

Anmerkungen zur Vegetation des russischen Altai

– Jörg Pfadenhauer, Freising –

Abstract

The Russian Altai is one of the most beautiful wilderness areas of Northern Asia. Elevations from about 200 m (western Siberian plain) to more than 4000 m a.s.l. along a comparably short distance of about 300 km cause a considerably high floral diversity. Different climatic conditions (more oceanic in the north and northwest, strongly continental in the south-east) facilitate a big variety of plant communities. So hemiboreal *Abies sibirica* forests with some European forest species (black taiga) occur on moist nutrient-rich sites in the North-Altai whereas light *Larix sibirica* forests with steppe plants or eastern-Asian elements like *Rhododendron dauricum* occur in the south-east (surroundings of Kuray- and Chuya-basin); these light coniferous forests show a lower hygric timberline and an upper thermic treeline. The subalpine belt between timber- and tree line (mostly *Pinus sibirica* and *Larix sibirica*) is characterized by tall herb communities and/or *Betula nana* ssp. *rotundifolia*-shrubs. The alpine belt (above 2000 m a.s.l. in the North-, 2400 m a.s.l. in the Central-Altai) consists of dwarf shrub tundra (*Dryas oxyodonta*), alpine meadows and scree vegetation particularly extended in the dryer south-east. The vegetation is described and shortly discussed along a transect from Biysk to Kosh-Agach.

1. Einleitung

Seit der politischen Wende erfährt das Altai-Gebirge wie andere Gebiete der ehemaligen Sowjetunion und assoziierter Staaten eine zunehmende Aufmerksamkeit unter Wissenschaftlern und Touristen. Die landschaftliche Schönheit und die im Vergleich mit anderen Hochgebirgen der Nordhemisphäre geringere anthropogene Beeinflussung sind attraktiv und lassen noch einen gewissen Wildnischarakter spüren. Für Vegetationsökologen und Botaniker ist die Lage im Übergangsbereich zwischen Nord- bzw. Mittel- und Zentralasien sowohl klimatisch als auch floristisch von besonderem Interesse. Somit lässt sich in derselben Breitenlage, in der auch die Alpen liegen, die Abfolge von der Waldsteppenzone der südsibirischen Ebene über feuchte boreale Gebirgsnadelwälder und montane Wiesensteppen bis zu trockenheitsverträglichen Lärchenwäldern und Trockensteppen in den intramontanen Becken auf einer Luftlinien-Distanz von gerade einmal 300 km studieren.

In diesem Gebiet werden seit nunmehr fünfzehn Jahren von Wissenschaftlern der Russischen Akademie der Wissenschaften und der Universitäten in Novosibirsk und Tomsk bodenkundliche Exkursionen mit großem Erfolg angeboten. Ich selber hatte die Gelegenheit, mit einer Gruppe meiner Studenten u. a. den russischen Altai zu besuchen. Der vorliegende Text ist eine Zusammenfassung einiger Beobachtungen, die mit der mir zur Verfügung stehenden Literatur hinterfüttert wurden. Der Bericht erhebt in keiner Weise Anspruch auf Vollständigkeit. Dafür reichte weder die Zeit, die ich dort verbringen konnte, noch der sehr kleine Ausschnitt, der von der Route berührt wurde. Auch darf man nicht vergessen, dass die Zugänglichkeit abseits der üblichen Verkehrswege, die inzwischen auch für bergsteigerisch interessierte Touristen benutzt werden, nach wie vor sehr gering ist. Man muss deshalb davon aus-

gehen, dass die entlang der Route liegende Vegetation wenigstens in Teilen anthropogen beeinflusst ist.

Die Beschreibung der Vegetation orientiert sich an Örtlichkeiten, die während der Exkursion aufgesucht werden konnten (Abb. 1); die Route folgt der Transversale, die von Novosibirsk in die Mongolei führt („Chuya-Highway“). Sie erreicht das Altaigebirge südlich von

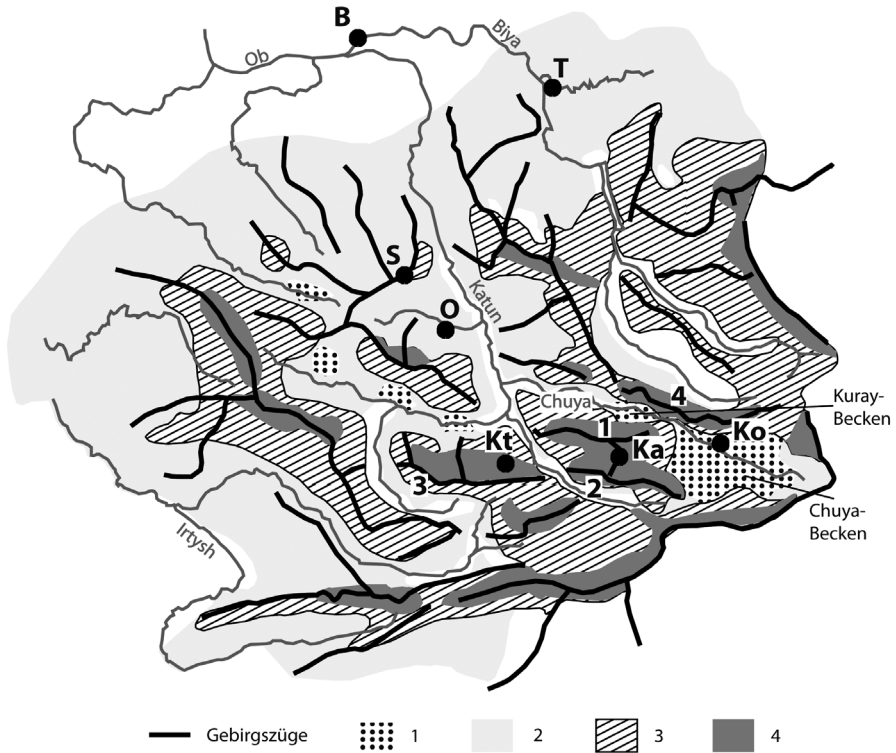


Abb. 1: Lage des russischen Altai (Bergaltai) mit den wichtigsten Gebirgsketten (1 = Nördliche Chuya-Kette, 2 = Südliche Chuya-Kette, 3 = Katun-Kette mit der Belukha als höchstem Gipfel, 4 = Kuray-Kette), Orten mit Klimastationen und Klimadaten der Tab.1 (B = Biysk, T = Turochak, S = Seminsky-Pass, O = Onguday, Ko = Kosh-Agach, Kt = Karatjoriek, Ka = Karagem) sowie Angaben zum Relief (1 = intramontane Becken, 2 = mittelgebirgsartiges Relief, 3 = tertiäre Landoberflächen, Plateau-artig, 4 = Hochgebirgsrelief). Nach SUSLOV (1961), verändert und ergänzt.

Biysk am Zusammenfluss von Biya und Katun. Dort führt sie zunächst dem Katun entlang aufwärts, folgt dann ab Ust-Sema dem Sematal bis zum Seminsky-Pass (Sema-Kette mit dem Berg Sarlyk) und führt von dort hinunter über Onguday und den Zusammenfluss von Katun und Chuya letzterer entlang über Aktash und das Kuray-Becken nach Chaganuzun im Chuya-Becken (etwa 50 km westlich von Kosh-Agach). Alle Angaben zur Vegetation stammen von Exkursionspunkten entlang dieser Route: Waldsteppen bei Biysk und Kumalyr im Sematal; montane, subalpine und alpine Vegetation im Gebiet des Seminsky-Passes; Steppen, Gebüsche und Wälder bei Onguday und oberhalb Aktash; Kurzgrassteppen, Gebirgssteppen und Halbwüsten im Kuray- und Chuya-Becken; Hochgebirgsvegetation des Zentral- und NO-Altai in der Kuray-Kette sowie am Karagem-Pass zwischen Nördlicher und Südlicher Chuya-Kette. Lediglich die Beschreibung der Finsteren Taiga orientiert sich an der Situation im Salair-Gebirge, einem nach Norden streichenden Ausläufer des Altai-Sayan-Gebirgszugs; die

Wälder sind aber ebenso typisch für den Nordaltai.

Die Nomenklatur der Pflanzenarten folgt dem Index der Flora of Siberia, Band 14 (MALYSCHEV et al. 2007). Gebräuchliche Synonyme habe ich in Klammern angefügt. Bei geographischen Bezeichnungen und Personennamen habe ich die inzwischen international gebräuchliche englische Transkription verwendet.

2. Lage, Geologie, Oberflächengestalt, Klima

Das Altaigebirge gehört mit dem östlich angrenzenden Sayan zum Altai-Sayan-Gebirgszug, der das nördlichste Hochgebirge Asiens darstellt. Es besteht aus dem auf russischem und kasachischem Territorium gelegenen sibirischen oder Bergaltai, dem (chinesisch-) mongolischen Altai und dem Gobi-Altai (BUSSEMER 1999). Der Bergaltai ist Gegenstand dieses Ausfühung (Abb. 1); er liegt zwischen 48 und 53^o nördlicher Breite und zwischen 82 und 90^o östlicher Länge etwa gleich weit entfernt vom Atlantik und vom Pazifik sowie vom nördlichen Eismeer und dem indischen Ozean, also ziemlich genau im Zentrum von Eurasien (FICKELER 1925). Er grenzt im Nordosten an den Sayan-Gebirgszug, im Norden und Nordwesten an die Waldsteppen und die südliche Taiga des westsibirischen Tieflands, im Westen und Süden an die Steppen und Halbwüsten Kasachstans und im Südosten an den mongolischen Altai mit seiner Anbindung an die Halbwüsten der Gobi. Der russische Altai ist unter der Bezeichnung „Golden Mountains of Altai“ seit 1998 Weltnaturerbegebiet der UNESCO.

Der Altai ist ein teils variszisches, teils kaledonisches Faltengebirge, das im Meso- und Neozoikum eingeebnet und erst am Ende des Tertiärs durch Hebungen und Brüche seine heutige Gestalt erhielt (BERG 1959). Die Gesteine sind überwiegend paläozoische metamorphe Schiefer; es gibt aber auch präkambrische Intrusiva (vorwiegend Granite im West- und Südal-tai) und Metamorphite sowie paläozoische Kalke, die oft besonders reich an Paläoendemiten sind (PYAK et al. 2008). Die Gebirgszüge verlaufen meist von West nach Ost bzw. von Nord-west nach Südost.

Der Bergaltai kann in fünf Teilgebiete untergliedert werden, die sich klimatisch und in der Oberflächengestalt voneinander unterscheiden (BERG 1959): Der niederschlagsreiche und (verglichen mit der Umgebung) eher ozeanisch getönte Nord- und Westaltai mit einem mittelgebirgsartigen Aufbau, der sich aus dem westsibirischen Tiefland erhebt und Höhen von nicht mehr als 2500 m NN erreicht; der Zentralaltai mit den höchsten Gebirgsketten (Katun-Kette mit dem Doppelgipfel der Belukha, mit 4506 m der höchste Berg des Altai und ganz Russlands, sowie der Nördlichen und Südlichen Chuya-Kette, die alle durchgehend vergletschert sind), der Südal-tai mit einem deutlich trockeneren und wärmeren Klima sowie der Ostaltai mit dem Chulyshman-Plateau und dem größten See des Altaigebirges, dem Teletskoye See im Übergang zum Westsayan-Gebirge. Der Südostteil des Zentralaltai um das Chuya-Becken und südlich davon wird als SO-Altai bezeichnet.

Das gegenwärtige Relief wird von Plateaus (ehemalige tertiäre Landoberflächen; „Peneplains“) mit Höhenlagen zwischen 2000 und 3000 m NN, breiten, tektonisch entstandenen Talbecken mit semiaridem Klima (aufgefüllt mit fluvioglazialen Schottern, Seesedimenten, Gebirgsschutt und Moränen), zerklüfteten Hochgebirgsrücken (vorwiegend im Zentralaltai, gekennzeichnet von Karen und Schuttströmen) und eiszeitlich geformten Trogtälern (im Wechsel mit schluchtartigen Talstrecken) geprägt (Abb.1). Rezente und (unterhalb des Permafrostbereichs) fossile Kryoplanationsterrassen („Golez“) sind häufig (zur Terminologie s. ZEPP 2008). Wichtige Flüsse sind Katun und Biya, die sich bei Biysk zum Ob vereinen, sowie der Irtysh mit seinen Zuflüssen im Süden und Südwesten.

Tab. 1: Klimadaten einiger Orte im Nord-, Zentral und Südost-Altai (Lage s. Abb. 1). ¹ aus <http://www.globalbioclimatics.org/default.htm>, ² aus LASHCHINSKY & SMOLENTSEVA 2008.

	Meereshöhe (m NN)	Jahres- nieder- schlag (mm)	Jahres- mittel- temperatur (°C)	Mittlere Januar- temperatur (°C)	Mittlere Juli- temperatur (°C)
Nördliches Altai- Vorland (Biysk) ¹	227	361	+ 0,5	-18	+ 20
Nordaltai (Turochak) ¹	322	800	+ 1,5	-17,2	+ 18,6
Nordaltai (Kumalyr im Sema-Tal) ²	1000	300 bis 500	+0,8 bis -1,3	- 18 bis + 22	+ 16 bis + 18
Nordaltai (Seminsky- Pass) ²	1730	1000 bis 1200	- 1,8	- 22,1	+ 13,5
Zentral-Altai (Onguday) ¹	914	415	+ 0,3	- 20,3	+ 17,2
Zentral-Altai (Kara Tjorek) ¹	2600	282	- 6,3	- 16,9	+ 6,3
Zentral-(SO-) Altai (Kosh Agach) ¹	1750	171	- 5,3	- 28,9	+ 14,2

Klimatisch steht der Bergaltai zwischen dem kühl-gemäßigten Klima der borealen Nadelwaldzone und dem semiariden Steppen- und Halbwüstenklima Zentral- und Mittelasiens (Tab. 1). Im allgemeinen trägt das Klima zwar deutlich kontinentale Züge mit kalten Wintern und warmen, in den Tieflagen auch heißen Sommern; nur ist die Kontinentalität am stärksten im Süden und Osten ausgeprägt, wo sich besonders in den intramontanen Becken (wie dem Chuya-Becken auf einer Meereshöhe von rund 1700 m) ein semiarides Klima mit Niederschlägen um 150 mm, einer Januar-Mitteltemperatur von -28,9 °C und einer Julimitteltemperatur von +14,2 °C aufbaut (Kosh-Agach). Die Winter sind schneearm. Im Gegensatz dazu erhält der Nord- und Ostrand des Altai über 800 mm Niederschlag und der Verlauf der monatlichen Mitteltemperaturen ist deutlich ausgeglichener (Turochak). Hier zeigt sich ein steiler Klimagradient in horizontaler (NW-SO) und in vertikaler Richtung.

3. Flora

Die Lage des Altai an der Nahtstelle zwischen der mitteleuropäisch-westsibirischen, pontisch-südsibirischen, zentralasiatischen und zentralsibirisch-aurischen Florenregion (MEUSEL et al. 1965, MEUSEL & JÄGER 1992), verbunden mit den beträchtlichen Höhenunterschieden zwischen rund 200 m im westsibirischen Vorland und über 4500 m NN ermöglicht eine reiche Ausstattung mit Tier- und Pflanzenarten, die allerdings deutlich hinter derjenigen der Alpen liegt. Die Artenzahlen (Gefäßpflanzen) betragen nach bisherigem Forschungsstand etwa 2800 (PYAK et al. 2008, inklusive des chinesischen und mongolischen Altai), die sich auf 113 Familien verteilen; davon sind rund ein Zehntel (288) endemisch. Von den endemischen Arten entfällt die überwiegende Zahl auf die Gattungen *Oxytropis* (43) und *Astragalus* (31), gefolgt von *Elymus* (12) und *Alchemilla* (9). Die meisten Endemiten (nämlich 184) kommen in der montanen Stufe (bis zur Waldgrenze, etwa zwischen 1000 und 2500 m NN) vor; rund ein Drittel (105) siedeln oberhalb 2500 m NN. Die etwa gleichgroßen Alpen haben 4491 Gefäßpflanzenarten (148 Familien, 933 Gattungen), von denen 11,1 endemisch sind (AESCHIMANN et al. 2004).

Nach TAKHTAJAN (1986) gehört das Altai-Gebirge pflanzengeographisch zur Altai-Sayan-Provinz, die außerdem noch das Salair-Gebirge, den Kuznetsker Alatau, das westliche und östliche Sayan-Gebirge, das Minusinsker Becken um Minusinsk und Abakan und das Khangay-Gebirge in der Mongolei umfasst. Die Provinz ist wegen ihres Gebirgscharakters durch beträchtliche Höhenunterschiede geprägt, enthält also – oberhalb einer von *Larix sibirica* oder/und *Pinus sibirica* geprägten Baumgrenze – auch eine alpine Stufe, in der sowohl Wiesen- als auch Zwergstrauchtundren vorkommen. Neben zahlreichen endemischen Arten (wiederum besonders aus den Gattungen *Astragalus* und *Oxytropis*) ist für die Provinz typisch das (im eurasiatischen West-Ost-Gradienten letztmalige) Auftreten mitteleuropäischer Waldarten wie *Asarum europaeum*, *Sanicula europaea*, *Galium odoratum*, *Festuca gigantea* in von *Abies sibirica* und *Populus tremula* geprägten Wäldern („Finstere Taiga“). Auch die mit *Tilia cordata* verwandte *T. sibirica* kommt hier vor. Diese Arten gelten als Relikte tertiärer Wälder (SUSLOV 1961). Im Zentral- und Südostaltai kommen östliche Waldpflanzen mit eher subozeanischer mandschurisch-ochotskisch-altaischer Verbreitung (HILBIG & KNAPP 1983) wie *Rhododendron dauricum* vor. Somit ist das Altaigebirge im Vergleich zu den angrenzenden Gebieten besonders artenreich (BARTHLOTT et al. 2005); das zeigt sich auch auf kleinem Raum am Beispiel eines 29 km langen Transekts durch das Kuray-Becken (HOFFMANN et al. 2001).

Auch in der Flora der subalpinen und alpinen Stufe des russischen Altai macht sich die Grenzlage zwischen verschiedenen Florenregionen in einer Mischung aus arktischen, alpinen und zentralasiatischen Hochgebirgspflanzen bemerkbar. Arktisch sind z. B. *Salix nummularia*, *Eriophorum scheuchzeri*, *Kobresia myosuroides*, alpin ist z. B. *Carex sempervirens*. Die in der subalpinen Stufe ausgedehnte Gebüsche bildende Zwergbirke *Betula nana* ssp. *rotundifolia* (im folgenden vereinfacht als *Betula rotundifolia* bezeichnet) ersetzt in den Gebirgen Südsibiriens und der nördlichen Mongolei (Khentej, Khangay) die in Europa und Westsibirien vorkommende Art *B. nana* ssp. *nana* (HULTÉN & FRIES 1986). Zu diesen „altaisch-sajansisch-daurischen Hochgebirgspflanzen“ gehören nach HILBIG & KNAPP (1983) u. a. auch *Rhodiola quadrifida* und *Dryas oxyodonta*; in der montanen Stufe dieser Gebirgsregion endemisch ist z. B. die für den Südostaltai und die angrenzenden Gebiete typische Auenpflanze *Populus laurifolia* (ebd.).

4. Vegetation

4.1 Übersicht

Außer den Informationen, die ich zur Vegetation des Altai während der Exkursion erhielt, habe ich die einschlägige Literatur verarbeitet, soweit sie mir zur Verfügung stand. Neben den üblichen deutschsprachigen Übersichten (WALTER 1974, WALTER & BRECKLE 1986, REVYAKINA & REVYAKIN in BURGA et al. 2004, SCHROEDER 1998, s. auch FRANZ 1973), die sich auf russischsprachige Literatur stützen (besonders auf KUMINOVA 1960), sind dies z. B. PYAK et al. (2008), die den Versuch von KAMELIN (1998) wiedergeben, die Vegetation des Altai in all ihrer Vielfaltigkeit in einem Diagramm darzustellen (s. auch KAMELIN 2005 mit einer englischsprachigen Einführung).

Einige der Pflanzengemeinschaften Südsibiriens und des Altai sind inzwischen pflanzensoziologisch beschrieben (Prodromus der Syntaxa von KOROTKOV et al. 1991, ferner z. B. ERMAKOV et al. 1999, 2000a, b, 2006 sowie – für den mongolischen Altai – HILBIG 1995, 2000). Danach gehören die nemoral geprägten Birken- und Kiefern-Wälder der Waldsteppenzone im nördlichen Altai- und Sayan-Vorland als hemiboreale Wälder zur Klasse *Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae* Ermakov, Korolyuk et Lashchinsky 1991 mit mehreren Ordnungen, zahlreichen Verbänden und Unterverbänden sowie Assoziationen; die nemorale

„Finstere Taiga“ aus *Abies sibirica* und *Populus tremula* wird zur Klasse Querco-Fagetea (O. Fagetalia, Unterordnung Abietenalia sibiricae Ermakov subord. novo in Ermakov & al. 2000a) gestellt. Die Lärchenwälder des russischen Altai mit *Larix sibirica* gehören überwiegend in die Klasse Carici pediformis-Laricetalia sibiricae Ermakov in Ermakov et al. 1991. Wälder aus *Picea obovata* und/oder *Pinus sibirica* (Dunkle Taiga) werden wegen ihres großen Anteils an borealen Arten in die Klasse Vaccinio-Piceetea gestellt. Die Steppen des Altai und seines Vorlands gliedern sich nach dem Anteil osteuropäisch-südsibirischer, mesophytischer Gräser und Stauden einerseits und mittel- bzw. zentralasiatisch verbreiteter, eher xerophytischer Pflanzen andererseits. So gehören nach KOROTKOV et al. (1991) die Wiesensteppen des Gebirgsvorlands und die Berg-Wiesensteppen im Nordaltai zur Klasse Molinio-Arrhenatheretea, die Langgrassteppen mit *Stipa capillata* zur Klasse Festuco-Brometea (O. Festucetalia valesiaca) und die Kurzgrassteppen im Zentral- und Südostaltai zur Klasse Cleistogonetea squarrosae Mirkin et al. 1986 (mit den Ordnungen Stipetalia krylovii und Stipetalia sibiricae). HILBIG (2000) fasst alle Steppen der Mongolei zur Klasse Agropyretea cristati class. nov. zusammen. Die Übergänge zu den Halbwüsten werden in die Klasse Ajano-Cleistogonetea songoricae (=Stipetea glareosae-gobicae class. nov. nach Hilbig 2000) gestellt.

Dem horizontalen und vertikalen Klimagradien folgt auch die Vegetation (Abb. 2). So kommt auf 1000 m NN am Nordrand des Gebirges die dunkle Taiga mit *Picea obovata*, *Abies sibirica* und *Pinus sibirica* vor, während im Innern des Nordaltai bei gleicher Höhenlage eine Gebirgswaldsteppe aus einem Mosaik aus *Larix sibirica*-Wäldern auf den Nord- und Gebirgswiesensteppen auf den Südseiten auftritt. Wiederum auf gleicher Höhenlage findet man im Zentralaltai im Talgrund bereits Kurzgrassteppen mit *Stipa krylovii*; im semiariden Chuya-Becken gedeiht eine Halbwüste. Hier haben die (nordseitigen) lichten Lärchenwälder nach oben eine thermische Baumgrenze, nach unten eine hygrische Waldgrenze.

Ebenfalls primär temperaturgesteuert ist die vertikale Vegetationsgliederung. Die Vegetationsabfolge lässt sich zwanglos den ökologisch definierten Höhenstufen (SCHROEDER 1988) zuordnen (kollin, submontan, nieder-, mittel- und hochmontan, subalpin, alpin, nival). Im Nordaltai trägt die Vegetation der kollinen und submontanen Stufe nemorale Züge (sommergrüne Laubwälder aus Birken und Wiesen- bzw. Hochgrassteppen), während die montanen Wälder eher borealen Charakter (Dunkle Taiga) haben. Auch im Zentralaltai sind die Steppen der tieferen Lagen noch als nemoral (im Sinne von SCHROEDER 1998) zu definieren, montane Lärchenwälder als boreal (Helle Taiga). Als subalpin wird der Bereich zwischen Wald- und Baumgrenze verstanden, der in allen humiden und semihumiden Gebieten des Altai vorhanden ist. Er wird durch ein Gebüsch aus *Betula rotundifolia* mit vereinzelt Baumgruppen oder Einzelbäumen, stellenweise auch durch (subalpine) Hochstaudenfluren gekennzeichnet. Dieses *Betula*-Gebüsch (im Russischen „Yerlik“) entspricht hinsichtlich Struktur und Artenbesatz ziemlich gut der subarktischen Waldtundra Nord Sibiriens (HERMANN et al. 2004). Ein Krummholz mit prostraten Gehölzen wie im Alpenraum aus *Pinus mugo* oder *Alnus alnobetula* oder im „fernen Osten“ mit *Pinus pumila* gibt es nicht. Allenfalls *Pinus sibirica* vermag stellenweise niederliegende Formen zu bilden.

In der Regel lässt sich aus der Stresstoleranz der am Waldaufbau beteiligten Baumarten ihr Vorkommen im Altai recht schlüssig ableiten (Tab. 2, Abb. 2). So wird verständlich, warum im trockenen und kontinentalen SO-Altai nur mehr die Lärche vorkommt, während sich die langlebige, schattenverträgliche Sibirische Kiefer in die höheren Gebirgslagen zurückzieht. Vor allem in Gebieten mit Trockenperioden (im kontinentalen Klima vorwiegend Frühjahr und Herbst) können in den Lärchenwäldern des Altai auch mehr oder minder regelmäßig Feuer auftreten. Im Fall von *Pinus sibirica* führt ein solches Ereignis meist zum Tod der Bäume, da die Kronen niedrig und die Nadeln harzreich sind (SUSLOV 1961). Die sibirische Lärche ist dagegen durch ihre dicke Borke und durch den weiten Stand der Bäume besser

Tab. 2: Stresstoleranz waldbildender Baumarten des Altai nach Angaben in HYTTERBORN et al. (2005). ++ Stresstoleranz sehr hoch, + Stresstoleranz hoch, 0 indifferent, – empfindlich gegenüber dem jeweiligen Merkmal.

	Max. Alter (Jahre)	Verträglichkeit von				
		Frost	Schatten	Feuer	Trockenheit	Nährstoffarmut
<i>Larix sibirica</i>	400-450 (-900)	++	–	++	++	+
<i>Betula pendula</i>	100-120 (-300)	++	–	0	+	++
<i>Populus tremula</i>	70-100 (-250)	0	–	–	–	0
<i>Abies sibirica</i>	200	++	++	–	–	–
<i>Pinus sibirica</i>	400 (-800)	++	++	–	–	+
<i>Picea obovata</i>		++	+	–	–	0

gegen Feuer geschützt (Tab. 2). Sehr typisch ist das Auftreten von *Chamerion angustifolium* in einem Wiederbesiedlungsstadium, bevor sich ein Vorwald aus Birke bzw. Zitterpappel etablieren kann.

In der alpinen Stufe lassen sich im wesentlichen drei Vegetationstypen unterscheiden, nämlich Spalierstrauchtundren (mit *Dryas oxyodonta*) in eher schneearmen, trockenen, Wiesentundren in eher schneereichen, feuchten Lagen, mit zahlreichen Abwandlungen, und alpine Schuttvegetation in der oberen alpinen Stufe, aber auch in tieferen Lagen auf den ausgedehnten Frostschuttflächen der semiariden Bergketten. Die russischen Kollegen unterscheiden den „Alpinen Landschaftstyp“ (gekennzeichnet durch ein zerklüftetes Hochgebirgsrelief) mit alpiner Wiesentundra (und subalpinen Hochstaudenfluren), den „Goltsy-Landschaftstyp“ (eher durch Plateaulagen mit mittelgebirgsartigem Charakter gekennzeichnet) mit *Dryas*-Spalierstrauchtundra (und subalpin-alpinen *Betula rotundifolia*-Gebüsch: „Sub-Goltsy“) und die Kryophyten-Steppe (vor allem im semiariden mongolischen Altai, mit *Kobresia myosuroides* und *Festuca kryloviana* auf Permafrost; Lashchinsky mdl.; s. auch KAMELIN 1998, 2005).

4.2 Vegetationsgliederung im Nordaltai

Im Nordaltai folgt auf die südliche Waldsteppenzone mit einem Mosaik aus *Stipa capillata*-Langgrassteppen und *Betula pendula*-Waldinseln (als hemiborealer sommergrüner Klimaxwald mit nemoraler Waldbodenflora; s. NIMIS et al. 1994, HOFFMANN & ERMAKOV 2008) auf den feuchteren und kühleren nordseitigen Hängen und in Geländemulden ab etwa 300 bis 400 m NN die montane (boreale) dunkle Taiga. In der Regel herrschen hier *Picea obovata*, *Abies sibirica*, *Pinus sibirica* mehr oder minder in gleichen Anteilen, durchsetzt von *Populus tremula* und *Betula pendula*. In besonders feuchten, niederschlags- und schneereichen Lagen (übrigens auch im Westsayan und im Salair-Gebirge südlich des Beckens von Novokuznetsk) kommt die Finstere (Schwarze) Taiga (russ. Chern' Taiga) vor, die von *Abies sibirica* geprägt ist (Abb. 2). Dieser Waldtyp steht auf tiefgründigen, nährstoffreichen Parabraunerden aus Löss mit stark ausgeprägtem B_c-Horizont (Fahlerde; orthieutric Albeluvisol): Der Boden ist wegen der bis zu zwei Meter mächtigen Schneedecke frostfrei, sodass sich auch im Winter ein reiches Bodenleben entfalten kann. Der Baumbestand besteht im wesentlichen aus *Abies sibirica* und *Populus tremula*, die unter diesen Bedingungen einer fast

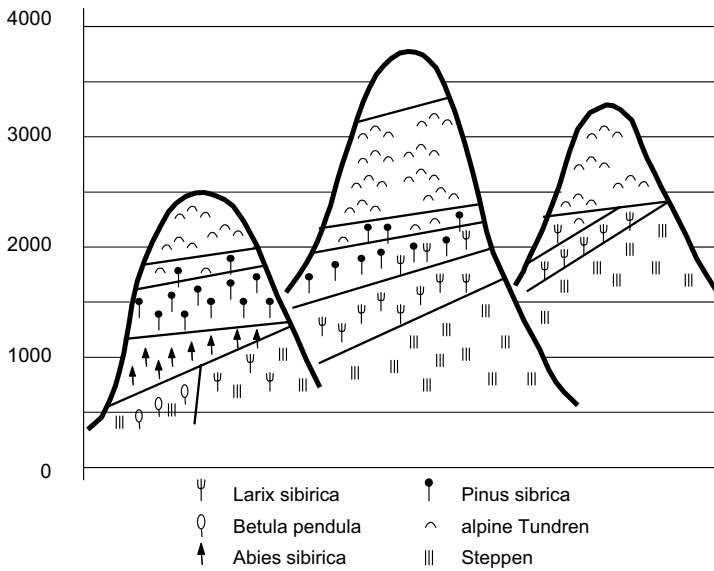


Abb. 2: Vegetationsgliederung des russischen Altai (Nord-, Zentral- und SO-Altai); nach KUMINOVA 1960 aus WALTER & BRECKLE 1986, verändert und ergänzt. Dargestellt sind die bestandesbildenden Baumarten (*Abies* = Finstere Taiga, *Larix* = Helle Taiga, *Pinus* = hochmontane Dunkle Taiga) sowie alpine Tundren und Steppen. Die subalpine Stufe ist als Mischtyp zwischen den beteiligten Baumarten und den alpinen Tundren dargestellt (hier mit *Betula nana* ssp. *rotundifolia*). Weiß = nivale Stufe.

schon nemoralen Situation als Klimaxbaumarten zu koexistieren vermögen: *Populus* verjüngt sich als Lichtbaumart durch Wurzelbrut auf Freiflächen, die innerhalb des Regenerationszyklus' dieser Urwälder nach dem Zusammenbruch der Tannen entstehen; dieser Verjüngungsprozess wird von bis zu vier Meter hohen subalpinen Hochstauden kontrolliert, die ein fast undurchdringliches Dickicht bilden. Zu ihnen gehören *Crepis sibirica*, *Heracleum dissectum*, *Senecio nemorensis*, *Cirsium helenioides*, *Angelica decurrens*, *Urtica dioica*, *Cacalia hastata*. *Abies* verjüngt sich dagegen durch Samen, die auf vermodernden Baumstämmen am reichlichsten keimen. Auch der Unterwuchs dieser Wälder ist überaus üppig und artenreich. Neben Sträuchern wie *Padus avium*, *Sorbus sibirica*, *Lonicera xylosteum* kommen zahlreiche Vertreter der mitteleuropäischen Waldbodenflora vor wie *Festuca gigantea*, *Adoxa moschatellina*, *Paris quadrifolia*, *Aegopodium podagraria* und andere. Die Artenzahl beträgt nach russischen Angaben 60 Farn- und Blütenpflanzen pro 100 m² (LASHCHINSKY & SMOLENTSEVA 2008).

In der mittleren montanen Stufe, also etwa zwischen 1000 und 1500 m NN sind in den Talagen des Nordaltai montane (Expositions-)Waldsteppen ausgebildet. Das Klima ist mit 300 bis 500 mm Jahresniederschlag und einer mittleren Jahrestemperatur zwischen 0,8 und -1,3 °C schon deutlich trockener und kontinentaler als der Nordrand des Gebirges. Somit treten hier auf den feuchteren und kühleren nordseitigen Hängen reine Lärchenwälder mit *Larix sibirica* auf, die nach russischen Angaben recht artenreich sind (76 Farn- und Blütenpflanzen pro 100 m²). Diese hohe Artenzahl ist vermutlich auf den (beweidungsbedingten?) lichten Stand des Waldgebiets am Exkursionspunkt zurückzuführen, wodurch zahlreiche Arten der angrenzenden Wiesensteppen gefördert werden. Die Wiesensteppen selber werden von einer Matrix aus Gräsern aufgebaut, in der *Stipa*-Arten (ähnlich wie bei den Wiesensteppen des Tieflands) deutlich zurücktreten; stattdessen dominieren *Phleum pratense*, *Festuca pratensis*, *Alopecurus pratensis* u. a. auch aus Mitteleuropa bekannte Arten. Zahlreiche Stauden machen

diese (einschürigen) Naturwiesen zu einem farbenprächtigen Erlebnis: *Dasystephana (Gentiana) macrophylla*, *Geranium pratense*, *Galium verum*, *Sanguisorba officinalis*, *Aconitum barbatum*, *Knorringia sibirica (Polygonum sibiricum)*, *Allium rubens*, *Nepeta sibirica* u. v. a. ERMAKOV et al. (1999) stellen diese Wiesen in die Ordnung Carici macrourae-Crepidetalia sibiricae innerhalb der Molinio-Arrhenatheretea. Bei regelmäßiger Mahd werden regenerationsfreudige Arten wie die Wiesengräser gefördert; solche Gesellschaften gehören dann in die Ordnung Arrhenatheretalia.

Grundsätzlich ist der Einfluss des Menschen auf die Ausbildung solcher Expositions-Waldsteppen nicht ganz geklärt (vgl. HILBIG 1995); für die mongolischen Gebirge weisen DULAMSUREN et al. 2005 (vgl. auch CHYTRÝ et al. 2008) nach, dass sie wohl als natürlich anzusehen sind, auch wenn sie durch Beweidung und Holzentnahme im Landschaftsbild stärker akzentuiert wurden.

In der oberen montanen Stufe herrschen häufig reine *Pinus sibirica*-Wälder, die nach oben zu immer lichter werden und kontinuierlich (sofern ungestört) in ein subalpines Waldgrenzökoton übergehen (Abb. 2). Die Waldgrenze liegt im Norden des Nordaltai bei 1700 m NN, in der Mitte (auf Höhe des Seminsky-Passes) bei 2000 m NN (KLINGE et al. 2003). *Pinus sibirica* kann hier durchaus ein Alter zwischen 400 und 600 Jahren erreichen; sie bildet an exponierten Stellen einen durch Schneebruch ausgelösten Harfenwuchs. Der weite Abstand der Bäume ist wohl auf Wurzelkonkurrenz zwischen den flach wurzelnden Bäumen zurückzuführen. Der Unterwuchs der Wälder besteht an nordseitigen Standorten mit sauren (oft auch flachgründigen) Braunerden aus einem dichten Gestrüpp aus *Betula rotundifolia* und den üblichen azidophytischen Moosen und borealen Florenelementen (z. B. *Linnaea borealis*); auf basenreichen Standorten (häufig südseitig) kommen Hochstauden wie *Veratrum lobelianum*, *Rhaponticum carthamoides* (deren Rhizome als leistungssteigernd gelten und deshalb häufig ausgegraben werden), *Trollius asiaticus*, *Aconitum krylovii*, *Saussurea latifolia*, *Deschampsia cespitosa* vor. ERMAKOV et al. (2000b) stellen diese Hochstaudenfluren in eine, den europäisch-sibirischen Raum umfassende Klasse Mulgedio-Aconitetea. Es ist bemerkenswert, dass im Gegensatz zu den Böden unter *Pinus cembra*-Wäldern in den Zentralalpen hier keine Podsole ausgebildet sind, sondern Braunerden (BUSSEMER et al. 1998).

Das Waldgrenzökoton zwischen Wald- und Baumgrenze ist strukturell durch einzeln stehende Baumgruppen aus *Pinus sibirica*, *Larix sibirica* und *Picea obovata* in einem bis zu kniehohen, windgeschorenen Gestrüpp aus *Betula rotundifolia* gekennzeichnet. Regelmäßig beigemischt sind *Salix glauca*, *Juniperus sibirica*, *Empetrum nigrum*, *Vaccinium*-Arten. Das Aussehen erinnert an subarktische Zwergstrauchtundren Nordsibiriens (HERMANN et al. 2004). Die Höhe der Vegetation wird durch die Schneehöhe bestimmt; in dem windausgesetzten Goltzi-Relief des Nordaltai haben die Zwergsträucher oberhalb der Schneedecke keine Entwicklungschance. Soweit Bäume vorkommen, sind die Stämme unmittelbar über der Schneedecke astfrei; darüber zeigen sie den für windausgesetzte Standorte typischen Fahnenwuchs. Mehrstämmigkeit (durch Bewurzelung niedergedrückter Zweige) ist bei *Picea* und *Larix* häufig; sie erhöht die Überlebensfähigkeit des Mutterbaums. Neuere Untersuchungen zum Verhalten von *Pinus sibirica* in der subalpinen Stufe haben ergeben, dass die Wald- und Baumgrenzen während der letzten 30 wärmeren Jahre sich nach oben zu verschieben beginnen (KHARUK et al. 2008).

Auf windausgesetzten Kuppen (Windkanten) siedelt schon in der subalpinen Stufe eine Spalierstrauchtundra aus *Dryas oxyodonta*, vergesellschaftet mit den üblichen polaren Strauchflechten wie *Alectoria ochroleuca*, *Thamnolia vermicularis*, *Cladonia rangiferina*, *C. stellaris* und einer Reihe von Grasartigen (*Luzula sibirica*, *Carex lederbouriana*). In der eigentlichen alpinen Stufe gelangt diese Vegetation zur Vorherrschaft; lediglich in windgeschützten Vertiefungen der Golez-Terrassen gibt es noch spalierartige Vorkommen von *Betu-*

la rotundifolia. Oberhalb von etwa 2200 m NN hört *Betula* ganz auf; auf etwas tiefgründigeren Böden kommt inselartig eine Wiesensteppe mit *Dasystephana* (*Gentiana*) *algida* vor.

4.3 Vegetationsgliederung im Zentralaltai

Der Zentralaltai ist aufgrund seiner von den feuchten Westwinden abgeschirmten Lage deutlich niederschlagsärmer und kontinentaler geprägt als der Nordaltai (Tab. 1). Im Talgrund und an den Südhängen kommen Kurzgrassteppen vor, in denen üblicherweise *Stipa krylovii*, *Cleistogenes squarrosa*, *Carex duriuscula*, *Agropyron cristatum* mit einer Reihe von *Artemisia*-Arten (*A. santolinifolia*, *A. borealis*, *A. frigida*) und verschiedenen kleinwüchsigen Halbsträuchern und Hemikryptophyten wie *Dracocephalum peregrinum*, *Heteropappus altai-cus*, *Echinops ritro* sowie als typischer Bestandteil von zentralasiatischen Kurzgrassteppen und Halbwüsten *Caragana pygmaea*. Die Vegetation deckt hier nur mehr rund 40 %. Alle Flächen sind beweidet, wodurch stellenweise *Artemisia frigida* zur Dominanz gelangt. Der Boden ist ein unterhalb des A_n-Horizonts (im C_k) mit Calciumkonkretionen angereicherter Kastanozem. Auf flachgründigen, steinigen Böden (primär; vermutlich aber auch sekundär durch Überweidung und Bodenverlust) treten petrophytische Arten wie die blattsukkulente Crassulacee *Orostachys spinosa*, *Alyssum*-Arten, *Goniolimon speciosum* (Plumbaginaceae) auf. Nach ERMAKOV et al. (2006) gehören alle diese Pflanzenbestände zur Klasse Cleistogenetea squarrosae, in der die zentralasiatischen Steppen zusammengefasst werden.

Recht häufig kommt im Übergang zwischen Steppe und Lärchenwald ein bis zu drei Meter hohes Gebüsch vor, das aus den Sträuchern *Rhododendron dauricum*, *Caragana arborescens* sowie im Unterwuchs aus verschiedenen *Spiraea*- und *Rosa*-Arten besteht. Recht typisch ist die überall in Zentralasien verbreitete *Cotoneaster*-Art *C. melanocarpa*. Das Gebüsch ist wohl nicht nur Primärvegetation an der Nahtstelle zwischen Nord- und Südhang, sondern kommt auch sekundär nach anthropogener Beseitigung der Baumschicht an Stelle von Wäldern vor, möglicherweise auch als Sukzessionsstadium nach Aufgabe der Beweidung auf waldfähigen Flächen. Dafür spricht, dass sowohl *Caragana arborescens* als auch *Rhododendron dauricum* im Wesentlichen die Strauchschicht in vielen Lärchenwäldern des Zentralaltai bilden.

Diese Lärchenwälder erinnern überhaupt stark an die helle Taiga Ostsibiriens, dort mit der besonders frostharten Art *Larix gmelinii*. Sie sind ebenso wie diese licht, was vermutlich auf dem für den Zentralaltai typischen kontinuierlichen Permafrost zurückzuführen ist. Einige zeigen den eben beschriebenen Strauchunterwuchs (und sind wohl mit der von HILBIG (1995) beschriebenen Gesellschaft *Rhododendro dahurici-Laricetum* vergleichbar), andere sind eher durch Steppenpflanzen in der Krautschicht charakterisiert; sie sind nach unten (talwärts) durch eine hygri-sche, nach oben (bergwärts) durch eine thermische Wald- bzw. Baumgrenze gekennzeichnet. Gegen den Talgrund scheinen Wald- und Baumgrenze zusammenzufallen: Die Waldgrenze ist scharf und verläuft in Abhängigkeit vom Relief (feuchte Tälchen, trockene Rücken) zapfenförmig. Die thermische Grenze ist dagegen wieder ähnlich wie im Nordaltai als Waldgrenzökoton ausgebildet: In der subalpinen Stufe lösen sich Lärchen- bzw. Zirbenwald in einzelne Baumgruppen auf (meist Polykormone eines Mutterbaums), die nach oben immer niedriger werden und schließlich bei einer Höhenlage um 2400 m NN ganz verschwinden.

Im Südostteil des Zentralaltai werden die Lärchenwälder südseitig durch Steppen ersetzt, die allerdings je nach Niederschlagssituation verschieden ausgebildet sind. Während in den feuchteren Gebieten des Zentralaltai, etwa im Katuntal östlich des Chike-Taman-Passes und auch noch im unteren Chuya-Tal bei Aktash Langgras-, partiell sogar Wiesensteppen vorkommen, findet man im Südosten um Kurai- und Chuya-Becken nur mehr Kurzgrassteppen mit Übergängen zu Halbwüsten. An den Südhängen der Kuray-Kette bei Chaganuzum folgt auf eine (wie unten beschriebene) Wüstensteppe eine *Stipa krylovii*-(Gebirgs-)Kurzgrassteppe.

pe ab etwa 2000 m NN mit *Helictotrichon altaicum*, *Festuca*-Arten, *Rheum compactum*, *Hedysarum austrosibiricum*, *Oxytropis tragacanthoides*. Ab etwa 2500 m NN sind lokal auf konsolidiertem Schutt niedrigwüchsige, lückige (alpine?) Wiesentundren mit *Poa botrychooides*, *Carex pediformis* und *Aster alpinus* verbreitet. Den weitaus größten Flächenanteil haben aber die das ganze Gebirge überziehenden Schuttmäntel, die nur spärlich bewachsen sind. Die Vegetation wird u. a. von *Lagopsis marrubiastrum* (Lamiaceae) und *Biebersteinia odora* (Geraniaceae, endemisch für den Altai; PYAK et al. 2008) gebildet (Lagopsietum marrubiastrum nach HILBIG 1995).

Oberhalb der Baumgrenze treten je nach Exposition und Lage innerhalb des Zentralaltai unterschiedliche Formen von Tundren auf. Ein nach Aussagen der russischen Kollegen besonders typisch ausgebildetes Vegetationsmosaik befindet sich in einigermaßen gut zugänglicher Lage auf dem Karagem-Pass zwischen der nördlichen und der südlichen Chuya-Kette auf etwa 2800 m NN. Von Norden her überquert man zunächst ein eher ebenes, windausgesetztes Plateau in einer Höhenlage zwischen 2500 und 2600 m mit kontinuierlichem Permafrost und den dazugehörigen Frostmusterböden (Texturböden in all ihren Erscheinungen wie beispielsweise eine „Medaillontundra“ mit an die Oberfläche gepresstem Mineralboden, verursacht durch Kryoturbationsvorgänge, Strukturböden als Steinkreispolymere und Girlanden, Gelifluktionsloben, deren Ränder mit *Betula rotundifolia* bewachsen sind). Die Jahresniederschläge liegen bei etwa 300 mm. Hier kommen ausgedehnte *Dryas oxyodonta*-Tundren mit *Kobresia myosuroides*, *Rhodiola quadrifida* (eine zentralasiatische Hochgebirgspflanze), *Carex sempervirens*, *Hierochloe alpina*, *Bistorta vivipara*, *Saussurea salicifolia*, *Salix nummularia* (arktisch-alpin in Asien und Nordamerika; HULTEN & FRIES 1986) vor. Nach Überquerung der schuttbedeckten Passhöhe (mit *Dryadanthe tetrandra*, deren Polster an die südalpine *Potentilla nitida* erinnern, und der Portulaccacee *Claytonia ioanneana*) gelangt man auf die regen- und schneereichere Südseite des Karagem-Tals (mit etwa 700 mm Jahresniederschlag) in blütenreiche Wiesentundren aus *Poa sibirica*, *Alopecurus alpinus*, *Deschampsia altaica*, *Schulzia crinata* (eine weiß blühende Apiacee), *Bistorta major*, *Pedicularis tristis*, *Hedysarum austrosibiricum*, *Dracocephalum grandiflorum*, *Trollius altaicus*, *Swertia obtusa* u. v. a. Schneeböden werden von *Salix reticulata* eingenommen. Quellmoore sind von *Allium schoenoprasum*, *Pyrethrum pulchrum*, *Rhodiola rosea*, *Aconitum baicalense* und *Saxifraga hirculus* bewachsen. Kleinmoore mit *Carex buxbaumii*, *C. bigelowii* ssp. *altaica* und *Eriophorum scheuchzeri* sind häufig.

Das zweifellos trockenste Gebiet des Zentralaltai ist das Chuya-Becken im Südosten, das von den Ausläufern der Chuya-Ketten im Süden und von der Kuray-Kette im Norden umgeben und damit weitgehend von eventuellen feuchteren Luftmassen aus dem Westen abgeschirmt ist. Vegetationsprägend ist die Unregelmäßigkeit, mit der Regen im Sommer fällt; es gibt Jahre, die fast gänzlich niederschlagsfrei bleiben. In der Vegetation wirkt sich dies durch das Fehlen von sukkulenten Zwiebel- und Knollen-Geophyten aus, wie sie sonst in Trockensteppen und Halbwüsten Zentralasiens durchaus typisch wären (wie beispielsweise die *Allium polyrhizum*-Halbwüsten in der Mongolei; HILBIG 1995). Stattdessen dominieren Horst-Hemikryptophyten wie *Allium bidentatum*, *Stipa glareosa*, *Agropyron pectinatum*, *Artemisia caespitosa*, *Bupleurum bicaule* sowie der Therophyt *Ceratocarpus arenarius* (Chenopodiaceae) als Steppenläufer. Die Vegetation nimmt eine Zwischenstellung zwischen einer Kurzgrassteppe und einer Halbwüste ein („Wüstensteppe“ nach russischer Nomenklatur); der Deckungsgrad der Vegetation liegt zwischen 10 und 20 %. Die Böden sind Leptosole aus pleisto- und holozänem Schutt, mit dem das Chuya-Becken aufgefüllt wurde; Steinpflasterböden mit Wüstenlack sind häufig.

Eine echte, vorwiegend von malakophyllen immergrünen Wüstenkleinsträuchern mit aus-

gedehntem Wurzelwerk gebildete Halbwüste gibt es am Nordwestrand des Chuya-Beckens bei Chaganuzun. Auf magnesium- und schwermetallhaltigem Schutt treten salz- und trockenheitsverträgliche Arten auf, die sonst erst viel weiter südlich wie im Uvs-Nuur-Becken der nordwestlichen Mongolei, im Tal der Seen am Nordrand des mongolischen Altai und in der Gobi vorkommen: Es sind dies die Chenopodiaceen *Anabasis brevifolia* und *Kochia prostrata*, die Fabacee *Caragana bungei*, die Tamaricacee *Reaumuria songarica*, ferner *Zygochillum pterocarpum*, *Convolvulus ammannii*, *Saussurea pricei* und *Ephedra monosperma*. Hinzu tritt der Altai-endemische Gänsefuß *Chenopodium frutescens* (intensiv nach faulem Fisch riechend). Demgegenüber wirken die Talauen der Chuya und ihrer Nebenflüsse geradezu üppig mit dem saftigen Grün ihrer Vegetation: Wo die Flussufer durch Eisschub gehölzfrei sind, kommen Wiesen aus *Carex enervis* vor. Sonst herrscht je nach Überflutungshäufigkeit entweder ein Weidengebüsch aus *Salix ledebouriana* oder ein lockerer Wald aus *Populus laurifolia* vor. Auffallend sind die Thermokarsterscheinungen hier wie im Kuray-Becken. Inmitten der Halbwüsten und Wüstensteppen treten mehr oder minder runde, von *Juniperus pseudosabina* bewachsene Flecken auf, in denen einzelne Individuen von *Larix sibirica* stehen. Das Abschmelzen des Permafrosts ermöglicht hier im ansonsten baumfreien Milieu Gehölzwuchs. Schließlich kann an den Talrändern austretendes Schmelzwasser des Permafrost die Bildung von Kleinmooren ermöglichen, in denen sogar der subarktisch-arktisch verbreitete Therophyt *Koenigia islandica* vorkommt (KÖNIG & RILKE 2004).

5. Ausblick

Verschiedene Autoren (u. a. PYAK et al. 2008) haben darauf hingewiesen, dass Flora und Vegetation durchaus in nicht unerheblichem Einfluss durch den Menschen stellenweise verändert werden. Das gilt vor allem für die gegen Belastungen besonders empfindlichen Vegetationstypen auf extremen Standorten, also in den Trockengebieten und im Hochgebirge oberhalb der Baumgrenze. In den Steppen ist es vor allem die Überbeweidung, die nicht nur die Vegetation zugunsten verbissresistenter Pflanzen verschiebt und empfindliche verschwinden lässt, sondern auch zu Wasser- und Winderosion führt. Aber auch außerhalb dieser besonders wenig belastbaren Gebiete kommen anthropogene Veränderungen vor, etwa entlang des Chuya-Highway. Beweidungsbedingte Ausweitung der Bergsteppen zuungunsten der Wälder und deren Auflichtung erschweren es an manchen Stellen zu beurteilen, ob Vegetationsgrenzen natürlich sind oder nicht. Im Gebiet des Seminsky-Passes, wo schon zu Sowjetzeiten ein Trainingsgebiet für Skifahrer etabliert war und das sowjetische Militär einen Übungsplatz unterhielt, sind diese Veränderungen besonders deutlich. Sie bestehen in einer flächenhaft erheblichen Ausweitung synanthroper Vegetation mit ruderalen Wiesenarten wie *Alchemilla vulgaris* agg., *Deschampsia caespitosa*, *Potentilla anserina* u. a. an Stelle von *Pinus sibirica*-Wäldern und Hochstaudenfluren (TIMOSHOK et al. 2001).

6. Zusammenfassung

Der russische Altai gehört dank seiner Lage an der Nahtstelle von mitteleuropäisch-west-sibirischer, pontisch-südsibirischer, zentralasiatischer und zentralsibirisch-aurischer Florenregion zu den artenreichsten Gebieten von Nord-, Mittel- und Zentralasien. Beträchtliche Höhenunterschiede (zwischen 200 und über 4500 m NN) und ein steiler NW-SO-Klimagradient (von eher ozeanisch getönten Gebirgslagen bis zu ausgesprochen trocken-kontinentalen Becken) auf rund 300 km Luftlinie ermöglichen ein breites Spektrum an Vegetationstypen. So kommen hemiboreale *Abies sibirica*-Wälder (Finstere Taiga) mit nemoralen Waldarten in feuchten, schneereichen Lagen vor, während im Zentral- und SO-Altai (hier nur mehr auf den Schattenhängen des Gebirges) *Larix sibirica*-Wälder mit daurischen Florenelementen wie

Rhododendron dauricum vorherrschen (Helle Taiga); diese Wälder zeigen eine untere (hygrische) Wald- und eine obere (thermische) Baumgrenze. Auch die Ausbildung der Offenlandvegetation folgt dem Klimagradienten: Während im NW intramontan noch hochwüchsige und blütenreiche Wiesensteppen vorkommen, dominieren im Zentrum Lang- und Kurzgrassteppen; im Chuya-Becken gibt es sogar die ersten Halbwüsten. Die subalpine Stufe zwischen Wald- und Baumgrenze (meist *Pinus sibirica* und/oder *Larix sibirica*) ist als Waldgrenz-Ökoton ausgebildet und wird entweder von Hochstaudenfluren oder von einem Gebüsch aus *Betula nana* ssp. *rotundifolia* beherrscht. In der alpinen Stufe kommen neben Spalierstrauchtundren aus *Dryas oxyodonta* alpine Wiesentundren, Polsterfluren und Schuttvegetation vor; letztere ist vor allem typisch für den Südostaltai und enthält eine Reihe von Endemiten. Die Vegetation wird entlang eines Transekts von Biysk nach Kosh-Agach beschrieben und diskutiert.

7. Danksagung

Ich danke Prof. Dr. Christian Siewert von der FH Weihenstephan für die Vermittlung der Kontakte in Russland, Dr. Pavel und Anton Barsukov und ihren Mitarbeitern für die Organisation und ganz besonders meinem Kollegen Dr. Nikolay Lashchinsky für die zahlreichen fruchtbaren und inspirierenden Diskussionen vor Ort.

8. Literatur

- AESCHIMANN, D., LAUBER, K., MOSER, D.M. & THEURILLAT, J.-P. (2004): Flora alpina. Band 1. – Verlag Haupt, Bern.
- BARTHLOTT, W., MUTKE, J., RAFIQPOOR, M. D., KIER, G. & KREFT, H. (2005): Global centres of vascular plant diversity. – *Nova Acta Leopoldina* **342**: 61-83. Halle.
- BERG, L.S. (1959): Die geographischen Zonen der Sowjetunion. Band II. – B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig: 604 S.
- BUSSEMER, S. (1999): Bemerkungen zur Forschungsgeschichte, Landschaftsgenese und Naturraumgliederung im Bergaltai. – *Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft München* **84**: 13-33.
- BUSSEMER, S., PESCHKE, W. & SCHMAKOV, A. (1998): Die Braunerden des Altai unter dem besonderen Aspekt zonaler Bodenbildungen. – *Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft München* **83**:101-136.
- CHYTRÝ, M., DANIHELKA, J., KUBEŠOVA, S., LUSTYK, P., ERMAKOV, N., HÁJEK, M., HÁJKOVÁ, P., KOČÍ, M., OTYPKOVÁ, Z., ROLEČEK, J., REZNIČKOVÁ, M., ŠMARDA, P., VALACHOVIČ M., POPOV, D. & PIŠŮT, I. (2008): Diversity of forest vegetation across a strong gradient of climatic continentality: Western Sayan Mountains, southern Siberia. – *Plant Ecology* **196**: 61-83.
- DULAMSUREN, C., HAUCK, M. & MÜHLENBERG, M. (2005): Ground vegetation in the Mongolian taiga forest-steppe ecotone does not offer evidence for the human origin of grasslands. – *Applied Vegetation Science* **8**:149-154.
- ERMAKOV, N., MALTSEVA, T. & MAKUNINA, N. (1999): Classification of Meadows of the South Siberian Uplands and Mountains. – *Folia Geobotanica* **34**: 221-242.
- ERMAKOV, N.B., DRING, J. & RODWELL, J. (2000a): Classification of Continental Hemiboreal Forests of North Asia. – *Braun-Blanquetia* **28**: 131 pp.
- ERMAKOV, N.B., SHAULO, D. & MALTSEVA, T. (2000b): The class Mulgedio-Aconitetea in Siberia. – *Phytocoenologia* **30**: 145-192.
- ERMAKOV, N.B., CHYTRÝ, M. & VALACHOVIČ, M. (2006): Vegetation of the rock outcrops and screes in the forest-steppe and steppe belts of the Altai and Western Sayan Mts, southern Siberia. – *Phytocoenologia* **36**: 509-545.
- FICKELER, P. (1925): Physiogeographische Skizze des Russischen und Mongolischen Altai. – *Die Naturwissenschaften* **13**: 629-635.
- FRANZ, H.-J. (1973): Physische Geographie der Sowjetunion. – VEB Hermann Haack, Gotha, Leipzig: 545 S.
- HERMANN, J.-M., KLEBE, S., RAUBER, C. & PFADENHAUER, J. (2004): Siberia 2000 – Excursion

- Report. Berichte des Lehrstuhls für Vegetationsökologie **1**, 336 S. Freising.
<http://www.wzw.tum.de/vegoek/publicat/berichte/blv1/blv1.html>
- HILBIG, W. (1995): The Vegetation of Mongolia. – SPB Academic Publishing, Amsterdam.
- HILBIG, W. (2000): Kommentierte Übersicht über die Pflanzengesellschaften und ihre höheren Syntaxa in der Mongolei. – Feddes Repertorium **111**: 75-120.
- HILBIG, W. & KNAPP, H.D. (1983): Vegetationsmosaik und Florenelemente an der Wald-Steppen-Grenze im Chentey-Gebirge (Mongolei). – Flora **174**: 1-89.
- HOFFMANN, M.H., TELYATNIKOV, M.Y. & ERMAKOV, N. (2001): Phytogeographical analysis of plant communities along an altitudinal transect through the Kuraiskaya basin (Altai, Russia). – Phytocoenologia **31**: 401-426.
- HOFFMANN, M.H. & ERMAKOV, N.B. (2008): Biogeographical study of West Siberian hemiboreal forest associations with species range overlay methods. – Flora **202**: 234-242.
- HULTÉN, E. & FRIES, M. (1986): Atlas of North European Vascular Plants north of the Tropic of Cancer. Vol. I, II and III. – Koeltz Scientific Books, Koenigstein.
- HYTTEBORN, H., MASLOV, A.A., NAZIMOVA, D.I. & RYSIN, L.P. (2005): Boreal Forests of Eurasia. – In Anderson, F. (ed.), Coniferous Forests. Ecosystems of the World **6**: 23-99.
- KAMELIN, R.V. (1998): Materials on the history of the flora in Asia. Altai Mountain Country. – Altaiskiy University, Barnaul, Russia, 240 pp, in Russian.
- KAMELIN, R. V. (ed.) (2005): Flora of the Altai. Vol. 1. Lycopodiophyta, Equisetophyta, Polypodiophyta. – AzBuka, Barnaul. In Russian, with English introduction.
- KHARUK, V.I., DVINSKAYA, M.L., IM, S.T. & RANSON, K.J. (2008): Tree Vegetation of the Forest-Tundra Ecotone in the Western Sayan Mountains and Climatic Trends. – Russian Journal of Ecology **39**, 8-13.
- KLINGE, M., BÖHNER, J. & LEHMKUHL, F. (2003): Climate patterns, snow- and timberlines in the Altai mountains, Central Asia. – Erdkunde **57**: 296-308.
- KÖNIG, P. & RILKE, S. (2004): Vegetation pattern within a thermokarst landscape in the central Altai Mountains (West Siberia). – Feddes Repertorium **115**: 574-584.
- KOROTKOV, K.O., MOROZOVA, O.V. & BELONOVSKAJA, E.A. (1991): The USSR vegetation syntaxa prodromus. – Dr.G.E.Vilchek Publ., Moscow.
- KUMINOVA, A.V. (1960): The vegetation of the Altai. – Novosibirsk, 450 pp., in Russian.
- LASHCHINSKY, N. & SMOLENTSEVA, E. (2008): Guide Book for the summer school „Vegetation and landscapes of West Siberia“. – Siberian Institute for Ecological Initiatives, Novosibirsk, n.p., 61 pp.
- MALYSHEV, L.I., PESHKOVA, G.A. & BAIKOV, K.S. (eds.) (2007): Flora of Siberia. Vol. 14. Additions and Corrections. Alphabetical Indexes. – Science Publishers Enfield, USA.
- MEUSEL, H., JÄGER, E. & WEINERT, E. (1965): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. Text. – VEB G. Fischer Verlag, Jena, 583 S.
- MEUSEL, H. & JÄGER, E.J. (Hsg.) (1992): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. Band III. – G. Fischer Verlag Jena, Stuttgart, New York, 422-688.
- NIMIS, P.L., MALYSHEV, L.I. & BOLOGNINI, G. (1994): A phytogeographic analysis of birch woodlands in the southern part of West Siberia. – Vegetatio **113**: 25-39.
- PYAK, A.I., SHAW, S.C., EBEL, A.L., ZVEREV, A.A., HODGSON, J.G., WHEELER, B.D., GASTON, K.J., MORENKO, M.O., REVUSHKIN, A.S., LOTUKHOV, Y.A. & OYUNCHIMEG, D. (2008): Endemic Plants of the Altai Mountain Country. – WildGuides Ltd., Old Basing, UK., 368 pp.
- REVYAKINA, N. & REVYAKIN, V. (2004): Altai. In Burga, C.A., Klötzli, F. & Grabherr, G. (Hsg.), Gebirge der Erde. Landschaft, Klima, Pflanzenwelt. – Verlag E. Ulmer, Stuttgart, S. 144-150.
- SCHROEDER, F.-G. (1998): Lehrbuch der Pflanzengeographie. – Quelle & Meyer Verlag, Wiesbaden, 457 S.
- SUSLOV, S.P. (1961): Physical Geography of Asiatic Russia. – W. H. Freeman and Company, San Francisco and London.
- TAKHTAJAN, A. (1986): Floristic Regions of the world. – University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London, 522 pp.
- TIMOSHOK, E.E., SKOOKHODOV, S.N. & VOROBYEV, V.N. (2001): Synanthropization of Vegetation in the Upper Belts of the Seminskii Range (the Altai Mountains). – Russian Journal of Ecology **32**: 78-84.
- WALTER, H. (1974): Die Vegetation Osteuropas, Nord- und Zentralasiens. – G. Fischer Verlag, Stuttgart, 452 S.
- WALTER, H. & BRECKLE, S.-W. (1986): Ökologie der Erde. Band III. Spezielle Ökologie der gemäßigt-

ten und arktischen Zonen Euro-Nordasiens. – G. Fischer Verlag, Stuttgart, 587 S.
ZEPP, H. (2008): Geomorphologie. 4. Auflage. – Schöningh, Stuttgart, 385 S.

Anschrift des Verfassers:

Univ.-Prof. Dr. Jörg Pfadenhauer, Lehrstuhl für Vegetationsökologie, Technische Universität München, Am Hochanger 6, 84350 Freising

email: pfadenha@wzw.tum.de