

Die Geomorphologie des Altai entlang der Route der 8. Boden-Ökologischen Exkursion durch West-Sibirien im August 2002

A - Geographie, Geologie und Klima des Altai.....	Seite 2
B - Beschreibung der Exkursionsroute unter geomorphologischen Gesichtspunkten.....	Seiten 3-8
Seminski-Pass.....	Seite 3
Katun-Tal.....	Seite 4
Tschuja-Tal.....	Seite 4
Kurai-Steppe.....	Seite 5
Tschuja-Steppe.....	Seiten 5/6
Tschuja-Gebirge.....	Seiten 7/8
Rückblick.....	Seite 9
C - Literatur- und Bildquellenverzeichnis.....	Seite 9

Geographie/Geologie/Klima:

Der Altai befindet sich im innern Zentralasiens zwischen 48° und 52° nördl. Breite sowie 82° und 90° östl. Länge, und ist damit wesentlicher Bestandteil des ostasiatischen Gebirgsdreieckes mit dem Sailjuge (Westsajan) nach NO, dem Mongolischen Altai nach SO streichend und dem Russischen Altai im W, dem Ziel unserer Exkursion. Der Schnittpunkt dieser 3 Gebirgssysteme befindet sich im mit über 4500m höchsten Teil des Altai sowie mit jeweils 3000km Entfernung zu den Ozeanen im kontinentalsten Gebiet der Erde.

Dem entspricht das sehr kontinentale Klima, wobei eine klare Differenzierung zwischen dem kontinental-ariden Einfluss Zentralasiens an den Ostseiten und dem der westlichen Gebiete mit schwach atlantischer Prägung zu erkennen und durch die, v.a. im russischen Altai vorherrschende, fächerartige Öffnung der Täler nach NW auch der Einfluss arktischer Luftmassen nicht zu vernachlässigen ist. In diesem Teil des Altai, dem Exkursionsgebiet, erfolgt entlang dieser NW-SO-Streichrichtung der Gebirgsstrukturen ein allmählicher Höhenanstieg nach Südwesten.



Der russische Altai ist im wesentlichen aus paläozoischen Meeressedimenten und kristallinen Schiefen aufgebaut, welche im Zuge der kaledonischen Gebirgsbildung vor über 400 Millionen Jahren aufgefaltet wurden. Danach allerdings wurde dieses Gebirge im Mesozoikum fast vollständig abgetragen wurde und bildete somit eine Rumpfebene. Es folgte eine erneute Hebung im Tertiär während der alpidischen Gebirgsbildung, welche nun allerdings, da nicht wiederholt faltbar, zu einer Bruchtektonik führte (ähnlich der zeitgleich stattfindenden Mitteleuropäischen). Dieses noch relativ junge Alter spiegelt sich wider in noch heute stattfindenden Erdbeben sowie zahlreichen warmen Quellen, vor allem entlang der Bruchlinien.

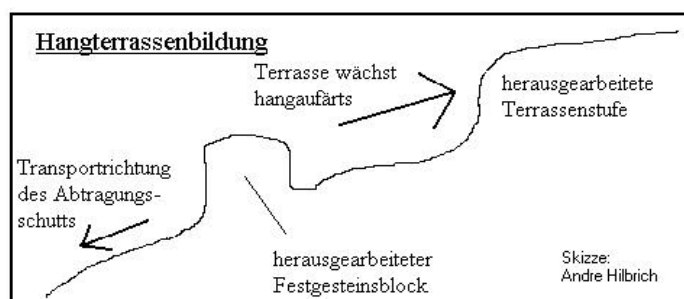
Die pleistozänen Vereisungen hatten aufgrund der ausgedehnten Hochflächen trotz relativ geringer Höhe und Trockenheit einen bedeutenden Einfluss auf das heutige Relief, was an zahlreiche Glazial-Relikten und dem häufigen Auftreten von pleistozänen Schuttsedimenten deutlich wird.

Eine Beschreibung der Exkursionsroute unter geomorphologischen Gesichtspunkten:

Wir näherten uns dem Altai von Norden aus Novosibirsk kommend über Barnaul, entlang des Ob und folgten ab Biisk, wo sich Biya und Katun zum Ob vereinigen, dem Katun mit dem größten Flusstal des Altaigebietes weiter in südlicher Richtung. Bei Gorno-Altaiak verließen wir dabei das Akkumulationsgebiet der sich senkenden Westsibirischen Tiefebene und kamen in das Erosions- und Denudationsgebiet des Altai.

Wir erreichten im Gebiet um Cherga die ersten Gebirgsausläufer mit Höhen unter 500m, für welche flache, sanfte Erhebungen, ausgedehnte Flusstäler mit Lössablagerungen sowie enge Bachtäler typisch sind. Weiter südlich zwischen Shebalino und Kumalyr erhielt das Relief Mittelgebirgscharakter und stieg auf 800 bis 1800m. Es finden sich neben stark durch Erosion geprägten Gebieten mit steilen und gestörten Hängen sowie scharfkantigen Formen auch solche mit flachkuppigen Hügeln und sanften Hängen, die wohl eher durch Denudationsprozesse entstanden.

Am **Seminski-Pass** erreichten wir dann das Gebiet des Zentral-Altai mit Erhebungen um 2000m. Zum höchsten Punkt dieses Gebietes, dem *Sarlyk* mit 2507m, führte uns eine Trekking-Tour. Dabei konnten wir zwei grundverschiedene Relieftypen der Hochlagen differenzieren. Einerseits findet man typisch alpine, oft vergletscherte Gipfel mit scharfen Kanten, andererseits aber auch für Hochgebirge untypisch abgerundet und nur gering gegliederte Wasserscheiden. Diese Formung wird als Goltsew-Relief bezeichnet und ist typisch für kontinental-niederschlagsarme Hochgebirge. Hier im westlichen Altai ist allerdings die westliche Verbreitungsgrenze dieses Relieftyps durch den noch schwach vorhandenen atlantischen Einfluss, sodass er hier gemeinsam mit dem Alpenen auftritt. Die Entstehung des Goltsew-Relief ist umstritten. Einige Theorien sehen in ihm uralte, ausgeglichene Reliktformen aus Zeiten tektonischer Ruhe, die später gehoben wurden und vor allem im Zentral-Altai erhalten blieben. Dagegen spricht allerdings, dass kein Verwitterungsschutt aus der Einebnungszeit zu finden ist und daher gehen andere Theorien von einer pleistozänen Entstehungsweise aus. Dabei sollen sich die sanften Formen in nicht vergletscherten Gebieten durch die Wirkung von Schnee, Kälte und Eis (also eher periglazial) gebildet haben. Im Gegensatz dazu führte die Vergletscherung in den höchsten Lagen zu den



bekanntesten alpinen Reliefbildungen. Beim Aufstieg fanden wir auch Hangterrassenbildungen (Graphik), welche entstehen, indem kleine Vertiefungen in ansonsten ebenen, leicht geneigten, Hochflächen verstärkt Schnee akkumulieren und sich damit durch verstärkte Verwitterung weiter eintiefen, was seinerseits wiederum zu einer verstärkten Schneeakkumulation führt. Die Verwitterungsreste werden hangabwärts abtransportiert und somit bildet sich eine hangaufwärts wachsende Terrasse. Das Alter und damit auch die Höhe der einzelnen Terrassen nimmt talwärts ab und oft findet man auch herausgearbeitete Festgesteinsreste, die der Verwitterung mehr Widerstand entgegensetzen konnten. Allerdings beschränkt sich dieses Phänomen i.d.R. auf südexponierte Hänge, da Schneeakkumulationen auf Nordhängen meist gar nicht mehr abtauen und somit Firn bilden.

Die Beobachtung, dass verwitterte Schuttblöcke mit zunehmender Höhe immer größer und zahlreicher wurden ist leicht mit ihrem abnehmenden Alter zu erklären (da Blockabbrüche mit zunehmender Höhe durch steigende Relief- und Verwitterungsenergie zunehmen), wodurch weniger Zeit für eine weitere Zerkleinerung und den Abtransport bestand.

Vom Seminski-Pass folgten wir bei leicht abnehmender Höhenlage weiter dem *Tal des Katun*



in südöstlicher Richtung bis zur Einflussmündung des Großen Jaloman südlich des Chike-Taman Passes, wo der Katun die imposantesten Flussterrassen (Photos) geschaffen hat, wie auch allgemein vor allem an Nebenflussmündungen. Auch an den Gleithängen stark mäandrierender Flussabschnitte sind sie oft besonders stark ausgeprägt. Während die niedrigen Terrassen (wenige Meter) relativ klar als alluviale

Ablagerungen holozäner Überschwemmungen identifiziert werden können, ist die Entstehung der großen, bis über 90m hohen Terrassen umstritten. So gehen die Meinungen darüber von ebenfalls alluvialer, über fluvioglaziale bis hin zu proluvialer (Schwemmfächer der Nebenflüsse) Bildung weit auseinander. Auch die mächtigen Terrassen im Spätpleistozän infolge von Flutereignissen nach Damnbrüchen bzw. dem Abschmelzen von Eisbarrieren riesiger, natürlicher Schmelzwasserseen (diluvial) entstanden sind, hat viele Befürworter, obwohl sie im Modell nicht bestätigt werden konnte. Die typische Sedimentsschichtung mit groben Steinen (Flutwelle) unter dem sandig-kiesigen Material des Normalabflusses bis hin zu tonigen Auensedimenten und tw. sogar lössähnlichen Deckschichten im oberen Teil wiederholt sich mehrmals, was entsprechend der letzten Theorie auf wiederholte Flutereignisse hindeutet.



Südöstlich dieser Terrassen verließen wir den Katun und folgten nun weiter nach SO dem *Flusstal des Tschuja*. Unser Camp schlugen wir bei Aktash an einem kleinen Flüsschen mit einem dafür unverhältnismäßig groß erscheinenden Flusstal auf, welches einst das Haupttal des Tschuja darstellte, später durch pleistozäne Gletscher und zugehörigen Moränen aufgestaut wurde und sich daher den heutigen Lauf mit fast rechtwinkliger Abweichung bahnte. Allerdings ist auch ein Mitwirken tektonischer Kräfte nicht auszuschließen. In diesem Gebiet fanden wir auch eine scheinbar ringförmige Ansammlung von Pingos, also Erhebungen aufgrund sich dicht unter der Erdoberfläche befindender Eislinsen, die meist in Permafrostböden entstehen und durch die hygroskopische Wasseranziehungskraft des Eises wachsen und bis zu 10m Höhe erreichen können. Da sie hier allerdings unabhängig von rezenten Permafrostböden auftreten und aufgrund der markanten, ringförmigen Anordnung liegt der Schluss nahe, dass es sich um nur einen, großen, sich im Zerfallsstadium befindlichen Pingo handelt, der in der Mitte durch oberirdisches Auftauen schon in sich zusammengesunken ist und mit seinen dadurch schräg stehenden Bäumen einen so genannten „betrunkenen Wald“ bildet. Das geschmolzene Eis in der Mitte bildet heute ein kleines Moor. Somit handelt es sich wohl um eine reliktsche Bildung, die sich durch die kalten Winter und sehr kurzen Sommer bis heute erhalten konnte. Ein Indiz für das Vorhandensein der Eislinse im Randbereich bildet ein verbrannter und umgestürzter Baum, unter dessen Einsturzstelle sich durch die Wärme ein 1-2m tiefer Schmelzgraben gebildet hat (Photo).



Weiter flussabwärts des Tschuja erreichten wir die ca. 40x10 km große und 1600m hoch gelegene **Kurai-Steppe**, eine der zahlreichen und für den Altai typischen Hochebenen. Sie sind sehr alte Formen und ihre Bildung ist umstritten, klar ist allerdings die starke pleistozäne Überprägung durch Gletscher, welche alle Unebenheiten ausgeräumt und als deutlich



sichtbare Moränen abgelagert haben. Des Weiteren kann man am Rand der Ebene zahlreiche, natürlich überprägt aber doch noch erkennbare, 0,5 bis 16m hohe Terrassen (Photo) finden, die wohl limnische Ablagerungen eines glazialen Eisstausees darstellen und sich bei dessen zyklischen Ausfließen gebildet haben könnten. Unterhalb der

Moränen, die nicht bis ins Zentrum der Ebene vordringen, findet man als weiteres Indiz fluvioglaziale Sedimente als Ablagerungen der Gletscherschmelzwässer und am Kamm des *Nord-Tschuja-Gebirgszuges*, der südlichen Begrenzung der Kurai-Ebene, sind auch heute noch Gletscherreste zu erkennen. Die innergebirglichen Ebenen sind meist sehr trocken, da die Niederschläge zum großen Teil durch die umliegenden Bergrücken abgehalten werden, und durch das auch daraus resultierende extreme Ein- und Ausstrahlungsklima ergeben sich jahreszeitlichen Temperaturschwankungen von -55°C im Winter bis über $+40^{\circ}\text{C}$ im Sommer, wobei auch Tag und Nacht beträchtliche Temperaturunterschiede zeigen.

Unser nächster Standort bei Chagan-Uzun befand sich direkt im Bereich einer devonischen Subduktionszone, sodass zahlreiche, durch oft toxische Metalloxide unterschiedlichst gefärbte (Photo), Gesteine zu sehen waren, darunter auch das seltene Serpentin. Außerdem war hier ein sehr starkes Mäandrieren des Tschuja (Photo) zu erkennen, dessen Aue sich einer Oase gleich durch die sich nach Südosten öffnende **Tschuja-Steppe** schlängelt, der mit 70 mal 40 km größten innergebirglichen Steppe des gesamten Altai. Das Relief der Ebene ist wiederum



stark glazial geprägt und zeigt daher sanfte Formen, unterbrochen allerdings von tief eingeschnittenen Tälern der Tschujanebenflüsse. Zum Rand der Ebene hin treten verstärkt auch isolierte Hügel und Erdwälle aus der Einebnungsfläche hervor, bis dann die steilen und



meist alpin geformten, im Westen (klimawirksam) bis über 3500m aufsteigenden Bergrücken die Hochebene fast vollständig umgeben und somit für eine extreme Trockenheit sorgen, die hier ein (mit der Gobi vergleichbares) Halbwüstenklima geschaffen hat. Dies ist an der charakteristischen Pflanzenwelt, aber auch durch spezielle, geomorphologisch interessante Bildungen wie z.B. Wüstenlack (Photo) zu erkennen. Dieser entsteht auf sonnenexponierten Gesteinsflächen,

wo durch die extreme Sonneneinstrahlung ein starker Wasser-Sog im Stein Eisen- und Manganionen an die Oberfläche befördert um sie dann dort als schwarz-braun-glänzende und überaus widerstandsfähige Oxidkruste abzulagern.

Auf eine ganz spezielle Besonderheit stießen wir mitten in der Halbwüste, und zwar durch einen Graben, der bei vorschneller Interpretation leicht als Erosionsrinne eines temporär wasserführenden Abflusses aus den Bergen abgetan und nicht weiter beachtet werden würde. Dafür besaß er allerdings einen entscheidenden Mangel: Ihm fehlte ein Schwemmfächer und es fand sich auch sonst kein abgelagertes Erosionsmaterial, weder an seiner Mündung in den



Vorfluter, noch irgendwo anders im flach auslaufenden Flussbett. In Wirklichkeit lag die Antwort unter der Erde, und zwar wenige cm unter der Oberfläche des Grabens. Dort fand sich massives, spätpleistozänes Eis, dessen Abtauen den Volumenverlust erklärt, womit man diesen Graben als eine kryogene Subrosionsrinne (Photo) bezeichnen kann. Sie hat sich vermutlich aus einem initialen wassergefüllten Graben entwickelt, wobei das Wasser verstärkt Wärme nach unten abgeleitet

und damit zu einer positiven Verstärkung geführt haben könnte. Auch die gestörte Schichtung der das Eis überlagernden Seesedimentschichten (Mollusken!) ließe sich durch diese Subrosionstheorie erklären. Das Eis konnte sich in diesen Breiten so lange erhalten, da in dieser, von Gebirge hoch umschlossenen Hochfläche, kurze und nachtkalte Sommer von langen, schneearmen und daher bodenkalten Wintern abgelöst werden, in denen auch die Bildung von Kaltluftseen mit Tiefsttemperaturen bis tw. unter -40 nichts außergewöhnliches darstellt. Daraus können sich durchschnittliche Jahrestemperaturen von z.B. $-5,8^{\circ}\text{C}$ (für 1907/08, Fickedeler 1925) ergeben, was zur Bildung ebendieses, schon lange bekannten, „Frostbodens der Tschuja-Steppe“ (Fickedeler 1925) führen konnte. Die Großflächigkeit dieser Eisbildungen zeigt sich unter anderem an der Tatsache, das an den Steilufern des einige Meter tiefen Tals eines Gletscherflusses, der diese Ebene durchquert, kleine Quellen

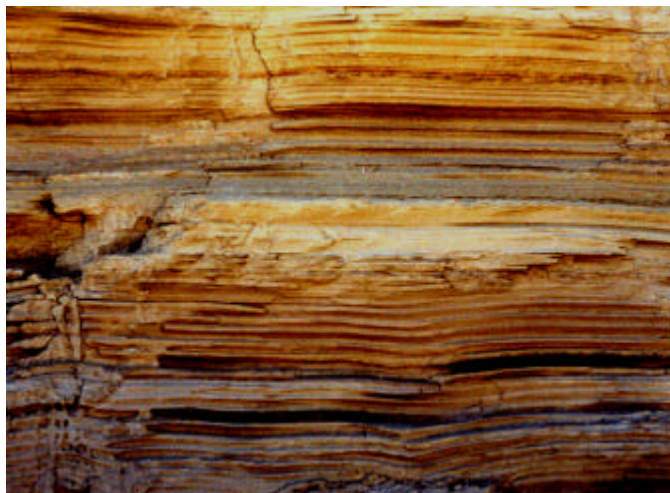


austraten, deren Wasser selbst im Hochsommer Temperaturen nahe des Gefrierpunktes aufweisen und damit wohl Schmelzwasser dieses Eiskörpers darstellen. Weiterhin waren flache Rutschungen (Photo) zu sehen, welche wohl

auch ihre Ursache in den Eisböden mit ihren typischen, im Sommer wasserübersättigten Oberböden haben (Solifluktion). Auch auf unserem weiteren Weg fanden wir Hinweise auf unterirdische Eisvorkommen, so zum Beispiel im Gletschertal des Tschujanebenflusses Djelo, wo Wald in Gebieten wächst die ansonsten aufgrund der Trockenheit und Exposition dafür gar nicht geeignet sind, so das möglicherweise langsam schmelzendes Eis die Bäume subterrestrisch mit Wasser versorgt (Photo rechts). An Stellen, deren Eis schon größtenteils weggeschmolzen ist, verschwindet der Wald wieder und es bleiben häufig großflächige Absenkungen (Thermokarst) übrig.



Wir hatten im Tschuja-Tal nun den südlichsten Teil unserer Exkursion erreicht und der letzte Abschnitt führte uns nach Westen ins Gebiet des *Tschuja-Gebirges*. Auf dem Weg dorthin, am Rand der Ebene, kamen wir durch ein ehemaliges Gletschertal, wo verschiedene Spuren



ehemaliger Seen zu finden waren. Sie traten einerseits als Korallenfelsen devonischen Ursprungs in Erscheinung, was an charakteristischen Muscheln und Korallen zu erkennen ist, andererseits entdeckten wir aber auch Spuren einer mittelpleistozänen Wasserbedeckung, und zwar Warven (Photo), die an einer Strasse aufgeschlossen waren. Dabei handelt es sich um geschichtete, glazilimnische Bändertone, wobei jede Warve aus einer Sommerschicht aus hellen Materialien sowie einer feiner und dunkleren

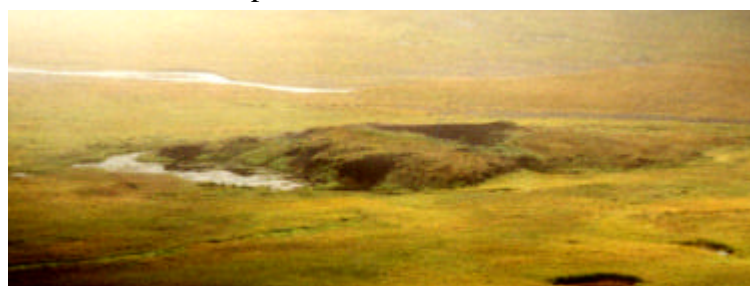
Wintersedimentationsschicht (durch weniger Wasserbewegung aufgrund der Eisbedeckung) besteht. Durch diese Jahresschichtung sind Warven gut zur relativen Altersbestimmung von Sedimenten geeignet. Da hier keine Muscheln eingeschlossen sind liegt die Vermutung nah, das dieser See in einem kalten Klima existiert hat, ganz im Gegensatz zu den Bedingungen im Devon, die aufgrund des üppigen Korallenvorkommens in diesem Gebiet wohl eher als tropisch zu bezeichnen sind.

Der letzte Teil unserer Reise führte uns zu Fuß durch unwegsames Gelände zum *Karagem-Pass* und damit in knapp 3000m Höhe. Dabei folgten wir dem *Djelo* (Photo rechts), einem Gletscherbach, der aufgrund des mitgeführten, feinen Materials (Gesteinsmehl, Ton...) typisch trübes Wasser, die sog. Gletschermilch, führt. Das dieser zu dieser Zeit gerade keinen Hochwasserabfluss hatte, was



eigentlich der Jahreszeit (August) entsprechend für ein glaziäres Abflussregime typisch wäre, erkennt man an der enormen Geröllfracht, mit der sich der Bach sein Bett bei viel höheren Abflussmengen selbst zugeschüttet haben muss. Durch diese Aufschüttungstalböden entsteht vor allem in den Niedrigwasserzeiträumen ein so genannter „verwilderter Abfluss“, d.h. das Wasser fließt in einer Vielzahl sich ständig in ihrem Lauf verändernden Verzweigungsarmen durch die abgelagerten Schutt- und Kiesbänke ab.

Unser letztes Camp errichteten wir in rund 2600m Höhe in einem Gletschertal. Wir sahen einen weiteren Pingo (Abbildung links), überlagert von einer Torfschicht, was auf eine holozäne Entstehung deutet, da eine glaziale Torfbildung unwahrscheinlich erscheint. Das jedoch auch dieser Pingo abschmilzt wird an der starken



Vermoorung in seinem Umkreis sichtbar, welche wiederum auf nicht abfließende Schmelzwasser der Pingoislinse zurückzuführen ist.

Vermoorung in seinem Umkreis sichtbar, welche wiederum auf nicht abfließende Schmelzwasser der Pingoislinse zurückzuführen ist.

Der Gletscher (Photo oben rechts), dessen Entstehung in diesem Tal auch durch die Öffnung nach Westen und den daraus resultierenden höheren Niederschlägen begünstigt wurde, befindet sich aufgrund der globalen Erwärmung der letzten 150 Jahre wie viele andere auch auf dem Rückzug. Darauf deutet das fehlende Eis in den



Moränengebieten, vor allem an der Endmoräne, welche



die Reichweite des letzten Eisvorstoßes anzeigt. Die Oberfläche des verbliebenen Gletschereises ist, auch in ehemaligen Nährgebieten, nicht mit diesjährigem Schnee, sondern schmutzbedecktem, schon verfestigten Altschnee bedeckt, was auf eine negative Netto-Schnee-Jahresbilanz hinweist. Auch kleine

Aufstauungen (Photo links) des aus dem Gletscher entspringenden Baches Ioldoiri über dem liegengebliebenen Moränenmaterial sind ein charakteristisches Merkmal sich zurückziehender Gletscher. Es handelt sich im übrigen im oberen Bereich um einen so genannten „Gletscher

flacher Höhenzüge“ und weiter unten um einen Talgletscher, welcher sich durch eine relativ niedrige Eisgrenze kennzeichnet, die auch bis unter die Waldgrenze reichen kann und somit ein sehr tief hinreichendes Zehrgebiet besitzt. Im



Gletschertal fanden wir auch wieder Solifluktionerscheinungen, welche hier als sehr schön ausgeprägte Hangterrassen (Photo rechts) in Erscheinung traten. Ihre Entstehung ähnelt der Bildung der bereits erwähnten flachen

Rutschungen, und ist ebenso auf die Wassersättigung des im Sommer oberflächlich auftauenden Permafrostbodens zurückzuführen. Allerdings findet hier keine plötzliche Rutschung, sondern ein langsames und kontinuierliches Bodenfließen statt.



Weitere kryogene Bildungen in diesem Tal sind polygonförmige Risse in den Gletschersedimenten (Photo rechts), welche aufgrund von aufeinander folgenden Frost- und Austrocknungsvorgängen entstehen. Außerdem fanden wir auch Feinerde- (Photo links) und Steinpolygongildungen, die durch eine unterschiedlich starke Wasserspeicherung in den Feinerde - und Schuttsubstraten sowie den damit verbundenen Frosthubprozessen entstehen.



Damit sind wir am Endpunkt der Exkursion angekommen und können **rückblickend** sagen, das wir einen fast vollständigen Überblick über die Reliefbildungen des nordwestlichen Altai und seine Vielfältigkeit bekommen haben. Angefangen bei den ersten flachwelligen und lössüberdeckten Altaierhebungen, den ausgedehnten Flusstälern, über die durch Erosion- und Denudation geprägten Mittelgebirgslandschaften bis hin zu den ersten Hochgebirgsausläufern am Seminski-Pass mit den Hangterrassen des Sarlyk, vorbei an den Flussterrassen des Katun bis in die weiten, halbwüstenähnlichen innergebirglichen Hochebenen der Kurai- und Tschuja-Steppe. Wir sahen Wüstenlack, zahlreiche kryogene Erscheinungen wie Thermokarst, Solifluktion oder Pingos und schließlich limnisch-fossile Bildungen wie Seeterrassen und Warven sowie am Ende auch die hohen Lagen des Altai-Hochgebirges mit seinen Gletscherbildungen.

Alles in allem war diese Exkursion ein unvergessliches Erlebnis mit überwältigenden Eindrücken und daher gilt mein Dank vor allem den hauptverantwortlichen Organisatoren Dr. Christian Siewert und Dr. Pavel Barsukov, sowie natürlich auch allen anderen Beteiligten und Helfern, denen der Erfolg dieser Exkursion geschuldet ist.

Literaturverzeichnis:

Smolentjeva E., Lashinski N., Babenko A., Barsukov P. (2002): Guide-book of the annual Soil-Ecological Excursion across Western Siberia; Novosibirsk

Eigene Aufzeichnungen nach Ausführungen der mitreisenden WissenschaftlerInnen

Fickeler, Dr. Paul (1925): Der Altai - Eine Physiogeographie, S.1 und 64 - 172, erschienen in Ergänzungsheft Nr.187 zu „Petermanns Mitteilungen“; Gotha: Justus Perthes

Hendl M. und Liedke H. (1997): Lehrbuch der allgemeinen Physischen Geographie, S.174 – 200; Gotha: Justus Perthes

Stahr A., Hartmann T. (1999): Landschaftsformen und Landschaftselemente im Hochgebirge, Kapitel 4 und 6 bis 11; Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag

Bildquellenverzeichnis:

Seite 2: Diercke-Atlas 1992, S.148; Braunschweig: Westermann

Seite 3: rechts oben: Exkursionsroute: sibirien.csiewert.de/photo/Landscapes/landscapes.html
links unten: Eigene Skizze aus meinen Exkursionsaufzeichnungen (s.o.)

Seiten 4 bis 8: Eigene Exkursionsphotos (Ausnahme Seite 8 rechts in der Mitte)

Seite 8 (Hangrutschung): Photo von Herrn Dr. Christian Siewert, TU Berlin