteme der nördlichen Mongolei zu treffen und
- Möglichkeiten und Grenzen der gegenwärtigen und einer erweiterten landwirtschaftlichen Nutzung im Untersuchungsgebiet aufzuzeigen.

Um Möglichkeiten einer „Intensivierung“ der seit den 1950er Jahren am Unteren Orchon betriebenen großflächigen ackerbaulichen Nutzung einerseits und Folgen einer erhöhten Bestockungsdichte mit Weidetieren (vor allem Schafe, z.T. Kühe) andererseits zu untersuchen, wurde von mongolischer Seite das Untersuchungsgebiet Cagaan Tolgoj ausgewählt.

Während anderer Geländekampagnen in der Mongolei 1991, 1994 und 1997 wurden die meisten der 1990 erstmals untersuchten Standorte wieder aufgesucht, um die Entwicklung der Standortbedingungen und Degradationsbefunde zu prüfen.

* Ergebnisse der Mongolisch-Deutschen Biologischen Expeditionen seit 1962, Nr. 262

Der Beitrag wurde dankenswerterweise um Mitteilungen von W. Böttcher (Magdeburg) über die an den untersuchten Standorten vorkommende Vegetation angereichert.

Das Untersuchungsgebiet Cagaan Tolgoj

Das Untersuchungsgebiet Cagaan Tolgoj am Unteren Orchon erstreckt sich zwischen ca. 700 und 1.400 m über dem Meeresspiegel. Nach der Landschaftszonengliederung von BARTHEL, HAASE, RICHTER (1962) liegt es in der Zone der Gebirgssteppen und Gebirgswaldsteppen (vgl. auch OPP & HILBIG 2003).

Das Untersuchungsgebiet umfasst die Nutzflächen des gleichnamigen ehemaligen landwirtschaftlichen Staatsbetriebs, die sich vorwiegend im Orchon-Tal und in den unteren und z.T. mittleren Lagen des Selenga-Berglands befinden. Darüber hinaus reicht es bis zum Bereich der Wasserscheide zwischen den Flüssen Orchon und Selenga, die im Untersuchungsgebiet 1.400-1.500 m über dem Meeresspiegel liegt. Der Kammbereich der Wasserscheide ist größtenteils mit einer Lärchenwald-Taiga bedeckt und wird nicht bzw. nur sporadisch durch Waldweide genutzt.

Das Selenga-Bergland ist ein Mittelgebirge, das maximale Höhen um 2.000 m NN erreicht. Wie andere transbaikalische Gebirge auch, ist es im Kollisionsbereich zwischen nordasiatischer und ostasiatischer Platte seit dem Proterozoikum wiederholt durch Brüche gegliedert und gefaltet worden. Das SW-NE streichende Gebirge ist als Pultscholle ausgebildet. Der weniger gehobene Südflügel dieser Scholle bzw. die eventuell eingebrochene Flanke (in Anlehnung an REICHSTEIN 1978) zwischen Selenga- und Orchon-Bergland bildet morphologisch von fluviatilen Schottern unvollständig gefüllte Senken und Becken, die das Selenga-Bergland parallel zur Streichrichtung begleiten, durch die das Orchon-Tal verläuft. Seine heutige Morphostruktur verdankt damit das Selenga-Bergland diesen tektonischen Vorgängen, sowie den zeitgleich im Mesozoikum und Känozoikum einsetzenden Abtragungsprozessen und der entsprechenden Sedimentation am Gebirgsfuß und in den intramontanen Senken sowie Becken. Während des Pleistozäns und Postpleistozäns unterlagen die alten Denudationsformen des Gebirges einer umfangreichen Verwitterung und Produktion periglaziären Schutts, intensiven Auswehungs- und Akkumulationsprozessen sowie Flächenspülprozessen. Solchen flächenhaften Ausräumungs- und Sedimentationsprozessen verdankt auch das Enchtal-Becken, eine schüsselförmige Erweiterung des Orchontales im Bereich der Mündung des Orchon-Nebenflusses Ibin-Gol, in dem sich alle Ackerflächen des ehemaligen Staatsguts befinden, seine Entstehung (vgl. Abb. 1). Diese Prozesse setzen sich - wenn auch mit etwas geringerer Intensität - bis in die heutige Zeit fort.

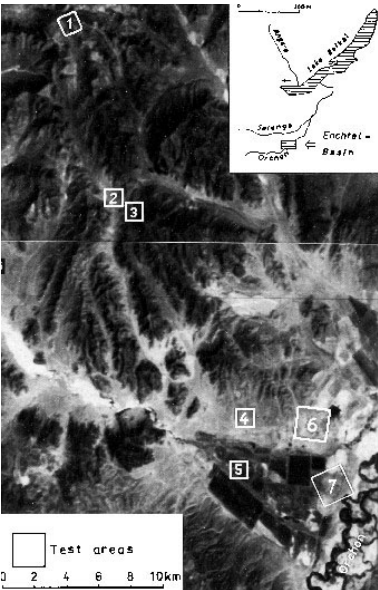


Abb. 1:
Das Untersuchungsgebiet Cagaan Tolgoj im Norden der Mongolei im Satellitenbild - zwischen der Wasserscheide des Selenga-Berglands und der Orchon-Aue.

Das Gebiet Cagaan Tolgoj liegt in der Klimazone der winterkalten Steppen, die zur Zone des gemäßigten Klimas gehört. Nach der Klimaklassifikation von KÖPPEN (1923) kann das Klima für das Untersuchungsgebiet als „transbaikalisches“ bzw. Dwc-Klima bezeichnet werden. Das Klima des Untersuchungsgebiets wird geprägt durch die große Meeresferne und beeinflusst durch die großflächige Verbreitung von Gebirgsrücken und Becken im Norden der Mongolei. Es hat sich deshalb ein extrem kontinentales Klima mit großen Tages- und Jahresamplituden der Lufttemperatur, geringer Luftfeuchtigkeit, geringen Jahressummen der Niederschläge, langandauernden kalten, schneearmen Wintern und kurzen, heißen Sommern ausgebildet. Tab. 1 zeigt einige Daten der dem Untersuchungsgebiet am nächsten liegenden meteorologischen Station Barun-Chara (807 m NN). 90% der Jahresniederschläge fallen während der warmen Jahreszeit von Mai bis September; davon der größte Teil während der wärmsten Monate im Juli und August. Deshalb ist im Untersuchungsgebiet der Anbau landwirtschaftlicher Kulturen überhaupt möglich. Das trotzdem – infolge der hohen Verdunstung – und insbesondere in trockenen Jahren stark ausgeprägte Bodenfeuchte-defizit versucht man, durch Zusatzbewässerung auszugleichen.

Tab. 1: Langjährige Mittelwerte ausgewählter Klimadaten der Station Barun-Chara (Mongolische Republik) nach einer 40-jährigen Messperiode

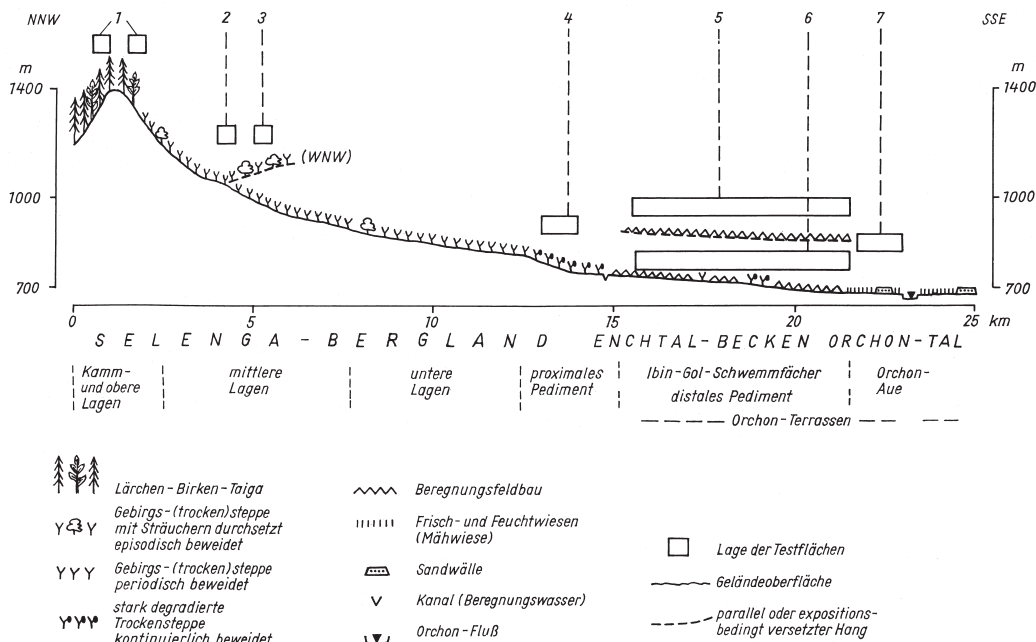
Jahresdurchschnittstemperatur	(°C)	- 1,9
Januardurchschnittstemperatur	(°C)	- 26,0
Julidurchschnittstemperatur	(°C)	19,0
Januarminimumtemperatur	(°C)	- 47,2
Julimaximumtemperatur	(°C)	40,0
Frostfreie Tage		98
Jahresniederschlagssumme	(mm)	296,0

Bodengeographisch gehört das Untersuchungsgebiet nach HAASE (1983) zu den Pedoregionen der Dunklen Kastanoseme des Berg- und Flachlandes. Allerdings treten im Gebirge Cagaan Tolgoj außer den flächenhaft am meisten verbreiteten Kastanosemen auch höhenstufen-, lithogen-, nutzungs-, mikrorelief- und permafrostbedingt andere Böden auf (OPP 1993a, BARSCH, OPP & STEINHARDT 1993).

Entsprechende Modifikationen sind auch für die Pflanzendecke charakteristisch. Vegetationsgeographisch liegt das Untersuchungsgebiet im Übergangsbereich zwischen der Zone der Gebirgssteppen und -waldsteppen und der Zone der Trockensteppen. Wie in allen semiariden Gebieten, bestimmt auch hier der Bodenwasserhaushalt die Artenzusammensetzung, mehr aber noch den Bedeckungsgrad und die Wuchshöhe der Vegetation.

Untersuchungsansatz und -methoden

In einem ca. 6 km breiten und 30 km langen Transekt zwischen dem Kammbereich des Seling-Berglands und dem Orchon-Tal wurden 7 Schlüssel- bzw. Testflächen ausgewiesen (vgl. Abb. 1 und 2), um das dort vorkommende Standort- und Nutzungsspektrum möglichst vollständig zu erfassen. Die Schlüsselflächen und ihr Umfeld wurden detailliert hinsichtlich ihrer natürlichen Standortmerkmale erfasst. Sie dienten außerdem als „Eichstandorte“ für Fernerkundungsmessungen. Die Standortbedingungen zwischen den Schlüsselflächen wurden durch Begehungen, Befahrungen und durch Überfliegungen erkundet. Die Zuordnung zu den Schlüsselflächen und die Interpretation der Standortverhältnisse erfolgten auch anhand von Luftbildern, die im Rahmen des Experiments GEOMON-89/90 durch Niedrigbefliegungen gewonnen wurden. An folgende Relief- und Standorteinheiten sind die Testflächen gebunden (vgl. Abb. 2):



Transekt durch das Untersuchungsgebiet Cagaan Tolgoj (Mongolische Republik) mit Lage der Testflächen

Entwurf:
Ch. Opp (1992)

Abb. 2: Transekt durch das Untersuchungsgebiet Cagaan Tolgoj (Nord-Mongolei) mit Lage der Testflächen.

Kammlagen und obere Lagen des Selenga-Berglands

1. Wasserscheiden-Hochflächen, ca. 1.400 m NN, in Nordexposition: *Larix sibirica*-Taiga, in Südexposition: Gebirgswaldsteppen mit Taiga- und Steppenelementen

Mittlere Lagen des Selenga-Berglands

2. 12° geneigter, südexponierter Hang, 1.065-1.095 m NN, als Viehweide genutzte Trockensteppe
3. 13° geneigter, nord- bis nordwestexponierter Hang, 1.065-1.095 m NN, als Viehweide genutzte Trockensteppe, z.T. kraut- und strauchreiche Gebirgswaldsteppe

Untere Lagen des Selenga-Berglands

4. 4-9° geneigter Oberhang des proximalen Pediments, 785/790-840 m NN, als Viehweide genutzte Trockensteppe
5. 2° geneigter Schwemmkegel des Ibin-Gol-Tals, eingeschnitten in den Mittel- und Unterhang des distalen Pediments, 720-750 m NN, ackerbaulich genutzte Trockensteppe, z.T. Frisch- und Feuchtwiesen
6. 2-3° geneigter Mittel- und Unterhang des distalen Pediments, 725-775 m NN, durch Beweidung und Ackerbau genutzte Trockensteppe

Orchon Tal

Niederterrasse und Aue des Orchon, 698-720 m NN, ackerbaulich und durch Mahd genutzte Frisch- und Feuchtwiesen.

Eine Inventur der Boden- und Vegetationsverhältnisse an den Test- bzw. Schlüsselflächen erfolgte, nach allgemein üblichen Prinzipien der Aufnahme und Kennzeichnung der Boden- und Ve-

getationsdecke (TGL 24 300 1987, Bodenkundliche Kartieranleitung 1982, Klassifikationsvorschlag für die Böden der Mongolei von HAASE 1983, BRAUN-BLANQUET 1951).

Folgende Vegetationsmerkmale wurden durch W. Böttcher (Magdeburg) erfasst: Vegetationstypen, Natürlichkeitsgrad, Zeigerarten, Mosaik- und Kombinationstypen, homologe Reihen der Vegetationsveränderung. Diese Merkmale werden hier nicht im Detail wiedergegeben.

Folgende Merkmale und Parameter wurden in der Bodendecke ermittelt:

Standarddaten: Textur, Körnungsart, FAT (Ton- und Feinschluffgehalt), C/N (Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis), Kationenaustauschkapazität (T-Wert) und Basensättigung (V-Wert), pH-Wert, Bodenfeuchte, Bodentemperatur (nach LIEBEROTH 1982).

Spezielle bodenphysikalische Daten: Eindringwiderstand, Trockenrohdichte, Porenvolumen, Porengrößenverteilung, gesättigte vertikale Wasserleitfähigkeit (nach HARTGE & HORN 1999).

Spezielle bodenchemische Daten: ausgewählte Gesamtgehalte von Makro- und Mikronährstoffen (z.B. Zn-, Cu-, Cd-, Pb-, As-, Hg-Gehalte) (nach SCHLICHTING, BLUME, STAHR 1995).

Spezielle bodenbiologische Daten: Humusgehalt, Humuszusammensetzung (nach SCHLICHTUNG, BLUME, STAHR 1995).

Die Bodenprobenahme wurde mittels Probebeutel und 250 cm³-Stechzylinder in jeweils gleichen Profiltiefenbereich durchgeführt. Der Eindringwiderstand wurde mit einem Pocket-Penetrometer der Firma Eijkelkamp an der Bodenoberfläche vertikal sowie horizontweise vertikal und lateral ermittelt. Die Messung der Bodentemperatur erfolgte an der Bodenoberfläche, in 20 und 50 cm, an ausgewählten Profilen in 10 cm Tiefenschritten bis 1 m Tiefe.

Ergebnisse der Standortaufnahmen im Untersuchungsgebiet

Wie oben ausgeführt, kann das Untersuchungsgebiet Cagaan Tolgoj nach der Höhenlage in Kamm- und obere Lagen, mittlere Lagen und untere Lagen des Selenga-Berglands sowie ins Orchontal, einschließlich seiner beckenartigen Erweiterung im Bereich des Ibin-Gol-Zuflusses untergliedert werden. Die Kamm- und oberen Lagen in der Nordexposition tragen eine typische *Larix-sibirica*-Taiga (vgl. Abb. 4); in der Südexposition wird die Taiga durch eine charakteristische Gebirgswaldsteppenvegetation abgelöst, die sowohl einzelne Taigaelemente als auch Elemente der Trockensteppen aufweist. Die Standorte dieser Höhenlage werden nicht genutzt, Testfläche 1, im Nordwesten des Satellitenbildausschnittes (vgl. Abb. 1), repräsentiert die Standortbedingungen der Kamm- und oberen Lagen. In den mittleren Lagen des ausschließlich am südlichen Gebirgshang des Selenga-Berglands gelegenen Untersuchungsgebietes dominieren Trockensteppen; vgl. Testfläche 2 in Abb. 1. Lediglich in Gebirgstälern und seitlichen Spornen nordwestlicher Exposition kommen kraut- und strauchreiche Vertreter der Gebirgswaldsteppen und einzelne Lärchen vor; (vgl. Testfläche 3 in Abb. 1, die am gegenüberliegenden Hang von Testfläche 2 liegt). Die mittleren Lagen werden zwar selten, jedoch mehr oder weniger regelmäßig als Weidegebiete genutzt.

Die unteren Lagen des Selenga-Berglands repräsentieren typische Trockensteppen des zentralasiatischen Typs. Da die unteren Lagen im Untersuchungsgebiet Cagaan Tolgoj sowohl durch Weidengang (vgl. Testfläche 4 in Abb. 1) als auch durch Ackerbau genutzt werden (vgl. Testfläche 6 in Abb. 1), treten die Trockensteppen nicht mehr in ihrem ursprünglichen Erscheinungsbild auf (OPP & BARSCH 1993).

Das Orchontal (vgl. Testfläche 7 in Abb. 1) und seine beckenartige Erweiterung inform des sog. Enchtal-Beckens im Bereich des Ibin-Gol-Zuflusses (vgl. Testfläche 5 in Abb. 1) stellt ein größeres Feuchtareal dar, das sich auch im Satellitenbild deutlich von den umgebenden Trockensteppen abhebt. Das Wasser des Orchon bietet die Voraussetzung für den Bewässerungsfeldbau in der Orchon- und Ibin-Gol-Aue sowie auf den sich anschließenden Flussterrassen. Durch wirtschaftliche Aktivitäten, z.B. Verlegung des Ibin-Gol-Zuflusses, Kanalentwässerung, Zusatzberegnung, Ackerbau, Mahd, weist der am tiefsten gelegene Bereich des Untersuchungsgebiets bereits bedeutende nutzungsbedingte Veränderungen auf.

Testfläche 1

Der Kammbereich des Selenga-Berglands, der die Wasserscheide zwischen den Flüssen Selenga und Orchon markiert, ist im Bereich des untersuchten Transekts in einer Höhe zwischen 1.350 und 1.500 m NN als schmaler Rücken ausgebildet, auf dem Verebnungen nur sehr geringe Flächen einnehmen. Aufgrund der im Bereich des Transekts relativ geringen Höhe des Selenga-Berglands tritt hier noch keine geschlossene Taiga auf. Südexponierte Hänge und Hochflächen tragen eine Schotter-Steppenvegetation, in der *Stipa krylovii*, *Koeleria macrantha* (= *gracilis*) und *Carex Ipediformis* vorherrschen. Auf den Hochflächen wachsen vereinzelt Lärchen, allerdings meist ohne eine für die Taiga typische Strauchschicht. Eine mehr oder weniger „geschlossene“ Verbreitung einer *Larix sibirica*-Taiga mit einer artenreichen Strauchschicht ist für alle nordexponierten Kammbereiche charakteristisch. Diese Taiga-Verbreitung setzt sich auf den nördlichen Gebirgshängen des Selenga-Berglands im Bereich des Transekts nach unten bis in Höhen von 1.200 m, z.T. bis 1.050 m fort, wo ein Übergang in die Waldsteppen- und Steppenstufe erfolgt. Unterhalb der Testfläche 1 hat sich in Nordexposition ein Zitterpappel-Birkenwald als Folge eines Waldbrandes entwickelt. Die lichten Standortbedingungen nutzen hochwüchsige Kraut- und Straucharten, wie z.B. Pfingstrose (große Bestände von *Paeonia anomala*) und Weidenröschen (*Epilobium angustifolium*). Weiter hangabwärts schließt sich ein krautreicher Lärchenwald mit Wiesenknopf (*Sanguisorba officinalis*), Baldrian (*Valeriana officinalis*) und Brandkraut (*Phlomis tuberosa*) an. Neben Rohböden, deren Vorkommen auf exponierten Standorten mit flachgründigen Verwitterungsdecken begrenzt ist (vgl. Abb. 3) und Dunklen Kastanosemen, die in dieser Höhenlage nur in Südexposition auftreten, kommen in den Kammlagen des untersuchten Gebietes sowohl Braunerden als auch schwarzerdeähnliche Bildungen vor. Die zuletzt genannten Böden treten fast ausschließlich in nördlicher Exposition und unter Lärchen-Taiga auf. Ihr Vorkommen ist weiterhin an tiefgründig verwitterte und jahreszeitlich kryoturbativ beeinflusste äolische Decken gebunden. Die schwarzerdeähnlichen Böden – von HAASE (1983) als Paratschernoseme bezeichnet – kommen im Untersuchungsgebiet oberhalb 1.400 m NN vor. Abb. 4 zeigt einen Ausschnitt aus Testfläche 1. Hier haben sich an einem an den Kammbereich anschließenden 18° geneigten nordexponierten Hang Braunerden aus sandlössartigem Material gebildet. Darauf stockt ein *Larix sibirica* Wald, der in Nordexposition über eine artenreiche Strauchschicht verfügt. Lokal treten auch größere Bestände von *Betula platyphylla* und *Populus tremula* auf.



Abb. 3:
Stark humoser Gebirgsschutt-Rohboden auf einem Gebirgssporn des Selenga-Berglands in Südexposition.



Abb. 4:
Nordexponierter Hang des Selenga-
Berglands mit krautreicher Lärchen-
Birken-Taiga im Bereich der Wasser-
scheide (zwischen Selenga und
Orchon).



Abb. 5:
Luftbild (Schrägaufnahme) vom Über-
gangsbereich der oberen zu den middle-
ren Lagen des Selenga-Berglands

Testflächen 2 und 3

Die an die Kamm- und oberen Lagen nach unten anschließenden Gebirgshänge sind im Bereich des untersuchten Transekts nach Norden steiler und weniger gegliedert als auf der Südseite des Selenga-Berglands. Die südlichen Gebirgshänge werden durch eine Vielzahl von Dellen und überwiegend periglaziär angelegten Trockentälchen sowie diese Tälchen flankierende Rücken strukturiert (vgl. Abb. 5). Die Dellen und Tälchen fungieren an den weitestgehend baumfreien Südhängen des Selenga-Berglands als Abflussbahn während der Schneeschmelze und nach Nie-

derschlagen. Aufgrund dieser zumindest periodischen Durchfeuchtung der Dellenböden können sich dort auch vereinzelt Sträucher und einzelne Bäume behaupten (siehe Abb. 5). Im Trockental zwischen Testfläche 2 und 3 ist eine *Stipa krylovii* Gesellschaft verbreitet. Diese weist zum Teil Dominanzbestände von *Elymus chinensis* auf, die allerdings eine relativ geringe Deckung (< 60%) haben. Entlang von nordwestexponierten Hangdellen im Winkel von 90° zur Hauptwasserscheide verlaufenden seitlichen Gebirgsspornen des südlichen Gebirgshangs treten bereits in den mittleren Lagen vereinzelt Lärchen, Birken und Ulmen auf. Diese nördlich exponierten Hänge haben im Untersuchungsgebiet – das hauptsächlich an der Südabdachung des Selenga-Berglands liegt – nur eine geringe Verbreitung. An den tiefer gelegenen Bereichen des südlichen Gebirgshangs wurden typische Steppenformationen mit *Orostachys spinosa*, *Cymbaria dahurica* und *Caragana pygmaea* vorgefunden. Diese haben sich in dieser Höhenstufe auf in der Regel gering mächtigen Kastanosem-Böden entwickelt. In Südexposition haben sich geringmächtige Dunkle Kastanoseme aus einem sandlössüberdeckten Gebirgsschutt mit *Filifolium sibiricum* (Gesellschaften ?), in nordwestlicher Exposition Dunkle Kastanoseme und Paratschernoseme mit Gebüsch-Felsensteppen-Gesellschaften gebildet, in denen z.B. *Amygdalus pedunculata*, *Caryoptris mongolica* und *Festuca sibirica* auftreten. An einigen Positionen dieser Testfläche wurden auch Paratschernoseme aufgenommen. Die sonst in höheren Gebirgslagen vorkommenden schwarzerdeähnlichen Böden sind hier ausschließlich an die Nordexposition gebunden. Während die Kamm- und oberen Lagen des Selenga-Berglands im Untersuchungsgebiet kaum genutzt werden, zeugen Spuren der Beweidung auf den südlichen Gebirgshängen von einer zumindest episodischen Nutzung der mittleren Lagen zwischen 900 und 1.100 m NN dieses Teils des Gebirges. In Gewässernähe des sich unterhalb des Trockentales zwischen Testfläche 2 und 3 bildenden Gerinnes kommen *Ulmus pumila* Gehölze mit Gebüsch von *Amygdalus pedunculata* und *Spirea aquilegifolia* vor.

Testfläche 4

Als untere Lagen des Selenga-Berglands werden im Untersuchungsgebiet die unterhalb 900 m NN liegenden, kontinuierlich während der Sommermonate beweideten Gebirgsrücken, -sporne, -hänge und -täler sowie die sich daran anschließenden Gebirgsfußflächen bzw. Pedimente aufgefasst. Die Pedimente (vgl. Testfläche 4 sowie auch nördlicher Teil der Testfläche 6) zählen im Untersuchungsgebiet zu den am häufigsten beweideten Flächen. Entsprechend markante Degradationserscheinungen sind dort in der Vegetations- und Bodendecke anzutreffen. Generell treten in den unteren Lagen und Talbereichen des Untersuchungsgebiets durch Beweidung stark verarmte Steppengesellschaften mit nur geringer Deckung auf, z.B. kommen *Stipa krylovii*, *Artemisia frigida* und *Cymbaria dahurica* vor. Letztere Art fehlt in den höheren Lagen. Im Übergangsbereich der unteren Gebirgshänge zu den proximalen Fußflächen treten vor allem Gebüsch-Felsensteppengesellschaften mit *Amygdalus pedunculata* und *Spirea aquilegifolia* Sträuchern auf.

Insbesondere die weiter vom Gebirge entfernten, flacher geneigten „distalen“ Gebirgsfußflächen bilden einen Übergangsbereich zum Orchon-Tal und sind mit den Tälern der Orchonnebenflüsse und mit den Flussterrassen des Orchon landschaftsgenetisch eng verknüpft (vgl. Abb. 5). Die Standortverhältnisse der unteren Gebirgslagen sind denen der mittleren Lagen sehr ähnlich. Zum Teil stark degradierte *Stipa krylovii* Gesellschaften bilden das charakteristische Merkmal dieses Standorttyps. Helle Kastanoseme unterschiedlicher Mächtigkeit stellen typische Böden der hier flächenhaft verbreiteten Trockensteppen dar. In Abhängigkeit von ihrer Position im Relief und ihrer Exposition zu reliefbildenden Prozessen treten in den unteren Lagen des Selenga-Berglands häufig auch gekappte Kastanoseme (vgl. Abb. 6) und mit Humus durchschlammte Kastanoseme (vgl. Abb. 7) auf. Die proximalen Gebirgsfußflächen erfahren durch ein umfangreiches Dellensystem eine gewisse Strukturierung. Wenn auch viele der Dellen nur gering in die Gebirgsfußfläche eingetieft sind, bewirken Verlagerungsprozesse eine Humusdurchschlammung des gesamten Bodenprofils. So ist der engräumige Wechsel von gering mächtigen und völlig mit Humus durchschlammten „Hellen“ Kastanosemen auf dem proximalen Pediment eine vielfach angetroffene typische Erscheinung.

Im Bereich des sich daran gefällewärts anschließenden distalen Pediments setzen sich die Dellensysteme kaum fort. Im westlichen Teil des Untersuchungsgebiets markiert der Rand zum Ibin-

Gol-Tal eine deutliche Begrenzung der Dellensysteme. In der Nähe des zum Ibin-Gol episodisch entwässernden Gewässers schließen sich fleckenhaft Auenfrisch- und Feuchtwiesen an. Diese Wiesen sind z.T. stark mit *Iris lactea* durchsetzt. Als Böden kommen dort Auen-Kastanoseme vor.

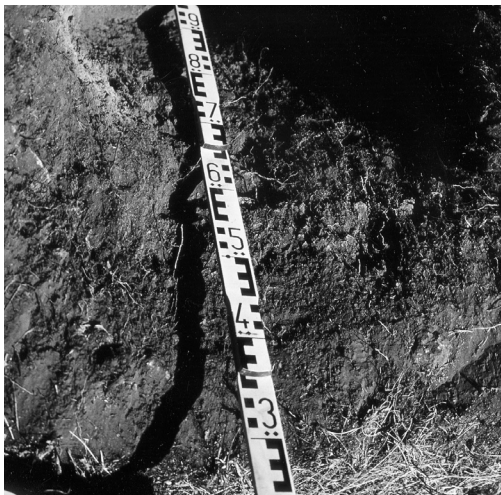


Abb. 6 (links): Geringmächtiger Heller (gekappter) Kastanoseme auf einem Mini-Rücken eines Dellensystems des proximalen Pediments am Südhang des Selenga-Berglands (5 m von der Mini-Senke der Abb. 7 entfernt). Profilaufnahme: Ch. OPP.

Abb. 7 (rechts): Mit Humus durchschlämmter Heller Kastanoseme in einer Mini-Senke eines Dellensystems des proximalen Pediments am Südhang des Selenga-Berglands (5 m vom Mini-Rücken der Abb. 6 entfernt). Profilaufnahme: Ch. OPP.

Testfläche 5

Der Schwemmfächer des Ibin-Gol ist durch eine Verlegung des Ibin-Gol – das Wasser wird über einen nördlich des Schwemmfächers verlaufenden Kanal geführt – weitestgehend trockengelegt worden. Aus diesem Kanal und aus dem Orchon wird das Wasser für die Zusatzberegung entnommen. Die ackerbaulich genutzten Flächen auf dem Schwemmfächer des Ibin-Gol gehen ohne Unterbrechung in das Orchontal über. Dort wird auf der Niederterrasse Ackerbau betrieben. Auf dem Ibin-Gol Schwemmfächer und auf der Orchon-Niederterrasse treten flächenhaft Auen-Kastanoseme auf. Generell sind diese Auen-Kastanoseme bis in großen Tiefen humos. Sie haben in der Regel auch höhere Humusgehalte als die Kastanoseme auf den Gebirgshängen und -fußflächen. Die Geländeoberfläche sowohl des Schwemmfächers als auch der Niederterrasse weist eine kleinräumige Differenzierung durch Minisenken und kleinen Aufwölbungen auf, die nicht selten auch zur unterschiedlich intensiven Humusverlagerung in den Böden beiträgt.

Testfläche 6

Im östlichen Teil des Untersuchungsgebiets, in dem sich Terrassenreste des Orchon mit der distalen Gebirgsfußfläche verzahnen, konnten sich die Dellensysteme hangabwärts nicht forsetzen, weil im Sedimentationsbereich der Hang- und der Flusssedimente die Reduzierung der Hangneigung und die Verfestigung der Sedimente keine Dellenbildung mehr fördert. Lediglich Flächenspülprozesse während der vegetationsfreien Zeit beeinflussen die Sedimentdecke auf der distalen Gebirgsfußfläche. Im Bereich unterlagernder Terrassenreste, die sich meist durch leichte Aufwölbungen der Bodenoberfläche von der Umgebung abheben, verursachen Flächenspülprozesse eine Kappung des humosen Oberbodens der flächenhaft verbreiteten Hellen Kastanoseme (vgl. Abb.

8). Dieser Standorttyp wird, wie auch Testfläche 5, überwiegend ackerbaulich genutzt. 1990 wurde auf allen beregneten Schlägen dieser Testfläche Sommerweizen angebaut. Als Unkräuter wurden vor allem *Chemopodium*-Arten, *Echinochloa crus-galli* und *Lathyrus savitus* festgestellt.

Unterhalb des Verzahnungsbereiches von distalem Pediment und Terrassenresten des Orchon, wo sich ohne markante Reliefstufe die Niederterrasse des Orchon anschließt, erfolgt der Übergang in den Altwasser-Auenbereich des Orchon (südlich der Testfläche 6). Dieser Teil der Orchon-Aue wird heute von der übrigen Aue durch Sandwälle abgetrennt. In ihm sind jedoch noch viele, ehemalige Flussschlingen vorhanden, die z.T. mit Wasser gefüllt sind (vgl. Abb. 1). Außerdem haben sich im Übergangsbereich zwischen Altaue und distalem Pediment in kleinen Senken zahlreiche Tümpel und Wasserlachen gebildet. Sie sind nicht selten von Solontschaken umgeben.

Auf den solonezierten Kastanosem-Standorten im südlichen Randbereich des distalen Pediments der Testfläche 6 wurde zwar auch Ackerbau versucht, jedoch bald wieder aufgegeben. Auf diesen Flächen bildet *Elymus chinensis* die domierende Art. Sie zeichnet hier die Ackerbauversuche nach. Vereinzelt tritt *Iris lactea* auf.



Abb. 8 (links): Durch Beregnung ackerbaulich genutzter Heller Kastanosem mit Sommerweizen im Verzahnungsbereich von distalem Pediment und Orchon-Terrassen. Profilaufnahme: Ch. OPP.



Abb. 9 (rechts): Kryo-Aueboden mit deutlich erkennbarer kryoturbater Aufwölbung zwischen 70 und 35 cm Tiefe in der Orchon-Aue. Profilaufnahme: Ch. OPP.

Testfläche 7

Die Feuchtwiesen im unmittelbaren Auenbereich werden teilweise durch Heumahd genutzt. Dort gibt es sehr farbenprächige und artenreiche Bestände, z.B. mit *Eleocharis interita*, *Carex enervis*, *Triglochin maritima* und *Primula farinosa*. Im Bereich der Feuchtwiesen der Orchon-Aue kommen flächenhaft Kryo-Aue-Böden vor (vgl. Abb. 9). Während der Profil- und Standortaufnahmen, Ende Juni 1990, befand sich der Permafrost-tale in 90 cm Tiefe. Polygonale Eiskeilstrukturen mit mehreren dm breiten und tiefen Rissen wurden insbesondere in unmittelbarer Nähe des Orchon beobachtet. In weiter entfernten Auenbereichen markieren Farb- und Wuchsunterschiede der Vegetation polygonale Permafroststrukturen im Untergrund. Die 1994 um mehrere Meter fortgeschrittene Seitenerosion von Flussarmen des Orchon gegenüber der Zustandserfassung von 1990 ist auf die fortschreitende Degradation der Frosterscheinungen in der Orchon-Aue zurückzuführen (vgl. OPP 1998).



Abb. 10 (links): *Achnatherum splendens* und *Elymus chinensis* - Verbreitung auf den den Orchon begleitenden Sandwällen über Sand-Regosolen.

Abb. 11 (rechts): Auen-Kastanosem (mit Humus durchschlämmt) in einer Mini-Senke des Ibin-Gol-Schwemmfächers; beregnet und ackerbaulich genutzt. Profilaufnahme: Ch. OPP.

Den die Orchon-Niederterrasse und die Aue trennenden Auenrand markieren teilweise sandige Uferwälle, die z.T. dünenartig flussparallel den Orchon begleiten. Aktuelle Verwehungen werden durch die auf den Sandwällen horstartig wachsenden *Achnatherum splendens* Gräser weitestgehend verhindert (vgl. Abb. 10).

Bewertung des Landschaftszustandes

Auch in solchen, fern von industriellen Agglomerationen liegenden Gebieten, wie der Mongolei, tragen heute natürliche und anthropogen bedingte Prozesse dazu bei, die Funktionen des Bodens und der Vegetation als natürliche Schutzschichten landschaftlicher Ökosysteme einzuschränken. Unter anderem werden dadurch auch die natürlichen Nutzungspotenziale als Lebensgrundlage des Menschen und der Tiere reduziert. Unter den natürlichen Prozessen sind es im Untersuchungsgebiet vor allem die Besonderheiten des semiariden, hochkontinentalen Klimas, die geringen Jahresniederschläge, die hohe Verdunstungsrate, die extremen Temperaturverhältnisse, die langandauernde Frostperiode und die kurze Zeit der Vegetationsperiode und sonstiger biologischer Aktivitäten, die zu Einschränkungen in der Nutzbarkeit führen. Die Nutzungseinflüsse sind - verglichen mit intensiv genutzten Gebieten etwa in Westeuropa, Nordamerika oder Japan - äußerst gering. Die flächenhaft am meisten wirksame Nutzung im Untersuchungsgebiet ist die Weidewirtschaft mit Schafen. Die Reliefbedingungen und das für Beregnungszwecke verfügbare Zusatzwasser gestatten Ackerbau nur auf einigen Flächen in Flussnähe. Da der größte Teil des Untersuchungsgebietes von Trockensteppen relativ geringer Wuchshöhe eingenommen wird, kann die Mähwirtschaft nur an den flussnahen, feuchteren Standorten betrieben werden. Die Waldrodung als Einflussfaktor der Boden- und Landdegradierung spielt flächenhaft im Untersuchungsgebiet keine Rolle. Während der Inspektionen 1994 und 1997 wurden allerdings jeweils Spuren neuer, randlicher Rodungen festgestellt. Trotz dieses insgesamt geringen Nutzungseinflusses im Untersuchungsgebiet kann es in Verbindung mit den natürlichen Prozessen unter den besonderen klimatischen Bedingungen dieses Raumes zu bedeutenden initialen und fortschreitenden Degradationserscheinungen kommen, wie Beobachtungen und Untersuchungen gezeigt haben (OPP 1994, 1996).

Die im Untersuchungsgebiet vorkommenden Gras- und Schottersteppen müssen als ausgesprochen verarmt gekennzeichnet werden. Dies ist allerdings auch eine Folge der nährstoffarmen schuttreichen Verwitterungsstandorte in Verbindung mit dem semiariden Klima. Andererseits tragen Bodenabtrags- und -verlagerungsprozesse in Verbindung mit kryoturbaten Bodenbewegungen zu einer bestimmten Labilität der Bodenstruktur bei, so dass nicht nur bodenfruchtbarkeitsbildende Prozesse behindert, sondern auch die Ausbildung der Vegetationsdecke gestört werden. So fehlen im Untersuchungsgebiet die zwischen Grassteppen und Staudenfluren der montanen Stufe vermittelnden Wiesensteppen weitgehend. Dies wiederum ist wahrscheinlich eine Folge des für mongolische Verhältnisse relativ hohen Nutzungsgrades des Gebietes Cagaan Tolgoj. Solche Wiesensteppen wurden in Gebieten ähnlicher natürlicher Ausstattung, jedoch geringerer Nutzung im Norden der Mongolischen Republik beobachtet (vgl. OPP & HILBIG 2003). Überhaupt erweist sich die relativ intensive Nutzung des Untersuchungsgebiets als ein wesentlicher Beschleunigungsfaktor und z.T. als Ursache für Degradationsprozesse, sowohl in der Vegetations- als auch in der Bodendecke.

Testfläche 1

Im Bereich der Kamm- und oberen Lagen des Selenga-Berglands bilden Nutzungseinflüsse die große Ausnahme. Bis auf die episodische Rodung einzelner Bäume sind keine anderen Nutzungsnebenwirkungen zu beobachten. Das lokale Auftreten von *Betula platyphylla* und *Populus tremula* kann als eine Folge von Waldbränden interpretiert werden, da beide Arten natürliche Vorwaldstadien der Lärchenwälder bilden (vgl. HILBIG & KNAPP 1983). Die ebenfalls mögliche Interpretation als Folge der Holznutzung dürfte im Untersuchungsgebiet eine untergeordnete Rolle spielen. Unter den natürlichen Prozessen beeinflussen in dieser Höhenlage insbesondere klimatische Prozesse die Stoffproduktion und den Stoffumsatz. Bodenfrost behindert die biologische Aktivität von Flora und Fauna der nordexponierten Standorte dieser Höhenstufe in der Regel von Oktober/November bis Mai. Da an den Nordhängen deutlich mächtigere und teilweise feinerdereiche Schuttdecken vorkommen als auf den Südhängen, bieten erstere auch günstige Bedingungen für die Speicherung des Niederschlagswassers und die Bildung von Bodenfrost im Winter. Bodenfließen oder bodenerosive Abspülungen treten hier kaum auf, weil die ergiebigsten Niederschläge erst dann einsetzen, wenn das Bodeneis tiefgründig aufgetaut und die Bodenvegetation voll entwickelt ist. Lediglich kleinere Rutschungen kommen vor, die dann meist durch Eisausdehnung und -schrumpfung entstandene Runsen wieder schließen (vgl. dazu auch RICHTER, HAASE & BARTHEL 1963). Die durch die Waldbedeckung und die expositionsbedingte geringe Strahlungszufuhr verursachten Bodentemperaturverhältnisse auf den Nordhängen des Selenga-Berglands begünstigen in Verbindung mit den mächtigen Schuttdecken die gute Wasser- und Nährstoffspeicherung dieser Standorte, die wiederum die Taigaverbreitung gewährleisten.

Die geringmächtigen Schuttdecken der südexponierten Hänge, der höhere Strahlungsempfang, die größere Verdunstung sowie das Vorhandensein von Dellen, Kerben und Tälchen und das großflächige Fehlen der Taiga führen dort zum raschen Abfluss des Niederschlags. Deshalb sind die Südhänge des Selenga-Berglands im Untersuchungsgebiet bis in die oberen Lagen mit einer typischen Trockensteppenvegetation bedeckt.

Testflächen 2 und 3

Eine ganz ähnliche Situation findet man auf den südexponierten Hängen der mittleren Lagen des Selenga-Berglands. Hinzu kommt hier, dass diese Höhenlagen, wenn auch episodisch, so doch jährlich beweidet werden. Dies kommt u.a. in den stark degradierten *Stipa krylovii* Gesellschaften zum Ausdruck. Die viehweidebedingte Trittbelastung führt örtlich zum Ausdünnen der Vegetationsdecke. An diesen Stellen fließt der Niederschlag um so schneller ab, so dass Verkrustungen und Trockenstress oft die Folgen sind.

Die Mächtigkeit der Verwitterungsschuttdecken ist an den nach Nordwesten exponierten Hängen und Dellen größer als in der gleichen Höhenlage in Südexposition. Trotzdem reichen die hier fallenden Niederschläge nicht für eine Bewaldung aus. Lediglich in einigen Dellen und Nischen

finden einzelne Lärchen und Sträucher die für sie nötigen Wachstumsbedingungen. Die relativ hohe Dominanz, trotz geringen Deckungsgrades, von *Elymus chinensis* in der Grasschicht des zwischen den Testflächen 2 und 3 gelegenen Trockentales, kann als eine Folge der Standortdegradation durch Überweidung interpretiert werden.

Testfläche 4

Die unteren Lagen des Selenga-Berglands werden kontinuierlich beweidet. Folgen der Beweidung äußern sich sowohl in der Degradation der Bodendecke durch Trittbelastung als auch in einer relativen Uniformierung der Artenzusammensetzung der Vegetationsdecke. Am deutlichsten sind diese Degradationserscheinungen im Untersuchungsgebiet auf dem proximalen Pediment ausgeprägt, weil diese Flächen häufig als Durchzugsgebiet weidender Schafsherden genutzt werden. Wegen der enormen Verfestigung der Böden war eine Probenahme mit Stechzylindern an diesen Standorten nicht möglich. Erschwerend für die Regeneration der Boden- und Vegetationsdecke dieses Standorttyps ist auch, dass Rinnenerosion und Flächenspülung zwar nicht mit hoher Intensität, dafür aber „schleichend“ und flächenhaft auf der proximalen Gebirgsfußfläche ablaufen und damit das ihrige zur Degradation der Bodendecke beitragen. Die kleinräumige, durch Flächenspül- und Humusdurchschlammungsprozesse bewirkte Bodendifferenzierung wird kaum durch eine differenzierte Artenzusammensetzung nachgezeichnet. Lediglich der höhere Deckungsgrad, die dunklere Grünfärbung und die etwas größere Wuchshöhe der *Stipa krylovii*- und *Elymus chinensis*-Bestände verdeutlichen die besseren Wuchsbedingungen in den Dellensenken gegenüber den benachbarten „höher“ gelegenen Arealen.

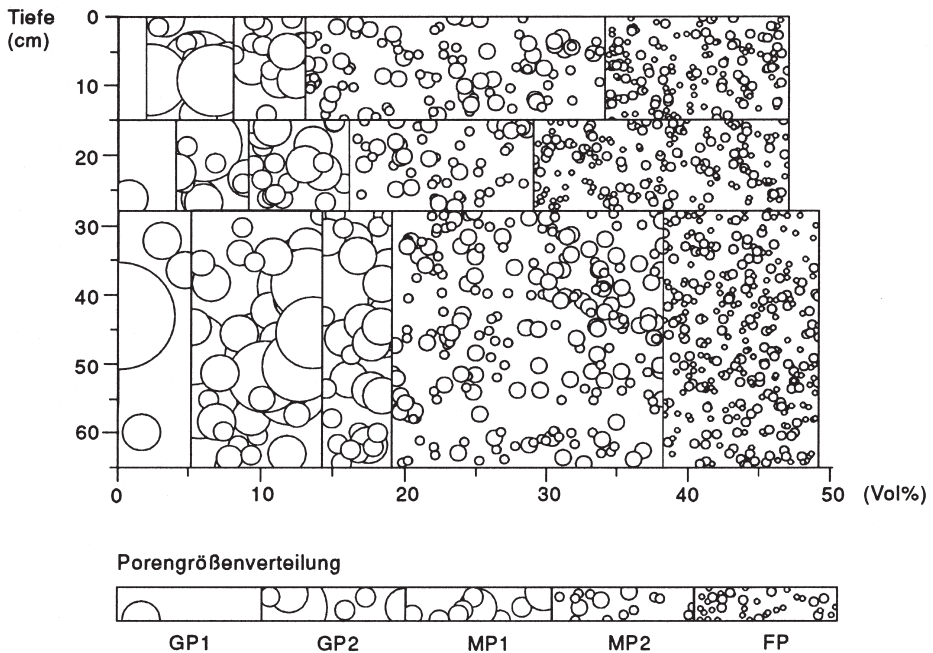
Testfläche 5

Abb. 11 zeigt einen mit Humus durchschlammten Auen-Kastanosem, der innerhalb der Testfläche 5 aufgenommen wurde. Das Profil wurde in einer Minisenke angelegt, die nur wenige Dezimeter gegenüber der Umgebung eingetieft ist. Solche Minisenken sind eine weit verbreitete Erscheinung in diesem Testgebiet. Fällt die Lage einer solchen Minisenke mit dem randlichen Wirkungsbereich eines Regners zusammen – wie das beim untersuchten Profil der Fall ist –, kann es durch Aufprall- bzw. Splash-Effekte zur weiteren Eintiefung der Minisenke kommen. Im Profil ist deshalb eine deutliche, z.T. berechnungsbedingte Humusdurchschlammung zu verzeichnen (vgl. Abb. 11). Durch die Splash-Effekte an der Bodenoberfläche kommt es zur Verstopfung der schnell drainierenden Grobporen. Abb. 12 zeigt, dass der Anteil der schnell drainierenden Grobporen mit 2 Vol% (0-15 cm), 4 Vol% (15-28 cm) und 5 Vol% (28-65 cm) sehr gering ist. Dementsprechend gering sind die Werte für die vertikal gemessene gesättigte Wasserleitfähigkeit, die hier 0,009 m/d (0-15 cm), 0,004 m/d (15-28 cm) und 0,068 m/d (28-65 cm) betragen (vgl. Abb. 13). Ein Profil des gleichen Bodentyps, das im Zentrum des Berechnungsfeldes aufgenommen wurde, weist deutlich geringere Splash-Wirkungen und Humusverlagerungen auf.

Testfläche 6

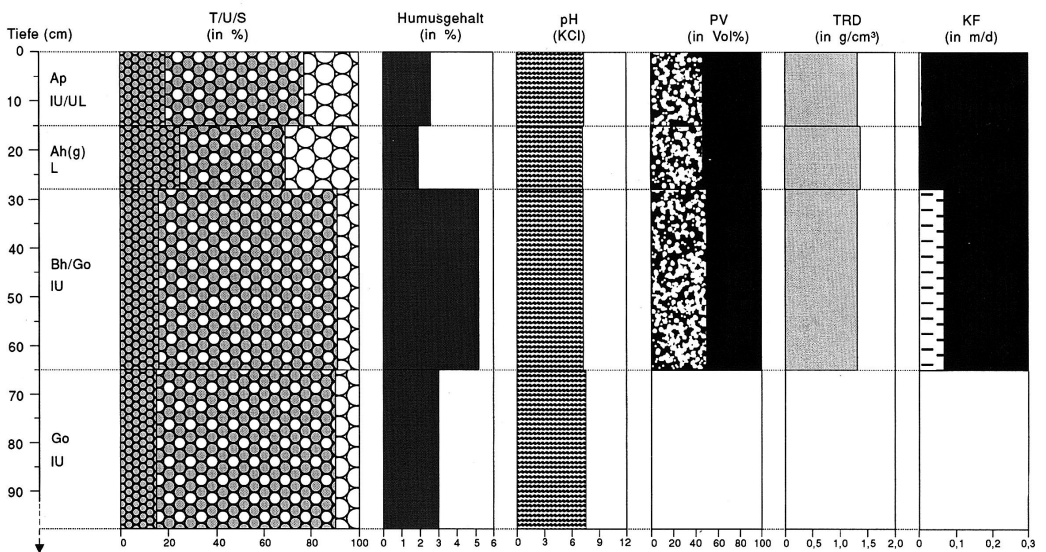
Im Bereich des distalen Pediments wirken sich aktuelle Erosionsprozesse kaum noch aus. Allerdings sind auf dem distalen Pediment örtlich reliktsche Fanglomeratflächen vorhanden, die zu einer enormen Verfestigung der Unterböden dieser meist ackerbaulich genutzten Standorte beitragen. Eine solche Verfestigung liegt im Unterboden des Profils ZT07 (vgl. Abb. 8) vor. Der Cc-Horizont des Kastanosems weist eine Trockenrohdichte von 1,61 g/cm³ auf. Auch das Porenvolumen ist um 6 Vol% gegenüber dem entsprechenden Oberboden reduziert (vgl. Abb. 14). Die Verfestigung geht darüber hinaus mit einer Verarmung des groben Hohlraumsystems einher (vgl. Abb. 15). Auf dem ackerbaulich genutzten Standorten des distalen Pediments treten flächenhaft keine markanten Verkrustungen auf. Im Randbereich der kreisförmigen Berechnungsflächen wurden jedoch splash-bedingte Oberflächenverkrustungen beobachtet.

Die hohe Dichte und die geringe Wasserdurchlässigkeit der Standorte im Übergangsbereich zwischen distalem Pediment und Altaue verhindern eine Versickerung des Niederschlagswassers fast vollständig. Die hohe Verdunstung des semiariden Klimas dieses Gebiets bewirkt deshalb hier so-



Profil ZT 11 Auen-Kastanosem (mit Humus durchschlämmt)

Abb. 12: Porengrößenverteilung eines Auen-Kastanosems (vgl. Abb. 11 und 13).



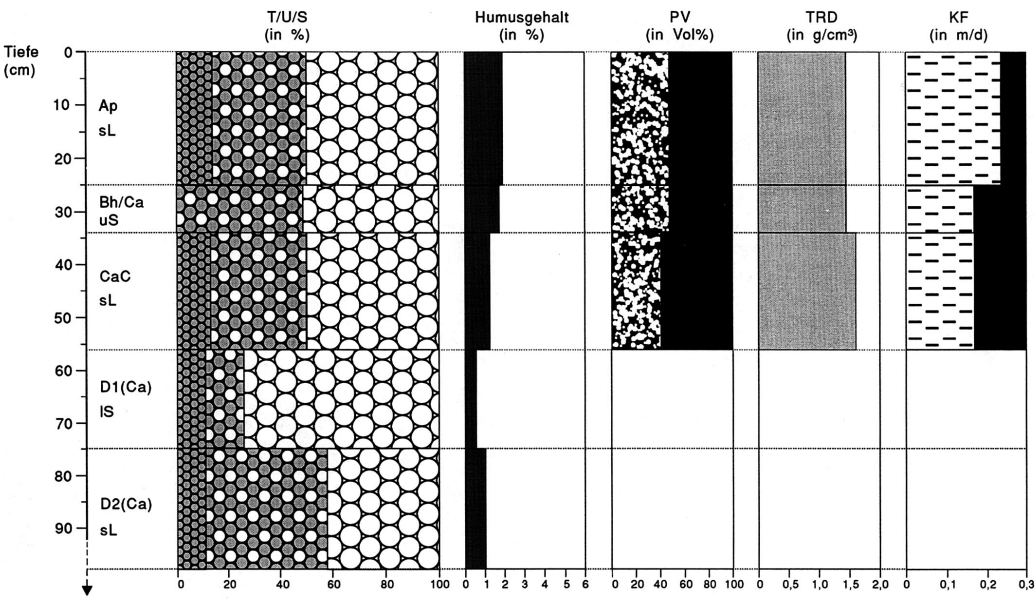
Profil ZT 11 Auen-Kastanosem (mit Humus durchschlämmt)

Abb. 13: Textur, Humusgehalt, pH-Wert, Porenvolumen, Trockenrohdichte und vertikal gemessene gesättigte Wasserleitfähigkeit eines Auen-Kastanosems (vgl. Abb. 11 und 12).

wohl ausgedehnte Oberflächenversalzungen und Verkrustungen als auch Salzbodenbildungen. Die heute dominante Verbreitung des Grases *Elymus chinensis* auf einer ehemals ackerbaulich genutzten Fläche im Bereich der solonezierten Kastanoseme des distalen Pediments zeigt an, dass der Ackerbau auf diesen, enorm verfestigten und versalzten Böden bald wieder aufgegeben werden musste (OPP 1992).

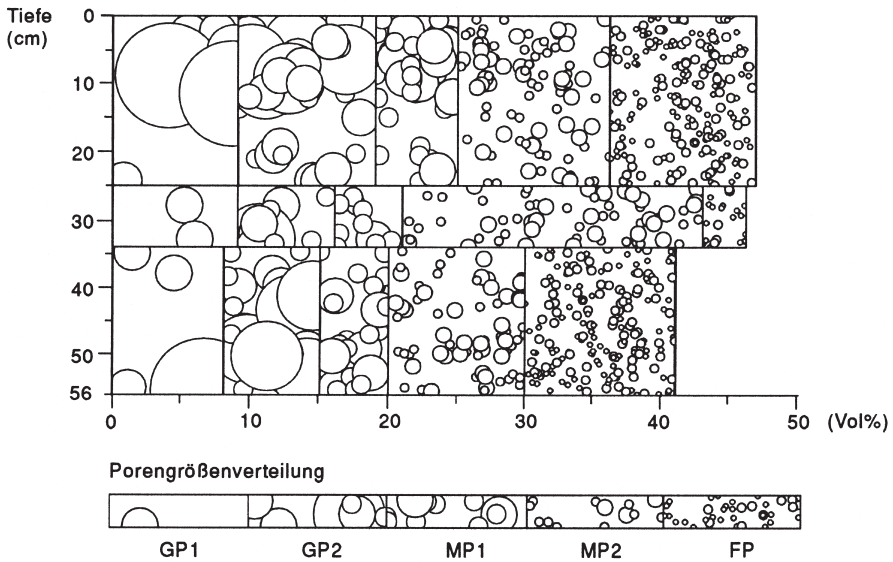
Testfläche 7

Innerhalb der Testfläche 7 kommen neben ackerbaulich genutzten Auen-Kastanosem-Standorten, als Mähwiese genutzte Standorte mit Kryo-Aueböden vor. Das im Unterboden dieser Standorte vorhandene Bodeneis stellt z.T. einen für die Nutzung begünstigenden und z.T. einschränken- den Faktor dar. Begünstigend für die Wasserversorgung der Pflanzen ist das Vorhandensein von Schmelzwasser im Boden während der warmen Jahreszeit. Durch den häufigen Wechsel von Gefrier- und Auftauphasen kommt es an diesen Standorten zu bedeutenden kryoturbaten Bewegungen im Bodenprofil. Die durch Extraktion und Schrumpfung bewirkten vertikalen Bewegungen führen ebenfalls zur Degradation der für die Wasserversorgung der Pflanzen entscheidenden Po- ren. In Abb. 9 ist eine solche kryoturbate Aufwölbung zwischen 70 und 35 cm Tiefe gut zu erken- nen. An Stechzylinderproben des darüber liegenden Profilbereichs wurden GP1-Gehalte für die schnelldrainierenden Grobporen von 0 Vol% ermittelt (vgl. auch Abb. 16), obwohl im gleichen Tiefen- bereich die Porenvolumina 58 bzw. 55% betragen (vgl. Abb. 17). Dies bedeutet, im Boden ist zwar während der sommerlichen Auftauphase genügend Wasser für das Pflanzenwachstum vorhanden; die Pflanzen können aber nur einen kleinen Teil des Bodenwassers aufnehmen, weil ihre Wur- zeln die kryoturbativ verwürgten, dichten Bodenbereiche nicht durchdringen können.



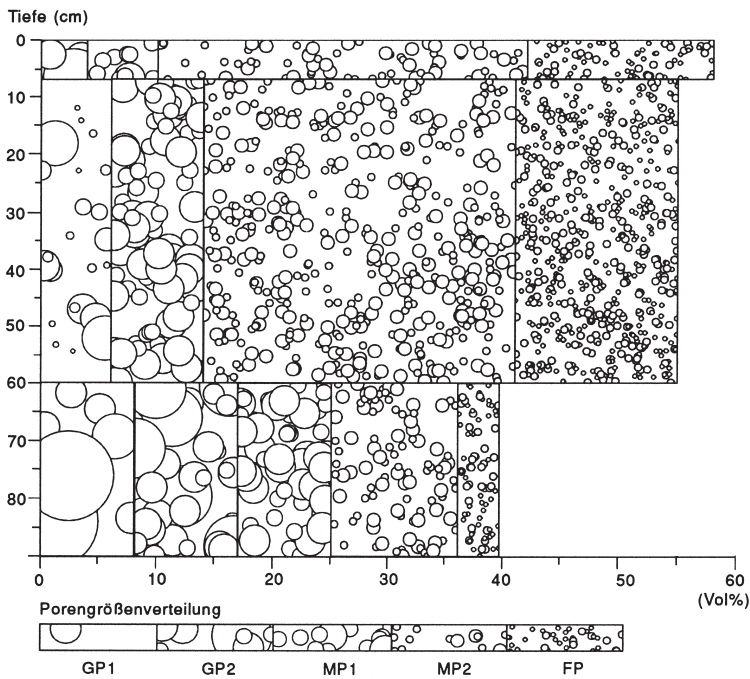
Profil ZT 07 Kastanosem aus Fanglomerat-Soliflukts-Sandlöss

Abb. 14: Textur, Humusgehalt, Porenvolumen, Trockenrohdichte und vertikal gemessene gesättigte Wasserleitfähigkeit eines Hellen Kastanosems (vgl. Abb. 8).



Profil ZT 07 Kastanosem

Abb. 15: Porengrößenverteilung eines Hellen Kastanosems (vgl. Abb. 8 und 14).



Profil ZT 10 Schluffiger Kryoaueboden

Abb. 16: Porengrößenverteilung eines Kryoauebodens (vgl. Abb. 9).

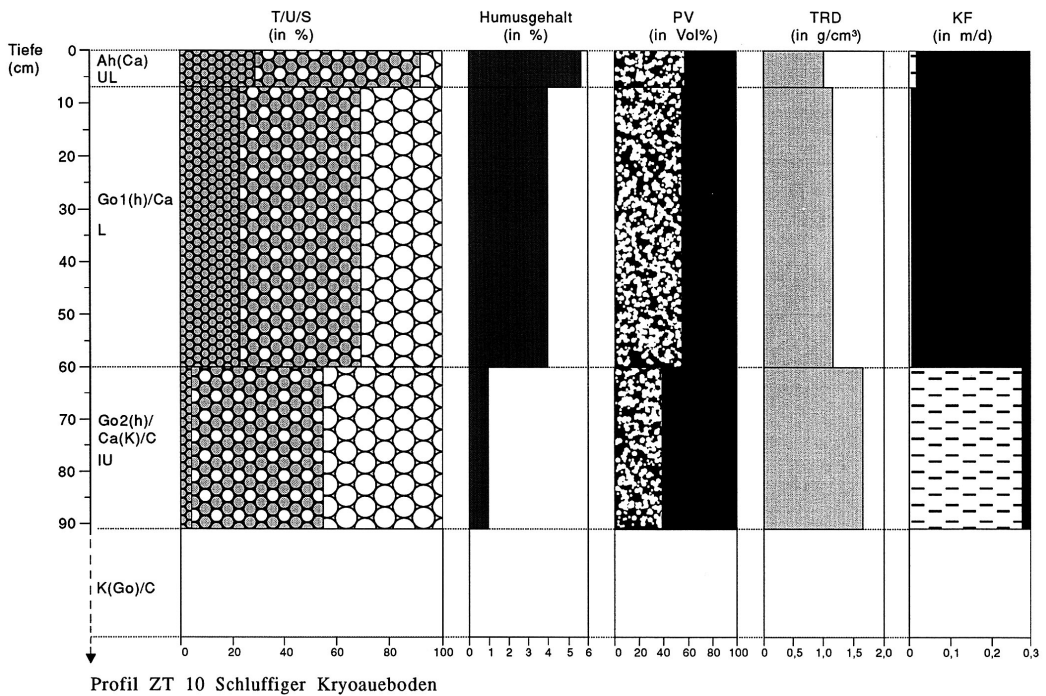


Abb. 17: Textur, Humusgehalt, pH-Wert, Porenvolumen, Trockenrohdichte und vertikal gemessene Wasserleitfähigkeit eines Kryo-Auebodens (vgl. Abb. 9 und 16).

Schlussbetrachtung

Die Untersuchungen in der Mongolei haben gezeigt, dass es prinzipiell möglich ist, mit in Mitteleuropa erprobten Untersuchungsmethoden zur Erfassung von Standorteigenschaften, vor allem der Boden- und Vegetationsdecke, auch unter den extremen Klimabedingungen des nördlichen Zentralasiens erfolgreich zu arbeiten. Allerdings steht als Untersuchungszeitraum eine relativ kurze Zeitspanne zwischen Juni und August/September zur Verfügung. Außerhalb dieses Zeitraums behindert der oberflächennahe Bodenfrost die Bodenprobennahme oder er macht diese völlig unmöglich. Vegetationsaufnahmen lassen sich in der Regel Ende Juni/Anfang Juli am besten durchführen, weil dann die Pflanzenentwicklung während der an sich sehr kurzen Vegetationsperiode gute Möglichkeiten für pflanzensoziologische Aufnahmen gestattet. Für die areale Ausgrenzung, insbesondere von das Pflanzenwachstum anzeigenden Vegetations- und Bodenmerkmalen, hat sich die Verbindung von terrestrischen landschaftsökologischen Aufnahmen, Messungen mit dem Mikrowellenradiometer in verschiedenen Messebenen und der Luftbildinterpretation von Niedrigflugaufnahmen, die während der Untersuchungen gewonnen wurden, als tragfähig erwiesen (BARSCH, OPP & STEINHARDT 1993). Ideal ist es, wenn Luftbilder vor der Vegetationsentwicklung (Anfang Mai) und nach erfolgter Vegetationsentwicklung (Ende Juni) zur Verfügung stehen.

Es konnte festgestellt werden, dass alle genutzten Standorte des Untersuchungsgebiets leichte, örtlich jedoch auch bedeutende nutzungsbedingte Degradationserscheinungen in der Pflanzen- und Bodendecke aufweisen (OPP 1991). Da die flächenhafte Beweidung für zahlreiche Degradationserscheinungen, wie Verbiss der Strauchvegetation, Deformierung und Uniformierung der Grasschicht, Ausdünnen der Trockensteppenvegetation, Trittbelastung und Verkrustung des Oberbodens, Verstärkung erosiver Prozesse verantwortlich ist, scheint es erforderlich, den gegen-

wärtigen Beweidungsrhythmus und die Intensität der Beweidung in Hinblick auf ein raum-zeit-optimales Beweidungs-Management zu verändern. Vor allem muss verhindert werden, dass die ohnehin durch eine weit verbreitete Dellenbildung und schleichende Erosion zwischen den Dellen betroffenen Gebirgsfußflächen weiterhin als bevorzugtes Durchzugsareal für fast alle Schafherden dieses Gebietes benutzt werden. Wird dem nicht Einhalt geboten, dünnt die Vegetation weiter aus, und die Bodenerosion wird verstärkt. Infolge dessen füllen die erosiven Abspülmassen den unterhalb des proximalen Pediments gelegenen Bewässerungskanal allmählich zu und machen ihn funktionsunfähig. Auf den ackerbaulich genutzten Flächen sollte auch ein raum-zeit-optimales Beregnungs-Management den gegenwärtigen Beregnungsrhythmus ablösen. Während der Untersuchungen konnte mehrfach beobachtet werden, dass die Regner viel zu lange an der gleichen Position in Betrieb waren, während für andere Standorte das Umsetzen der Regner viel zu spät erfolgte. Die Folgen dieses schlechten Beregnungs-Managements waren vor Ort visuell, in den Fernerkundungsdaten und in den Ergebnissen der Bodenuntersuchungen deutlich sichtbar. An den Standorten mit „zu langer Beregnung“ kommt es zur Deformierung bis Zerstörung der Bodenstruktur; durch Splash-Effekte wird das grobe Hohlraumsystem des Bodens verstopft, so dass das Wasser nicht in den Boden einsickern kann und demzufolge verdunstet oder oberflächlich abfließt. An den Standorten mit „zu später Beregnung“ setzt ein verzögertes und verlangsamtes Pflanzenwachstum ein, so dass diese Pflanzen keine Chance haben, während der kurzen Vegetationszeit zur Reife zu kommen. In vielen Fällen sterben sie trockenstress- und feuchtestressbedingt ab, bevor der „normal beregnete“ Bestand zur Reife gelangt. Außerdem weisen sehr viele Standorte im Randbereich des Beregnungsfeldes, bzw. zu wenig beregnete Standorte, Oberflächenverkrustungen und z.T.-versalzungen auf (OPP 1995).

Wie die zentralasiatischen Ökosysteme in Hinblick auf den prognostizierten, bzw. schon einsetzenden Klimawandel reagieren und welche Möglichkeiten und Grenzen für die Nutzung daraus erwachsen, kann mangels spezieller Untersuchungen zur Zeit im Detail noch nicht gesagt werden.

Erste Anzeichen eines schon erkennbaren Klimawandels konnten im Verlauf mehrerer Expeditionen seit den 1980er Jahren im Selenga-Einzugsgebiet sowie allgemein in der Mongolei festgestellt werden. So wurden im Untersuchungsgebiet Cagaan Tolgoj einige Pflanzen beobachtet, deren Hauptverbreitungsgebiet in der Halbwüsten- und Wüstenzone liegt, z.B. *Caragana pygmaea*. Ihr Vorkommen hatte sich 1994 und 1996 bereits deutlich ausgedehnt. Während Expeditionsfahrten und Überflügen in der Waldsteppenzone wurden innerhalb des Selenga-Einzugsgebiets an mehreren Stellen aktive Wanderdünen in der Nähe von Äckern beobachtet. Die Ausbildung von Wanderdünen scheint in der Waldsteppenzone der nördlichen Mongolei überall dort möglich, wo ein sandiges Verwitterungsprodukt an der Oberfläche ansteht und die Waldsteppenvegetation in Trockenjahren ausdünnt oder durch (land-)wirtschaftliche Aktivitäten beseitigt, sowie der humose Oberboden abgetragen wurde. Solche Bedingungen sind auch im Untersuchungsgebiet Cagaan Tolgoj potentiell vorhanden. Die „günstigen“ Voraussetzungen zur Wanderdünenbildung sind in den den Orchon begleitenden Sandwällen und Flussterassen gegeben.

Geht man von einer langjährigen Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur auch im Untersuchungsgebiet Cagaan Tolgoj aus, wie das für viele meteorologischen Stationen der Mongolei festgestellt wurde (OPP 1992), so könnte das mittelfristig zu einem weiteren trockenstress- und verdunstungsbedingten Ausdünnen der Vegetation führen, infolge dessen bodenerosive Abspülungen und Auswehungen gefördert werden, die wiederum zu einem Selbstverstärkungseffekt der Vegetations- und Bodendegradation führen. Die insgesamt wärmeren und vielleicht auch CO₂-reicheren Bedingungen können nur dann dem Pflanzenwachstum von Vorteil sein, wenn auch die anderen Wachstumsfaktoren, z.B. Licht, Wasser und Nährstoffe ausreichend zur Verfügung stehen. Um so wichtiger scheint es in dem Zusammenhang, auf den Ackerflächen ein optimales Beregnungs-Management zu finden.

Für die vom Dauerfrost beeinflussten Standorte in den Flusstälern und in den Kammlagen des Selenga-Berglands dürften bei wärmerem Klima bessere Wachstumsbedingungen erwartet werden, weil eine langjährig höhere Jahresdurchschnittstemperatur den Boden länger und tiefer eisfrei werden lässt, womit mehr Wasser und Nährstoffe für das Pflanzenwachstum zur Verfügung stehen

würden. Ob infolge dessen mehr Mikroorganismen an der Zersetzung der organischen Substanz arbeiten würden, kann gegenwärtig noch nicht abgeschätzt werden. Um so wichtiger erscheint es, die in der Mongolei beobachtete Ausdehnung landwirtschaftlicher Aktivitäten im Waldsteppen- und Steppengürtel unter Einbeziehung von Klimaszenarien präventiv forschend zu begleiten. Denn durch kurzfristige Erfolgsaussichten, Produktionssteigerungen zu erzielen, dürfen Mittel- und Langfristschäden in den mongolischen Steppen und Waldsteppen nicht impliziert werden.

Die Untersuchungen im Gebiet Cagaan Tolgoj konnten einige Möglichkeiten und Grenzen einer weiteren wirtschaftlichen Nutzung der mongolischen Waldsteppengebiete aufzeigen. Weitere erfolgversprechende Ansätze können jedoch erst durch zukünftige Untersuchungen realisiert werden.

Zusammenfassung

Im Waldsteppengebiet der nördlichen Mongolei wurden landschaftsökologische Untersuchungen im z.T. landwirtschaftlich genutzten Gebiet Cagaan Tolgoj, am unteren Orchon (Aimak Selenge) schwerpunkthaft in 7 Testgebieten durchgeführt. Beispielhaft werden vor allem Ergebnisse der Bodenuntersuchungen wiedergegeben. Basierend auf Beobachtungen und Messungen während der Standortaufnahme und auf der Auswertung von Laborbefunden erfolgte eine Einschätzung des Zustandes der Boden- und z.T. der Vegetationsdecke unter besonderer Berücksichtigung von Degradationserscheinungen. Unter den sowohl natürlichen als auch nutzungsbedingten Einflüssen auf den Zustand und die Veränderung von Waldsteppen- und Steppenökosystemen im Untersuchungsgebiet stellen klimahygrische Merkmale und die Beweidung die flächenhaft bedeutendsten Einflussfaktoren dar. Möglichkeiten und Grenzen einer weiteren bzw. erweiterten Nutzung wurden sowohl für die beweideten als auch für die durch Ackerbau und durch die Mahd genutzten Standorte aufgezeigt.

Literatur

- BARSCH, H.; OPP, C.; STEINHARDT, U. (1993): Geoökologische Probleme in der Waldsteppe der nördlichen Mongolei. - Potsdamer Geographische Forschungen **3**, Potsdam.
- BARTHEL, H.; HAASE, G.; RICHTER, H. (1962): Die Mongolische Volksrepublik. - Sonderdruck aus H. 8/9 der Zeitschrift für den Erdkundeunterricht, 288-318.
- BODENKUNDLICHE KARTIERANLEITUNG (1982): 3. verbess. u. erweit. Aufl., Hannover.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1951): Pflanzensoziologie. 2. Auflage, Wien.
- HAASE, G. (1983): Beiträge zur Bodengeographie der Mongolischen Volksrepublik. In: Physisch-Geographische Studien in Asien. - Studia Geographica (Brno) **3**:231-367.
- HARTGE, K.H.; HORN, R. (1999): Einführung in die Bodenphysik. 3. überarb. Aufl. Stuttgart.
- HILBIG, W.; KNAPP, H.-D. (1983): Vegetationsmosaik und Florenelemente an der Waldsteppen-Grenze im Chentey-Gebirge. - Flora **174**: 1-89.
- KLOSS, K.; SUCCOW, M. (1974): Standortkundliche Grundlagen und praktische Empfehlungen für die Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion des Staatsgutes „Ernst Thälmann“ Bornuur, MVR. - Unveröff. F/E-Bericht. Paulinenaue u. Bad Freienwalde, 55 S.
- KÖPPEN, W. (1923): Die Klimate der Erde, Grundriss der Klimakunde. - Berlin u. Leipzig.

LIEBEROTH, I. (1982): Bodenkunde. - Berlin.

OPP, Ch. (1991): Erste Ergebnisse bodenphysikalischer, bodenchemischer und landschaftsökologischer Untersuchungen in der Mongolei. - Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges. **66**: 197-200.

OPP, Ch. (1992): Local and regional effects of „Global Change“. - Int. Conf. „Global Change and Uvs Noor“. Ulaanbaatar, 67-88.

OPP, Ch. (1993a): Böden und Bodendegradationsprozesse in der Waldsteppe, untersucht in Testgebieten im Selenga-Bergland. - Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges. **72**: 1025-1028.

OPP, Ch. (1993b): Einflüsse von Klimaänderungen auf Böden und Bodenprozesse, an Beispielen aus der Mongolei. - Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges. **69**: 293-296.

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

OPP, Ch. (1995): Diagnosis of changes in agro-ecosystems caused by natural disturbances and anthropogenic impacts. - In: Singh, R.B. (Ed.): Global Environmental Change - Perspectives of Remote Sensing and Geographic Information Systems. - New Delhi, Calcutta, 171-184.

OPP, Ch. (1996): Die Mongolische Republik - Natur- und Lebensräume im Wandel. - Journal Heidelberger Geographische Gesellschaft **10**: 13-28.

OPP, Ch. (1998): Bodenökologische Aspekte dauerfrostbeeinflusster Standorte in der Mongolei. - Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges. **88**: 121-124.

OPP, Ch.; BARSCH, H. (1993): Geomorphological and Geoecological Processes in the Mountain Forest Steppe of Northern Mongolia. - Z. Geomorphologie N.F., Suppl.-Bd. (Stuttgart, Berlin) **92**: 145-157.

OPP, Ch.; HILBIG, W. (2003): Verbreitungsregeln von Böden und Pflanzengesellschaften im nördlichen Zentralasien, unter besonderer Berücksichtigung des Uvs-Nuur-Beckens. - Petermanns Geographische Mitteilungen **147**: 16-23.

REICHSTEIN, M. (1978): Geostrukturen vom Tienschan-Pamir- und Baikalseegebiet. Satellitenbildinterpretation. - Geographische Berichte **23** (3): 190-203.

RICHTER, H.; HAASE, G; BARTHEL, H. (1963): Besonderheiten des Periglazials unter kontinentalen Klimaverhältnissen Zentralasiens. - Wiss. Z. TU Dresden **12** (5): 1153-1158.

SCHLICHTING, E.; BLUME, H.-P. ; STAHR, K. (1995): Bodenkundliches Praktikum. - 2., neubearbeitete Aufl., Berlin, Wien.

TGL 24 300 (1987): Fachbereichsstandard Landwirtschaft. Standortaufnahme von Böden. Bl. 1-16. - Berlin.

Anschrift:

Prof. Dr. Christian OPP, Fachbereich Geographie, Philipps-Universität Marburg, Deutschhausstr. 10, D-35037 Marburg.