

# **GREIFSWALDER GEOGRAPHISCHE ARBEITEN**

---

Institut für Geographie und Geologie der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Band 36

## **Die Naturräume des Biosphärenreservates Issyk-Kul in Kirgisistan. Eine landschaftsökologische Studie an Transekten**

von  
**Hagen Gottschling**

Der vorliegende Band entspricht im wesentlichen der von der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald 2003 angenommenen und erfolgreich verteidigten gleichlautenden Dissertation.

**GREIFSWALD 2006**

---

**ERNST-MORITZ-ARNDT-UNIVERSITÄT GREIFSWALD**

## Impressum

ISBN 3-86006-247-6

Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Herausgabe: Konrad Billwitz

Redaktion: Konrad Billwitz

Layout: Konrad Billwitz, Hagen Gottschling

Karten / Graphiken: Hagen Gottschling

Satz: Hagen Gottschling

Herstellung: dpc digital print centre Greifswald

KIEBU-Druck Greifswald

Gedruckt auf umweltfreundlichem Papier (Biotop 3).

---

Für den Inhalt ist der Autor verantwortlich. Die Fotorechte liegen beim Autor.

## Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen von Studien des Tropenökologischen Begleitprogramms (TÖB) der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH zur Erarbeitung von landschaftsökologischen und sozioökonomischen Grundlagen für das Biosphärenreservat Issyk-Kul in Kirgisistan. Die Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit zwischen der Kirgisischen Staatlichen Nationalen Universität Bischkek (Fakultät für Geographie und Ökologie), der Kirgisischen Akademie der Wissenschaften in Bischkek und der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald (Botanisches Institut) durchgeführt. Wissenschaftliche Leiter waren Prof. A. OSMONOV und Prof. Dr. M. SUCCOW.

Ich danke Herrn Prof. Dr. M. SUCCOW für die Vergabe des Themas und für die Möglichkeit, die grossartigen Landschaften des Tienschan und deren gastfreundliche Bewohner kennenzulernen. Herrn Dr. habil. D. KOPP gilt mein herzlicher Dank für die konzeptionelle Orientierung und für die Ermutigung, viele Dinge zu hinterfragen. Herrn Prof. Dr. A. KOWALKOWSKI (Kielce) danke ich für die Durchsicht der Bodenprofile und für zahlreiche Hinweise zu den Böden. Meinen kirgisischen Partnern TURGUNBEK NARIKEEV und Dr. TOLKUNBEK ASYKULOV danke ich für die große Hilfe und für die gemeinsame Zeit, die wir in den letzten Jahren miteinander verbringen durften, wobei ich viel von ihnen lernen konnte. Herrn cand. nauk GEORGY LAZKOV (Bischkek) danke ich für die zuverlässige Bestimmung der Pflanzen. Herrn cand. nauk S. I. VORONOV und Frau B. A. MAMYTOVA vom Institut für Biologie und Bodenkunde der Akademie der Wissenschaften Kirgistans in Bischkek danke ich für die Ansprache der Bodenprofile nach der kirgisischen Bodensystematik. Den Mitarbeitern der Bodenlabore des Kirgizgiprozem, des Geologischen Institutes und des Chemischen Institutes in Bischkek danke ich für die Analyse der Bodenproben. Zahlreichen kirgisischen Wissenschaftlern danke ich für anregende Diskussionen und für wichtige Einblicke in die kirgisischen Naturräume: Herrn Akademiemitglied Prof. Dr. A. M. MAMYTOV, Prof. ASANALIEV, Herrn E. BARYKTABASOV, Herrn Doz. D. DYAMGYRTSHIEV, Herrn Dr. R. N. IONOV, Herrn JAKOVLEV, Prof. KADYRKULOV, Frau A. KENDYRBAEVA, Frau B. A. MAMYTOVA, Prof. A. OSMONOV, Herrn Doz. T. TSCHODURAEV, Prof. KARABAEV, Herrn Dr. S. I. VORONOV. Den Mitarbeitern des Projektbüros Biosphärenterritorium Ysyk-Köl, insbesondere Frau R. JEENBAEVA und Herrn T. HARDER danke ich für die Unterstützung bei der Vorbereitung der Geländearbeiten. Weiterhin danke ich den Fahrern ALMAZ, BAKEN, ERKIN und ESEN für ihre Unterstützung. Den damaligen Diplomandinnen ILKA BEUTELL, TANJA ENGELKE und ANNE ZEMMRICH sowie ALMUT SPANGENBERG danke ich für die gemeinsamen Feldarbeiten zu Beginn des Projektes. Ganz besonders danke ich den kirgisischen Familien in den Bergen für ihre Gastfreundschaft, die herzliche Aufnahme und die Unterstützung bei den Feldarbeiten. Den Mitarbeitern des Bodenlabors des Botanischen Institutes der Universität Greifswald, Herrn U. MÖBIUS und Frau G. ADAM danke ich für die zuverlässige Analyse der großen Zahl von Bodenproben. Weiterhin danke ich dem Bodenlabor des Geologischen Landesamtes für die Möglichkeit, die Kationenaustauschkapazität von zahlreichen Bodenproben zu analysieren. Herrn Dr. MICHAEL MANTHEY danke ich für die Bestimmung einiger Moose und Frau Dr. habil. BIRGIT LITTERSKI für die Bestimmung der Wanderflechten. Herrn Prof. Dr. H. FREITAG danke ich für die Revision der Herbarexemplare der Chenopodiaceen. Herrn Dr. habil. HEIKO HÜNECKE, Greifswald, danke ich für die Unterstützung bei der Interpretation der geologischen Karten des Untersuchungsgebietes. RONALD GOTTSCHLING (Potsdam) danke ich für die Unterstützung bei der Anfertigung der Grafiken und die Einführung in das Programm Corel Draw. Frau Dr. SVENJA TIDOW (Wackerow), Frau Dr. HEIKE KAHLERT, Herrn MATTHIAS KAHLERT (Guest) und meiner Frau SIMONE GOTTSCHLING danke ich für das Korrekturlesen. Herrn Dr. TIEMO TIMMERMANN (Greifswald) danke ich für die kritische Durchsicht der Arbeit. Dem

Institut für Geographie und Geologie der Greifswalder Universität danke ich für die Möglichkeit, die Arbeit in den „Greifswalder Geographischen Arbeiten“ zu publizieren, Herrn Prof. Dr. KONRAD BILLWITZ für die erforderlichen Redaktionsarbeiten und Frau BRIGITTA LINTZEN für die Bearbeitung mehrerer Grafiken und die Hilfe bei der technische Vorbereitung der Arbeit zum Druck.

### **Technische Hinweise zur Transkription**

Die kyrillischen Buchstaben der russischen Sprache werden nach der englischen Transkription entsprechend The New Encyclopaedia Britannica (1997), Volume 22, S. 681 wiedergegeben. Die offizielle deutsche Schreibweise für das Untersuchungsland ist „Kirgisistan“. „Kyr-gyzstan“ ist die englische Schreibweise und die Transkription aus der russischen und kirgisischen Sprache.

### **Technische Hinweise zur beiliegenden CD-ROM**

Der Umfang der Arbeit und die Beigabe farbiger Abbildungen und Fotos zwangen dazu, einen großen Teil der Tabellen, Abbildungen und Fotos auf einer CD beizugeben. Im vorliegenden Text wurden die Verweise auf die CD-Anlagen grau unterlegt. Diese Daten sind als .doc-, .jpg-, .pdf- und als .xls-Dateien lesbar. Damit wird gewährleistet, dass beim Lesen der vorliegenden Arbeit eine parallele Betrachtung der Tabellen, Abbildungen und Fotos von der CD möglich wird.

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	I
Tabellenverzeichnis.....	V
Abbildungsverzeichnis.....	VII
Fotoverzeichnis.....	IX
1 EINLEITUNG .....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Zielstellung vorliegender Arbeit.....	3
1.3 Stand der landschaftsbezogenen Forschung.....	3
2 EINFÜHRUNG IN DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET .....	7
2.1 Geographische Lage.....	7
2.2 Geologie und Relief.....	10
2.3 Klimatische Bedingungen .....	12
2.4 Böden, Bodengeographische Einordnung.....	14
2.5 Flora, Vegetation, Pflanzengeographische Einordnung.....	15
2.6 Gewässer.....	17
2.7 Naturräumliche Bedingungen der Landnutzung .....	18
2.8 Sozioökonomische Bedingungen der Landnutzung.....	20
3 METHODEN .....	27
3.1 Landschaftsökologischer Ansatz .....	27
3.2 Landschaftsökologische Feldarbeiten, Transektmethode .....	30
3.3 Erfassung von Bodenmerkmalen.....	31
3.3.1 Aufnahme der Bodenprofile .....	31
3.3.2 Laboranalysen.....	35
3.4 Erfassung von Vegetationsmerkmalen .....	38
4 TYPISIERUNG UND CHARAKTERISIERUNG VON NATURRÄUMEN IN DER TOPISCHEN DIMENSION .....	39
4.1 Boden .....	40
4.1.1 Zur systematischen Ordnung der Böden in Kirgisistan .....	40
4.1.2 Gliederung der Böden nach dem Bodenformenkonzept.....	46
4.1.3 Kennzeichnung und Abstufung von Bodenmerkmalen.....	48
4.1.4 Bodensubstrate und Substratprofile .....	56
4.1.5 Bodenhorizonte.....	60
4.1.6 Bodentypen.....	65
4.1.6.1 Syroseme .....	68
4.1.6.2 Buroseme.....	68
4.1.6.3 Kastanoseme .....	73
4.1.6.4 Kastano-Tschernoseme .....	82
4.1.6.5 Tschernoseme .....	84
4.1.6.6 Brauntschernoseme.....	94
4.1.6.7 Braunerden .....	96
4.1.6.8 Semihydromorphe und hydromorphe Böden.....	102
4.1.7 Merkmale der Boden(unter)typen: Eine zusammenfassende Darstellung .....	105
4.1.8 Vergleich der ausgeschiedenen Boden(unter)typen mit der kirgisischen Boden- klassifikation.....	105
4.1.9 Bodenformen .....	115

4.1.10	Zustandsänderungen von Böden.....	115
4.2	Reliefform .....	119
4.3	Klima.....	121
4.3.1	Höhenstufenklimatypen (chorische Kennzeichnung).....	121
4.3.2	Klimaformen (topische Kennzeichnung) .....	126
4.4	Substratwasserform.....	128
4.4.1	Zur ökologischen Feuchtestufe.....	130
4.5	Vegetation .....	131
4.5.1	Kirgisische Systeme der Vegetationsklassifikation.....	131
4.5.2	Das Vegetationsformenkonzept .....	134
4.5.3	Vegetationsformen im Untersuchungsgebiet .....	135
4.5.3.1	Überblick über Pflanzenformationen .....	135
4.5.3.2	Überblick über vorläufige Vegetationsformen .....	138
4.5.4	Zur Anwendbarkeit des Vegetationsformenkonzeptes im Tienschan.....	153
4.6	Zustandsänderungen von Naturraumeigenschaften .....	159
4.7	Naturraumformen .....	161
5	NATURRAUMMOSAIKE .....	163
5.1	Zu Gesetzmäßigkeiten der Bodenverteilung.....	164
5.2	Prinzipien der Höhenstufengliederung .....	169
5.3	Beschreibung der Höhenstufen .....	173
5.3.1	Höhenstufen im Transekt 1: Kara-Koo.....	174
5.3.2	Höhenstufen im Transekt 2: Bosteri.....	189
5.3.3	Höhenstufen im Transekt 3: Tschön-Örykty .....	193
5.3.4	Höhenstufen im Transekt 4: Santasch.....	206
5.3.5	Höhenstufen im Transekt 5: Arabelsu .....	209
5.3.6	Höhenstufen im Transekt 6: Ak-Shirak .....	213
5.4	Zur Charakterisierung und Kartierung von chorischen Naturraum-Arealen.....	216
6	ZUSTANDSÄNDERUNGEN DURCH BEWEIDUNG UND WEIDETRAGFÄHIGKEIT .....	219
7	ZUSAMMENFASSUNG .....	227
8	QUELLENVERZEICHNIS.....	231
8.1	Literaturverzeichnis .....	231
8.2	Kartenverzeichnis .....	242
ANHANG .....		220
Verzeichnis der auf der beigefügten CD-ROM dargestellten Tabellen, Abbildungen und Fotos		

**Tabellenverzeichnis** (S = Seite im laufenden Text; CD = auf der CD im Anhang)

Tab.-Nr.	Titel der Tabelle	S/CD
Tabelle 3.1-01	Komponentengliederung für Naturraumformen in der topischen Dimension unter Einbeziehung der Naturräume des Biosphärenreservates Issyk-Kul in Kirgisistan	28
Tabelle 3.2-01	Koordinaten von Bodenprofilen.	CD
Tabelle 4.1-01	Hierarchische Ordnung in der kirgisischen Bodensystematik und Kriterien für die Ausscheidung und Charakterisierung der verschiedenen Ebenen.	40
Tabelle 4.1-02	Geographische Bodengruppen der Kirgisischen Bodenklassifikation	41
Tabelle 4.1-03	Klassifikation der Böden Kirgisistans	42-45
Tabelle 4.1-04	Semihydromorphe und hydromorphe Böden in Kirgisistan	45
Tabelle 4.1-05	Abstufung der Humusgehalte und Zuordnung von Bodentypen nach ihren Humusgehalten im Oberboden	48
Tabelle 4.1-06	Abstufung der Carbonatgehalte	48-49
Tabelle 4.1-07	Prozentualer Anteil von Proben mit Carbonat in verschiedenen pH-Bereichen	51
Tabelle 4.1-08	Abstufung der $pH_{(KCl)}$ -Werte und Zuordnung von Basensättigungsgraden	52
Tabelle 4.1-09	Löslichkeit von Salzen in Wasser bei 20 °C	54
Tabelle 4.1-10	Schätzung der Salzart aus Quotient von $EL_{2,5} : EL_5$	55
Tabelle 4.1-11	Abstufung der elektrischen Leitfähigkeit ( $EL_{2,5}$ )	55
Tabelle 4.1-12	Gliederung der Gesamtbodenart nach Skelettanteil	57
Tabelle 4.1-13	Untergliederung des Bodenskeletts	57
Tabelle 4.1-14	Körnungsarten und Körnungsartengruppen	57-58
Tabelle 4.1-15	Vergleich der Korngrößenfraktionen nach der Einteilung von KA-CHINSKIY und der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft	58
Tabelle 4.1-16	Gliederung der Substratarten	59-60
Tabelle 4.1-17	Bezeichnung der Substratfolge mineralischer Böden bei Schichtwechsel	60
Tabelle 4.1-18	Gliederung und Charakterisierung der Bodenhorizonte	61-63
Tabelle 4.1-19	Benennung der Einzelprofile nach Bodenformen, Kirgisischer Bodenklassifikation und FAO (geordnet nach Bodentypen)	CD
Tabelle 4.1-20	Benennung der Einzelprofile nach Bodenformen, Kirgisischer Bodenklassifikation und FAO (geordnet nach Profil-Nummern)	CD
Tabelle 4.1-21	Profilsprache der untersuchten Böden im Issyk-Kul-Gebiet	CD
Tabelle 4.1-22	Analysendaten der untersuchten Bodenprofile im Issyk-Kul-Gebiet	CD
Tabelle 4.1-23	Übersicht über die erfaßten Bodentypen und Untertypen im Issyk-Kul-Gebiet	66-68
Tabelle 4.1-24	Untertyp der Syroseme	68
Tabelle 4.1-25a	Untertypen der Buroseme	69
Tabelle 4.1-25b	Untertypen der Buroseme	69
Tabelle 4.1-25c	Untertypen der Buroseme	69-70
Tabelle 4.1-26a	Untertypen der Kastanoseme	75
Tabelle 4.1-26b	Untertypen der Kastanoseme	75-76
Tabelle 4.1-26c	Untertypen der Kastanoseme.	76-77

Tabelle 4.1-27	Vergleich von Humusgehalten und Humusvorräten von Dunklen Kastanosemen aus Kalkschluff unter Steppen-Vegetation und bei Bewässerungsfeldbau	82
Tabelle 4.1-28a	Untertypen der Kastano-Tschernoseme	83
Tabelle 4.1-28b	Untertypen der Kastano-Tschernoseme	83
Tabelle 4.1-29a	Untertypen der Tschernoseme	86
Tabelle 4.1-29b	Untertypen der Tschernoseme	86-87
Tabelle 4.1-29c	Untertypen der Tschernoseme	88
Tabelle 4.1-30	Brauntschernosem	94
Tabelle 4.1-31a	Untertypen der Braunerde	97-98
Tabelle 4.1-31b	Untertypen der Braunerde	98-99
Tabelle 4.1-32	Salzfreie semihydromorphe und hydromorphe Böden	102-103
Tabelle 4.1-33	Salzhaltige semihydromorphe und hydromorphe Böden	104
Tabelle 4.1-34	Wertespannen ausgewählter Bodenmerkmale von anhydromorphen Boden(unter)typen im Issyk-Kul-Gebiet	106-107
Tabelle 4.1-35	Bodenbezeichnungen der untersuchten Profile nach der kirgisischen Bodenklassifikation auf dem Niveau der Bodentypen und -subtypen	109-110
Tabelle 4.1-36	Korrelation der ausgeschiedenen Boden(unter)typen mit der kirgisischen Bodenklassifikation	112+CD
Tabelle 4.1-37	Bodenformen als Kombination aus Boden(unter)typ und Substratfolgetyp	114+CD
Tabelle 4.1-38	Veränderung der Humusgehalte und Humusvorräte durch Bewässerungsfeldbau bei Normalem Burosem, Hellen und Dunklen Kastanosemen.	118
Tabelle 4.2-01	Einteilung der Hänge nach Neigungsstufen.	119
Tabelle 4.3-01	Höhenstufenklimatypen in den Untersuchungsgebieten im Issyk-Kul-Gebiet.	122+CD
Tabelle 4.3-02	Kombination von „Vegetationsklimatyp“ und relativer Höhenstufe mit Angabe der „Klimaregionen“ in denen sie vorkommen	125
Tabelle 4.3-03	Geschätzte mesoklimatische Feuchtestufen mit charakteristischen Boden- und Vegetationstypen	127
Tabelle 4.4-01	Formen des Substratwassers	128-129
Tabelle 4.5-01	Vegetationsformationen im Issyk-Kul-Gebiet	136-138
Tabelle 4.5-02	Vegetationstabelle der niederschlagsärmeren Transekte 1, 5, 6 im südwestlichen Issyk-Kul-Becken und Zentralen Tienschan	CD
Tabelle 4.5-03	Vegetationstabelle der niederschlagsreicheren Transekte 2, 3 und 4 im nördlichen und östlichen Issyk-Kul-Becken	CD
Tabelle 4.5-04	Liste der Pflanzenarten im Issyk-Kul-Gebiet aus den Vegetationsaufnahmen der Transekte 1, 2, 3, 4, 5, 6	139-149+CD
Tabelle 4.5-05	Vegetationsformationen und vorläufige Vegetationsformen im Issyk-Kul-Gebiet in den Transekten 1, 2, 3, 4, 5, 6	150-153
Tabelle 4.7-01	Naturraumformen im Transekt 1: Kara-Koo, im südwestlichen Issyk-Kul-Becken	CD



Tabelle 4.7-02	Naturraumformen im Transekt 2: Bosteri, im mittleren nördlichen Issyk-Kul-Becken	CD
Tabelle 4.7-03	Naturraumformen im Transekt 3: Tschon-Örykty, im nordöstlichen Issyk-Kul-Becken	CD
Tabelle 4.7-04	Naturraumformen im Transekt 4: Santasch, im östlichen Issyk-Kul-Becken	CD
Tabelle 4.7-05	Naturraumformen im Transekt 5: Arabel-Syrte im Zentralen Tienschan	CD
Tabelle 4.7-06	Naturraumformen im Transekt 6: Ak-Shirak, im Zentralen Tienschan	CD
Tabelle 5.1-01	Vorkommen der Körnungsartengruppen Sand, Lehm und Schluff in Abhängigkeit von der Exposition bei verschiedenen Boden(unter)typen	168
Tabelle 5.3-01	Höhengrenzen des Vorkommens der Tienschan-Fichte ( <i>Picea schrenkiana</i> ) und von Wacholder ( <i>Juniperus turkestanica</i> )	195

### Abbildungsverzeichnis (S = Seite im laufenden Text; CD = auf der CD im Anhang)

Abb.-Nr.	Titel der Abbildung	S/CD
Abb. 2.1-01	Die mittelasiatischen Gebirge und Lage des Untersuchungsgebietes innerhalb des Nördlichen und Zentralen Tienschan mit dem Issyk-Kul-See	7+CD
Abb. 2.1-02	Kirgisistan mit Lage des Biosphärenreservates Issyk-Kul.	8+CD
Abb. 2.1-03	Lage des Biosphärenreservates Issyk-Kul mit den im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Transekten 1 – 6 sowie weiteren Transekten A – G, die im Rahmen landschaftsökologischer Untersuchungen der Universität Greifswald bearbeitet wurden	9+CD
Abb. 2.2-01	Kammlinien der mittelasiatischen Gebirge Tienschan, Pamiro-Alai und Pamir und Beckenlandschaften	10
Abb. 2.3-01	Karte der mittleren jährlichen Niederschläge von Kirgisistan und Diagramme der Jahresgänge der mittleren monatlichen Niederschlagsmengen von Januar – Dezember	13+CD
Abb. 2.8-01	Viehbestände im Issyk-Kul-Gebiet (Oblast) zwischen 1879 und 1998	22
Abb. 3.2-01	Lage der Bodenprofile in Transekt 1: Kara-Koo.	CD
Abb. 3.2-02	Lage der Bodenprofile in Transekt 2: Bosteri	CD
Abb. 3.2-03	Lage der Bodenprofile in Transekt 3: Tschon-Örykty	CD
Abb. 3.2-04	Lage der Bodenprofile in Transekt 4: Santasch	CD
Abb. 3.2-05	Lage der Bodenprofile in Transekt 5: Arabel-Syrte	CD
Abb. 3.2-06	Lage der Bodenprofile in Transekt 6: Ak-Shirak	CD
Abb. 4.0-01	Zusammensetzung topischer Naturraumformen	39

Abb. 4.1-01	Verteilung der $\text{pH}_{(\text{KCl},1.5)}$ -Einzelwerte von 494 Boden-Proben aller untersuchten Bodenprofile und Horizonte nach aufsteigendem pH-Wert sortiert	50
Abb. 4.1-02	Carbonatgehalt in Beziehung zum $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Wert bei 494 Bodenproben aus verschiedenen Horizonten	51
Abb. 4.1-03	Verteilung der Leitfähigkeitswerte ( $\text{EL}_{2,5}$ ) von 494 Proben aller untersuchten Bodenformen und Horizonten	53
Abb. 4.1-04	Leitfähigkeit ( $\text{EL}_{2,5}$ ) in Beziehung zum $\text{pH}_{(\text{KCl}, 1.5)}$ -Wert	53
Abb. 4.1-05	Abhängigkeit der effektiven Kationenaustauschkapazität ( $\text{KA}_{\text{Keff}}$ ) vom pH-Wert bei unterschiedlichen Humusgehalten mit eingezeichneten Trendlinien)	56
Abb. 4.1-06	Konsistenz im trockenen Zustand bei verschiedenen Horizonttypen	64
Abb. 4.1-07	Veränderung der Humusvorräte von Normalen Bürosemern bei Bewässerungsfeldbau	72
Abb. 4.1-08	Vergleich der Humusvorräte von Hellen Kastanosemen I + II und bewässerten Hellen Acker-Kastanosemen I + II	78
Abb. 4.1-09	Vergleich der Humusvorräte von Dunklen Kastanosemen I unter Steppenvegetation unter Bewässerungsfeldbau	81
Abb. 4.1-10	Humusvorrat in 0 - 20 cm von Böden im Issyk-Kul-Gebiet	108+CD
Abb. 4.1-11	Humusvorrat in 0 - 40 cm von Böden im Issyk-Kul-Gebiet.	108+CD
Abb. 4.2-01	Begriffe zur Benennung der Hanglagen.	120
Abb. 5.1-01	Vorkommen anhydromorpher Bodentypen in Abhängigkeit von dem Höhenstufenfolgetyp, der Höhe und der Exposition im Issyk-Kul-Gebiet.	165
Abb. 5.1-02	Ökogramm zum Vorkommen anhydromorpher Bodentypen in Abhängigkeit von der Höhe und der geschätzten mesoklimatischen Feuchtestufe, mit Verbreitungsschwerpunkten von Vegetationsformationen	166+CD
Abb. 5.2-01	Höhenstufen und Höhenstufenfolgetypen im Untersuchungsgebiet.	170+CD
Abb. 5.3-01	Colline Halbwüsten-Stufe im Transekt 1.	179-180
Abb. 5.3-02	Submontane Halbwüsten-Stufe im Transekt 1.	181
Abb. 5.3-03	Montane Trockensteppen-Stufe im Transekt 1.	182-183
Abb. 5.3-04	Montane Steppen-Stufe im Transekt 1.	184
Abb. 5.3-05	Hochmontane Gebüsch-Steppen - Stufe im Transekt 1.	185-186
Abb. 5.3-06	Subalpine und untere alpine Gebirgsrasen-Steppen-Stufen im Transekt 1.	187-188
Abb. 5.3-07	Colline Trockensteppen-Stufe im Transekt 2.	190
Abb. 5.3-08	Montane Gebüsch-Steppen-Stufe im Transekt 2	191-192
Abb. 5.3-09	Colline Steppen-Stufe im Transekt 3	197-198
Abb. 5.3-10	Submontane Gebüsch-Steppen-Stufe im Transekt 3	199-200
Abb. 5.3-11	Montane Wald-Steppen-Wiesensteppen-Stufe im Transekt 3	201-202
Abb. 5.3-12	Hochmontane Wald-Stufe im Transekt 3	203
Abb. 5.3-13	Subalpine Gebüschwald-Stufe im Transekt 3	204
Abb. 5.3-14	Untere alpine Gebirgswiesen-Kniegebüsch-Stufe im Transekt 3	205
Abb. 5.3-15	Montane Wald-Wiesensteppen-Stufe im Transekt 4	207-208

Abb. 5.3-16	Hochalpine Polstertundren-Gebirgssteppen-Stufe im Transekt 5	211-212
Abb. 5.3-17	Subalpine, untere alpine und alpine Höhenstufen im Transekt 6	214-215
Abb. 6-01	Mögliche Auswirkungen der Beweidung auf Vegetations- und Standortseigenschaften in Hanglagen	221
Abb. 6-02	Mögliche Auswirkungen der Beweidung auf Vegetations- und Standortseigenschaften in Tallagen	221

### **Fotoverzeichnis (CD)**

Foto 4.1-001 bis 106	Fotos der Bodenprofile	CD
Foto 5.3-01 bis 74	Landschaftsfotos aus den einzelnen Höhenstufen	CD



# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

Kirgisistan ist ein Agrarland mit einer in großen Teilen intakten Hochgebirgsnatur. Obwohl das Naturraumpotential günstige Voraussetzungen für die Entwicklung einer nachhaltigen Landnutzung bietet (insbesondere Weidewirtschaft, Ackerbau, Obstbau und Tourismus), leidet das Land derzeit unter erheblichen wirtschaftlichen und sozialen Problemen, die auf den Zusammenbruch des sowjetischen Gesellschafts- und Wirtschaftssystems zurückzuführen sind. Nach Auflösung und Privatisierung der großen Kolchosen und Sowchosen haben die erstmals selbständig wirtschaftenden Landnutzer große Probleme bei der Neugestaltung der Landnutzung. Angepasste stabile Landnutzungssysteme konnten sich unter den aktuellen Rahmenbedingungen noch nicht etablieren (ASYKULOV 2002; GOTTSCHLING 2002 b, c).

In einer schwierigen ökonomischen Situation hat sich Kirgisistan entschlossen, 20 % des Landes als Biosphärenreservat zu entwickeln. Das Biosphärenreservat Issyk-Kul wurde mit einer Fläche von 43 144 km<sup>2</sup> im Oktober 1998 eingerichtet und erhielt im September 2001 die Anerkennung durch die UNESCO. Mit dem Biosphärenreservat werden große Hoffnungen auf eine Wiederbelebung und Stabilisierung der stark geschwächten Landnutzung und der Entwicklung des Tourismus verbunden (TOKTOSUNOV 1998), was auch einen wichtigen Beitrag zur Armutsbekämpfung und zur Konfliktprävention in der Region leisten kann. Aufgabe des Biosphärenreservates ist es, stabile Landnutzungssysteme zu entwickeln, die an den Naturraum angepasst sind, den Erhalt der ökologischen Stabilität und Funktionen der Naturräume und die biologische Vielfalt gewährleisten sowie den aktuellen sozioökonomischen Rahmenbedingungen gerecht werden. Die Gebirgsregionen Kirgisistans haben u.a. wichtige Funktionen für den Wasserhaushalt in Mittelasien zu erfüllen.

Das Biosphärenreservat Issyk-Kul soll als Modellregion für eine nachhaltige Entwicklung in Mittelasien dienen. Bei der Entwicklung des Biosphärenreservates ist zwischen den verschiedenen Ansprüchen der Landnutzer und des Naturschutzes zu vermitteln. Notwendig ist eine Landnutzungsplanung, die die naturräumlichen Bedingungen in ihrer ökologischen Vielfalt und ihren unterschiedlichen Nutzungspotentialen sowie die sozioökonomische Situation der Bevölkerung ausreichend berücksichtigt. Im Biosphärenreservat sind darüber hinaus verstärkte Öffentlichkeitsarbeit und Umweltbildung vorgesehen, um Landnutzer, Touristen und Behörden für ökologische Probleme zu sensibilisieren und Empfehlungen zur effektiven und ökologisch nachhaltigen Gestaltung der Landnutzung (Ackerbau, Weidemanagement usw.) zu geben.

Die UNESCO-Biosphärenreservate sind geeignete Instrumente für die Entwicklung einer dauerhaft umweltgerechten Landnutzung und der Verbindung mit Zielen des Naturschutzes. Die Zonierung des Biosphärenreservates in Kernzone, Pufferzone, Entwicklungszone und Sanierungszone ermöglicht eine räumliche Zuordnung unterschiedlicher Schwerpunkte von Landnutzung und Naturschutz. Die Entwicklung des Biosphärenreservates kann sich dadurch am besten an die naturräumlichen und sozioökonomischen Bedingungen anpassen. Entsprechend der *Sevilla-Strategie* soll jedes Biosphärenreservat drei sich ergänzende Funktionen erfüllen: eine Schutzfunktion (Schutz von Tier- und Pflanzenarten, Genressourcen, Ökosystemen, Landschaften), eine Entwicklungsfunktion (nachhaltige wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung) sowie eine logistische Funktion (Demonstrationsobjekte, Umweltbildung, Forschung, Monitoring, vgl. KNAPP 1997, SCHAAF 1997, DÖMPKE & SUCCOW 1998, SPECHT 2000).

Die Idee eines Biosphärenreservates im Issyk-Kul-Gebiet wurde seit 1993 vom kirgisischen Umweltministerium, von kirgisischen Wissenschaftlern und vom Naturschutzbund Deutschland (NABU) entwickelt. Seit 1995 fördert das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ) die Einrichtung und Entwicklung des Biosphärenreservates und hat mit der Durchführung der Aktivitäten die Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH beauftragt.

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen von Studien des Tropenökologischen Begleitprogramms (TÖB) der GTZ angefertigt. Das Tropenökologische Begleitprogramm führt seit 1995 Studien zur Erarbeitung landschaftsökologischer und sozioökonomischer Grundlagen für das Biosphärenreservat durch, mit dem Ziel, Möglichkeiten und Grenzen einer nachhaltigen Landnutzung aufzuzeigen, Grundlagen für eine umweltgerechte Landnutzungsplanung zu erarbeiten und Prioritäten für den Naturschutz darzustellen. Aus diesen Studien heraus entstanden bisher die Arbeiten von ASYKULOV (2002) zu sozioökonomischen Bedingungen der Entwicklung des Biosphärenreservates und von GOTTSCHLING (2002 b,c) mit einem Überblick über die landschaftsökologischen und sozioökonomischen Bedingungen im Biosphärenreservat sowie mit Empfehlungen zur nachhaltigen Entwicklung im Biosphärenreservat. An der Universität Greifswald entstanden im Rahmen der Untersuchungen weiterhin folgende unveröffentlichte landschaftsökologische Diplomarbeiten bzw. Projektarbeiten: MROTZEK (1996), BEUTELL (1997), ENGELKE (1997), ZEMMRICH (1997), HEINICKE (1999) und KOCKSCH (1999).

Seit 1997 wird das GTZ-Projekt „Leitlinien für eine umweltgerechte Entwicklungsplanung im Gebiet des vorgesehenen Biosphärenreservates Tengir-Too<sup>1</sup>“ zum Aufbau des Biosphärenreservates und der Erarbeitung administrativer, rechtlicher und planerischer Grundlagen durchgeführt (PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT 1998, Ministry of Environmental Protection of Kyrgyz Republic and German Society on Technical Cooperation (GTZ) 1999, Ministerstvo okhrany okruzhayushchey sredy KR & GTZ 1999, PÖLKING 1998, GTZ 2001). Seit 2001 liegen die Schwerpunkte des GTZ-Projektes auf der Unterstützung des Biosphärenreservates beim Aufbau der Verwaltung, beim Umweltinformationsmanagement, bei der Öffentlichkeitsarbeit sowie bei der Entwicklung nachhaltiger Landnutzungssysteme (Landwirtschaft und Tourismus).

Für die Förderung ökologisch nachhaltiger Landnutzungsformen und eine umweltgerechte Landnutzungsplanung im Biosphärenreservat Issyk-Kul ist die Kenntnis der Naturräume mit ihren wesentlichen ökologischen Eigenschaften und Nutzungspotentialen in ihrer räumlichen Verbreitung notwendig. Über das Issyk-Kul-Gebiet liegen insbesondere aus Sowjetzeiten umfangreiche Untersuchungsergebnisse aus Bodenkunde, Geobotanik, Geomorphologie, Geologie, Hydrologie, Klimatologie und Landschaftskunde vor (siehe auch Kapitel 1.3 sowie Kapitel 4.1.1 und 4.5.1). Bisher gab es in Kirgisistan jedoch kaum interdisziplinäre landschaftsökologische Forschungsansätze, die die Ergebnisse aus den einzelnen Disziplinen integrieren und dadurch umfangreiche Möglichkeiten für die Erfassung ökologisch relevanter Eigenschaften der Naturräume und deren Nutzungspotentialen erschließen. Darüber hinaus liegen kaum aktuelle ökologische Zustandserhebungen nach den Landnutzungsänderungen im Transformationsprozess vor.

---

<sup>1</sup> „Biosphärenreservat Tengir-Too“ ist die Bezeichnung für das ursprünglich größer geplante Biosphärenreservat. Der aktuelle Name ist „Biosphärenreservat Issyk-Kul“.

## 1.2 Zielstellung vorliegender Arbeit

Die Ziele vorliegender Arbeit sind:

- Erfassung des Spektrums unterschiedlicher Naturräume in ihrer Vielfalt an repräsentativen Transekten im Biosphärenreservat Issyk-Kul und landschaftsökologische Charakterisierung flächenhaft bedeutsamer Naturräume, die für die Landnutzung von Bedeutung sind.
- Erarbeitung einer komponentenübergreifenden Naturraumtypisierung in topischer Dimension nach den naturraumkundlichen Prinzipien von KOPP et al. (1982) mit aufeinander abgestimmten Typisierungen der Naturraumkomponenten Boden, Relief, Substratwasser, Klima und Vegetation als Bestandteil komplexer Naturraumformen. Bei den Typisierungen sollen vor allem ökologisch bedeutsame und nutzungsrelevante Merkmale zur Geltung kommen, die eine Interpretation der Naturraumeigenschaften bezüglich ökologischer Funktionsfähigkeit (Erosion, Produktivität, ...) und Nutzungseigenschaften (insbesondere Weidetragfähigkeit) erlauben. Zugunsten der Erfassung der großen naturräumlichen Vielfalt muß zunächst auf die Belegung der einzelnen Einheiten mit umfangreichem Datenmaterial verzichtet werden.
- Aufzeigen von Möglichkeiten für die Bioindikation durch die Vegetation zur Erfassung von Standortseigenschaften und die ökologische Zustandserfassung.
- Aufzeigen von Möglichkeiten für die Interpretation der Naturraumeigenschaften bezüglich möglicher Zustandsänderungen durch Beweidung und Weidetragfähigkeit.
- Überprüfung der Anwendbarkeit des Verfahrens der Naturraumerkundung nach KOPP et al. (1982) unter den Hochgebirgsbedingungen des Issyk-Kul-Gebietes und gegebenenfalls Anpassung des Verfahrens.
- Erfassung der räumlichen Anordnung der verschiedenen Naturräume in Abhängigkeit von großklimatischer Lage, Höhenstufe, Exposition und Relieflage.
- Charakterisierung und Typisierung von Naturraummosaiken am Beispiel von Höhenstufentypen.
- Erarbeitung von typologischen Grundlagen für eine Naturraumkartierung im Biosphärenreservat Issyk-Kul.
- Vergleich der ausgeschiedenen Klassifikationseinheiten mit Einheiten kirgisischer Klassifikationssysteme von Boden und Vegetation (bzw. Vergleich der Klassifikationsprinzipien) und Abschätzung der Möglichkeiten die ausgeschiedenen Klassifikationseinheiten zu parallelisieren und so die bodenkundlichen und geobotanischen Kartierungsergebnisse und Ergebnisse weidekundlicher Untersuchungen in Kirgisistan in eine landschaftsökologische Synthese zu integrieren.

## 1.3 Stand der landschaftsbezogenen Forschung

Erste naturkundliche Beschreibungen über das Issyk-Kul-Gebiet gibt es von russischen und deutschen Forschungsreisenden vom Ende des 19. Jahrhunderts und Anfang des 20. Jahrhunderts (SEMENOV-TYAN-SHANSKIY 1946; FRIEDRICHSEN 1903, 1904; PRINZ 1909, MERZBACHER 1913).

Zu Zeiten der Sowjetunion wurden vor allem seit den 50er Jahren in den mittelasiatischen Hochgebirgen umfangreiche Forschungsaktivitäten zur Erkundung der natürlichen Ressourcen und zur Erarbeitung von Grundlagen einer 'rationellen' Nutzung durchgeführt. Aspekte der ökologischen Nachhaltigkeit spielten i.d.R. eine untergeordnete Rolle. So wurden auch im Issyk-Kul-Gebiet umfangreiche geologische, geomorphologische, hydrologische, glazio-

logische, landschaftskundliche, bodenkundliche, geobotanische und klimatologische Untersuchungen durch die Akademie der Wissenschaften Kirgisistans aber auch durch wissenschaftliche Einrichtungen in Moskau, Leningrad u.a. durchgeführt. Der kirgisische National-Atlas (Atlas Kirgizskoy SSR 1987) fasst einen Teil der Ergebnisse zusammen und gibt einen guten Überblick über die naturräumlichen Bedingungen des Landes.

Weiterhin liegen zahlreiche Karten zu naturräumlichen Bedingungen im Maßstab 1:500.000 für ganz Kirgisistan zu Themenbereichen von Geologie, Geomorphologie, Bodenkunde, Hydrologie (Oberflächenabfluss, Grundwasser), Schneebedeckung, Vergletscherungen, Vegetation, natürliche Futtergrundlagen, Landnutzung, Naturschutz, u.a. („Glavnoe Upravlenie Geodezii i Kartografii pri Sovete Ministrov SSSR 1981...1989“) vor.

Die physisch-geographische Tienschan-Station - eine Außenstelle der Akademie der Kirgisischen Wissenschaften im Issyk-Kul-Gebiet - trug in wesentlichem Maße zur Erforschung des Issyk-Kul-Gebietes bei. Eine Bibliographie der diesbezüglichen Veröffentlichungen findet sich bei BLAGOOBRAZOV 1965 sowie u.a. KOZHEVNIKOVA & TRULEVICH 1971; AZYKOVA & VTOROV 1973.

Hauptaufgabe der geobotanischen Forschung war die Erkundung der Weidegebiete als Grundlage für die Tierproduktion. Dabei wurde die Vegetation nach dem Dominanzprinzip klassifiziert (z. B. GOLOVKOVA 1990) und in unterschiedlichen Maßstäben kartiert. Für Kirgisistan liegen Vegetationskarten im Maßstab 1:1 500 000 (Atlas Kirgizskoy SSR 1987: 110f.) und 1:500 000<sup>2</sup> vor. Für große Teile des Issyk-Kul-Gebietes liegen großmaßstäbige geobotanische Kartierungen der Weiden und Mähwiesen nach dominanten Arten im Maßstab 1:25.000 vor. Durch das Institut KIRGIZGIPROZEM in Bischkek (ehemals Frunze) wurden die Flächen der meisten Kolchosen und Sowchosen kartiert, wobei in jedem kartierten Areal 4–9 stark vertretene Arten erfasst wurden (entsprechend den methodischen Grundlagen von Kirgizgiprozem 1978).

Im Rahmen von Vegetationsmonographien für einzelne Gebiete wurde auch der gesamte Artenbestand erfasst (z. B. GAN 1983, ISAKOV 1959, NIKITINA 1962). Darüber hinaus wurden an ausgewählten Weidestandorten langjährige stationäre Forschungen durchgeführt, um umfangreiche Daten über Phytomasseproduktivität, Futterwert, Wachstumsverhalten und Möglichkeiten der Ertragsserhöhung durch Bewässerung, Düngung, Herbizideinsatz zu erheben (VYKHODTSEV et al. 1970, POPOVA et al. 1972, 1975, LEBEDEVA 1984, NIKITINA 1975, IONOV et al. 1991, SHARASHOVA 1967, POPOVA 1963). Die Eigenschaften wichtiger Futterpflanzen der Weiden (GOLOVKOVA & CHUBAROVA 1987) wurden ebenso wie die Auswirkungen der Überweidung auf den Vegetationszustand an ausgewählten Weidetypen (KOZHEVNIKOVA & TRULEVICH 1971, TSEKANOV 1987) untersucht.

Das System der kirgisischen Bodenklassifikation wurde in den 50er und 60er Jahren erarbeitet und hat sich relativ unabhängig von internationalen Klassifikationssystemen und auch der russischen Bodenklassifikation entwickelt (MAMYTOV 1963, MAMYTOV et. al. 1974, MAMYTOV, 1987, MAMYTOV & MAMYTOVA 1988, MAMYTOV et. al. 1995, MAMYTOV 1996). Die Bodenklassifikation in Kirgisistan basiert hauptsächlich auf dem geographischen Prinzip. Entscheidend für die Zuordnung der Bodenbezeichnungen sind vor allem geographische Lage, Höhe und Exposition der Böden und weniger die konkreten Bodenmerkmale und die Bodengenese. Das erschwert z.T. die ökologische Interpretation von bodenkundlichen Kar-

---

<sup>2</sup> Glavnoe Upravlenie Geodezii i Kartografii pri Sovete Ministrov SSSR (1981...1989): Prirodnye Resursy Kirgizskoy SSR - Rastitelnost [Vegetation] und Estestvennye Kormovye Ugodya [Natürliche Futtergrundlagen].



ten. Besonders wenig differenziert sind die Waldböden und die Böden der subalpinen und alpinen Gebirgsstufe. Im Issyk-Kul-Gebiet wurden großmaßstäbige bodenkundliche Kartierungen der Ackergebiete im Maßstab 1:10 000 und der Weidegebiete im Maßstab 1:25.000 durch das Institut KIRGIZGIPROSEM in Bischkek (ehemals Frunze) durchgeführt (aktueller Name: „Kyrgyzmamzherresurstary“). Die kirgisischen Klassifikationssysteme werden in Kapitel 4.1.1 (Boden) und Kapitel 4.5.1 (Vegetation) näher charakterisiert.

Eine komplex arbeitende Landschaftsökologie, die die Ergebnisse der einzelnen landschaftsbezogenen Disziplinen zusammenführt, hat sich in Kirgisistan bisher nicht etabliert. Die Landschaftskunde in Kirgisistan (AZYKOVA 1973; Atlas Kirgizskoy SSR 1987:126f.) vermittelt zwar einen guten großräumigen Überblick, charakterisiert die einzelnen Landschaftseinheiten aber nur allgemein.

Aufgrund der schwierigen ökonomischen Lage in Kirgisistan werden derzeit kaum noch öffentliche Gelder für Forschung ausgegeben, so dass wissenschaftliche Institutionen aus Geldmangel kaum noch arbeitsfähig sind und wissenschaftliches Personal abwandern. „Since the end of 80’s and the beginning of the 90’s research work practically stopped. Accurate data on the current situation and trends of biodiversity are not available because of the lack of necessary research and monitoring“ (Ministry of Environmental Protection of Kyrgyz Republik 1998).

Der größte Teil der wissenschaftlichen Literatur über den Naturraum des Tienschan liegt in russischer Sprache vor. In der deutsch- und englischsprachigen Literatur ist bisher wenig über den Tienschan bekannt. Die vorhandenen Kenntnisse sind vor allem der russischsprachigen Literatur entnommen (WALTER 1974, WALTER & BRECKLE 1994, WALTER & BOX 1983, FRANZ 1973) oder sind Übersetzungen russischsprachiger Werke (BERG 1959). Für westliche Forscher blieb der Tienschan bis zur Unabhängigkeit Kirgisistans weitgehend verschlossen (BÖHNER & SCHRÖDER 1999). Seitdem wurde eine Reihe an geomorphologischen und glaziologischen Untersuchungen zu aktiven Blockgletschern (SCHRÖDER 1992), zum Ausmaß der Vergletscherung im Issyk-Kul-Gebiet in der Würm-Eiszeit (GROSSWALD et al. 1994), zur rezenten, historischen und postglazialen Vergletscherung im Tienschan (MEINERS 1995), zur geomorphologischen Höhenstufung im Tienschan (SCHRÖDER 1995), zur Periglazialgeomorphologie im Tienschan (SCHRÖDER et al. 1996) und zur aktuellen Klimamorphologie in der periglazialen und glazialen Höhenstufe (BÖHNER & SCHRÖDER 1999) durchgeführt. Weiterhin wurden aktuelle vergleichende Untersuchungen zu Expositionsunterschieden und Höhengrenzen als Klimaindikatoren in einem Profil vom Westhimalaya bis zum Tienschan (RICHTER et al. 1999), paläobodenkundliche und bodengenetische Untersuchungen in höheren Lagen des Tienschan (BÄUMLER & ZECH 1999, BÄUMLER & ZECH 2000, BÄUMLER 2001) und Untersuchungen zu Paläolimnologie des Issyk-Kul-Sees (RICKETTS et al. 2001) durchgeführt.



## 2 Einführung in das Untersuchungsgebiet

### 2.1 Geographische Lage

In Mittelasien erhebt sich aus den Tieflandsbereichen der kontinentalen winterkalten Halbwüsten und Wüsten von Kasachstan und Usbekistan ein System von mehreren Hochgebirgen: der Tianschan, der Pamiro-Alai und der Pamir. Südlich davon schließen sich die Gebirge Hindukusch, Karakorum, Kunlun Shan, Tibet und Himalaya an. Der Tianschan ist das nördlichste mittelasiatische Gebirge und erstreckt sich 2 000 km in West-Ost-Richtung (Abbildung 2.1-01). Zentraler und östlicher Tianschan grenzen im Süden an das hocharide Tarim-Becken mit der Wüste Taklamakan.

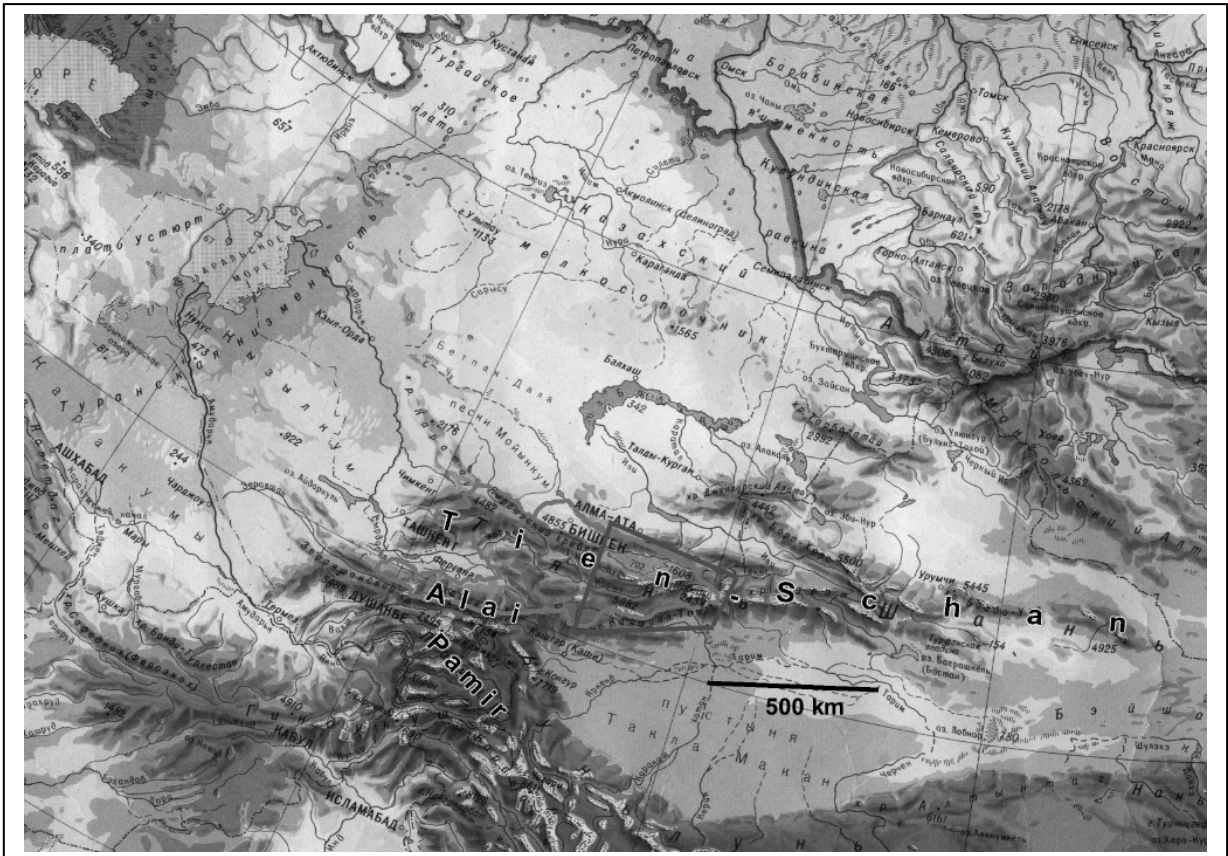


Abb. 2.1-01: Die mittelasiatischen Gebirge und die Lage des Untersuchungsgebietes (umrandet) innerhalb des Nördlichen und Zentralen Tianschan mit dem Issyk-Kul-See (Quelle: Physische Karte von Russland; Originalmaßstab 1:16 Mio, farbig auf CD)

Die Untersuchungen wurden im Nördlichen und Zentralen Tianschan innerhalb des Biosphärenreservates „Issyk-Kul“ durchgeführt, welches zwischen 76° und 81° östlicher Länge und zwischen 41° und 43° nördlicher Breite liegt. Das Biosphärenreservat hat eine Größe von 43 144 km<sup>2</sup> und nimmt damit 22 % der Fläche von Kirgisistan im Nordosten des Landes ein. Die Grenzen des Biosphärenreservates „Issyk-Kul“ stimmen mit den administrativen Grenzen des Issyk-Kul-Gebietes („oblast“) überein (Abbildungen 2.1-02 und 2.1-03).

Zum administrativ abgegrenzten Issyk-Kul-Gebiet („oblast“) gehören das Issyk-Kul-Becken und Teile des Zentralen bzw. Inneren Tianschan<sup>3</sup>. Der nördliche Teil des Issyk-Kul-Beckens

<sup>3</sup> Der Begriff „Zentraler Tianschan“ wird im Folgenden im weiteren Sinne gebraucht und schließt den Inneren Tianschan, der durch verschiedene Autoren gesondert ausgeschieden wird (z.B. im Atlas

wird mit dem Kungey-Alatau noch zum Nördlichen Tienschan gezählt, der südliche Teil des Issyk-Kul-Beckens mit dem Terskey-Alatau bereits zum Inneren bzw. Zentralen Tienschan (Atlas Kirgizskoy SSR 1987). Das Issyk-Kul-Gebiet grenzt im Norden an Kasachstan und im Südosten an China. Der tiefste Punkt des Biosphärenreservates liegt am See Issyk-Kul mit 1 606 m NN. Größte Erhebung ist der Pik Pobedy mit 7 439 m NN. Der Issyk-Kul ist der zweitgrößte Hochgebirgssee der Erde und nimmt mit einer Größe von 6 236 km<sup>2</sup> etwa 7% der Fläche des Biosphärenreservates ein.

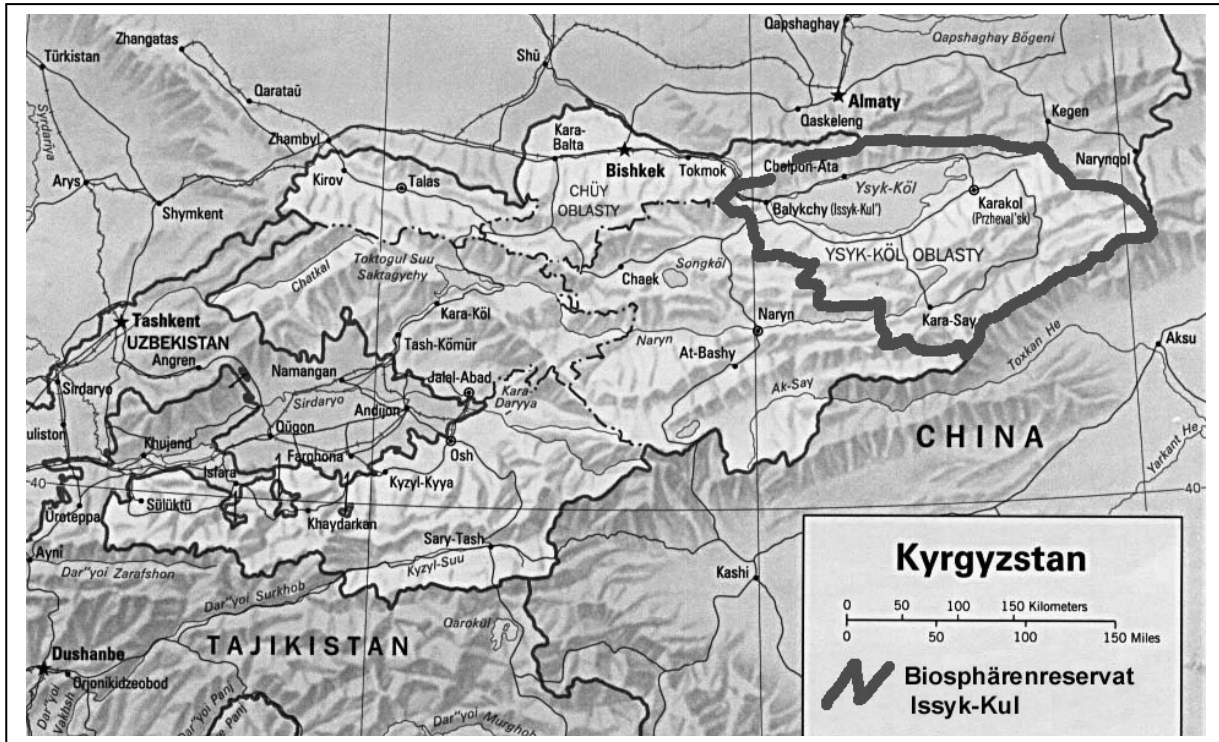


Abb. 2.1-02: Kirgisistan mit Lage des Biosphärenreservates Issyk-Kul (Quelle der Kartengrundlage: [http://lib.utexas.edu/maps/commonwealth/Kyrgystan\\_rel96.jpg](http://lib.utexas.edu/maps/commonwealth/Kyrgystan_rel96.jpg))

Das Issyk-Kul-Gebiet ist mit 428 800 Einwohnern und einer Einwohnerdichte von 10 Einwohnern pro km<sup>2</sup> relativ gering besiedelt. Die meisten Einwohner konzentrieren sich auf das Issyk-Kul-Becken, wogegen weite Teile der Hochgebirgsregionen des Zentralen Tienschan unbewohnt sind.

Die landschaftsökologischen Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden in den Transekten 1–6 (Abbildung 2.1-03) durchgeführt. Die Transekte verlaufen entlang von Höhengradienten und liegen in klimatisch unterschiedlichen Regionen, außerdem standen weitere 7 Transekte (A bis G) aus landschaftsökologischen Untersuchungen der Universität Greifswald zur Verfügung.

Kirgizskoy SSR 1987), mit ein. Zum Innerem Tienschan werden dabei das Naryn-Gebiet („oblast“) mit den See Songköl und Chatyr-Köl und Teile des südwestlichen Issyk-Kul-Gebietes („oblast“) gezählt, während mit dem Zentralen Tienschan im engeren Sinne innerhalb der Grenzen von Kirgisistan nur ein kleineres Territorium am südöstlichen Rand des Landes an der Grenze zu China bezeichnet wird, wozu auch die Gebiete mit den größten Erhebungen (Pik Pobedy: 7 439 m NN und Chan-Tengri: 6 995 m NN) und den starken Vergletscherungen gehören.

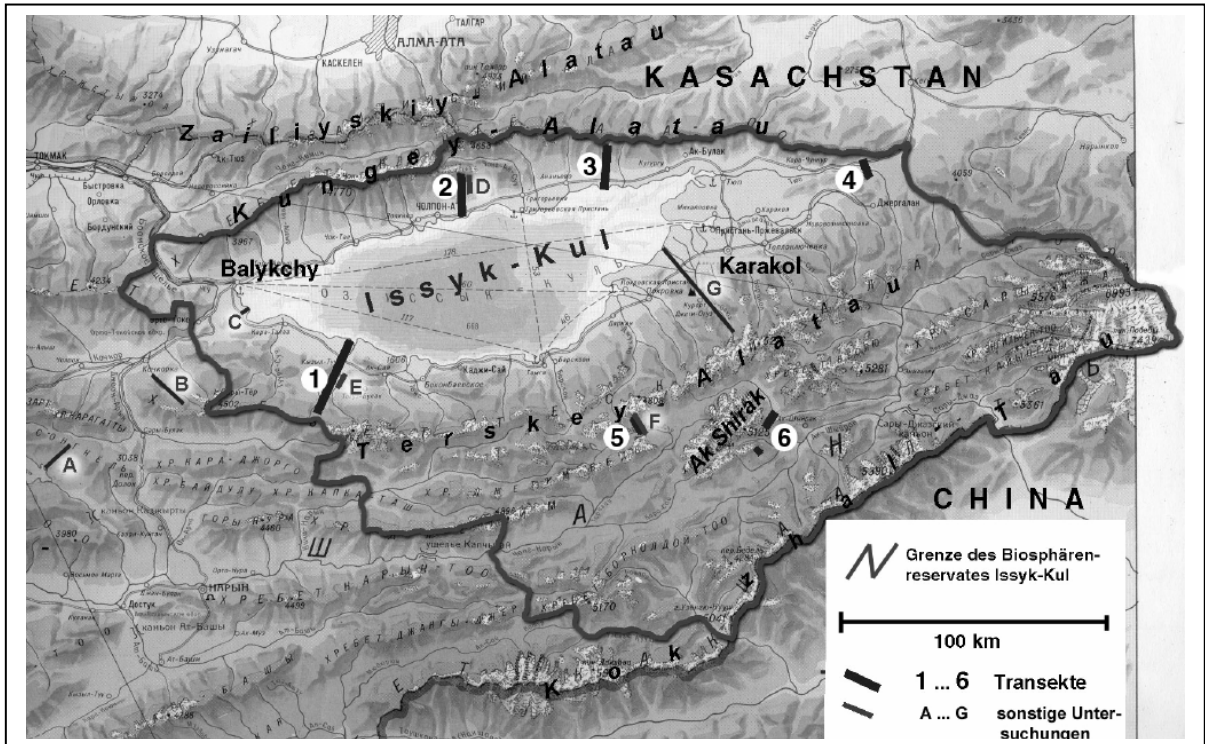


Abb. 2.1-03: Die Lage des Biosphärenreservates Issyk-Kul mit den im Rahmen dieser Arbeit dargestellten Transekten 1-6 sowie weiteren Transekten A-G, die im Rahmen landschafts-ökologischer Untersuchungen der Universität Greifswald bearbeitet wurden (Quelle: Atlas Kirgizskoy SSR 1987, farbig auf CD).

Transekt 1: Kara-Koo, westliches Issyk-Kul-Becken, Terskey-Alatau, niederschlagsarme Höhenstufenabfolge, ohne Waldstufe, colline bis untere alpine Stufe, (N 41°59' - 42°17' und E 76°36' - 76°42')

Transekt 2: Bosteri, mittleres nördliches Issyk-Kul-Becken, Kungey-Alatau, mäßig niederschlagsreiche Höhenstufenabfolge mit beginnender Waldstufe, colline bis montane Stufe, (N 42°38' - 42°44' und E 77°06' - 77°12')

Transekt 3: Tschon-Örykty, nordöstliches Issyk-Kul-Becken, Kungey-Alatau, niederschlagsreichere Höhenstufenabfolge mit gut ausgeprägter Waldstufe, colline bis untere alpine Stufe, (N 42°43' - 42°53' und E 77°49' - 77°53')

Transekt 4: Santasch, östliches Issyk-Kul-Becken, sehr niederschlagsreiches Gebiet, nur montane Stufe (N 42°43' - 42°46' und E 78°58' - 79°05')

Transekt 5: Arabel-Syrte, Zentraler Tianschan, mäßig niederschlagsarmes Gebiet, hochalpine Stufe (N 41°48' - 41°55' und E 77°49' - 77°52')

Transekt 6: Ak-Shirak, Zentraler Tianschan, sehr niederschlagsarmes Gebiet, subalpine bis alpine Stufe, (N 41°45' - 41°54' und E 78°29' - 78°35')

Einen naturräumlichen Überblick über den Tianschan geben u.a. CHUPAKHIN (1964), FRANZ (1973), WALTER (1974), Atlas Kirgizskoy SSR (1987), SUCCOW (1990) und WALTER & BRECKLE (1994).

An den Transekten A-G wurden durch die Universität Greifwald weitere landschafts-ökologische Untersuchungen durchgeführt, die als unveröffentlichte Diplomarbeiten bzw. Projektberichte vorliegen:

A	ZEMMRICH (1997)
B	BEUTELL (1997)
C	KOCKSCH (1999)
D	ENGELKE (1997)
E	HEINECKE (1999)
F	MROTZEK (1996)
G	TH. HARDER (unveröffentlichtes Material, Bischkek)

## 2.2 Geologie und Relief

### Geologie

Der Tianschan ist ein geotektonisch aktiver intrakontinentaler Gebirgsgürtel. Seine Exhumierung stand mit der Bildung des Tarim-Beckens im Zusammenhang und vollzog sich im Zuge der Himalaya-Orogenese (DUMITRU et al. 2000). Das Alter von Spaltspuren spricht für hohe Hebungsbeiträge während der Kreide (130m/Ma) und deutlich geringere seit dem Tertiär (31.9m/Ma).

Der Tianschan besteht aus alter, überwiegend variszischer Kruste, die bedingt durch die Konvergenz Indiens mit dem asiatischen Kontinent blockartig gehoben wurde. Die relativ schmalen und langgestreckten Höhenzüge wechseln mit tiefen Beckenstrukturen (Issyk-Kul, über 700 m tief) und breiten Hochplateaus. Die Hebung dauert seit der Unter-Kreide an. Die Gebirgskämme und Becken erstrecken sich in ost-westlicher Richtung. Die Morphologie folgt damit dem streng äquatorial orientierten Strukturbau des Orogens (Abbildung 2.2-01).

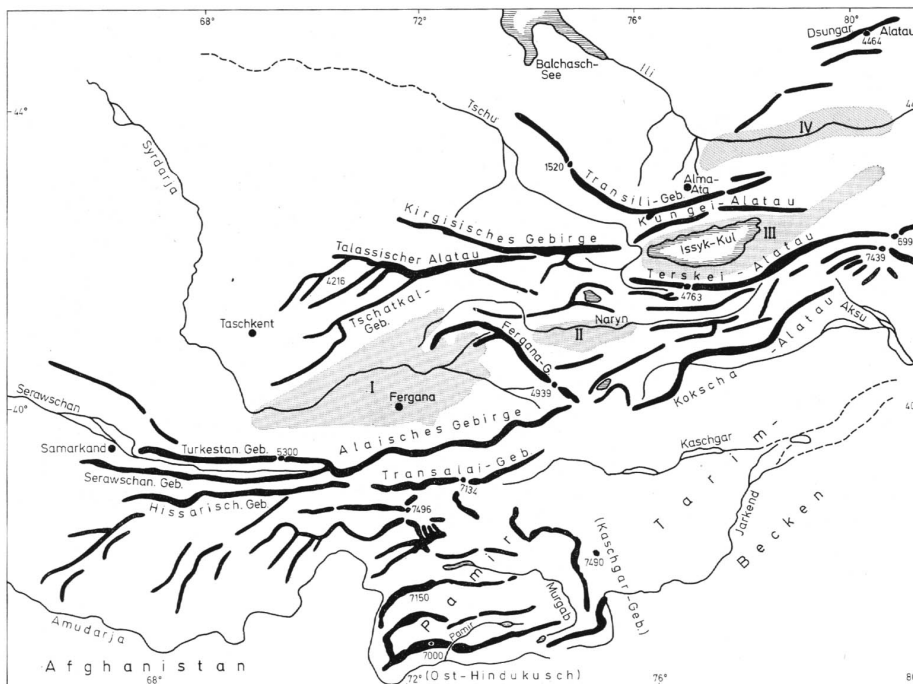


Abbildung 2.2-01: Kammlinien der mittelasiatischen Gebirge Tianschan, Pamiro-Alai und Pamir und Beckenlandschaften (grau getönt: I Fergana-, II Naryn-, III Issyk-Kul-, IV Ili-Becken), (Quelle: WALTER 1974: 257).

Das deformierte Grundgebirge im Untersuchungsgebiet <sup>4</sup> des Issyk-Kul-Gebietes besteht im wesentlichen aus präkambrischen und aus paläozoischen Gesteinen sehr unterschiedlicher Genese. Die proterozoischen Metamorphite umfassen Amphibolite, Gneise und kristalline Schiefer mit Marmoren. Verfaltete und geschieferte Sedimentabfolgen des jüngsten Präkambriums (Riphäikum) und Altpaläozoikums (Kambrium, Ordovizium) sind hauptsächlich aus Sandsteinen, Grauwacken, Tonschiefern und Karbonaten aufgebaut. Es sind Bildungen mariner Sedimentationsräume. In diese Gesteine intrudierten bereits während des Riphäikums und Ordoviziums saure magmatische Schmelzen (Granite), die heute weitflächig zu Tage treten. Auf dem Festland abgelagerte Konglomerate, Sandsteine und Tonschiefer des Devons und Karbons repräsentieren den Abtragungsschutt der älteren, variszischen Orogenese (Molasse), treten aber nur am Rand des Untersuchungsgebietes auf.

Die gesamte Gesteinsabfolge erfährt seit der Unter-Kreide eine erneute Deformation. Entlang von Ost-West streichenden, steil stehenden Störungen wurde das Orogen zerschert. Dabei entstanden lokale Senkungsgebiete (Pull-Apart-Becken), die den bei der Abtragung des Orogens anfallenden Gebirgsschutt aufnahmen. Das Issyk-Kul-Becken ist hierfür ein typisches Beispiel. Es ist gefüllt mit undeformierten Sedimenten des Tertiärs und Quartärs. Sie repräsentieren das undeformierte Deckgebirge. Genetisch sind es Ablagerungen von Gebirgsschuttfächern und Flüssen, die sich mit limnischen Sedimenten verzahnen. Typisch sind Brekzien, Konglomerate und Sandsteine, die Gipse enthalten können.

Die Mechanismen der Zerblockung und differentiellen Bewegungen sind noch nicht restlos verstanden. Gegenwärtig akzeptiert wird ein Modell, das von TAPPONIER & MOLNAR (1979) entwickelt wurde und die komplizierte neotektonische Struktur Zentralasiens auf das Ausweichen der kontinentalen Kruste auf den Rammstoß der indischen Platte zurückführt (escape tectonics).

### **Relief**

Der Tienschan bildet ein kompliziertes System aus Hochgebirgsketten, großen intramontanen Depressionen (z. B. Issyk-Kul-Becken) und Hochgebirgssyrten, die gering zerschnittene alte Einebnungsflächen aus dem Tertiär darstellen (CHUPAKHIN 1964, FRANZ 1973, Atlas Kirgizskoy SSR 1987).

Kirgisistan ist ein Hochgebirgsland, in dem über 55 % der Fläche Hangneigungen von > 20° aufweisen (KOCHERGA 1966, zitiert in MAMYTOV et. al. 1974). Ebene und gering geneigte Flächen kommen innerhalb des Untersuchungsgebietes vor allem in den intramontanen Becken, in den Talsohlen der Trogtäler, den See- und Flußterassen und auch in den Hochgebirgssyrten vor. In den unteren Bereichen des Issyk-Kul-Beckens ist das Relief auf See- und Flussterrassen sowie auf Schwemmfächern schwach geneigt bis wellig, bzw. auf älteren skeletthaltigen Ablagerungen (Molassen) wellig bis hügelig. In tertiären stark salzhaltigen Sedimenten aus Schluff haben sich Inseln aus stark zerrachtem Relief (badlands) herausgebildet.

Die gegenwärtigen Oberflächenformen sind zu einem bedeutenden Teil glazial überprägt. An den Abhängen des Terskey- und Kungey-Alatau führen zahlreiche ehemals durch Gletscher ausgeformte Trogtäler mit einer ausgeprägten Talsohle in Richtung Issyk-Kul-See.

---

<sup>4</sup> Herrn Dipl.-Geologen Dr. habil. H. HÜNECKE, Greifswald sei gedankt für die Unterstützung bei der Interpretation der Karte der geologischen Formationen der Kirgisischen SSR im Maßstab 1:500.000 (Glavnoe Upravlenie Geodezii i Kartografii pri Sovete Ministrov SSSR 1981 – 1988: Prirodnye Resursy Kirgizskoy SSR – geologicheskie formatsii), die den Darstellungen über die Geologie des Untersuchungsgebietes im Wesentlichen zugrunde liegt.

Zum Ausmaß der Vergletscherungen im Issyk-Kul-Becken gibt es unterschiedliche Aussagen (GROSSWALD et al. 1994 und BONDARAEV 1982, zitiert in GROSSWALD et al. 1994). GROSSWALD et al. (1994) nehmen für das Issyk-Kul-Becken im letzten Würm-Glazial ein Absinken der Schneegrenze um 1 042 m an.

Die Kammbereiche von Kungey- und Terskey-Alatau werden von steilem Relief mit Fels und Schutthalden dominiert. So können die oberen alpinen Bereiche im Issyk-Kul-Becken aufgrund des steilen Reliefs oft nicht mehr als Sommerweide genutzt werden.

In den süd- und südöstlich vom Issyk-Kul-Becken gelegenen Bereichen des Zentralen Tienschan befinden sich neben den Gebirgsketten zahlreiche Syrten. Die Syrten sind neotektonisch herausgehobene Schollen, in denen die eingeebneten tertiären Oberflächen erhalten geblieben sind (CHUPAKHIN 1964, BÖHNER & SCHRÖDER 1999). Syrten kommen in Höhen bis 4 000 m NN vor. Sie können bis in die hochalpinen Bereiche in ca. 3 800 m NN als Sommerweiden genutzt werden.

Soliflukationsprozesse waren im Untersuchungsgebiet ab etwa 3 000 m NN, auf Nordhängen beginnend, zu beobachten. Die meist Ost-West-streichenden Hauptketten werden von glazigenen Reliefformen und rezenten Vergletscherungen beherrscht (CHUPAKHIN 1964, BÖHNER & SCHRÖDER 1999). Vergletscherungen treten im Untersuchungsgebiet i.d.R. ab 4 000 m NN auf. Die Zungen größerer Gletscher können je nach Intensität der Speisung bis weit unter die Schneegrenze reichen. 12 % der Gesamtfläche des Issyk-Kul-Gebietes (5 278 km<sup>2</sup>) werden von Gletschern eingenommen (BORBUGULOV 1991). Die stärksten Vergletscherungen gibt es im Bereich der größten Erhebungen im Zentralen Tienschan (Pik Pobedy und Chan Tengri) bei Niederschlägen > 800 mm, im Sary-Dzhaz-Becken, im Ak Shirak-Massiv und am Nordabhang des Kokzhal-Tau. Gegenwärtig ist ein starker Rückgang der Gletscher zu beobachten, der im Mittel bei 30 m pro Jahr liegen soll (mündl. Mitteil. OSMONOV 1996).

### **2.3 Klimatische Bedingungen**

Das Tienschan-Gebirge hebt sich aus den nördlich und westlich angrenzenden Tieflandsbereichen Mittelasiens mit winterkalten Wüsten- und Halbwüstenklimaten, bzw. Trockensteppenklimaten heraus (= Jahreszeitenklimate nach TROLL & PFAFFEN). Nach Süden hin wird der Tienschan durch die Gebirge Hochasiens abgeschirmt. Die nach Norden hin offene Lage des Tienschan ermöglicht im Winter heftige Kaltlufteinbrüche aus Sibirien (WEISCHET & ENDLICHER 2000). Der Tienschan liegt im Grenzgebiet zwischen den semiariden bis semihumiden subtropischen Winterregenklimate sowie den hochariden subtropischen Kontinentalklimaten Innerasiens und befindet sich in sehr großer Entfernung von den Weltmeeren. Der Pik Pobedy ist mit 7 439 m der am weitesten vom Äquator entfernte Siebentausender (BÖHNER & SCHRÖDER 1999).

Der Tienschan liegt im Winterhalbjahr im Einflussbereich der Westwindzirkulation. Insbesondere in den Übergangsjahreszeiten werden dadurch wasserdampfreiche Luftmassen herbeigeführt, so dass es zu Herbst- und Frühjahrsmaxima des Niederschlagsregimes in den westlichen Außenketten des Tienschan kommt (WEISCHET & ENDLICHER 2000, FRANZ 1973). Im Gebirgsinneren, welches durch die Außenketten abgeschirmt ist, liegt das Niederschlagsmaximum dagegen im Sommer während der Vegetationsperiode. Das hat mit der hohen lokalen sommerlichen Verdunstung und der großen Gewitterhäufigkeit zu tun (RYAZANTSEV 1965, FRANZ 1973, Atlas Kirgizskoy SSR 1987). Aufgrund der nach außen hin abgeschirmten Lage des Biosphärenreservates „Issyk-Kul“ liegt auch hier das Niederschlagsmaximum im Sommer (Abbildung 2.3-01).



Der Tianschan weist eine starke hygri sche Differenzierung in feuchte nordwestliche Außenketten und sehr trockene innere Beckenlandschaften auf (RYAZANTSEV 1965, BÖHNER & SCHRÖDER 1999; Abbildung 2.3-01). In den westlichen und nordwestlichen Randbereichen des Tianschan bedingen aufsteigende Luftmassen hohe jährliche Niederschläge bis >1 000 mm. Im Gebirgsinneren (Zentraler Tianschan) ist es dagegen deutlich trockener. In den Hochgebirgsbereichen des Zentralen Tianschan liegen die Niederschläge in weiten Teilen nur zwischen 200–400 mm. Aber auch in den inneren Ketten steigen die Niederschläge mit zunehmender Höhe bis 500...>900 mm an.

Das Issyk-Kul-Becken nimmt im Tianschan eine klimatische Sonderstellung ein. Vom großen Issyk-Kul-See geht eine thermisch ausgleichende Wirkung aus, da er aufgrund seiner großen Tiefe von 668 m nicht zufriert, so dass die Winter deutlich abgemildert werden (RYAZANTSEV 1965, FRANZ 1973, WEISCHET & ENDLICHER 2000). So beträgt am Westufer des Issyk-Kul-Sees in Balykchy (ehemals Rybache, 1 620 m NN) die mittlere Januartemperatur nur -4,6 °C, während sie im Bereich des Zentralen Tianschan in vergleichbarer Höhenlage bereits bei -14 °C liegt. Im Sommer verzögert der See dagegen die Erwärmung der Umgebung (FRANZ 1973). Der See schafft durch die Abmilderung des lokalen Klimas günstige Bedingungen für die Landwirtschaft im Issyk-Kul-Becken.

Innerhalb des Issyk-Kul-Beckens führt der Seeinfluss zu einer deutlichen hygri schen Differenzierung mit einem ariden westlichen und einem niederschlagsreicheren östlichen Bereich. Aufgrund der abgeschlossenen Beckenlage und der dominierenden absteigenden Westwinde herrschen im westlichen Bereich des Beckens aride Bedingungen mit jährlichen Niederschlägen von <200 mm und Halbwüstenvegetation vor. Der 6 236 km<sup>2</sup> große Issyk-Kul-See stellt eine große Verdunstungsfläche dar und führt zu einer deutlichen Erhöhung der Niederschläge, die im östlichen Teil des Beckens zur Wirkung kommen. Dort fallen in den unteren Lagen bis zu 500–600 mm Niederschläge, was eine Steppenvegetation auf Dunklen Kastanosemen ermöglicht.

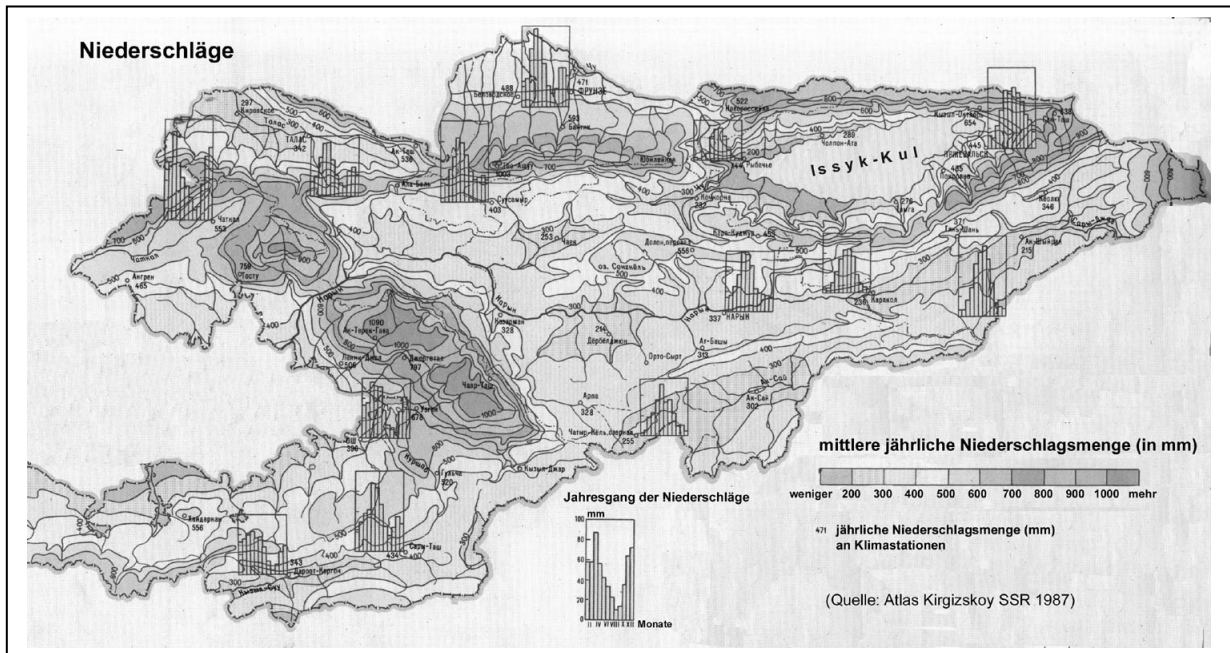


Abb. 2.3-01: Mittlere jährliche Niederschläge von Kirgisistan und Diagramme der Jahresgänge der mittleren monatlichen Niederschlagsmengen von Januar – Dezember (Quelle: Atlas Kirgizskoy SSR 1987: 68; farbig auf CD)

Die klimatische Differenzierung des Issyk-Kul-Beckens setzt sich an den Gebirgshängen fort. Die Niederschläge erhöhen sich zwar generell mit zunehmender Höhe, beginnen im westlichen Issyk-Kul-Becken jedoch bei einem sehr geringen Ausgangsniveau, so dass hier trockenere Höhenstufenabfolgen mit 200-600 mm Niederschlägen ohne Waldstufe vorkommen. Mit zunehmender Höhe schließen sich Halbwüsten, Trockensteppen, Grassteppen, subalpine sowie alpine Gebirgssteppen und Gebirgsrasen an. Im östlichen Issyk-Kul-Becken gibt es dagegen deutlich humidere Höhenstufenabfolgen mit 500-900 mm Niederschlägen und einer Nadelwald-Stufe in 2 000-3 000 m Höhe. Mit zunehmender Höhe kommen Steppen, Wiesensteppen, Tienschan-Fichtenwald (*Picea schrenkiana*), subalpine Wacholdergebüschformationen (*Juniperus turkestanica*), subalpine und alpine Gebirgsweiden vor. Der südöstliche Hochgebirgsbereich des Biosphärenreservats (Zentraler Tienschan) ist zum großen Teil niederschlagsarm und streng kontinental. Hier gibt es auch in den höher gelegenen subalpinen und alpinen Lagen Gebirgssteppen, Gebirgstrockensteppen und teilweise Gebirgshalbwüsten sowie Polstertundrenformationen.

Die klimatische Schneegrenze liegt im Tienschan je nach Region zwischen 3 200 und 4 700/4 800 m NN (RYAZANTSEV 1965). Die Schneegrenze steigt vom westlichen Rand des Tienschan zum Zentralen und Östlichen Tienschan hin an. Im Untersuchungsgebiet liegt die Schneegrenze etwa bei 3 900–4 200 m NN.

Aufgrund der Höhenlage (>1 600 m NN) kommt es im Untersuchungsgebiet kaum zur Ausbildung von Inversionslagen. Nach FRANZ (1973: 457f.) bilden sich Inversionsschichten unterhalb 1 600 m aus. Darüber gibt es den normalen Temperaturabfall mit der Höhe. Lediglich im östlichen Issyk-Kul-Becken kommt es unterhalb von 1 700 m NN (bis 1 606 m zum Issyk-Kul-Niveau) zu winterlichen Temperaturinversionen (RYAZANTSEV 1965). Die Stadt Karakol (ehemals Przewalsk) liegt bereits darüber.

Durch die starke regionalklimatische Differenzierung und die ausgeprägte Höhenstufung des Klimas kommt es im Tienschan zu einer Vielzahl unterschiedlicher Höhenstufenklimatypen. Weitere Angaben zur Höhenstufung des Klimas, zur Charakterisierung der Höhenstufenklimatypen nach Niederschlägen, Temperaturverhältnissen, Schneedecke und Stärke der Expositionsunterschiede finden sich in Kapitel 4.3.

Neben den großklimatischen Unterschieden sind für die mittelasiatischen Gebirge starke expositionsbedingte Klimaunterschiede charakteristisch, die sich differenzierend auf Vegetation und Boden der Schatten- und Sonnenhänge (Nord- und Südhänge) auswirken und einen kleinflächigen Wechsel von Naturraumeigenschaften hervorrufen können (siehe FRANZ 1973, VYKHODTSEV 1956, STANYUKOVICH 1973, STEPANOV 1975). Die besondere Stärke der Expositionswirkungen in subtropischen Gebirgen erklärt sich mit der hohen Strahlungsintensität, mit dem hohen Anteil direkter Sonnenstrahlung im Verhältnis zur diffusen Himmelsstrahlung, wodurch „die Schatten besonders dunkel“ sind (TROLL 1941) sowie dadurch, daß die Südhänge im Sommer viele Stunden am Tag fast senkrecht von den Sonnenstrahlen getroffen werden (WALTER 1975). Weitere Ausführungen zu klimatischen Expositionsunterschieden gibt es im Kapitel 4.3.

## **2.4 Böden, Bodengeographische Einordnung**

Im Untersuchungsgebiet ist eine große Vielfalt an Böden anzutreffen, die sich in Abhängigkeit von den großklimatischen Eigenschaften, der Höhenlage, der Exposition und den Reliefbedingungen anordnen. Das Spektrum der Böden reicht nach MAMYTOV (1996) von „Graubraunen“ und „Hellbraunen“ Böden der Wüsten- und Halbwüsten, über „Helle

Kastanoseme“, „Dunkle Kastanoseme“, „Tschernoseme“ und „Tschernosemartige Waldböden“ in den unteren und mittleren Lagen des Issyk-Kul-Beckens zu subalpinen und alpinen Wiesensteppen-Böden und Wiesen-Böden. In den Hochgebirgssyrten des Zentralen Tienschan gibt es nach MAMYTOV (1996) „Takyrähnliche Wüstenböden“, „Braune Wüstensteppen-Böden“ und „Steppen-Kastanoseme“ (Kapitel 4.1.1). Hydromorphe Böden und kleinflächige Vermoorungen kommen in verschiedenen Höhenstufen vor. In den unteren Bereichen des Issyk-Kul-Beckens können neben hydromorphen Böden ohne Versalzungen auch „Solonchaks“ angetroffen werden. In hochalpinen Lagen (> 3 700 m NN) werden die Böden durch Dauerfrost beeinflusst. Die subalpinen und alpinen Böden sowie die Böden der Syrten konnten Untertypen von „Kastanosemen“, „Tschernosemen“, „Brauntschernosemen“, „Sauren Braunerden“, „Kalkbraunerden“ sowie „Norm-Burosemen“ (Halbwüstenböden) zugeordnet werden. In Kapitel 4.1 werden die Böden des Untersuchungsgebietes ausführlicher dargestellt.

Weit verbreitet sind Auflagen aus Löß bzw. Lößderivaten (von wenigen Zentimeter bis 1–2 m Mächtigkeit), die asymmetrisch verteilt sind und vor allem auf nordexponierten Hängen vorkommen. Nach eigenen Befunden wiesen die entsprechenden Substrate für Löß charakteristische Merkmale, wie ein Korngrößenmaximum zwischen 10–50 µm, Haarröhren einstiger Wurzelbahnen, eine homogene Lagerung (LOUIS & FISCHER 1979) sowie einen scharfen Übergang zum darunter liegenden, meist skelettreichen, Substrat auf. Kirgisische Bodenkundler sprechen im Untersuchungsgebiet allerdings nicht von Löß, sondern allenfalls von lößähnlichen Lehmen („lessovidnyy suglinok“; MAMYTOV et al. 1974), die oft als autochthone Verwitterungsprodukte angesehen werden. Nach WILHELMY (1974: 133) dagegen befindet sich die Obergrenze der Lößsedimentation im Tienschan bei 3 000 m. Bei eigenen Untersuchungen wurden aber auch über 3 000 m NN Löß bzw. Lößderivate (in Gletschnähe) angetroffen.

Nach der kirgisischen bodengeographischen Einteilung liegt das Untersuchungsgebiet in der bodengeographischen Alai-Zentral-Tienschan-Provinz und ist mit den Unterprovinzen Issyk-Kul-Gebirgstal-, Inner-Tienschan-Gebirgstal-, Sary-Dzhaz-Hochgebirgs- und der Unterprovinz der Syrten-Hochebenen vertreten (Atlas Kirgizskoy SSR 1987:108). Die Bodenunterprovinzen unterteilen sich in mehrere Bodenkreise („okrugi“). So wird die Issyk-Kul-Unterprovinz in den West-Issyk-Kul- und den Ost-Issyk-Kul-Okrug unterteilt.

## 2.5 Flora, Vegetation, Pflanzengeographische Einordnung

Die Flora Kirgisistans ist sehr artenreich. Nach GOLOVKOVA (1990: 4) gibt es in Kirgisistan 3 760 höhere Blütenpflanzen. Die kirgisische Flora setzt sich nach GOLOVKOVA (1990: 5) aus borealen, indo-himalaiischen, tibetischen, mongolischen, turanischen und anderen Florenelementen zusammen. Im Nördlichen Tienschan überwiegen nach SOBOLEV (1972:5) boreale Elemente, die mit dem Altai und mit Sibirien in Verbindung stehen. Im Issyk-Kul-Becken verringert sich deren Anteil aber bereits. In der Flora des Inneren bzw. Zentralen Tienschan sind zentralasiatische Elemente stark vertreten (SOBOLEV 1972:5). Nach GOLOVKOVA (1990: 115 f.) bildeten sich die kirgisischen Steppen im trockenen Oligozän und Miozän heraus. Diese wurden während der Eiszeit(en) durch boreale Elemente angereichert. Der Endemismus der Flora der Mittelasiatischen Gebirge wird auf 25–30 % geschätzt (WALTER & BRECKLE 1994: 455). Nach VYKHODTSEV (1976) beträgt der Endemismus bei Pflanzen im Tienschan und Alai sogar über 50 %.

Das Untersuchungsgebiet liegt nach MEUSEL (1965 a, b) innerhalb der meridionalen Florenzone in der orientalischturanischen Florenregion und beschränkt sich dort auf die turkestanische Unterregion mit der tienschanischen Provinz. Das Untersuchungsgebiet befindet sich

vor allem in der Nord-Tienschan-Unterprovinz, die durch das Vorkommen von hochmontanen Nadelwäldern (*Picea schrenkiana*) charakterisiert wird, und z.T. in der Ost-Tienschan-Unterprovinz, die bereits starken zentralasiatischen Florencharakter aufweist.

Nach LADYGINA et al. (1995) liegt das Untersuchungsgebiet in der „Asian desert Region“, wobei der größte Teil des Gebietes der „Iran-Turanian-Subregion“ zuzuordnen ist und nur der äußere südöstliche Gebirgsbereich Richtung China zur „Central Asian Subregion“ mit der „Terskei-Kakshal Province“ gehört (Transekt 6). Das westliche Issyk-Kul-Becken gehört ebenso wie die größeren Teile des Inneren bzw. Zentralen Tienschan zur „Atbashy-Kirghiz-Province und -Subprovince“ (Transekte 1 und 2). Das nordöstliche Issyk-Kul-Becken wird zur „Transili-North Dzhungarian Province“ mit der „Transili-Subprovince“ (Transekt 3), der östliche und südöstliche Bereich des Issyk-Kul-Beckens zur „Terskei-Ketmen-South Dzhungarian Province“ mit der „Terskei-Kungei-Ketmen Subprovince“ (Transekte 4 und 5) gezählt.

Nach der geobotanischen Gliederung im Atlas Kirgizskoy SSR (1987: 112) liegt das gesamte Issyk-Kul-Gebiet in der Asiatischen Wüsten-Region („oblast“) und unterteilt sich in die Issyk-Kul-Provinz, die Inner-Tienschan-Provinz und die Zentral-Tienschan-Provinz. Die Issyk-Kul-Provinz wird in den Ost-Issyk-Kul-Okrug (Transekt 1) und den West-Issyk-Kul-Okrug (Transekte 3 und 4) unterteilt. Transekt 2 befindet sich am Übergang vom West- zum Ost-Issyk-Kul-Okrug. Die Inner-Tienschan-Provinz wird innerhalb des Untersuchungsgebietes in den Mittel-Naryn-Okrug (Transekt 1) und den Aksay-Ober-Naryn-Okrug (Transekt 5) unterteilt. Transekt 6 befindet sich in der Zentral-Tienschan-Provinz im Süd-Sary-Dzhas-Okrug.

Im Issyk-Kul-Gebiet ist eine große Vielfalt unterschiedlicher Vegetationsformationen vertreten, die sich in Abhängigkeit von der regionalklimatischen Lage, der Höhenstufung, der Exposition und den Bodeneigenschaften anordnen. Dazu gehören (Zwergstrauch-) Halbwüsten, Trockensteppen, Steppen, Wiesensteppen, Gebüschformationen, Tienschanfichtenwälder (*Picea schrenkiana*), subalpine Wacholdergebüsch-Formationen (*Juniperus turkestanica*), sowie Gebirgsrasen, Gebirgssteppen, Gebirgshalbwüsten in den subalpinen und alpinen Höhenstufen und Polstertundren in der hochalpinen Stufe. Einzelne Pflanzen sind bis in 4 000 m NN zu finden.

Innerhalb des Issyk-Kul-Beckens kommt Tienschanfichtenwald nur im östlichen Bereich an den feuchtebegünstigten Gebirgshängen in 2.000 - 3.000 m NN vor. Der Wald besitzt somit eine untere und eine obere Waldgrenze. Für eine Laubwaldstufe unter der Fichtenwaldstufe, wie sie im Westlichen Tienschan und auch am äußeren Nordrand des Tienschan im Zailiyskiy - Alatau vorkommen, ist es im Issyk-Kul-Gebiet zu trocken. Der Wald nimmt im Issyk-Kul-Gebiet aktuell nur eine Fläche von 1,9 % ein. Die potentielle Waldfläche wird als doppelt so groß angenommen (GAN 1982).

Hydromorphe Standorte werden in den unteren Lagen oft von Sanddorn-Gebüsch (*Hippophae rhamnoides*) und Weidengebüsch (*Salix spp.*) eingenommen, in den oberen Lagen sind sie jedoch gehölzfrei. Ausführlichere Darstellungen zu Vegetation und deren Verteilung finden sich in Kapitel 4.5 und 5.

## 2.6 Gewässer

Das Issyk-Kul-Gebiet ist reich an Fließgewässern mit großen Abflussmengen. Hier befinden sich drei Fließgewässersysteme: das Binnenentwässerungssystem des Issyk-Kul-Beckens, welches in den Issyk-Kul-See mündet, das Flusssystem des Sary-Dzhas, welches in die Taklamakan-Wüste nach China entwässert und das Flusssystem des Naryn, welches in den Syrdarya nach Usbekistan entwässert (Atlas Kirgizskoy SSR 1987, SCHULZ 1965).

Ein großer Teil der Flüsse wird durch Gletscherschmelzwasser ernährt. Einen bedeutenden Anteil an der Abflussbildung haben aber auch Schneeschmelzwasser und Regenwasser, die z. T. auch über das Grundwasser austreten. Die Flüsse werden nach folgenden Speisungstypen unterteilt (FRANZ 1973:460):

- Speisung vorwiegend durch Gletscherschmelzwasser,
- Speisung vorwiegend durch Schneeschmelz- und Gletscherschmelzwasser,
- Speisung vorwiegend durch Schneeschmelzwasser,
- Speisung vorwiegend durch Schneeschmelz- und Regenwasser,
- Speisung vorwiegend durch Regen- und Schneeschmelzwasser.

Die Flüsse der verschiedenen Speisungstypen unterscheiden sich in den Schwebstoffgehalten (Gletschertrübe) und dem jahreszeitlich- und witterungsbedingten Abflußverhalten, was von großer Bedeutung für den Bewässerungsfeldbau und die wasserwirtschaftliche Nutzung ist. Das Issyk-Kul-Becken besitzt ein Einzugsgebiet von 22 080 km<sup>2</sup>. Die jährliche Abflussmenge aller Flüsse des Issyk-Kul-Beckens beträgt 3 720 Mio m<sup>3</sup>. Die Flüsse haben ihre Einzugsgebiete in den oberen und mittleren Bereichen der angrenzenden Ketten Kungey-Alatau und Terskey-Alatau. Ein bedeutender Teil der Abflussmengen wird jedoch für den Bewässerungsfeldbau genutzt, so dass viele kleinere Flüsse deshalb nicht mehr den Issyk-Kul erreichen (Atlas Kirgizskoy SSR 1987).

Im westlichen Issyk-Kul-Becken ist aufgrund der niederschlagsarmen Verhältnisse und der geringen Erhebungen der Ketten die Dichte des Gewässernetzes und die transportierte Wassermenge relativ gering, so dass dort die Möglichkeiten für den Bewässerungsfeldbau deutlich eingeschränkt sind. Im niederschlagsreichen östlichen Issyk-Kul-Becken ist das Wasserangebot für den Bewässerungsfeldbau deutlich höher. Der Terskey-Alatau ist mit seinen größeren Erhebungen bis 5 216 m NN stärker vergletschert als der Kungey-Alatau.

Der Issyk-Kul-See hat eine Fläche von 6 236 km<sup>2</sup>. Er ist 178 km lang, 60,1 km breit und 668 m tief. Der Issyk-Kul hat bei dem heutigen Seespiegel von 1 606 m NN keinen Abfluss mehr. Der See hat einen mäßigen Salzgehalt von 0,6 %, da die einzigen Wasserverluste durch Verdunstung auftreten und so Mineralien im Wasser angereichert werden. Das brackige Seewasser ist für den Bewässerungsfeldbau wenig geeignet und wird dafür nicht genutzt.

Nach Berichten von Forschungsreisenden entwässerte der Issyk-Kul-See bei höheren Wasserständen noch Anfang bis Mitte des 19. Jahrhunderts in den Tschu-Fluss (SHNITNIKOV 1979). Der Tschu fließt in wenigen Kilometern Entfernung westlich vom Issyk-Kul entlang in Richtung Kasachstan. Die Ablaufschwelle zum höher gelegenen Tschu-Fluss liegt bei 1 619 m NN nur 14 m oberhalb des jetzigen Seespiegelstandes. Durch klimabedingt sinkende Wasserstände ist der Abfluss des Issyk-Kul vor ca. 150 Jahren unterbrochen worden. Bis heute sinkt das Niveau des Issyk-Kul immer weiter. Zwischen 1870 und 1973 ist der Seespiegel um ca. 7 m gesunken (SHNITNIKOV 1979). In früheren Zeiten gab es aber immer wieder klimabedingte Seespiegelschwankungen, wobei der Abfluss bei niedrigem Seespiegel jeweils unterbunden war. Das gegenwärtig starke Sinken des Issyk-Kul-Niveaus um 4–5 cm pro Jahr

wird neben Klimaänderungen auf die intensive Nutzung der Wasserressourcen für den Bewässerungsfeldbau zurückgeführt (Atlas Kirgizskoy SSR 1987).

## 2.7 Naturräumliche Bedingungen der Landnutzung

Die starke naturräumliche Differenzierung innerhalb des Issyk-Kul-Gebietes hat einen großen Einfluss auf die Landnutzung. In Abhängigkeit von der Höhenstufe, von den Reliefbedingungen, von der Exposition und von den edaphischen Bedingungen existiert eine große Vielfalt an Naturräumen mit unterschiedlichen Nutzungseigenschaften. Weidenutzung ist für große Teile des Gebietes die wichtigste Nutzungsform. Diese ist in dem Höhenbereich von 1 600–3 800 m NN möglich. Ackerbau ist dagegen in den unteren Bereichen des Issyk-Kul-Beckens in Höhen zwischen 1 600–2 100 m NN möglich, wo sich auch die meisten Siedlungen befinden. Die Waldnutzung beschränkt sich auf die Höhenstufen mit natürlichem Fichtenwaldvorkommen im östlichen Issyk-Kul-Becken.

### Ackerbau

Im unteren Issyk-Kul-Becken (1 600–2 100 m NN) befinden sich Ackerbaugelände mit Bewässerungsfeldbau. Für Regenfeldbau ist es i.d.R. zu trocken. Das Wasser wird aus den Gebirgsflüssen über Furchenbewässerung auf die Felder geleitet. Die Ackerflächen sind mit Winter- und teilweise Frühjahrs- und Herbstweiden verzahnt. Während die bewässerbaren Flächen in ebener bis gering geneigter Lage für den Ackerbau vorbehalten sind, werden Hänge sowie ebene Flächen, die nicht bewässerbar bzw. stark steinig sind, beweidet. Eine Terrassierung von Hängen für den Feldbau gibt es bisher nicht.

Im ariden westlichen Issyk-Kul-Becken wird Bewässerungsfeldbau auf wenig fruchtbaren Halbwüstenböden („Buroseme“) betrieben. Das begrenzte Wasserangebot aus den trockenen Gebirgsbereichen schränkt die Anbaufläche ein, so dass hier weite Bereiche nicht ackerbauartig, sondern nur weidewirtschaftlich genutzt werden können. Das Wasser des Issyk-Kul ist mit 0,6 % Salzgehalt leicht salzhaltig und wird nicht zur Bewässerung verwendet. Versalzung spielt i.d.R. bisher nur bei grundwasserbeeinflussten Ackerböden eine Rolle.

Im niederschlagsreicheren östlichen Issyk-Kul-Becken kommen Ackerböden mit deutlich höherer Bodenfruchtbarkeit vor („Helle“ und „Dunkle Kastanoseme“, teilweise „Schwarzerden“). Die angrenzenden Gebirgsbereiche erhalten relativ hohe Niederschlagsmengen, so dass i.d.R. ausreichend Bewässerungswasser verfügbar ist. Regenfeldbau wird nur im östlichen Issyk-Kul-Becken auf einigen Flächen mit Schwarzerden und ausreichenden Niederschlägen betrieben. Die Erträge liegen aber unter denen im Bewässerungsfeldbau.

In 1 600–1 800 m NN existieren bei einer Vegetationsperiode von 7 Monaten (mittlere Monatstemperaturen  $> 5^{\circ}\text{C}$  nach Atlas Kirgizskoy SSR 1987) die günstigsten Bedingungen für den Ackerbau. Hier werden hauptsächlich Sommer- und Winterweizen, Kartoffeln und mehrjährige Futterkulturen, in Plantagen und Hausgärten Obst (Äpfel, Birnen, Aprikosen, Sauerkirschen) und Gemüse angebaut. Hier befinden sich auch die meisten Siedlungen.

In Lagen bis 2 100 m NN verkürzt sich die Vegetationsperiode bereits auf 5–6 Monate (mittlere Monatstemperaturen  $> 5^{\circ}\text{C}$ ). Hier ist der Anbau von Sommerweizen bereits mit einem größeren Risiko verbunden. Kartoffeln und bestimmte Gemüsearten gedeihen aber noch gut. Diese höheren Lagen sind ideal für den Anbau von Futterpflanzen. Die höher gelegenen Dörfer sind in den letzten Jahren jedoch auf Weizenanbau zur Subsistenzversorgung angewiesen, während sie zu Sowjetzeiten noch auf Futterbau und Tierzucht spezialisiert waren.

Für den ökologischen Landbau bestehen im Issyk-Kul-Gebiet günstige Bedingungen. Durch die allgemeine Höhenlage sind die Möglichkeiten für Vermehrung und Ausbreitung von Pflanzenkrankheiten und -schädlingen (z. B. bei Kartoffeln) bereits deutlich eingeschränkt. Oberhalb 2 200 m NN kommen nur noch Weidegebiete bzw. Mähwiesen und Wälder vor.

### **Weidenutzung**

Die Winterweiden befinden sich in den unteren Lagen des Issyk-Kul-Beckens im Bereich der Ackerbaugebiete und Siedlungen. Es sind zumeist Trockensteppen und Halbwüsten mit einer geringen Produktivität (POPOVA et al. 1972: 1–5 dt Trockenmasse/ha) sowie abgeerntete Felder. Diese Gebiete sind im Winter größtenteils schneefrei. Die hier liegenden grundwassergeprägten Standorte sind i.d.R. hoch produktiv und haben eine große Bedeutung als ganzjährige Weiden (Feuchtwiesen, Moor- und Anmoorbereiche, besonders in Ufernähe des Issyk-Kul). Ab 1 800–2 200 m schließen sich die Frühjahrs- und Herbstweiden an (mit einer geringen bis mittleren Produktivität von 2–20 dt/ha). Die Winter-, Frühjahrs- und Herbstweiden werden intensiv beweidet und sind zum großen Teil degradiert. Ihre Fläche und ihr Futterangebot ist im Gegensatz zu den Sommerweiden eng begrenzt.

Die ertragsreichen Sommerweiden beginnen im niederschlagsarmen westlichen Issyk-Kul-Becken ab einer Höhe von 2 800 m NN, während sie im niederschlagsreicheren östlichen Issyk-Kul-Becken bereits ab einer Höhe von ca. 2 100 m NN beginnen. Die Sommerweiden haben im Issyk-Kul-Becken eine höhere Produktivität (bis 30 dt/ha). Auf ihnen werden hauptsächlich Schafe und Pferde gehalten. Rinder verbleiben meist in den unteren Bereichen in Siedlungsnähe.

Die Sommerweiden des Issyk-Kul-Beckens werden in den oberen Bereichen häufig durch das steile Relief der Hauptketten des Kungey- und Terskey-Alatau oft schon ab einer Höhe von 3 100–3 500 m NN begrenzt, auch wenn die Vegetationsgrenze in dieser Höhe noch nicht erreicht ist.

Die Sommerweiden des Issyk-Kul-Beckens sind innerhalb weniger Stunden von den Siedlungen aus mit dem Pferd zu erreichen. Den Landnutzern steht so ein großes Spektrum unterschiedlicher Naturräume mit unterschiedlichen Nutzungseigenschaften zur Verfügung, die von den Dorfgemeinschaften meist gemeinsam genutzt werden. Ein Teil der Familien zieht mit dem Vieh auf die Sommerweiden, während ein anderer Teil in den Siedlungen verbleibt und Ackerbau betreibt. Produktive natürliche Mähwiesen kommen im östlichen Issyk-Kul-Becken in Höhen von 2 000–2 500 m NN vor.

Die abgelegenen meist niederschlagsarmen Hochgebirgsregionen im Südosten des Biosphärenreservates sind kaum besiedelt. Hier liegen große Weidegebiete mit mittlerer bis geringer Produktivität, die gegenwärtig kaum noch genutzt werden. In den Hochgebirgssyrten können bei schwach geneigtem Relief auch die höhergelegenen Bereiche bis 3 800 m NN als Sommerweide genutzt werden. Weite Teile der niederschlagsarmen Hochgebirgsregionen sind auch im Winter weitgehend schneefrei. Hier existieren günstige Bedingungen für die Yak-Haltung. Die Yaks sind an die großen Höhen (> 3 000m) optimal angepasst und können in den schneearmen Hochgebirgsregionen das ganze Jahr über frei gehalten werden.

### **Waldnutzung**

Der Wald hat im Issyk-Kul-Gebiet nur einen geringen Flächenanteil von 1,9 % (GAN 1982) und kommt im feuchteren östlichen Issyk-Kul-Becken in Höhen von 2 000–3 000 m NN vor. Der natürliche Waldanteil wird auf das Doppelte geschätzt. Die Holznutzung beschränkt sich meist nur auf die Tienschanfichten-Bestände in den unteren Höhenstufen. In letzter Zeit hat aber auch der unregelmäßige Einschlag von Wacholder (*Juniperus turkestanica*) zugenom-

men. Im Sommer findet Beweidung in den Höhenstufen mit Wald statt, was die Waldverjüngung behindert. Teilweise werden die Waldbereiche aber nur als Durchzugsweide auf die subalpinen und alpinen Sommerweiden genutzt.

## **2.8 Sozioökonomische Bedingungen der Landnutzung**

Im Issyk-Kul-Gebiet wurde das System der Landnutzung mehrfach gravierenden Veränderungen unterworfen. Vor Gründung der Sowjetunion haben im Issyk-Kul-Gebiet zum größten Teil kirgisische Nomaden gelebt, die hauptsächlich Weidewirtschaft betrieben. An begünstigten Ackerstandorten im Issyk-Kul-Becken siedelten Russen.

Zu Zeiten der Sowjetunion wurden die über Jahrhunderte gewachsenen Landnutzungstraditionen der kirgisischen Nomaden einschneidenden Veränderungen unterworfen: die Kirgisen wurden sesshaft gemacht und in Dörfern angesiedelt. Große Kolchosen und Sowchosen entstanden. Vieh und Land wurde in genossenschaftlichen bzw. staatlichen Besitz überführt. Auf Basis dieser Großbetriebe erfolgte die zentral gesteuerte planmäßige Entwicklung der Landnutzung. Die Tierproduktion wurde intensiviert und Bewässerungsfeldbau und Futterbau entwickelt. Es kamen Verfahren industriemäßiger Tier- und Pflanzenproduktion mit einem hohen Einsatz an Technik und Agrochemikalien zur Anwendung. Der ursprüngliche Nomadismus veränderte sich hin zu einer Wanderbewegung zwischen Winterweidegebieten mit festen Siedlungen und traditionellen Sommerweidegebieten, wo die Hirten in Jurten oder Zelten leben. Nach SCHOLZ (1999) sollte dabei statt von Sommernomadismus besser von mobiler Tierhaltung gesprochen werden. Im Zuge dieses Veränderungsprozesses gingen eigenverantwortliches Handeln und traditionelles Umweltwissen zur nachhaltigen Weidenutzung sowie gesellschaftliche Strukturen der Nomaden teilweise verloren. „...die Herden gehörten den Kolchosen, die Hirten waren Angestellte und die Vermarktung erfolgte ebenso zentral wie die Produktionsplanung oder die tiermedizinische Betreuung“ (SCHOLZ 1999). Während der Sowjetzeit wuchs die Bevölkerung des Issyk-Kul-Gebietes auf etwa das Doppelte an: 1915 war die Bevölkerung des Issyk-Kul-Oblastes mit 214 900 Einwohnern nur etwa halb so groß wie heute mit 424 300 Einwohnern (ASYKULOV 2002 und Nacionalnyy statisticheskiy komitet Kyrgyzskoy Respubliki 1998).

Nach Zusammenbruch des Sowjetsystems und der Unabhängigkeit Kirgisistans wurde das Landnutzungssystem wiederum gravierenden Veränderungen unterworfen, wobei der aktuelle Transformationsprozess mit vielfältigen wirtschaftlichen und sozialen Problemen verbunden ist. Die großen landwirtschaftlichen Strukturen der Kolchosen und Sowchosen wurden aufgelöst. Ackerland, Vieh und landwirtschaftliche Technik wurden privatisiert und an die Landbevölkerung verteilt. Es entstanden zahlreiche kleine Bauernbetriebe, die schlecht auf die einschneidenden Veränderungen vorbereitet waren. Es sind Menschen zu selbständigen Landnutzern geworden, die bisher keine ausreichenden Erfahrungen mit der Landwirtschaft sammeln konnten. Die Erfahrung der leitenden Agronomen der ehemaligen gewohnten Formen der intensiven Landwirtschaft kann aber auch gar nicht mehr angeknüpft werden, da Betriebsmittel wie Dünger und Pflanzenschutzmittel sowie Landtechnik kaum noch zur Verfügung stehen. Die Nahrungsmittelproduktion ist stark zurückgegangen. Die ersten Jahre nach der Privatisierung konnten die Landnutzer noch von alten Reserven an Tierbeständen, Bodenfruchtbarkeit und Landtechnik aus den Zeiten der Sowjetunion zehren. Diese gehen allmählich verloren und können nicht erhalten werden. So kam es im Issyk-Kul-Gebiet zu einem Rückgang der Schafbestände um 70 % (ASYKULOV 2002). Die Kirgisen sind als traditionelle Tierhalter jetzt darauf angewiesen, sich immer mehr auf Ackerbau zu konzentrieren. Im Gegensatz zu anderen traditionellen Weidegebieten in Kirgisistan (z. B. im Naryn-Gebiet) existieren im Issyk-Kul-Becken günstige Bedingungen für den Bewässerungsfeldbau. An traditionelles Wissen über den Ackerbau kann jedoch kaum angeknüpft werden.



Die Situation für die Landbevölkerung ist sehr kritisch. Die Menschen haben erhebliche, zum Teil existentielle Probleme bei der Neugestaltung der Landnutzung, so dass die Subsistenzversorgung teilweise sogar gefährdet ist. Es besteht die Gefahr, dass immer mehr Menschen in großer Armut leben müssen. Viele Menschen sehen dadurch den sozialen Frieden gefährdet.

Ein Problem besonderer Art besteht darin, dass die Menschen bisher in einer sozialistischen Planwirtschaft gelebt haben, wo die Probleme von „oben“ erkannt und gelöst wurden. Eine völlig ungewohnte Situation ist es jetzt, dass die Menschen ihr Schicksal in die eigenen Hände nehmen und selbständig unternehmerisch tätig werden müssen. Zusammenschlüsse der kleinen Familienbetriebe zur effektiveren Gestaltung der Landwirtschaft sind bisher nur vereinzelt anzutreffen (NEUNHÄUSER et. al. 1996).

Neben dem Rückgang der landwirtschaftlichen Produktion kam es auch zu einem starken Rückgang der Verarbeitung landwirtschaftlicher Produkte und dem Verlust alter Vermarktungsstrukturen und Handelsbeziehungen. Die Industrie liegt ebenfalls am Boden. Kirgisistan besitzt zahlreiche Bodenschätze und ein hohes Potential zur Erzeugung von Elektroenergie durch Wasserkraft. Das Land ist gegenwärtig darauf angewiesen, eine große Goldmine zu betreiben, um dringend benötigte Devisen zu erhalten. Die Goldmine liegt mitten im Biosphärenreservat Issyk-Kul und ist mit erheblichen potentiellen Umweltgefährdungen verbunden. Bürokratische Barrieren und Korruption sind derzeit ein Haupthemmnis für die Entwicklung wirtschaftlicher Initiativen. Ein großer Teil der Stadtbevölkerung ist arbeitslos. Innerhalb des Biosphärenreservates Issyk-Kul ist eine Tendenz der Abwanderung von der Stadt aufs Land zu verzeichnen (ASYKULOV 2002).

### **Tierhaltung und Weidewirtschaft**

Die Entwicklung der Tierbestände im Issyk-Kul-Gebiet seit 1879 ist in Abbildung 2.8-01 dargestellt. Zu einem vorübergehenden starken Rückgang der Tierbestände kam es im Zusammenhang mit dem Kirgisischen Volksaufstand 1916 (siehe Jahre 1917, 1920). Später stiegen die Tierbestände wieder deutlich an.

Infolge zentraler planwirtschaftlicher Beschlüsse kam es in der Kirgisischen SSR zu einer starken Erhöhung der Tierbestände. Insbesondere die Schafzucht wurde gefördert. Im Issyk-Kul-Gebiet kam es zu einer Erhöhung der Schafbestände auf 1,8 Millionen Tieren. In der gesamten Kirgisischen SSR stiegen die Zahlen auf 14 Millionen Schafe. Im Mittel hielt jeder Betrieb in der Kirgisischen SSR etwa 22 300 Schafe. Mit einem Viehbesatz von 83 Schafen pro 100 ha lag das Land auf einem der ersten Plätze der Welt (ORUSBAEVA 1982). Die höchsten Tierbestände wurden Ende der 80er und Anfang der 90er Jahre erreicht. Das führte teilweise zu erheblicher Degradation von Weidegebieten. Es kam zur deutlichen Abnahme der Produktivität der Weiden und zu verstärkten Erosionserscheinungen. Der Nutzungsdruck verteilte sich aber dennoch relativ gut, da auch entfernt liegende Sommerweidegebiete (teilweise mit Lastkraftwagen) erschlossen wurden. Dabei blieb ein Großteil der Sommerweiden weitgehend intakt. Die begrenzt vorhandenen Frühjahrs-, Herbst- und Winterweiden waren dagegen einem besonders starken Nutzungsdruck ausgesetzt und degradierten stärker.

Ursprünglich wurde von den kirgisischen Nomaden kein Winterfutter bereitet, so dass das geringe Futterangebot der Winterweiden limitierender Faktor für die Tierbestände war. In Jahren mit extremem winterlichen Nahrungsmangel wurden die Tiere verstärkt geschlachtet oder starben teilweise. Während der Sowjetunion wurde im Zuge der Intensivierung der Tierzucht auch der Futterbau entwickelt. Dadurch konnten größere Tierbestände über den Winter gebracht werden. Der Futterbau war somit sowohl Voraussetzung für die Erhöhung der Tierbestände als auch für die Zunahme des Nutzungsdrucks auf die Weiden.

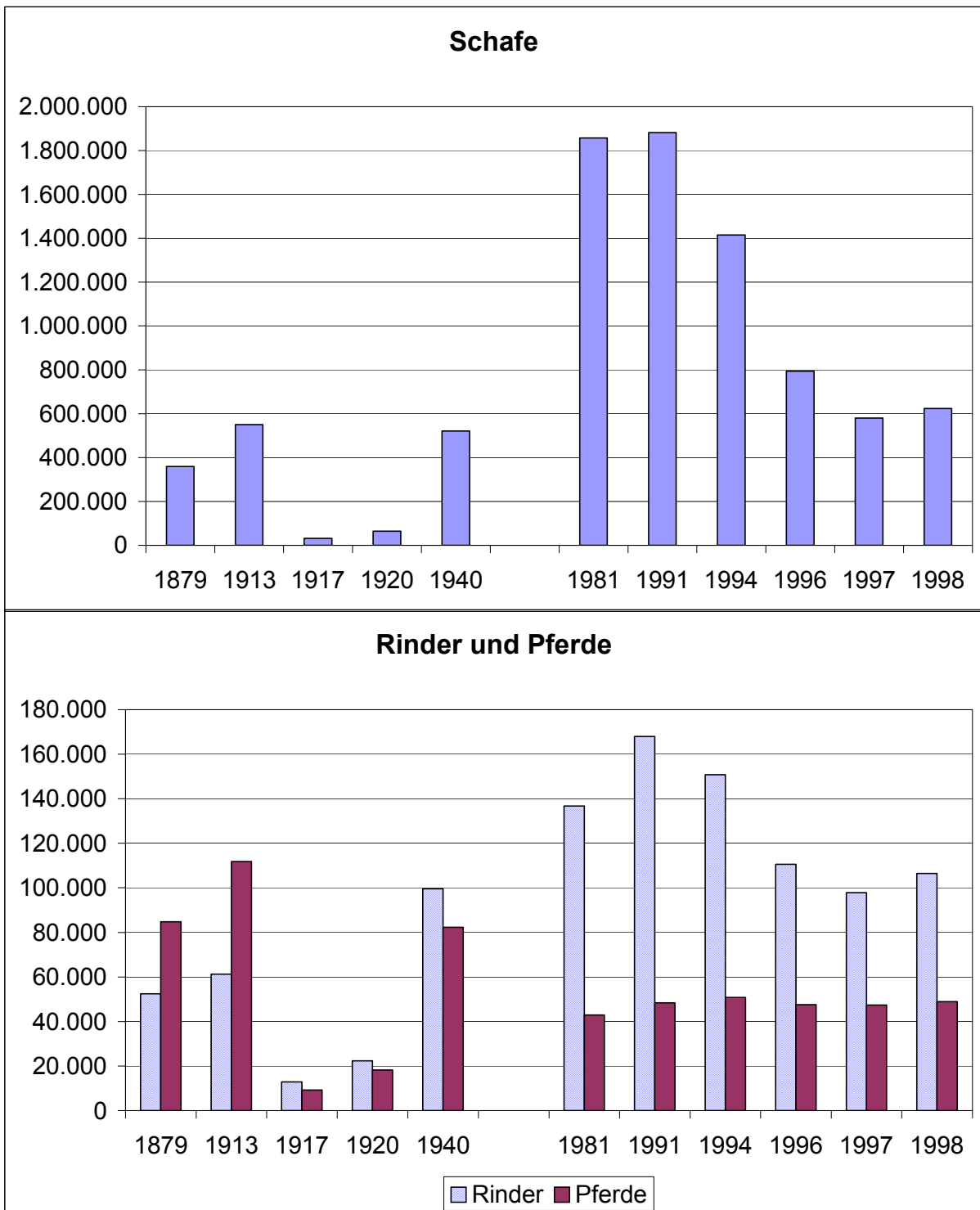


Abbildung 2.8-01: Viehbestände im Issyk-Kul-Gebiet (Oblast) zwischen 1879 und 1998. (Quelle: ASYKULOV 2002 und GOTTSCHLING 2002b, verändert)

Nach der Privatisierung und Auflösung der großen Herden der Kolchosen und Sowchosen kam es zu einem starken Rückgang der Tierbestände vor allem bei Schafen und Rindern. Allein die Zahl der Schafe verringerte sich im Issyk-Kul-Gebiet um 70 % von 1,8 Mio Schafen im Jahr 1991 auf 580 000 im Jahr 1997 (ASYKULOV 2002). Die Bestände an Rindern haben sich ebenfalls stark verringert, die Zahl der Pferde konnte sich dagegen halten. Aufgrund akuter

ökonomischer Probleme waren zahlreiche Tierhalter gezwungen, Vieh zu verkaufen, ohne dass sie den Tierbestand halten konnten. Schafe wurden anfänglich zu Schleuderpreisen verkauft, um Mehl und notwendige Dinge des täglichen Bedarfs zu erwerben. Bedeutende Tierverluste kamen auch durch Unregelmäßigkeiten bei der Privatisierung zustande.

Der Einbruch der Tierzahlen hat dazu geführt, dass die produktiven Sommerweiden gebietsweise nicht mehr genutzt werden, da es häufig nicht mehr lohnt, die wenigen Tiere auf die Sommerweiden zu treiben. Stattdessen verbleiben immer mehr Tiere ganzjährig in Siedlungsnähe auf den ursprünglichen Winterweiden, die trotz der insgesamt verringerten Tierzahlen noch stärker als zuvor überlastet werden und degradieren.

Es ist ersichtlich, dass die aktuellen stark reduzierten Bestände an Schafen im Issyk-Kul-Gebiet wieder denen der vorsowjetischen Zeiten entsprechen. Dagegen ist die Zahl an Rindern heute doppelt so hoch wie damals. Die Pferdezahlen waren in der Zeit vor Gründung der Sowjetunion dagegen mehr als doppelt so hoch wie heute. Die Yak-Haltung ist seit der Privatisierung und Auflösung der Herden ebenfalls stark zurückgegangen. Da sich die Haltung einzelner Yaks nicht lohnte und optimale Haltungsbedingungen vor allem in weit entfernten und kaum besiedelten Hochgebirgsregionen bestehen, wurden viele Tiere geschlachtet.

Gegenwärtig ist zu beobachten, dass viele Familien immer weniger Vieh besitzen und sich immer mehr auf Ackerbau zur Subsistenzversorgung konzentrieren.

Nach Umorientierung und Stabilisierung der Landnutzung wird sich die Weidewirtschaft voraussichtlich wieder erholen. Die Tierhalter möchten ihre Viehbestände wieder deutlich erhöhen. Unter den neuen marktwirtschaftlichen Bedingungen muss dabei allerdings mit der Möglichkeit gerechnet werden, dass die Zahl der Tiere unkontrolliert zunehmen und die Werte der zentral gesteuerten Planwirtschaft übertreffen könnte. Erfahrungen in der Mongolei zeigen, dass beim Wechsel von der Kollektiv- zur Privatwirtschaft die Tierbestände stark zugenommen und eine „noch nie dagewesene Höhe“ erreicht haben (MÜLLER & JANZEN 1997). In der Mongolei kam es im Zuge der gesellschaftlichen Umwälzungen jedoch nicht zu einem Einbruch der Tierbestände wie in Kirgisistan.

### **Ackerbau**

Ackerbau entwickelte sich im Issyk-Kul-Gebiet verstärkt erst ab dem Ende des 19. Jahrhunderts, als russische Siedler in das Issyk-Kul-Gebiet kamen. Während der Zeit der Sowjetunion wurde dann der Bewässerungsfeldbau stark ausgeweitet. Neue Dörfer wurden angelegt. In zentral geleiteten Kolchosen und Sowchosen wurden Verfahren der Pflanzen- und Futterproduktion mit hohem Mechanisierungsgrad und großem Einsatz an mineralischen Düngern und Pflanzenschutzmitteln, aber auch einem geregelten Fruchtfolgesystem eingeführt. Futterpflanzen (insbesondere Leguminosen wie Esparsette, Luzerne, Klee) waren wichtiger Bestandteil des Fruchtfolgesystems und von großer Bedeutung für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit.

Nach Auflösung der Sowjetunion und Privatisierung der Kolchosen und Sowchosen entstanden zahlreiche kleinbäuerliche Familienbetriebe. Vielen jetzt selbstständigen Landnutzern fehlt jedoch landwirtschaftliche Erfahrung. So werden beispielsweise kaum Maßnahmen zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit (wie etwa Fruchtfolgewechsel, Humuswirtschaft) ergriffen. An traditionelle Landbauverfahren, die an die jetzige Situation gut angepasst wären, kann im Gebiet nicht angeknüpft werden.

Durch die Notwendigkeit zur Selbstversorgung mit Getreide ist der Futterbau in den letzten Jahren zugunsten des Getreideanbaus stark zurückgegangen. So wird auf einem erheblichen Teil der Felder seit vielen Jahren ohne Unterbrechung Getreide (i.d.R. Sommerweizen) angebaut. Die fehlende Fruchtfolge bewirkt einen drastischen Rückgang der Erträge, verbunden mit einer Abnahme der Bodenfruchtbarkeit, mit zunehmender Bodenmüdigkeit und mit einer Zunahme von Pflanzenkrankheiten bis hin zu völligen Ertragsausfällen. Bei Getreidekulturen wird insbesondere über starken Befall mit Weizensteinbrand (*Tilletia* spp.), einer klassischen Fruchtfolge- und Saatgutinfektionskrankheit, geklagt (PÖLKING 1998: 10).

Mineraldünger und Pflanzenschutzmittel können aus Kostengründen gegenwärtig fast nicht mehr eingesetzt werden. Organische Dünger aus der Tierhaltung sind jedoch auch nicht verfügbar, da sie hauptsächlich zu Heizzwecken verwendet werden. Methoden des traditionellen bzw. ökologischen Landbaues zur Stabilisierung und Erhöhung der Erträge sind kaum bekannt. Ackerbau wurde bis vor kurzem nur mit dem Einsatz von landwirtschaftlicher Großtechnik durchgeführt. Aus Altersgründen fällt die sowjetische Landtechnik jedoch immer weiter aus und wird in wenigen Jahren nicht mehr verfügbar sein. Aus Mangel an Technik können schon jetzt viele Landnutzer nicht mehr die richtigen Zeitpunkte für Aussaat und Ernte einhalten. Die Folgen sind erhebliche Ernteverluste und sogar Ernteaufschläge. Durch fehlende Landtechnik hat sich bereits der Bracheanteil deutlich erhöht. In der jetzigen Situation bestehen günstige Möglichkeiten, Methoden des ökologischen Landbaus zur Erhöhung und Stabilisierung der Erträge einzuführen und zu verbreiten. Hemmend für die Entwicklung der Landnutzung sind jedoch fehlende Finanzmittel, fehlender Zugang zu Betriebsmitteln (wie Saatgut), unzureichende Marktanbindung und fehlender Kreditzugang.

### **Waldnutzung**

Nur 1,9 % der Fläche des Issyk-Kul-Oblastes werden von Waldflächen eingenommen (GAN 1982). Dabei handelt es sich vor allem um Tienschan-Fichtenwälder (*Picea schrenkiana*) und z. T. um Wacholdergebüsche (*Juniperus turkestanica*). Der Wald kommt vor allem in den niederschlagsreichen Gebieten des östlichen Issyk-Kul-Beckens vor. Die Fichten-Wälder beschränken sich dort auf Höhen von 2 000 bis 2 900 m und kommt vor allem auf feuchtebegünstigten Nordhängen vor. Trotz ihres geringen Flächenanteils erfüllen die Wälder in den niederschlagsreichen Gebieten wichtige Funktionen für die Stabilität des Landschaftswasserhaushaltes und für den Erosionsschutz. Sie bewirken eine verzögerte und gleichmäßige Abgabe der Niederschläge in die Gebirgsbäche. Ein guter Zustand der Wälder kommt somit unmittelbar dem Bewässerungsfeldbau zugute, da diese für einen ausgeglichenen Abfluss der Bäche sorgen. So werden Abflussspitzen nach Starkniederschlägen und Wassermangel in trockenen Zeiten gemildert (GAN 1961, MATVEEV 1992).

Während des 2. Weltkriegs wurde aus Brennstoffmangel ein Großteil der Wälder abgeholzt. Danach wurden die Wälder unter Schutz gestellt, was zu einer deutlichen Erholung der Wälder führte. Dennoch muss davon ausgegangen werden, dass gegenwärtig nur etwa die Hälfte der potentiellen Waldstandorte von Wald eingenommen wird. Obwohl der Wald früher unter Schutz stand und eine Holzentnahme verboten bzw. streng reglementiert war, wurden Waldbereiche stellenweise intensiv beweidet. Eine Behinderung der natürlichen Waldverjüngung und Erosion war die Folge.

Gegenwärtig werden walddreiche Täler immer weniger beweidet. Der Beweidungsdruck hat sich verringert, da zum einen die Viehbestände stark zurückgegangen sind und zum anderen besonders in walddreichen Gebieten Tierverluste durch Wölfe befürchtet werden. Wölfe werden nicht mehr systematisch bejagt. So konnte in den letzten Jahren eine deutliche natürliche Waldverjüngung beobachtet werden. Zur Zeit werden mit internationaler Hilfe Projekte zur nachhaltigen Waldnutzung und zur Holzverarbeitung im Issyk-Kul-Gebiet gefördert.

### **Tourismus**

Der Issyk-Kul hat eine zentrale Bedeutung für den Tourismus in Mittelasien. In der Region gibt es keinen vergleichbaren See mit entsprechend günstigem Klima. Während der Zeit der Sowjetunion wurde das Issyk-Kul-Gebiet zu einem touristischen Zentrum entwickelt. Ausländischen Touristen war der Zugang allerdings verwehrt. Um den See entstanden über 100 Sanatorien (teilweise mit Heilquellen) und Ferienanlagen. Aufgrund negativer ökologischer Auswirkungen wurden bereits zu Sowjetzeiten einige Anlagen geschlossen. Hauptursachen waren Abwässer, die den Issyk-Kul belasteten. Auch der Alpinismus spielte eine gewisse Rolle.

Nach Auflösung der Sowjetunion sank die Zahl der Touristen am Issyk-Kul stark. Die Ferienanlagen stehen teilweise leer und verfallen. Mittlerweile kommen wieder mehr Touristen zum Issyk-Kul, vor allem aus Kirgisistan und aus dem benachbarten Kasachstan. Gegenwärtig gewinnt die Erschließung der Gebirgsregionen für ausländische Touristen an Bedeutung. Der Tourismus kann sich für die lokale Bevölkerung zu einer wichtigen Einnahmequelle entwickeln (GTZ 2001, ASYKULOV 2002).

### **Bergbau**

Das Issyk-Kul-Gebiet ist reich an Bodenschätzen, deren Förderung jedoch häufig mit einem erheblichen ökologischen Risiko verbunden ist. Kirgisistan hat sich entschlossen, Gold abzubauen, um dringend benötigte Devisen zu bekommen. Mitten im Biosphärenreservat Issyk-Kul befindet sich in über 4 000 m NN die höchstgelegene Goldmine der Erde inmitten einer ökologisch sensiblen Hochgebirgsregion mit zahlreichen Gletschern (ASYKULOV 2002). Das goldhaltige Gestein wird oberirdisch abgebaut, zermahlen und im Cyanidverfahren ausgelaugt, wobei die schwermetallhaltigen Abwässer im Dauerfrostboden eingefroren werden sollen. Bei der gegenwärtigen Klimaerwärmung, die sich im Gebiet u.a. am verstärkten Rückgang der Gletscher zeigt, ist das auf längere Sicht sehr fragwürdig. Das Bergbauggebiet liegt im Einzugsbereich des Naryn-Flusses, des größten Flusses Kirgisistans, und stellt für große Gebiete mit Bewässerungsfeldbau, der auf den Naryn angewiesen ist, eine erhebliche potentielle Gefahr dar.

Der Betrieb der Goldmine Kumtor hat auch aktuelle negative Auswirkungen, wie eine Havarie vom 20. Mai 1998 zeigte. Bei einem Transport gelangten große Mengen (2 t) hochgiftigen Natriumcyanids in den Fluss Barskoon, der in den Issyk-Kul-See mündet. Das führte im gleichen Jahr neben starken Einbußen im Tourismus auch zu negativen Auswirkungen auf die Absatzmöglichkeiten landwirtschaftlicher Produkte aus dem Issyk-Kul-Gebiet (ASYKULOV 2002, GOTTSCHLING 2002 b, c).



## 3 Methoden

### 3.1 Landschaftsökologischer Ansatz

Bei den landschaftsökologischen Untersuchungen im Issyk-Kul-Gebiet wurden die Prinzipien der naturraumkundlichen Methode nach KOPP et al. (1982) angewendet. Hinter der Methode steht ein umfassendes landschaftsökologisches Konzept als Basis für eine kompetentenübergreifende, struktur-, funktions-, und nutzungsbezogene Naturraumanalyse und -interpretation. Als Naturraumkunde wird das entsprechende Lehrfach bezeichnet, und als Naturraumerkundung wird die Anwendung der methodischen Prinzipien in der Praxis der Naturraumanalyse, Kartierung und Interpretation bezeichnet.

Das anwendungsorientierte Verfahren der Naturraumerkundung hat sich aus der Praxis der forstlichen Standortserkundung in Ostdeutschland entwickelt. Das Verfahren sieht die Erarbeitung landschaftsökologischer Grundlagen für die zweigspezifische Nutzungsinterpretation für Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Naturschutz und für andere Nutzungsformen sowie die zweigübergreifende Nutzungsinterpretation für eine umweltgerechte Landnutzungsplanung vor.

Der bisherige Kernanwendungsbereich der Naturraumerkundung liegt in der Praxis der forstlichen Standortserkundung, die im Tiefland, Hügelland und Mittelgebirge der ehemaligen DDR durchgeführt wurde und in den östlichen Bundesländern Deutschlands teilweise weitergeführt wird (siehe dazu KOPP et al. 1982, KOPP & SCHWANECKE 1994, SCHULZE & KOPP 1995, KOPP & SUCCOW 1996, KOPP 1995, KOPP 1998, KOPP 2001, Landesforstanstalt und EMAU Greifswald 2002). Weiterhin liegen positive Erfahrungen bei der Anwendung der naturraumkundlichen Methode in Vietnam, Polen, Schweiz und Ungarn vor (siehe SCHWANECKE et al. 1982 und KOPP & SCHWANECKE 1994). Neu ist die Anwendung unter Hochgebirgsbedingungen in Kirgisistan (GOTTSCHLING 2002 a, b, c; MROTZEK 1996, BEUTELL 1997, ENGELKE 1997, ZEMMRICH 1997, HEINICKE 1999, KOCKSCH 1999).

Grundlegende Prinzipien der Naturraumerkundung nach KOPP et al. (1982) sind:

1. Erfassung des Naturraumes als Ganzheit aller Naturraum-Komponenten mit aufeinander abgestimmter Klassifikation der Komponenten Boden, Bodenwasser, Relief, Klima, Vegetation. Dabei Erfassung wesentlicher geostruktureller und ökologischer Naturraumeigenschaften. Primär werden vor allem Naturraumstrukturen erfaßt, denen i.d.R. umfangreiche Funktionen zugeordnet werden können.
2. getrennte Erfassung von stabilen und leicht veränderlichen Standortseigenschaften (von Stamm- und Zustandseigenschaften),
3. Erfassung des Naturraumes in 4 geographischen Dimensionen im Sinne von NEEF (1967): topisch, mikrochorisch, mesochorisch, makrochorisch
4. getrennte Erfassung von geostrukturellen Naturraumeigenschaften und deren ökologischer Interpretation (Gruppierung von Standorten nach ökologischer Verwandtschaft zu topischen und chorischen Ökotoptypen),
5. Vorgehen in 4 Arbeitsstufen:
  - (I.) Grundlagenerfassung
  - (II.) Funktionsbetrachtung
  - (III.) zweigspezifische Nutzungsinterpretation
  - (IV.) zweigübergreifende Nutzungsinterpretation

### Grundlagenerfassung

Bei der Grundlagenerfassung (I.) sind die Prinzipien 1–4 sowie die Interpretierbarkeit der Erkundungsergebnisse bezüglich der ökologischen Funktionen (II.), der zweigspezifischen Nutzungsinterpretation (III.) und der zweigübergreifenden Nutzungsinterpretation (IV.) zu berücksichtigen.

Die Naturraumanalyse beginnt in der topischen Dimension. Hierbei werden Naturraumkomponenten mit weitgehend homogenem Inhalt als Vegetationsformen, Klimaformen, Bodenformen, Substratwasserformen und Reliefformen typisiert (Tabelle 3.1-01) und kartiert. Bestandteil der Naturraumtypisierung sind das Bodenformenkonzept (siehe Kapitel 4.1.2) sowie das Vegetationsformenkonzept (Kapitel 4.5.2). Die Klassifikationseinheiten der abiotischen Komponenten werden zu Standortsformen und unter Einbeziehung der Vegetationsformen zu Naturraumformen zusammengefasst (Abbildung 4.0-01 in Kapitel 4). Die aufeinander abgestimmte Klassifikation der Komponenten Boden, Bodenwasser, Relief, Klima und Vegetation ist wesentliche Voraussetzung für den interdisziplinären Charakter des Verfahrens. Die Areale topischer Naturraumeinheiten haben eine flächenhafte Ausdehnung und sind kartierbar.

Tabelle 3.1-01: Komponentengliederung für Naturraumformen in der topischen Dimension unter Einbeziehung der Naturräume des Biosphärenreservates Issyk-Kul in Kirgisistan. (verändert nach D. KOPP U. H. GOTTSCHLING, Entwurf 1/1998)

Komponente	Komponentenform (= ...typ)	Stammeigenschaften		Zustandseigenschaften
		primär	sekundär nach bleibender anthropogener Veränderung	nach rückwandelbarer anthropogener Veränderung
Vegetation	Vegetationsform	primäre Stamm-Vegetationsform	(sekundäre Stamm-Vegetationsform) rezente Stamm-Vegetationsform	Zustands-Vegetationsform
Lufthülle	Klimaform (aus Höhenstufenklima-typ [chorisch] und mesoklimatischen Abweichungen)	Stamm-Klimaform	sekundäre Stamm-Klimaform	Zustands-Klimaform Immissionsform (Immissionen, Stäube, Verwehungen)
Boden	Bodenform	primäre Stamm-Bodenform	(sekundäre Stamm-Bodenform) rezente Stamm-Bodenform	Oberboden-zustandsform
Substratwasser	Substratwasserform	primäre Substratwasserform	(sekundäre Substratwasserform) rezente Substratwasserform	Zustands-Substratwasserform
Relief	Reliefform	primäre Relief-form	(sekundäre Relief-form) rezente Reliefform	



In der mikrochorischen Dimension werden die Verteilungsgesetzmäßigkeiten der topischen Naturraumbausteine analysiert. Es werden Mosaiktypen gebildet, die sich aus einer jeweils typischen Kombination und Anordnung von topischen Bausteinen zusammensetzen und dabei eine möglichst hohe relative Gleichförmigkeit besitzen sollen. Analog der topischen Dimension werden Vegetationsmosaiktypen, Klimamosaiktypen, Bodenmosaiktypen usw. ausgeschieden, die zu Standortsmosaiktypen und Naturraummosaiktypen zusammengefasst und kartiert werden (Kapitel 5). Areale in den mesochorischen und makrochorischen Dimensionen besitzen einen höheren Aggregierungsgrad und werden individuell charakterisiert.

In der obigen Tabelle 3.1-01 werden weiterhin die Möglichkeiten der typologischen Erfassung reversibler und irreversibler Zustandsänderungen von Komponenteneigenschaften dargestellt. Dabei kann zwischen primären Stammeigenschaften (primär natürlich) und sekundären Stammeigenschaften (nach irreversiblen anthropogenen Veränderungen) unterschieden werden. Reversible Zustandsänderungen können bei der Typisierung als Zustandsvegetationsformen, Oberbodenzustandsformen etc. berücksichtigt werden.

In der vorliegenden Arbeit werden die Zustandsänderungen bei der Naturraumtypisierung jedoch nur in vereinfachter Form berücksichtigt (Kapitel 4.6), da Kenntnisse über die Auswirkungen langfristiger Nutzung auf die konkreten Naturräume (insbesondere durch Beweidung) fehlen. Es werden lediglich (aktuelle) Nutzungsart und -intensität angegeben, die eine gewisse Interpretation der Naturraumeigenschaften als naturnäher bzw. stärker abgewandelt zulassen. Primäre und sekundäre Stamm- sowie Zustandskomponentenformen werden somit zunächst nicht als solche ausgewiesen. Dennoch ist das Konzept der Unterscheidung von Stamm- und Zustandseigenschaften von großer Bedeutung bei der Auswahl der Aufnahmepunkte, bei der Interpretation anthropogener Zustandsänderungen und bei den weiteren Auswertungen der Untersuchungsergebnisse. Die komponentenübergreifende Arbeitsweise ermöglicht durch Standortvergleiche die Zuordnung natürlicher Vegetationsformen und daraus hervorgegangener, anthropogen abgewandelter Vegetationsformen und somit eine Differenzierung, ob Vegetationsunterschiede auf naturräumlichen Unterschieden oder auf unterschiedlichen Nutzungseinflüssen beruhen.

Bei der Funktionsbetrachtung (II.) ist vorgesehen, dass die erfassten Naturraumstrukturen bezüglich der landschaftsökologischen Funktionen und Prozesse (Stoffhaushalt, Produktivität, ... ) analysiert und interpretiert werden. Es wird davon ausgegangen, dass Naturraumstrukturen die Ergebnisse landschaftsökologischer Prozesse sind und dass sich Funktionseigenschaften i.d.R. den direkt erfassbaren strukturellen Naturraumeigenschaften zuordnen lassen. Somit werden nicht mit großem Aufwand die Prozesse selbst, sondern deren Ergebnisse analysiert.

Bei der zweigspezifischen Nutzungsinterpretation (III.) werden die unterschiedlichen Naturraumeinheiten nach ihren nachhaltigen Nutzungspotentialen für verschiedene Nutzungszweige interpretiert (Weidetragfähigkeit, Ackernutzung, Waldnutzung, Tourismus, Naturschutz).

Bei der zweigübergreifenden Nutzungsinterpretation (IV.) werden die Nutzungspotentiale der verschiedenen Nutzungszweige im Sinne der Landnutzungsplanung gegeneinander abgewogen.

Die Darstellungen dieser Arbeit konzentrieren sich auf die I. Arbeitsstufe mit der Erfassung und Typisierung der Grundlagendaten, die aber bereits in Hinblick auf die Auswertbarkeit und Interpretierbarkeit bei den Arbeitsstufen II., III. und IV. erhoben bzw. aufbereitet und

typisiert werden. Die Vorgehensweise bei den Arbeitsstufen der Funktionsbetrachtung sowie bei der zweigspezifischen und zweigübergreifenden Nutzungsinterpretation werden diskutiert. Mehr zu den Prinzipien der Naturraumtypisierung nach dem naturraumkundlichen Ansatz findet sich in Kapitel 4 (topisch) und Kapitel 5 (chorisch).

### **3.2 Landschaftsökologische Feldarbeiten, Transektmethode**

Ziel der landschaftsökologischen Untersuchungen war es, die Vielfalt der Naturräume des Issyk-Kul-Gebietes möglichst umfassend in ihren wesentlichen strukturellen, ökologischen und nutzungsrelevanten Eigenschaften zu charakterisieren und deren Verteilungsgesetzmäßigkeiten zu analysieren.

Die Geländeuntersuchungen wurden an sechs repräsentativen Ausschnittsgebieten (Transekten) in den Sommermonaten der Jahre 1995, 1996 und 1997 durchgeführt. Die Lage der Transekte kann aus Abbildung 2.1-03 **CD** entnommen werden. Die Transekte in vorliegender Arbeit sind schmale Geländestreifen mit Längen bis zu 30 km und einer Breite von 1-3 km. Sie liegen in unterschiedlichen klimatisch-geographischen Bereichen des Untersuchungsgebietes, umfassen jeweils eine Abfolge von Höhenstufen und erfassen typische und flächenhaft bedeutsame Naturräume des Gebietes. Sie stellen eine flächenhafte Naturraumtypenkartierung dar. Bei der Auswahl der Transekte wurden vorhandene kartographische Darstellungen (vor allem Atlas Kirgizskoy SSR 1987) zur geographischen Verbreitung naturräumlicher Bedingungen berücksichtigt. Die Untersuchungen wurden vor allem auf wirtschaftlich nutzbaren Flächen (Feldbau, Weidenutzung oder Waldnutzung) in Höhenbereichen von 1 600-3 200 m NN durchgeführt. Gebietsweise wurden Höhen bis 3 500-3 900 m NN einbezogen.

Zu Beginn der Feldarbeiten wurde jeweils der gesamte Transekt abgelaufen bzw. abgefahren, um einen Überblick über das vorkommende Spektrum an Naturraumeinheiten, Nutzungsarten und -intensitäten bzw. Abwandlungsgraden zu erhalten. Danach wurde festgelegt, welche Standorte in welcher Detailliertheit aufgenommen werden sollen, um bei begrenzt möglichem Aufwand die wichtigsten Naturräume und die gesamte Standortamplitude erfassen zu können. Je nach zeitlichen Möglichkeiten konnten dann noch feinere Naturraumunterschiede erfasst werden.

Erhebung und Auswertung der Daten erfolgten in Anlehnung an das Verfahren der Naturraumerkundung nach KOPP et al. (1982), KOPP & SCHWANECKE (1994), SCHULZE & KOPP (1995) sowie an AG Boden (1994) und FAO (1990).

Bei den Erhebungen in der topischen Dimension wurden Vegetation und Standort auf repräsentativ erscheinende Flächen unterschiedlicher Expositionen (vor allem Nord- und Südhang) und Relieflagen aufgenommen. Es wurde angestrebt, von den jeweiligen Naturraumeinheiten möglichst naturnahe und verschieden stark anthropogen abgewandelte Ausprägungen zu erfassen. Standorte in mittlerer, doppelt gestreckter Hanglage wurden bevorzugt aufgenommen, da hier die für die jeweiligen Höhenstufen typischen Bodenbildungen zu erwarten waren, und nicht mit so starkem Bodenabtrag wie am Oberhang bzw. Bodenablagerung wie an Unterhängen gerechnet werden musste. Zusätzlich wurden z. T. Aufnahmen in Talsohlen, kolluvial beeinflussten Unterhängen sowie an erodierten Kuppen durchgeführt.

In den 6 Transekten wurden insgesamt 120 Bodenprofile untersucht und 320 Vegetationsaufnahmen durchgeführt, von denen 293 Aufnahmen in den Vegetationstabellen (Tabellen 4.5-02 **CD** und 4.5-03 **CD**) dargestellt werden. Die Erfassung von Bodenmerkmalen wird in Kapitel 3.3, die Erfassung von Vegetationsmerkmalen in Kapitel 3.4 näher erläutert. Die

Eigenschaften des Substratwassers wurden über die Bodenmerkmale erfasst. Die Reliefbedingungen wurden über die allgemeine Standortbeschreibung mit Berücksichtigung von Höhe (in m NN), Exposition, Hangneigung, Wölbung und Lage im Relief erfasst (Kapitel 4.2). Angaben zum Klima wurden über Vegetations- und Standortmerkmale sowie unter Berücksichtigung von Klimadaten aus der Literatur abgeleitet.

Die Lage der Bodenprofile in den Transekten 1–6 ist in den Abbildungen 3.2-01 bis 3.2-06 (CD) in verkleinerten Ausschnitten topographischer Karten im Maßstab 1:100 000 bzw. 1:200 000 eingezeichnet. Von einem Teil der Bodenprofile sind die Koordinaten in Tabelle 3.2-01 (CD) dargestellt.

In der chorischen Dimension wurden die räumliche Anordnung der topischen Naturraumbestandteile und deren Verteilungsgesetzmäßigkeiten erfasst. Bodenprofile, Vegetationsbestände, Reliefsituationen sowie Anordnungen der Naturraumtypen wurden fotografisch dokumentiert.

### 3.3 Erfassung von Bodenmerkmalen

#### 3.3.1 Aufnahme der Bodenprofile

Die Bodenprofile wurden in Anlehnung an SCHULZE & KOPP (1995), AG Boden (1994) und FAO (1990) aufgenommen und horizontweise Bodenproben für Laboranalysen und eine nachträgliche Farbansprache genommen. Auf die Ansprache der Bodenmerkmale wird nachfolgend etwas ausführlicher eingegangen, da für die Böden des Untersuchungsgebietes auf kein geeignetes Standardverfahren zurückgegriffen werden konnte. Ziel der Profilaufnahme war es, die Böden möglichst nach ökologisch relevanten Merkmalen und nach genetisch deutbaren Eigenschaften zu charakterisieren. Insgesamt wurden 120 Bodenprofile beschrieben.

Die folgende Übersicht über die Ansprachemerkmale dient gleichzeitig zur Erklärung der Abkürzungen, die in Tabelle 4.1–21 (CD) verwendet werden.

#### Substrat und Substratprofil

Ansprache im Feld nach Fingerprobe und Schätzung des Skelettanteils (SCHULZE & KOPP 1995, siehe Kapitel 4.1.4)

#### Bodenfeuchtezustand

Schätzung des Bodenfeuchtezustandes am Bodenprofil (nach AG Boden 1994:114):

feu 1	trocken	feu 4	stark feucht
feu 2	schwach feucht	feu 5	naß
feu 3	feucht	feu 6	stark naß

#### Durchwurzelungsintensität (nach AG Boden 1994: 130)

		Feinwurzeln/ dm <sup>25</sup>		Feinwurzeln/ dm <sup>2</sup>	
W 0	keine Wurzeln	0	W 4	stark	11–20
W 1	sehr schwach	1–2	W 5	sehr stark	21–50
W 2	schwach	3–5	W 6	extrem stark bis Wurzelfilz	> 50
W 3	mittel	6–10			

<sup>5</sup> Mittlere Anzahl der Feinwurzeln (< 2 mm) pro dm<sup>2</sup> an der Profilwand; teilweise werden in Klammern zusätzlich Angaben zur Anzahl toter Wurzeln gemacht, z. B. W1 (3)

**Schärfe der Horizontgrenze** (Ansprache nach AG Boden 1994: 79):

di	diffus
de	deutlich
sc	scharf

**Verfestigungsgrad** (Ansprache nach AG Boden 1994: 122):

Vf1	sehr schwach verfestigt
Vf2	schwach verfestigt
Vf3	mittel verfestigt
Vf4	stark verfestigt
Vf5	sehr stark verfestigt

Ansprache erfolgt am Bodenprofil bei aktueller Bodenfeuchte.

**Lagerungsart der Aggregate** (Ansprache nach AG Boden 1994: 121f.):

g	geschlossen
h	halboffen
o	offen bis sperrig mit vielen Hohlräumen

### Gefüge

Die Ansprache der Gefügeformen erfolgte in Anlehnung an SCHULZE & KOPP (1995), FAO (1990), AG Boden (1994) und BECHER (2000 a, b). Das Gefüge ermöglicht Aussagen über bodenbildende Prozesse und Bodenzustandsänderungen und kann als Zusatzmerkmal für die Unterscheidung von Horizonttypen bzw. Bodentypen dienen. Die Gefügeeigenschaften sind u.a. von Bedeutung für den Bodenwasserhaushalt, die Durchlüftung des Bodens, die Durchwurzelbarkeit und die Stabilität des Standortes gegenüber Erosion. Es werden folgende Gefügeformen (Makrogefüge) unterschieden:

#### Einzelkorngefüge (ein)

Die Bodenteilchen (Minerale, Gesteinsstücke, Sandkörner, aber auch staubende Schluffpartikel sowie organische Teilchen) sind nicht miteinander verklebt und liegen einzeln und lose nebeneinander. Hiermit wird hier auch pulverförmiges Gefüge, (nach Methode ZACHAROV) erfasst, welches sich in schluffhaltigen Substraten ausbilden kann. Einzelkorngefüge bei schluffhaltigen Substraten (Schluff, sandiger Lehm, lehmiger, anlehmiger Sand) staubten z.T. stark (bei „Burosemen“, „Hellen und Dunklen Kastanosemen“, z.T. „Carbonat-Tschernosemen“).

#### Kohärentgefüge (koh)

Die Bodenteilchen bilden eine zusammenhaftende, nicht gegliederte Bodenmasse mit weicher bis unterschiedlich harter Konsistenz. Die Primärteilchen werden durch Kohäsionskräfte zusammengehalten. Das Gefüge ist typisch für nicht aggregierte bindige Böden, z.B. nicht gegliederte Schluffe. Es kann unterschieden werden zwischen stark kohärent, mäßig kohärent und schwach kohärent. Schluff mit Kohärentgefüge weist häufig eine sehr hohe Porosität auf. Als eine Form des Kohärentgefüges wird das Kittgefüge (kit) angesprochen, welches vor allem bei sandigen Substraten durch Verkittung durch Gips, Salz, Carbonat (bzw. Fe-Oxyde) entsteht.

#### Krümelfgefüge (krü)

Biogenes Aufbaugesfüge, mit mehr oder weniger rundlichen Aggregaten und rauer Oberfläche, unregelmäßig geformt. Größe, Ausbildungsgrad (Stabilität) und Porosität der Krümel können sich stark unterscheiden (siehe unten). So kann z. B. Feinkoagulatgefüge als schwach ausgebildetes klein-krümeliges Gefüge betrachtet werden. Die

Kastanoseme im Untersuchungsgebiet besitzen im Oberboden häufig ein schwach ausgebildetes klein-krümeliges Gefüge, viele Tschernoseme dagegen ein stark ausgebildetes groß-krümeliges Gefüge.

#### Subpolyedergefüge (sub)

„Das Subpolyedergefüge besteht aus Aggregaten mit stumpfen Kanten und etwa gleichen Achsenlängen, die durch mehrere unregelmäßige, meist raue Flächen begrenzt sind“ (AG Boden 1994:120). Das Subpolyedergefüge kann hervorgehen aus Krümeln durch Zusammenpressen zu größeren Aggregaten, aus Polyedern durch Verlagerung durch Tiere oder Wurzeln, oder durch intensive Quell-Schrumpf-Prozesse (BECHER 2000b:11). Das Subpolyedergefüge unterscheidet sich vom Polyedergefüge durch rauere Oberflächen und stärker abgerundete Ecken und hat so mehr morphologische Ähnlichkeit mit Krümeln. Bei schlechter Ausprägung der Polyeder wird das Gefüge dem Subpolyedergefüge zugeordnet.

#### Polyedergefüge (pol)

Die Aggregate haben i.d.R. scharfe Kanten. Ausbildungsgrade (Stabilität) und Größen der Polyeder können sich stark unterscheiden (siehe unten). Das Polyedergefüge kann sich nur in bindigerem Substrat ausbilden und entsteht durch Schrumpfrisse aufgrund von Feuchte- und Temperaturwechsel.

Krümel- und Polyedergefüge können entsprechend Schulze & Kopp (1995) sowie FAO (1990) nach der Größe wie folgt untergliedert werden (Angabe der Aggregatdurchmesser in mm):

Bezeichnung	Abkürzung	krümelig (granular)	polyedrisch (blocky)
sehr klein	skl	< 1	< 5
klein	kl	1 ... 2	5 ... 10
mittel	m	2 ... 5	10 ... 20
groß	gr	5 ... 10	20 ... 50
sehr groß	sgr	> 10	> 50

Das Krümel- und Polyedergefüge kann entsprechend SCHULZE & KOPP (1995) sowie FAO (1990) weiterhin nach folgenden Ausprägungsgraden (*Grades of Soil Structure*) differenziert werden:

schwach (sw) (*weak*): Gefügekörper zerfallen leicht, (zerfällt in wenige Gefügekörper, viele Bruchstücke von Gefügekörpern und viel nicht aggregiertes Material)

mäßig (m) (*moderate*): klar geformte, deutliche Gefügekörper, mittlere Stabilität (zerfällt in viele vollständige Gefügekörper, einige zerbrochene Gefügekörper und wenig nicht aggregiertes Material)

stark (st) (*strong*): Gefügekörper deutlich ausgeprägt und sehr stabil, haften nur schwach aneinander und lassen sich leicht isolieren (zerfällt überwiegend in vollständige und nur wenige zerbrochene Gefügekörper, sowie in sehr wenig oder kein nichtaggregiertes Material)

Beispiele:

→ m kl-pol = mäßig klein-polyedrisch

→ st gr-krü = stark groß-krümelig

Plattengefüge (pla)

Die Aggregate sind vorwiegend lateral ausgedehnt und haben die Form flach liegender Plättchen. Plattengefüge entsteht durch Frostwirkung (vor allem im Unterboden feinkörniger Substrate, SCHROEDER 1992:62), durch Bodenverdichtung (Pflugsohle, durch intensive Beweidung z. B. bei Lägerfluren) und kann sich auch an der Bodenoberfläche bei geringer Vegetationsbedeckung infolge von Befeuchtung und Austrocknung bei schluffhaltigem Substrat ausbilden (z. B. leicht zerstörbare Oberflächenkrusten bei „Burosemen“).

Gefügefragmente (bei Ackernutzung):

Bröckel (bro) (< 50 mm)

Klumpen (klu) (> 50 mm)

„Frostgefüge“: Durch Frostwirkung sind folgende Gefügeformen entstanden:

plattiges Frostgefüge: (findet man vor allem im Unterboden bindiger Böden. Entstehung durch Bildung von Eislamellen, vgl. SCHROEDER 1992: 62.), im Untersuchungsgebiet bei höher gelegenen Böden anzutreffen; parallel brechbare Aggregate, häufig mit glänzender Oberfläche.

Kügelchen-Frostgefüge: Gefüge in Form deutlich ausgeprägter, 1-2 mm kleiner Kügelchen aus schluffigem Substrat. Entsprechende Schluff-Kügelchen konnten auch an der Oberfläche von Gletschern beobachtet werden.

Die durch Frostwirkung entstandenen polyederförmigen Aggregate wurden dem Polyeder- bzw. dem Subpolyedergefüge zugeordnet.

**Konsistenz im trockenen Zustand** (nach FAO, 1990:52)

Die Ansprache der Bodenkonsistenz erfolgte an lufttrockenen Bodenproben nach FAO (1990: 52). Der Einfachheit halber wurden hier die Abkürzungen KT0 ... KT5 gewählt (KT = Konsistenz trocken). Die Abkürzungen und Bezeichnungen nach FAO (1990) wurden ebenfalls mit aufgeführt. Übergänge bzw. Kombinationen zwischen den Konsistenzgraden sind möglich. Eine extrem harte Konsistenz (KT5) kam bei den untersuchten Böden nicht vor.

Abk.	Bezeichnung	Merkmale	FAO
KT0	lose	lose, kein Zusammenhalt	LO, loose
KT1	weich	Bodenmaterial ist sehr schwach kohärent und zerbrechlich, bricht unter leichtem Druck zu Pulver oder Einzelkörner	SO, soft
KT2	mäßig hart (fest)	schwach resistent gegen Druck, zwischen Daumen und Zeigefinger leicht zu zerdrücken	SHA, slightly hard
KT3	hart	mäßig resistent gegen gegen Druck, kann in der Hand gebrochen werden, aber nicht zwischen Daumen und Zeigefinger	HA, hard
KT4	sehr hart	sehr resistent gegen Druck, kann in der Hand nur unter Schwierigkeiten gebrochen werden	VHA, very hard
KT5	extrem hart	extrem resistent gegen Druck, kann nicht mit der Hand gebrochen werden	EHA, extremely hard

**Bodenfarbe**

Die Bodenfarbe wurde mit Hilfe der Munsell-Farbtafeln (Munsell Soil Color Charts 1994) an zermörserten Bodenproben im lufttrockenen und angefeuchteten Zustand bestimmt. Auf dunklen Aggregatoberflächen (mit Ton-/Humusbelägen) wurde die Farbe gesondert angesprochen. Angeschnittene Aggregate erschienen oft heller, als die Bodensubstanz, was teil-

weise an den abgestochenen Profilwänden, insbesondere bei schluffreichem Substrat, zu sehen war. Die Munsell-Farbtafeln ermöglichen eine Objektivierung und Standardisierung der Farbansprache, wurden in der Kirgisischen Bodenkunde bisher jedoch noch nicht angewendet.

Beispiel für Farbansprache: 10 YR 4/3 [Farbton] [Helligkeitswert]/[Farbintensität]

### Carbonatgehalt

Der Carbonatgehalt wurde wie folgt am Profil mit 10 % HCl grob ermittelt:

Kurzzeichen	Reaktion mit 10 % HCl	KA4	Carbonatgehalt, geschätzt (%)
-	carbonatfrei, keine Reaktion sichtbar	c0, c1	0 ... 0,5
+	sehr schwach carbonathaltig, sehr schwache Reaktion	c2	0,5 ... 2
++	carbonathaltig, kurzzeitiges Aufbrausen (sichere Ansprache)	c3.2	2 ... 4
+++	carbonathaltig, starkes, länger anhaltendes Aufbrausen	c3.3, 3.4	> 4
++++	stark carbonathaltig, sehr starke lang anhaltendes Aufbrausen	c4 ...	> 4

Zu einem leichten „Zischen“ bzw. einer leichten Bläschenbildung konnte es auch kommen, wenn trockene, stark poröse Proben aus Schluff, die kein Carbonat enthielten, nur mit Wasser benetzt wurden. Das ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass der Boden das Wasser schnell aufgenommen hat und dabei Luft aus den Poren verdrängt wurde, so dass sehr schwache Carbonatgehalte vorgetäuscht wurden. Die meisten Bodenproben wurden im Labor mittels Scheibler-Apparatur auf Carbonatgehalt untersucht.

#### 3.3.2 Laboranalysen

Von 120 Bodenprofilen wurden 494 Bodenproben analysiert. Je Horizont bzw. Tiefenbereich wurde eine Mischprobe von 1–1,5 kg genommen. Bei den Profilen 1–74 wurden Probenmengen von ca. 500–60 g genommen. Die Proben wurden nach der Probennahme luftgetrocknet. Nach grober Zerkleinerung und Durchmischung der Proben wurde der größere Teil der Probenmenge für die chemischen Analysen aufbereitet, während ein kleinerer Teil der Probe für die Ansprache der Farbe und der Konsistenz im trockenen Zustand zurückbehalten wurde.

Die Bodenproben wurden im Labor auf organischen Kohlenstoff, Gesamt-Stickstoffgehalt, C/N-Verhältnis,  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ ,  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  Carbonatgehalt, elektrische Leitfähigkeit bei wässrigem Extrakt (1:2,5 und 1:5) und teilweise KAK analysiert. Die Bodenanalysen wurden im Bodencolabor des Botanischen Institutes der Universität Greifswald ( $C_{\text{gesamt}}$ ,  $C_{\text{organisch}}$ , C/N-Verhältnis, Carbonat-Gehalt, pH-Wert, Leitfähigkeit) und im Geologischen Landesamt Mecklenburg-Vorpommerns in Schwerin (effektive Kationenaustauschkapazität) durchgeführt.

Für die bodenchemischen Analysen wurde die Feinbodenfraktion < 1 mm verwendet. Die Werte für  $C_{\text{organisch}}$ , Humus, Gesamt-Stickstoffgehalt,  $\text{CaCO}_3$  sind auf bei 105 °C getrocknetem Feinboden (<1 mm) bezogen. Die KAKeff-Werte beziehen sich auf luftgetrockneten Feinboden. (Die KAK-Werte wären auf atro Feinboden bezogen um ca. 10–20 % höher). Für die C/N-Analyse wurden die Proben der <1 mm Feinbodenfraktion mittels Kugelmühle der Firma Fritsch gemahlen, und die u.U. dann noch enthaltene Feinwurzelreste herausgesiebt bzw.

herausgelesen. Die Feinwurzeln wurden beim Vermahlen mit der Kugelmühle i.d.R. nicht zerkleinert. Die Analysemethoden sind nachfolgend aufgeführt:

Bodenmerkmale	Analysemethoden
$C_{\text{gesamt}}$ (%)	C/N-Analysator Vario EL der Elementar Analysensysteme GmbH Hanau teilweise Parallelmessungen, Standardabweichung $\leq 0,1$ % absolut
CaCO <sub>3</sub> -Gehalt (Masse%)	Scheibler-Methode. Ermittlung des CaCO <sub>3</sub> -Äquivalentgehaltes (vereinfacht als Carbonatgehalt bezeichnet); teilweise Parallelmessungen, Standardabweichung $\leq 5$ % absolut
Gesamtstickstoff (%)	C/N-Analysator Vario EL der Elementar Analysensysteme GmbH Hanau teilweise Parallelmessungen, Standardabweichung $\leq 0,1$ % absolut
pH <sub>(KCl)</sub>	Potentiometrische pH-Messung in Bodensuspension in 1 M KCl im Verhältnis 1:5 (teilweise 1:2,5), Einwaage 10 g Boden, Messung im Überstand, Verwendung der Einstabmesskette WTW Sentix 41, temperaturkompensiert 25°C; teilweise Parallelmessungen, Standardabweichung $\leq 0,05$ pH-Einheiten
pH <sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>	Potentiometrische pH-Messung in wässriger Bodensuspension in H <sub>2</sub> O im Verhältnis 1:5 (teilweise 1:2,5), Einwaage 10 g Boden, Messung im Überstand, Verwendung der Einstabmesskette WTW Sentix 41, temperaturkompensiert 25°C; teilweise Parallelmessungen, Standardabweichung $\leq 0,05$ pH-Einheiten
Elektrische Leitfähigkeit (EL)	Elektrometrische Leitfähigkeitsmessung in wässriger Bodensuspension im Verhältnis Boden : Wasser 1:2,5 , teilweise 1:5, Einwaage 10 g Boden, Messung im Überstand; Verwendung der Leitfähigkeitselektrode WTW LF 325, temperaturkompensiert 25°C; z. T. Parallelmessungen; Angabe der Messwerte in $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ oder $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ( $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1} = 1 \text{mS}\cdot\text{cm}^{-1} = 1 \text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ).
effektive Kationenaustauschkapazität (KAK <sub>eff</sub> )	SrCl <sub>2</sub> -Methode nach Bach (entsprechend SÄNGER-VON OEPPEN et al. 1993 und Methodenhandbuch Geologisches Landesamt Mecklenburg-Vorpommern 1998): Austausch der metallischen Ionen des Bodens mit neutraler 0,1 M SrCl <sub>2</sub> -Lösung. Rücktausch des mit Sr <sup>2+</sup> beladenen Bodens mit 0,1 M MgCl <sub>2</sub> -Lösung. Analyse der Konzentration von Strontium im Perkolat (ICP). Durchführung der Analysen im Bodenlabor des Geologischen Landesamtes M-V in Schwerin 1999
KAK(pH 6,5)	Austausch der metallischen Ionen des Bodens mit Ba <sup>2+</sup> bei pH 6,5 (nach Metodicheskie ukazaniya po laboratornym issledovaniyam pochv v Giprozemakh 1984: 67-71); Verwendung einer mit pH 6,5 gepufferten Austauschlösung aus Ba(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> und BaCl <sub>2</sub> . Durchführung der Analysen im Institut Kirgizgiprosem, pochvenno-gruntovaya laboratoriya in Bischkek bei Bodenprofilen des Jahres 1995
Korngrößenverteilung	Pipettanalyse des Feinbodens mit $< 1$ mm Korngrößendurchmesser. nach Dispergierung in Na-Pyrophosphat (nach Metodicheskie ukazaniya po laboratornym issledovaniyam pochv v Giprozemakh 1984: 181-194); Durchführung der Analysen in verschiedenen Laboren in Kirgisistan (siehe unten)
C <sub>organisch</sub>	Berechnung: Bei carbonatfreien Proben gilt: C-organisch = C-gesamt. Bei carbonathaltigen Proben gilt: $\text{C-organisch} = \text{C-gesamt} - \text{C-anorganisch}.$
C <sub>anorganisch</sub>	Der anorganische Kohlenstoff (C-anorganisch) wurde aus dem über die Scheibler-Methode bestimmten Carbonat-Gehalt errechnet. Berechnung aus CaCO <sub>3</sub> -Äquivalent $\text{Canorg} (\%) = [\text{CaCO}_3\text{-Äquivalent} (\%)] : 8,33$
Humusgehalt	Berechnung aus organischem Kohlenstoffgehalt (Corg) mit dem Faktor 1,72.



$$\text{Humus (\%)} = \text{Corg (\%)} * 1,72.$$

Die Korngrößenanalysen wurden in Kirgisistan von verschiedenen Laboratorien mit der gleichen Standardmethode durchgeführt. Dennoch lassen sich Unterschiede zwischen den verschiedenen Laboratorien nicht ausschließen. So hat es z. B. den Anschein, dass bei humusreichen Proben der Profile 401-467 die Tongehalte zu gering sind. Möglicherweise erfolgte die Dispergierung nicht vollständig genug. Die Proben wurden wie folgt analysiert:

Profile 1-74 (1995): (Kirgizgiprosem) Institut KIRGIZGIPROSEM, pochvenno-gruntovaya laboratoriya)

Profile 151-196 (1996): (Geolog. Institut, Geolog. Verwaltung/Ministerium Kirgisistan) ISSAGETSTVA po geologii i mineralnym resyrsam pri pravitelstve Kyr-gyzskoy Respubliki

Profile 401-467 (1997): (Chemisches Institut der Kirgisischen Akademie der Wissenschaften (AdWK) in Bischkek)

### Berechnung der Humusvorräte

Die volumenbezogenen Humusvorräte wurden aus der Humuskonzentration (% bzw. g Humus/100g Boden) unter Verwendung geschätzter Werte für die Lagerungsdichte errechnet, da keine volumengerechten Bodenproben genommen werden konnten. Die Schätzung der Lagerungsdichte erfolgte nach einer hier vereinfachten Schätzskala in Anlehnung an SCHLICHTING et al. (1995: 37). Dabei wurden die unterschiedlichen Humusgehalte, jedoch nicht die verschiedenen Bodensubstrate und Verfestigungsgrade berücksichtigt. Für die Berechnungen wurden vereinfachend eine Bodenart mit mittleren Eigenschaften (Lehm) bezüglich der Lagerungsdichte sowie ein mittlerer Verfestigungsgrad zugrundegelegt.

Unter der Annahme, dass pro 2 % Humus die TRD um 0,03 g/cm<sup>3</sup> abnimmt und dass humusreiche Horizonte i.d.R. lockerer gelagert sind, wurde in Anlehnung an SCHLICHTING et al. (1995: 37) folgende stark vereinfachte Schätzskala zur Schätzung der Lagerungsdichte aus dem Humusgehalt verwendet:

Humusgehalt	geschätzte Lagerungsdichte [in g/cm <sup>3</sup> ]
> 0 - 3 %	1,4
> 3 - 6 %	1,2
> 6 - 10 %	1,1
> 10 - 15 %	1,0
>15 - 20 %	0,9
> 20 %	0,8
org. Auflage unter Nadelwald	0,2
gering zersetzter Torf	0,1

Zur Berechnung der Humusvorräte wurden die differenzierten Werte der geschätzten Lagerungsdichten bevorzugt, da die Humusvorräte so näher an den realen Verhältnissen liegen, als bei der durchaus üblichen Verwendung eines einheitlichen Wertes für die Lagerungsdichte. Höhere Humusgehalte fallen so weniger stark ins Gewicht. Die Werte zur Lagerungsdichte wurden anhand von kirgisischen Literaturdaten auf Plausibilität hin überprüft.

### 3.4 Erfassung von Vegetationsmerkmalen

Die Vegetationsaufnahmen wurden nach BRAUN-BLANQUET auf weitgehend homogenen Flächen durchgeführt. Die Aufnahmeflächen wurden groß gewählt (i.d.R. 100 m<sup>2</sup>, z. T. 25 m<sup>2</sup>) um den Artenbestand möglichst vollständig zu erfassen.

---

Schätzung der Artmächtigkeit (nach BRAUN-BLANQUET; aus WILMANN 1998: 34)

---

r	1 Individuum in der Aufnahmefläche, auch außerhalb im Bestand sehr sporadisch
+	2 - 5 Individuen in der Aufnahmefläche, Deckung < 5%
1	6 - 50 Individuen in der Aufnahmefläche, Deckung < 5 %
2m	> 50 Individuen in der Aufnahmefläche, Deckung < 5 %
2a	Individuenzahl beliebig, Deckung 5 - 15 %
2b	Individuenzahl beliebig, Deckung 16 - 25 %
3	Individuenzahl beliebig, Deckung 26 - 50 %
4	Individuenzahl beliebig, Deckung 51 - 75 %
5	Individuenzahl beliebig, Deckung 76 - 100 %

---

Die Pflanzenarten wurden überwiegend durch G. LAZKOV, den Leiter des Herbariums des Institutes für Biologie und Bodenkunde der Kirgisischen Akademie der Wissenschaften (AdWK) in Bischkek bestimmt. Die Bestimmung der Arten erfolgte unter Verwendung des Bestimmungsschlüssels für Pflanzen Mittelasiens (Opredelitel rasteniy Sredney Azii 1968, 1971, 1972, 1974), der Kirgisischen Flora (Flora Kirgizskoy SSR 1952-1965) sowie durch Vergleich mit Herbarbelegen des Herbariums der AdWK. Eigene Bestimmungen wurden nach der kirgisischen Flora durchgeführt. Einige Moose aus Fichten-Wäldern wurden durch M. MANTHEY (Universität Greifswald), Wanderflechten in der hochalpinen Zone wurden durch B. LITTERSKI (Universität Greifswald) bestimmt.

Die Nomenklatur der höheren Pflanzen folgt CZEREPANOV (1995). Einige Arten, die nicht im CZEREPANOV (1995) aufgelistet waren, wurden nach „Opredelitel rasteniy Sredney Azii“ (1968, 1971, 1972, 1974) bzw. „Flora Kirgizskoy SSR“ (1952 - 1965) benannt.

## 4 Typisierung und Charakterisierung von Naturräumen in der topischen Dimension

In Kapitel 4 werden die Naturräume in der topischen Dimension getrennt nach den Komponenten Boden, Relief, Klima, Substratwasser und Vegetation entsprechend den Prinzipien der Naturraumtypisierung nach KOPP et al. (1982) dargestellt. Die Prinzipien der Naturraumtypisierung wurden im Kapitel 3.1 abgehandelt. Außerdem werden sie in einzelnen Unterkapitel von Kapitel 4 dargestellt.

In Abbildung 4.0-01 wird die Zusammensetzung der Naturraumformen aus einzelnen Naturraumkomponenten dargestellt. Die Typisierungen der verschiedenen Naturraumkomponenten wurden weitgehend aufeinander abgestimmt. Ziel war es dabei, insbesondere ökologisch relevante Merkmale zu berücksichtigen. Wie aus der Abbildung hervorgeht, wird der Standort „als Kombination von Geländefaktoren und nicht als Zusammenwirken physiologischer Umweltfaktoren wie Licht, Temperatur, Wasser, chemische und mechanische Faktoren“ (KOPP 1969:331) verstanden. Der Standort wird somit geostrukturell typisiert. Die Zustandseigenschaften der verschiedenen Naturraumkomponenten werden vereinfachend zunächst in einer allgemeinen Zustandsform zusammengefasst bzw. es werden nur Angaben zur Nutzungsart- und Intensität gemacht.

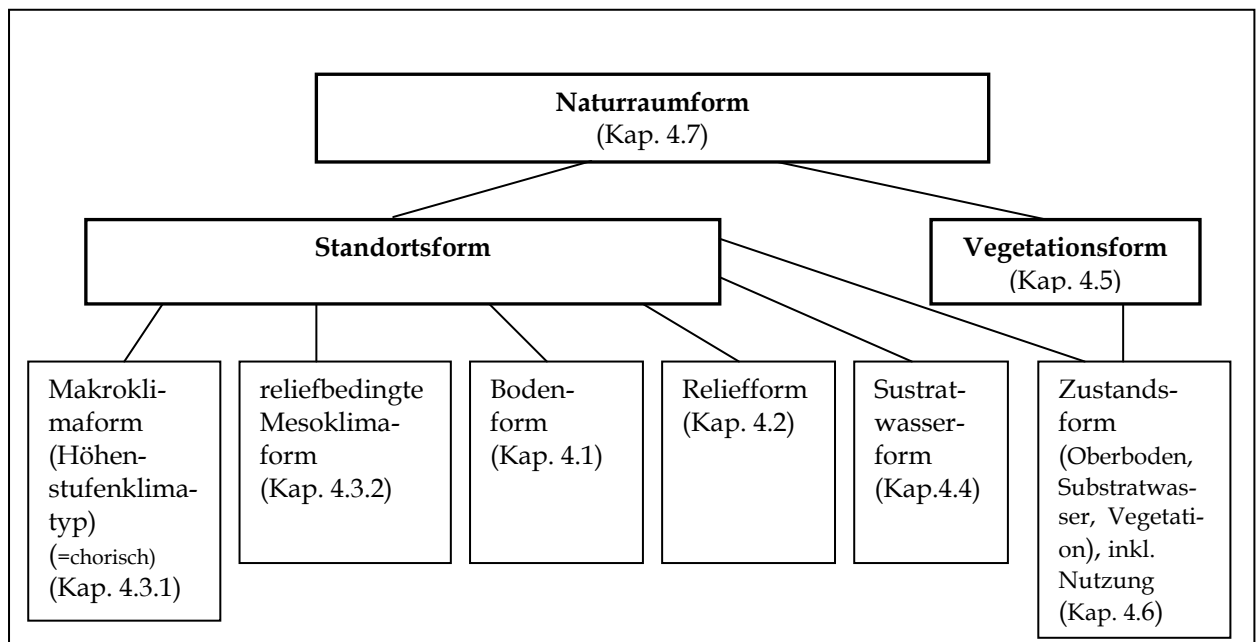


Abbildung 4.0-01: Zusammensetzung topischer Naturraumformen (nach KOPP et al. 1982; in Anlehnung an SCHWANECKE (1970), SCHWANECKE et al. (1982) und DIECKMANN (1997:88).

Ökotoptypen, die entsprechend KOPP et al. (1982) verschiedene Standortsformen mit gleicher Vegetation zusammenfassen, werden vorerst nicht gebildet, da die Unterschiede der aufgenommenen Standorte in der Regel so groß waren, dass sich jeweils auch die Vegetation deutlich unterschied. Bei einer späteren detaillierten Erkundung würde sich eine Zusammenfassung von Standorten mit gleicher Vegetation zu Ökotoptypen anbieten.

## 4.1 Boden

### 4.1.1 Zur systematischen Ordnung der Böden in Kirgisistan

Für die Böden Kirgisistans wurde ein eigenes nationales Klassifikationssystem erarbeitet, welches sich an ältere Klassifikationsschemata der ehemaligen Sowjetunion anlehnt (MAMYTOV 1963, MAMYTOV et al. 1974, MAMYTOV 1987, MAMYTOV et al. 1995, MAMYTOV 1996). Dabei wird die besondere Eigenständigkeit der Böden Kirgisistans und die fehlende Vergleichbarkeit mit Böden anderer Regionen insbesondere der Tieflandsbereiche betont<sup>6</sup>. Die systematische Ordnung der Böden Kirgisistans beruht weitgehend auf dem „geographischen Klassifikationsprinzip“ (HAASE 1978: 217). Die Abgrenzung und Definition von Bodeneinheiten erfolgt vor allem aufgrund der geographischen Lage, der Relief- und Höhenlage, der Exposition sowie der Vegetation, wobei pedogene und lithogene Merkmale teilweise nur sekundär sind, bzw. erst auf unteren Hierarchieebenen berücksichtigt werden. Das führt teilweise dazu, dass Böden mit recht unterschiedlichen Eigenschaften zu einem Typ bzw. Subtyp zusammengefasst werden, dass andererseits nicht immer klar ist, in welchen Bodenmerkmalen sich manche Bodentypen unterscheiden. Die hierarchische Ordnung der kirgisischen Böden wird in Tabelle 4.1-01 dargestellt.

Tabelle 4.1-01: Hierarchische Ordnung in der kirgisischen Bodensystematik und Kriterien für die Ausscheidung und Charakterisierung der verschiedenen Ebenen (zusammengestellt nach MAMYTOV et al. 1995: 3, 7f. und MAMYTOV et al. 1974: 49 f.).

Hierarchische Ebenen (russisch)	(dt. Übersetzung)	Kriterien, Bemerkungen
geograficheskaya gruppya	geographische Gruppe	Widerspiegeln regionale Besonderheiten der Böden. Es werden 4 geographische Gruppen unterschieden (Tabelle 4.1-02)
tip	Typ	„Entwickelt sich unter gleichen biologischen, klimatischen und hydrogeologischen Bedingungen“, wird charakterisiert durch „gleiche bodenbildende Bedingungen“
podtip	Subtyp	Unterschiede in der „Erscheinungsform grundlegender Bodenbildungsprozesse“, bilden Übergänge zwischen den Bodentypen, Bewirtschaftungsmaßnahmen innerhalb von Subtypen sind einheitlicher, als innerhalb von Bodentypen
rod	Sippe	Unterschiede in Erosionsgrad, Versalzung, Solonzierung, Skelettgehalt, Mächtigkeit der Feinbodenschicht, teilweise Carbonatgehalt
vid	„Art“	Ausprägungsstärke der Sippen-Merkmale
rasnovidnost	„Variante“	Körnungsart

Auf oberster Hierarchieebene werden bei den zonalen Böden vier geographische Boden-  
gruppen unterschieden (Tab. 4.1-01, Tab. 4.1-02 und Tab. 4.1-03). Innerhalb der geographischen Gruppen werden die Böden zum Teil weiterhin nach ihrer Zugehörigkeit zu boden-

<sup>6</sup> Eine Gegenüberstellung von Bodeneinheiten verschiedener nationaler Klassifikationssysteme in Mittelasien (Kirgisien, Usbekistan, Tadschikistan, Turkmenistan) und der Bodenbezeichnungen verschiedener Autoren findet sich bei STEPANOV (1975:22ff).

klimatischen Provinzen (West-Tienschan, Nord-Tienschan, Zentraler Tienschan) (MAMYTOV 1996) bzw. zu Naturprovinzen, Unterprovinzen, Zonen, Subzonen u.s.w. (MAMYTOV 1995: 9) differenziert, was jedoch in der kirgisischen bodenkundlichen Literatur unterschiedlich gehandhabt wird. Die Zuordnung in die geographischen Gruppen der Böden der Zwischengebirgsebenen (II.) und der Böden der Gebirgshänge (IV.) erfolgt nach deren Lage im Relief bzw. der Hangneigung (z.B. Unterscheidung von „Dunklem Gebirgstal-Kastanosem“ und „Dunklem Gebirgs-Kastanosem“). Hierbei werden prinzipielle Unterschiede in den boden genetischen Bedingungen unterstellt (z. B. ständige Denudation in Hanglage). Die Auswirkungen der Relieflage auf die konkreten Bodenmerkmale eines Bodenprofils sind dabei jedoch nicht ausschlaggebend für die Zuordnung der Böden. Aus dieser Zuordnung sind somit noch keine Aussagen zu kolluvialer Beeinflussung bzw. Erosion etc. möglich. Auch Böden in Hanglage können langfristig stabile Oberflächen aufweisen. In subalpinen und alpinen Lagen werden andererseits nur Böden der Gebirgshänge (IV.) und keine Böden der Zwischengebirgsebenen (II.) ausgeschieden. Bei weiten Hochgebirgs-Syrten werden jedoch Böden der Syrten (III.) abgegrenzt.

Tabelle 4.1-02: Geographische Bodengruppen der kirgisischen Bodenklassifikation (Angaben nach MAMYTOV et al. 1995:3 und MAMYTOV 1996)

Bodengruppe ( <i>gruppy pochvo</i> )		Höhe (m NN)	Vorsatz bei Benennung der Böden
(russisch)	(deutsche Übersetzung)		
I* pochvy podgornykh pokatostey i predgoriy	I Böden der Vorgebirgs-Abhänge und der Vorgebirge	300 (400)-1 500 (3 000) m	gorno-dolinnye (Gebirgs-Tal-...)
II pochvy mezhgornykh vpadin	II Böden der Zwischengebirgsebenen	1 400 (2 000)-2 800 (3 000) m	gorno-dolinnye... (Gebirgs-Tal-...)
III pochvy (vysokikh) syrtovykh nagoriy	III Böden der Syrten	3 000-4 000 m	vysokogorno-dolinnye...(Hochgebirgs-Tal-...)
IV pochvy gornykh sklonov	IV Böden der Gebirgshänge	1 500-5 000 m	gornyy...(Gebirgs-...)

\* Bodengruppe I kommt im bearbeiteten Untersuchungsgebiet nicht vor.

Die Untergliederung der Böden erfolgte vor allem anhand praktischer Erfordernisse und orientiert sich dabei an unterschiedlichen Bewirtschaftungseigenschaften. Besonders differenzierte Untergliederungen existieren für ackerbaulich nutzbare Böden. Auf Grundlage der kirgisischen Bodenklassifikation wurden umfangreiche grossmaßstäbige Bodenkartierungen von Acker- (1:10 000) und Weidegebieten (1:25 000) durch das Institut GIPROSEM durchgeführt. Bei der Kartierung erfolgt eine Differenzierung bis zur ‚Variante‘ („rasnovidnost“).

Wichtige ökologische und nutzungsrelevante Merkmale kommen allerdings teilweise erst auf den unteren Hierarchieebenen zur Geltung, wodurch das System unübersichtlich wirkt. Die ökologisch besonders bedeutsame Körnungsart, die im Bodenformenkonzept mit dem Substratfolgetyp an exponierter Stelle erscheint (KOPP et al. 1982), wird in der kirgisischen Bodenhierarchie erst an letzter Stelle (‚Variante‘) berücksichtigt. Andererseits werden aber aufgrund des Substrates z.B. die „Graubraunen Gebirgs-Tal-Böden“ (gorno-dolinnye seroburye kamenistye) und „Hellen Gebirgstal-Buroseme“ (gorno-dolinnye svetlo-burye) voneinander abgetrennt, die in dieser Arbeit als Normale Buroseme zusammengefasst werden und nur über das Substrat bei der Bodenform unterschieden werden.

Während ackerbaulich nutzbare Böden auf unteren Hierarchieebenen stark untergliedert werden, sind die Böden der subalpinen und alpinen Weidegebiete und der Wälder, auch teilweise nach Ansicht kirgisischer Bodenkundler, bisher unzureichend differenziert. So sind z.B. nach MAMYTOV (1982: 84) die „Subalpinen Gebirgs-Wiesen-Steppen-Böden“ „...noch ungenügend erforscht..., weshalb es oft Verwechslungen bei ihrer Systematik und Nomenklatur gibt...“.

Einen Überblick über die Klassifikation der Böden Kirgisistans gibt Tab. 4.1-03. Es werden die geographischen Gruppen, Typen und Subtypen dargestellt. Kriterien für die Ausscheidung von Sippen, ‚Arten‘ und ‚Varianten‘ wurden bereits in Tab. 4.1-1 erwähnt, variieren aber bei den verschiedenen Bodentypen. Es ist weiterhin zu berücksichtigen, dass innerhalb der kirgisischen bodenkundlichen Literatur die Boden-Benennungen nicht ganz einheitlich sind (MAMYTOV 1963, MAMYTOV et al. 1974, MAMYTOV & MAMYTOVA 1988, MAMYTOV 1987, MAMYTOV et al. 1995, MAMYTOV 1996).

Tabelle 4.1-03: Klassifikation der Böden Kirgisistans (zusammengestellt nach MAMYTOV (1996: 21-25) und MAMYTOV et al. (1995), mit Angaben zum Vorkommen im USG (= Issyk-Kul-Becken und Teile des Zentralen Tienschan).

Provinz-Gruppe (provinzianaya grupp)	Typ (tip)	Subtypen (podtip)	Vorkommen im USG
<b>ZONALE BÖDEN</b>			
<u>I. Böden der Vorgebirgs-Abhänge und der Vorgebirge (500-1 000 m)</u> (Benennung: Gebirgstal- ... [gorno-dolinnye...])			
Turanische	Seroseme (serozemy)	Helle (svetlye)-, Typische (tipichnye) -	nein
		a) bewässerte (oroshameye) b) nicht bewässerte (ne oroshameye)	
Nord-Tienschan-	Seroseme (serozemy)	Helle (svetlye)-, Dunkle (temnye) -	nein
		a) bewässerte (oroshameye), b) nicht bewässerte (ne oroshameye)	
	Wiesen-Seroseme (lugo-vo-serozemnye)	a) bewässerte (oroshameye), b) nicht bewässerte (ne oroshameye)	nein
	Serosem-Wiesen-Böden (serozemno-lugovye)	a) bewässerte (oroshameye), b) nicht bewässerte (ne oroshameye)	nein
<u>II. Böden geschlossener Zwischengebirgsebenen (1 300-3 200 m)</u> (Benennung: Gebirgstal- ... [gorno-dolinnye...])			
	grau braune Böden (sero-burye)	a) bewässerte (oroshameye) b) nicht gepflügte (tselinnye)	ja
Tienschan-	braune Böden (burye)	Hellbraune Böden (svetlo-burye)	ja
		a) bewässerte (oroshameye) b) nicht gepflügte (tselinnye)	
	Kastanoseme (kashtanovye)	Hell-Kastanoseme (svetlo-kashtanovye), Kastanoseme (kashtanovye), Dunkel-Kastanoseme (temno-kashtanovye) a) bewässerte (oroshameye) b) Acker- (gepflügt, nicht bewässert) (bo-garnye)	ja
<u>III. nicht gepflügte (tselinnye)</u>			

	Tschernoseme (chernozemy)	Wenig humose (malogumusnye)-, Mittelhumose (srednegumusnye)- a) bewässerte (oroshaemye) b) Acker- (gepflügt, nicht bewässert) (bogaranye) III. nicht gepflügte (tselinye)	ja
Zentral-Tianschan-	Kastanosemähnliche Böden (kashtanovidnye)	Kastanosemähnliche (kashtanovidnye), Dunkel-Kastanosemähnliche (temno kashtanovidnye)	?
<u>III. Böden der Syrten (3 000–4 000 m)</u> (Benennung: Hochgebirgs- ... [vysokogorno-dolinnye...])			
	Takyränliche Wüstenböden (takyroidnye pustinye)	Typische (tipichnye)-	ja
Zentral-Tianschan-	Braune Wüsten-Steppen Böden (burye pustynnostepnye)	Typische (tipichnye)-	ja
	Steppen-Kastanoseme (kashtanovy stepnye)	Helle (svetlye)-, Dunkle (temnye)-	ja
<u>IV. Böden der Gebirgshänge (1 000–5 000 m)</u> (Benennung: Gebirgs- ... [gornye...])			
<u>1. Böden der Trockensteppen- und Steppen-Zone (1 000–2 500 m)</u>			
	Seroseme (serozemy)	Dunkle (temnye)- a) Acker (gepflügt, nicht bewässert) (bogaranye) b) nicht gepflügte (tselinye)	nein
West-Tianschan-	Grau-zimtfarbene Böden (sero-korichnevye)	Helle (svetlye)-, Dunkle (temnye)- a) bewässerte (oroshaemye) b) Acker- (gepflügt, nicht bewässert) (bogaranye) c) nicht gepflügte (tselinye)-	nein
	Braune Böden (burye)	Hellbraune (svetlo-burye)-	ja
Tianschan-	Kastanoseme (kashtanovy)	Helle (svetlye)-, Dunkle (temnye)- a) Bewässerte (oroshaemye) b) Acker- (gepflügt, nicht bewässert) (bogaranye)	ja
West-Tianschan-	Zimtfarbene Böden	Typische (tipichnye) a) Acker- (gepflügt, nicht bewässert) (bogaranye) b) nicht gepflügte (tselinye)	nein
<u>2. Böden der Wald - Wiesen - Steppen - Zone (2 100–3 100 (3 200) m)</u> (Benennung: Gebirgs- ... [gornye...])			
Tianschan-	Tschernoseme (chernozemy)	Mittelhumose (srednegumusnye), Humusreiche (mnogogumusnye; entspricht =tuchnye)	ja
West-Tianschan-	Zimtfarbene Böden (korichnevye)	Dunkle (temnye) a) Acker- (gepflügt, nicht bewässert) (bogaranye) b) nicht gepflügte (tselinye)	nein

	Schwarz-zimtfarbene Böden der Walnuß-Obst-Wälder ([gorno lesnye] cherno-korichnevye orekhoplodovykh lesov)	gewöhnliche(,) mit erhöhtem Humusgehalt (obychnye(,) povyshenno-gumusnye)	nein
Tienschan-	Tschernosemartige Waldböden der Fichtenwälder (chernozemnolesnye elovykh lesov)	Typische (tipichnye)-	ja
	Dunkelfarbene Böden der Wacholder-Wälder ([gorno lesnye] temnotsvetnye archovykh lesov)	Typische (tipichnye)-	ja
<u>3. Böden der subalpinen Zone</u> (Benennung: subalpine Gebirgs- ... [gornye... subalpiyskie] )			
Tienschan-	Wiesen-Steppen-Böden (lugovo-stepnye)	Typische (tipichnye)-, Tschernosemähnliche Wiesen-Steppen-Böden (lugovo-stepnye chernozemovidnye)	ja
	Wiesen-Böden (lugovye)	Typische (tipichnye)-, Tschernosemähnliche Wiesen-Böden (lugovye chernozemovidnye)	ja
<u>4. Böden der alpinen Zone (3 100–4 100 (4 500) m)</u> 4a. Böden der eigentlichen alpinen Wiesensteppen und Wiesen-Subzone (Benennung: alpine Gebirgs-... [gornye... alpiyskie] )			
Tienschan-	Wiesen-Steppen-Böden (lugovo-stepnye)	Typische (tipichnye)	ja
	Wiesen-Böden (lugovye)	Typische (tipichnye)	ja
4b. Böden der Subzone der alpinen „Heiden“ (alpiyskikh pustoshey) (Benennung: Hochgebirgs- ... [vysokogornye...])			
	Derno-Halbtorf-Gebirgsböden der Kobresia-Heiden (dernogopolutorfyanistye kobresnikov)	Typische (tipichnye)	ja
Tienschan-	Derno-Gebirgsböden unter <i>Festuca</i> (dernovye pod ovsetsom)	Typische (tipichnye)	ja
	gering entwickelte Derno-Böden unter <i>Leucopoa Criseb.</i> (=bestimmte <i>Festuca</i> -Arten) (dernovye slaborasvitye pod belomyatlikom)	Typische (tipichnye)	ja
Zentral-Tienschan-	tundrenähnliche polygonale Torfböden unter <i>Sibbaldia tetrandra</i> -Polster (tundrovidnye torfyanistye poligonalnye pod driadotsvetom)	Typische (tipichnye)	ja



---

 INTRA ZONALE BÖDEN (siehe unten)

Zu den intrazonalen Böden werden Böden mit starker Grundwasser bzw. Stauwasserbeeinflussung gezählt. Dazu gehören Wiesenböden (lugovye), Wiesen-Moorböden (lugovobolotnye), Moor-Wiesenböden (bolotno-lugovye), Moorböden (bolotnye), Solonchake (solonchaki), Solonetze (solontsy), Solontschak-Solonetze (solonchaki-solontsy). Die semihydromorphen und ein Teil der hydromorphen Böden (z.B. Wiesen-Kastanoseme, Kastanosem-Wiesen-Böden, etc., siehe unten) werden nach MAMYTOV et al. (1995) dagegen noch den zonalen Böden zugeordnet.

---

Eine detaillierte Gliederung der semihydromorphen und hydromorphen Böden Kirgisistans (Tabelle 4.1-04) erfolgt bei MAMYTOV et al. (1977). Auch hier werden die Kategorien tip, podtip, geograficheskaya gruppa, rod, vid, rasnovidnost unterschieden.

Tabelle 4.1-04: Semihydromorphe und hydromorphe Böden in Kirgisistan

---

<u>semihydromorphe Böden</u> (Grundwassertiefe 3–5 m; Benennung durch Vorsatz: „Wiesen <sup>7</sup> -...“ (lugovo...):
- „Wiesen-Hellbraune Böden“ (lugovo-svetlo-burye), „Helle Wiesen-Kastanoseme“ (lugovo-svetlo-kashtanovye)
- „Wiesen-Kastanoseme“ (lugovo-kashtanovye), „Dunkle Wiesen-Kastanoseme“ (lugovotemno-kashtanovye)
- „Wiesen-Tschernoseme“ (lugovo-chernosemnye)
<u>hydromorphe Böden</u>
- „Graubraune Wiesenböden“ (sero-burye-lugovye), „Hellbraune Wiesenböden“ (svetloburo-lugovye), „Kastanosem-Wiesenböden“ (kashtanovo-lugovye), „Tschernosem-Wiesenböden“ (chernosemno-lugovye pochvy) (Grundwassertiefe 2 – 3 m); Benennung durch Nachsatz: „...-wiesen“ (...lugovye)
- „Wiesenböden“ (lugovye pochvy) (intrazonal) (Grundwassertiefe 1–2 m),
- „Wiesen-Moorböden“ (lugovobolotnye), „Moorböden“ (bolotnye) (Grundwassertiefe 0–0,5 m),
- „Auenböden“
- semihydromorphe und hydromorphe „Solonchake“ und „Solonetze“.

---

Die semihydromorphen Böden werden nach dem dominierenden anhydromorphen Bodentyp in der jeweiligen Höhenstufe, in der sie vorkommen, benannt. Die Benennung erfolgt durch den Vorsatz Wiesen-... (lugovo...) (z.B. „Wiesen-Burosem“, „Heller Wiesen-Kastanosem“, „Dunkler Wiesen-Kastanosem“, „Wiesen-Tschernosem“), wobei die Vegetation bei entsprechendem Grundwassereinfluss jedoch nicht immer wiesenartig ist. Zum Teil kommen salzhaltige Sippen (rod) vor.

Nach MAMYTOV et al. (1995) werden bei hohem Grundwasserstand (0–3 m) hydromorphe Böden, bei mittlerem Grundwasserstand (3–6 m) semihydromorphe Böden und bei tiefem Grundwasserstand (> 6 m) automorphe Böden ausgeschieden. Insbesondere die tieferen Grundwasserstände scheinen bei einer üblichen bodenkundlichen Kartierung schwerlich direkt erfassbar zu sein.

Alle semihydromorphen und hydromorphen Böden sind nach MAMYTOV et al. (1995) „Gebirgstal-Böden“ (gorno-dolinnye pochvy). Hydromorphe Böden (mit Grundwasserstand

---

<sup>7</sup> Wiesen- (lugovo): Hier im anderen Sinne verwendet als im Zusammenhang mit subalpinen und alpinen Wiesen- und Wiesen-Steppen-Böden.

von 2–3 m unter Flur) werden durch Nachsatz von ... -wiesen (lugovye) benannt (z.B. „Burosem-Wiesenboden“). Die großen klimatischen Unterschiede, die die semihydromorphen und hydromorphen Böden prägen, kommen so gut zum Ausdruck. Hydromorphen Böden mit Grundwasserständen < 2m werden nicht mehr nach diesem Prinzip benannt.

In Kirgisistan wird das alte ABC-System der Horizontbezeichnungen angewendet wie es in der ehemaligen Sowjetunion verbreitet war (MAMYTOV et al. 1974). Es werden folgende Horizonte unterschieden:

- Ao: für organische Auflage
- A: für Oberbodenhorizont verwendet, Unterteilung in A1, A2, ... möglich
- B: Übergangshorizont, Unterteilung in B1, B2, ... möglich
- C: pedogenetisch weitgehend unverändertes Material

Detailliertere Horizonteinteilungen in der sowjetischen Bodenkunde finden sich u.a. bei ROZOV & IVANOVA (1967), Indeksy i opredeleniya pochvennykh gorizontov (1982), EGOROV et al. (1987), siehe auch BIRECKI (1968: 33) und EHWALD (1991).

Manche russische Bodenkundler (EVDOKIMOVA & KOVALEVA 1995 a, b; KOVALEVA & EVDOKIMOVA 1997), die in Kirgisistan gearbeitet haben und den polygenetischen Charakter vieler Böden betonen, verwenden nicht die kirgisische Bodenklassifikation, sondern das sowjetische Bodenklassifikationssystem von EGOROV et al. (1987).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird vom geographischen Prinzip der kirgisischen Bodenklassifikation abgegangen, da für die komponentenübergreifende Arbeitsweise der Naturraumkunde die Ausscheidung von ökologisch und bodengenetisch gut differenzierten Bodeneinheiten notwendig ist und eine Abstimmung der Bodenklassifikation mit den anderen Komponentenklassifikationen erfolgen soll. Der Entwurf einer Bodengliederung nach dem Bodenformenkonzept wird in Kapitel 4.1.2 dargestellt. Es erfolgt einer Parallelisierung mit der Kirgisischen Bodenklassifikation und mit der internationalen Bodenklassifikation nach FAO. Mit der FAO-Bodenklassifikation ist ebenfalls keine ausreichende Differenzierung der Gebirgsböden möglich.

#### 4.1.2 Gliederung der Böden nach dem Bodenformenkonzept

Die Gliederung der Böden erfolgt nach dem Bodenformenkonzept im Sinne von KOPP et al. (1982). Die Bodeneinheiten werden auf Grundlage konkreter Bodeneigenschaften und deren genetischer Deutung ausgeschieden. Die Bodenformen-Klassifikation ist dabei Baustein einer umfassenden, komponentenübergreifenden Typisierung topischer Naturraumformen. Ziel ist es, eine Abgrenzung von Bodeneinheiten unter besonderer Berücksichtigung ökologisch relevanter Merkmale und die Abstimmung mit den Komponentenklassifikationen von Vegetation, Klima, Bodenwasser und Relief.

Die Bodenform setzt sich aus Substratfolgetyp und Bodentyp (=pedogenetisch begründeter Horizontfolgetyp) zusammen<sup>8</sup>. Der Substratfolgetyp berücksichtigt Unterschiede in der Körnung, dem Ausgangsmaterial, dem Anteil an silikatischer und carbonatischer Substanz und im Anteil allochthoner organischer Substanz. Wo auf der Ebene der Bodentypen bzw. Bodenformen noch keine ausreichende Differenzierung bezüglich der ökologischen Eigenschaften insbesondere ihrer Vegetationswirksamkeit möglich ist, werden Untertypen (Fein-

<sup>8</sup> Bestandteile der Bodenformen-Klassifikation nach KOPP et al. (1982) sind Substratfolgeprofil, Horizontfolgeprofil und Perstruktionsprofil. Das Perstruktionsprofil wird hier jedoch nicht gesondert betrachtet (Perstruktion = kryo-, bio- und anthropogener Filtergerüst-Umbau).

typen) untergliedert<sup>9</sup>. (Auf den bodensystematisch festgelegten Begriff Subtyp wird hier zugunsten des neutraleren Begriffes Untertyp (bzw. Feintyp) verzichtet).

Die Bildung von Untertypen ist von Bedeutung, wenn ähnliche Böden mit geringeren Unterschieden in den Bodenmerkmalen größere Vegetationsunterschiede aufweisen, die nicht nutzungsbedingt sind und i.d.R. in unterschiedlichen Höhenstufen vorkommen. Da, wo sich zunächst keine geeigneten bodeneigenen Merkmale für eine differenzierte Namensgebung finden ließen, wurden die Untertypen provisorisch mit römischen Zahlen belegt (I, II, III, ...). Nach einem Vorschlag von KOWALKOWSKI (mündl. Mitteil. 2002) könnten entsprechende Untertypen mit Hilfe der Vegetation (unter Angabe der Vegetationsformationen) differenziert werden (z.B. „Trockentundren-Kryo-Kalkbraunerde“, „Hochgebirgssteppen-Kryo-Kalkbraunerde“ etc. [KOWALKOWSKI 1989]). Hiermit wäre eine sehr gute Differenzierung und sehr anschauliche Kennzeichnung möglich, es müßte jedoch auf bodenfremde Naturraummerkmale bei der Untergliederung und Benennung der Böden zurückgegriffen werden, was zu späteren Unklarheiten z.B. bei anthropogenem Zustandswandel der Vegetation führen könnte. Auf bodenfremde, geografische Begriffe wie Hochgebirgs-, Gebirgs-, alpin-, subalpin-, montan-, ... zur Differenzierung der Untertypen wurde auch zunächst verzichtet.

Bei einer getrennten Ansprache von Substratfolgetyp und Horizontfolgetyp (=Bodentyp) können genetisch verwandte Böden als solche gekennzeichnet werden und gleichzeitig die substratbedingten Unterschiede zur Geltung gebracht werden.

Dieses Vorgehen bringt Vorteile bei der Kartierung, und bei der Analyse und Darstellung landschaftsökologischer Zusammenhänge. So können Areale mit gleichen, zumeist klimabedingten, genetischen Bodentypen und die Verteilung des Substrates gesondert erfaßt und dargestellt werden. Häufig unterliegt die Substratverteilung in den Mosaiken anderen Gesetzmäßigkeiten, als die Verteilung der pedogenetischen Bodentypen.

Bei anderen Klassifikationen werden dagegen pedogene Merkmale und Substrateigenschaften gemeinsam zur Ausscheidung von Bodentypen herangezogen (siehe FAO, US-Soil-Taxonomy). Substratunterschiede können dabei zur Ausscheidung unterschiedlicher Bodentypen führen. Bei FAO werden z.B. „normal mächtige Kastanoseme“ als „Kastanozems“ angesprochen, „geringmächtige Kastanoseme“ jedoch als „Leptosols“. Beim Bodenformenkonzept muß dagegen kein anderer Bodentyp ausgeschieden werden, um Substratunterschiede zur Geltung zu bringen.

Das Bodenformenkonzept sieht auch eine Differenzierung von stabilen Stamm- und leichter veränderbaren Zustandseigenschaften der Böden vor. Die rückwandelbaren Zustandseigenschaften können nach einem Vorschlag von KOPP et al. (1982) allgemein als Oberbodenzustandsformen typisiert werden. Unter Wald werden sie nach KOPP et al. (1982) als Humusformen typisiert. In dieser Arbeit werden Stamm- und Zustandseigenschaften von Böden und deren getrennte Typisierung lediglich diskutiert (Kapitel 4.1-10). Eine Typisierung von Oberbodenzustandsformen soll Aufgabe für weiterführende Arbeiten sein. Im Gebirge hat man es häufig auch mit leicht veränderbaren aber nicht rückwandelbaren Eigenschaften, d.h. mit irreversiblen Bodenveränderungen (z.B. aufgrund von Erosion) zu tun, was zu sekundären Stamm-Bodenformen führen kann.

<sup>9</sup> Bei KOPP et al. (1982) werden die Ordnungsebenen der Hauptbodenformen und der Lokalbodenformen (Feinbodenformen) unterschieden.

### 4.1.3 Kennzeichnung und Abstufung von Bodenmerkmalen

Die Erfassungsmethoden und die Abstufung von Bodenmerkmalen im Felde wurden bereits in Kapitel 3 dargestellt. Diese orientieren sich weitgehend an üblichen Methoden der Profilaufnahmen nach FAO (1990), SCHULZE & KOPP (1995) und AG Boden (1994). Im folgenden wird eine Abstufung von graduell erfaßten laboranalytischen Werten vorgenommen. Dabei wird versucht, die Abstufungen nach ökologisch und typologisch relevanten Grenzen vorzunehmen und soweit wie möglich eine Abstimmung mit bereits existierenden Abstufungen herbeizuführen. Dennoch ist es nicht immer möglich, dass Stufengrenzen mit Typengrenzen zusammenfallen. Es wird eine Abstufung der Humusgehalte, Carbonatgehalte,  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte, elektrischen Leitfähigkeitswerte ( $\text{EL}_{2,5}$ ) vorgenommen.

#### Humusgehalt

Bei den untersuchten Böden lagen die gemessenen Humusgehalte unter Berücksichtigung aller Horizonte zwischen 0...68,6 % Humus. Tabelle 4.1-05 enthält eine (wertende) Abstufung der Humusgehalte und eine Zuordnung von Bodentypen nach ihren Humusgehalten im Oberboden. Die Abstufung erfolgte auf Grundlage eigener Daten von Oberbodenhumusgehalten (i.d.R. 0-5/10 cm) der verschiedenen Bodentypen. Die Stufen der Humusgehalte werden z.T. auch bei der Abtrennung von Bodenhorizonten berücksichtigt.

Tabelle 4.1-05: Abstufung der Humusgehalte und Zuordnung von Bodentypen nach ihren Humusgehalten im Oberboden

Bezeichnung	Humus (Masse%)	Bodentypen: Humusgehalte im Oberboden (i.d.R. 0-5/10 cm berücksichtigt)
humusfrei	<0,5 %	Syrosem
sehr schwach humos	0,5 ... 1,5 %	Normaler Burosem
schwach humos	1,5 ... 2,5 %	Dunkler Burosem
mäßig humos	2,5 ... 4 %	Heller Kastanosem
stark humos	4 ... 9 %	Dunkler Kastanosem, Kastano-Tschernosem
sehr stark humos	9 ... 15 %	Kastano-Tschernosem, Tschernosem, Braunerde
extrem humos	15 ... 30 %	Brauntschernosem
organisch	>30 (... 50) %	organische Auflage unter Fichtenwald bei Braunerde und Tschernosem

Torfsubstrate sollen entsprechend SUCCOW & JOOSTEN (2001: 67) nach folgenden Humusgehalten gegliedert werden: Antorf (5-30 %), Halbtorf (30-70%), Volltorf (70-90 %), Reintorf (>90 %).

#### Carbonatgehalt

Bei den untersuchten Böden lagen die gemessenen Carbonatgehalte, unter Berücksichtigung aller Horizonte, zwischen 0 ... 80 %. Die Abstufung der Carbonatgehalte (%) erfolgt in Anlehnung an SCHULZE & KOPP (1995), AG Boden (1994) sowie in Abstimmung mit FAO (1990) und WRB (1998). Unter der vereinfachenden Bezeichnung Carbonat-Gehalt (%) wird in dieser Arbeit immer der Calciumcarbonat-Äquivalentgehalt in Masse% verstanden.

Tabelle 4.1-06: Abstufung der Carbonatgehalte

Bezeichnung	Carbonat- gehalt (in Masse- %)	Feldansprache (mit 10% HCl)	Kurz- zeichen (bei Feldan- sprache)	Bemerkung
carbonatfrei	≤ 0,3	keine Reaktion	-	
schwach carbonathaltig	> 0,3...2	schwach aufbrausend (oft kaum sichtbar)(*)	+	
mäßig carbonathaltig	> 2...5	stark, aber nicht anhaltend aufbrau- send, Ab hier sichere Ansprache im Feld mittels 10 % HCl möglich.	++	>2 % Berücksichtigung bei Substratansprache (z.B. Kalkschluff-), >2 % bei FAO (1990) Ansprache als „calca- reous soil material“, - bei WRB (1998) Ansprache als „calcaric“ Bodenmaterial
stark carbonathaltig	> 5...15	stark und anhaltend aufbrausend (**)	+++ bzw. ++++	
carbonatreich	> 15...30	- „ -	+++ bzw. ++++	>15 % Ansprache als Ca- Horizont, (bei FAO und WRB: „calcic horizon“)
sehr carbonat- reich	> 20...50	- „ -	++++	
extrem carbonat- reich	> 50	- „ -	++++	„hypercalcic horizon“ (WRB 1998:26)

(\*) Bei carbonatfreien Proben, die trocken und stark porös waren, konnte es bei Benetzung mit Wasser ebenfalls ein leichtes Zischen geben, und geringe Carbonatgehalte vortäuschen. Das ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß der Boden schnell Wasser aufnimmt, wobei Luft aus den Poren verdrängt wird.

(\*\*) Im Feld ist meist eine Differenzierung oberhalb 10% Carbonat nicht mehr möglich (siehe auch SCHLICHTING et al. (1995: 45) und AG Boden (1994: 110) ).

### pH-Wert

Die  $pH_{(KCl)}$ -Werte aller untersuchten Böden und Horizonte lagen im Bereich von 3,8 bis 9,0. Im Untersuchungsgebiet wurden somit keine stark sauren Böden angetroffen. Die  $pH_{(KCl)}$ -Werte der meisten Bodenproben lagen im Bereich zwischen pH 6,4 – 8,1 (Abbildung 4.1-1). In diesem Bereich zeigt die sich aus Einzelwerten gebildete Kurve den flachsten Verlauf. Nur bei wenigen Proben liegen die pH-Werte im Bereich von kleiner pH 4,8 bzw. über pH 8,1. Allerdings sind nicht alle Bodenformen /Horizonte gleichmäßig vertreten.

Die pH-Werte der untersuchten Böden lagen in Abhängigkeit von der Meßmethode in folgenden Bereichen:

$pH_{(KCl, 1:5)}$	3,9 – 9,0 (bei 494 Proben)
$pH_{(KCl, 1:2,5)}$	3,8 – 8,7 (bei 282 Proben)
$pH_{(H_2O, 1:5)}$	5,1 – 8,9 (bei 226 Proben)
$pH_{(H_2O, 1:2,5)}$	4,3 – 8,9 (bei 265 Proben)

Beim Vergleich zwischen den in  $\text{H}_2\text{O}$  bzw. in  $\text{KCl}$  gemessenen pH-Werten ergab sich, daß im sauren Bereich die verschiedenen Suspensionsmedien einen größeren Einfluß auf den pH-Wert hatten, als im alkalischen Bereich. Die  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte waren im sauren Bereich i.d.R. deutlich niedriger, als die  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ -Werte. Die Abstände zwischen  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ - und  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ -Werten ( $\Delta \text{pH} = \text{Boden-pH}_{(\text{in Salzlösung})} - \text{Boden-pH}_{(\text{in Wasser})}$ , ROWELL 1997: 277) waren jedoch nicht konstant. Nach SCHROEDER (1992: 74) liegen die  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte wegen des Austausches von K-Ionen gegen adsorbierte H-Ionen allgemein um 0,3–1,9 (im Mittel 0,6) pH unter den Werten wäßriger Suspensionen. Das unterschiedliche Verhältnis von 1:2,5 oder 1:5 (Boden : Suspensionsmedium) hatte i.d.R. nur einen geringen Einfluß auf den  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Wert. Bei Wiederholungsmessungen des pH gab es in  $\text{H}_2\text{O}$  stärkere Abweichungen, als in 1 M  $\text{KCl}$ .

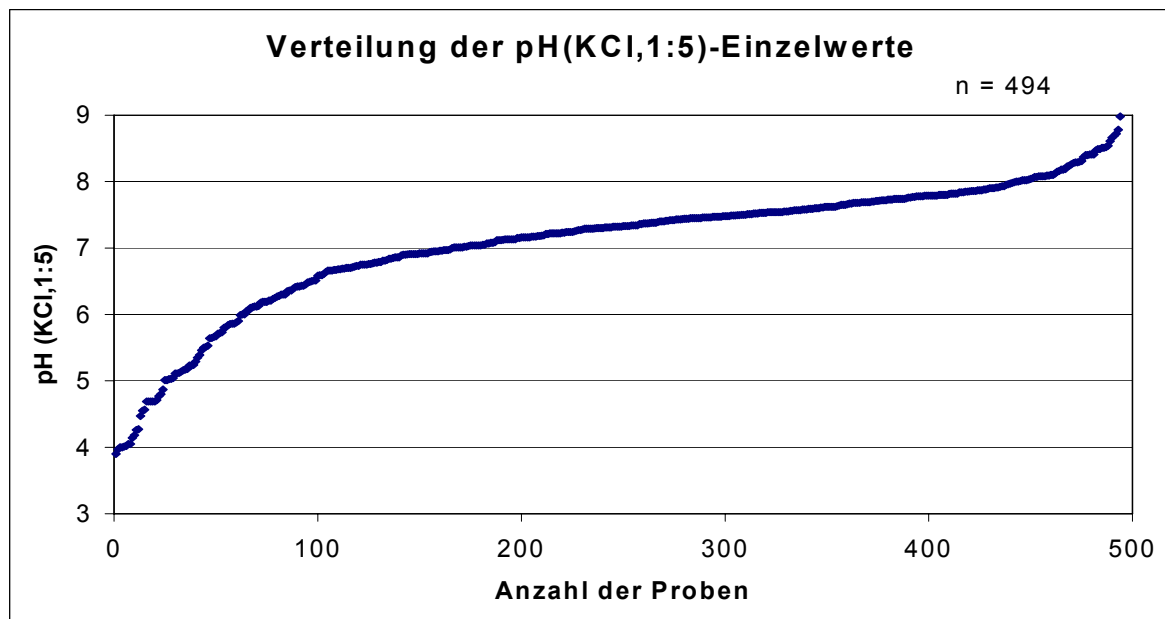


Abbildung 4.1-01: Verteilung der  $\text{pH}_{(\text{KCl},1:5)}$ -Einzelwerte von 494 Bodenproben aller untersuchten Bodenprofile und Horizonte nach aufsteigendem pH-Wert sortiert. Die Einzelwerte werden als Punkt dargestellt und bilden eine Kurve. Der Großteil der Proben liegt im pH-Bereich von 6,4–8,1.

In Abbildung 4.1-02 wird der Carbonatgehalt in Beziehung zum  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Wert bei 494 Bodenproben von allen Bodentypen aus verschiedenen Horizonten dargestellt. Der prozentuale Anteil von carbonathaltigen Proben in verschiedenen pH-Bereichen wird in Tabelle 4.1-07 dargestellt. Unterhalb von  $\text{pH}_{(\text{KCl})} < 6,4$  enthielt keine Probe Carbonat. Bei  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werten von  $> 8,1$  enthielten alle Proben Carbonat. Im  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Bereich zwischen  $> 6,4$ –8,1 war ein Teil der Proben carbonathaltig, ein anderer Teil nicht.

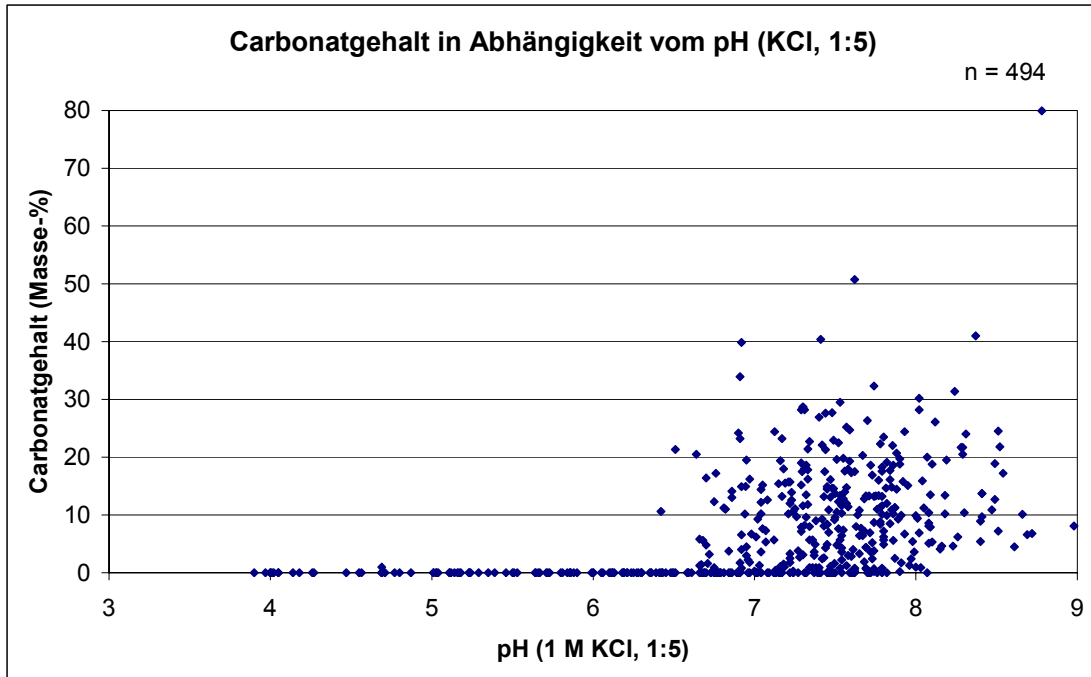


Abbildung 4.1-02: Carbonatgehalt in Beziehung zum  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Wert bei 494 Bodenproben aus verschiedenen Horizonten

Tabelle 4.1-07: Prozentualer Anteil von Proben mit Carbonat in verschiedenen  $\text{pH}$ -Bereichen

$\text{pH}_{(\text{KCl})}$ (1:5)	Gesamtanzahl der Proben	Prozentualer Anteil der Proben mit Carbonat
< 6,4	88	0 %
> 6,4 ... 7,2	123	49,6 %
> 7,2 ... 8,1	248	85,5 %
> 8,1	35	100 %

Die Abstufung der  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte für die untersuchten Böden in Kirgisistan wird in Tabelle 4.1-08 dargestellt. Hierfür hat sich eine Gruppierung der  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte nach KOPP et al. (1982: 40) als besonders geeignet erwiesen. Die Skala mußte jedoch im alkalischen Bereich erweitert werden. Da als niedrigste  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte 3,8 gemessen wurden, wurde unterhalb von  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  4 keine stark saure Stufe mehr ausgeschieden. Die Abstufung der  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte spiegelt Abhängigkeiten von  $\text{pH}$  und Carbonatgehalt, von  $\text{pH}$  und elektrischer Leitfähigkeit sowie die Zuordnung von  $\text{pH}$ -Werten zu verschiedenen Bodentypen wider.

Die in Tabelle 4.1-08 angegebene Basensättigung wurde nicht direkt ermittelt. Die Beziehungen zwischen Basensättigung und  $\text{pH}$ -Wert wurden genutzt, um nach AG Boden (1994:339) eine näherungsweise Zuordnung von Basensättigungsgraden zu den  $\text{pH}$ -Werten vorzunehmen<sup>10</sup>. Dabei wurde die vereinfachende Annahme zugrunde gelegt, daß die  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte und die bei AG Boden (1994:339) angegebenen  $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)}$ -Werte bei Böden in ähnlichen Bereichen liegen. Da die niedrigsten  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte nur bei 3,8 lagen, kann davon ausgegangen werden, daß keine basenarmen und sehr basenarmen Böden vorkommen. Der überwiegende

<sup>10</sup> Nach SCHLICHTING et al. (1995: 43) wird bei der Abschätzung des Basensättigungsgrades zusätzlich der Humusgehalt berücksichtigt. Höhere Humusgehalte bewirken, daß gleich hohe Basensättigungsgrade erst bei einem etwas höherem  $\text{pH}$ -Wert erreicht werden.

Teil der Proben (>80 %) wies  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte von >6,4 auf und kann als sehr basenreich bis basengesättigt angesprochen werden. Die Braunerden können als mittelbasisch angesprochen werden.

Tabelle 4.1-08: Abstufung der  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte und Zuordnung von Basensättigungsgraden nach AG Boden (1994: 339).

$\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Stufen	$\text{pH}_{(\text{KCl})}(1:5)$	Bemerkung	Basensättigungsgrade (näherungsweise Ableitung aus pH-Werten entspr. AG Boden 1994:339)
mäßig sauer	3,8 ... 4,8	nur bei Sauren Braunerden, ohne Carbonat	BS3 (20-50%)
schwach sauer	>4,8... 5,6	ohne Carbonat	BS4 (50-80 %)
sehr schwach sauer	>5,6 ... 6,4	ohne Carbonat	BS5 (80-100%)
neutral	>6,4 ... 7,2	50 % der der Bodenproben sind carbonathaltig; höhere Leitfähigkeitswerte treten i.d.R. erst > pH 6,4 auf	BS5 (80-100%)
schwach alkalisch	>7,2 ... 8,1	85 % der Bodenproben carbonathaltig; bei Normalen Burosemen, Dunklen Burosemen	BS5 (80-100%)
mäßig alkalisch	>8,1 ... 8,9...	100 % der Bodenproben carbonathaltig	BS5 (80-100%)

(BS3 = mittelbasisch, BS4 = basenreich, BS5 = sehr basenreich bis basengesättigt).

### Elektrische Leitfähigkeit (EL)

Die elektrische Leitfähigkeit (EL) in wässriger Bodensuspension ermöglicht Aussagen über die Konzentration an dissoziierten Ionen. Dem Meßprinzip liegt zugrunde, daß der elektrische Strom durch Wasser um so besser geleitet wird, je höher die Ionenkonzentration im Wasser ist (SCHLICHTING et al. 1995: 46). Die Angabe der Leitfähigkeitswerte erfolgt in  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ,  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  oder  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  und ist auf 25 °C bezogen. Die Leitfähigkeitsmessungen erfolgten in wässrigen Suspensionen mit einem Verdünnungsverhältnis (Boden : Wasser) von 1:2,5 (=EL<sub>2,5</sub>) bzw. 1:5 (=EL<sub>5</sub>). Der Sättigungsextrakt repräsentiert zwar besser die tatsächlichen Bodenbedingungen und die Wuchsbedingungen für die Pflanzen (VAN REEUWIJK 1995), wurde aber nicht angewendet, da er aufwendiger herzustellen ist. Dafür konnte eine größere Zahl an Leitfähigkeitswerten bei konstantem Verdünnungsverhältnis (EL<sub>2,5</sub> = 494 Proben, EL<sub>5</sub> = 226 Proben) gewonnen werden. ROWELL (1997: 509) gibt für die Umrechnung folgende Faustzahl an: EL (Sättigungsextrakt)  $\approx 6,4 \cdot \text{EL}(1:5\text{-Extrakt})$  (zur Umrechnung siehe auch ALAILY 2000: 4). Wegen der unterschiedlichen Dissoziierbarkeit der verschiedenen Salze sind die Beziehungen zwischen den verschiedenen Verdünnungen jedoch nicht linear.

Die Spannweite der gemessenen Leitfähigkeitswerte ist sehr groß und liegt in folgenden Bereichen:

EL <sub>2,5</sub>	0,02 ... 24,7 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$	(15,1 ... 24.700 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	(bei 494 Proben)
EL <sub>5</sub>	0,02 ... 13,5 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$	(18,9 ... 13.470 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	(bei 226 Proben)
	(1 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1} = 1 \text{dS} \cdot \text{m}^{-1} = 1000 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )		

Abbildung 4.1-03 zeigt die Verteilung der Leitfähigkeitswerte von 494 Bodenproben von allen untersuchten Bodenformen und Horizonten. Etwa ein Fünftel der Proben weist erhöhte Leitfähigkeitswerte auf. Der Absatz in der Kurve bei ca. 2100  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  (= 2,1  $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) (siehe



Pfeil) kann durch mehrere Proben mit Gips-Sättigung, aber ohne Gehalte an leichter löslichen Salzen, erklärt werden (vgl. ALAILY 2000).

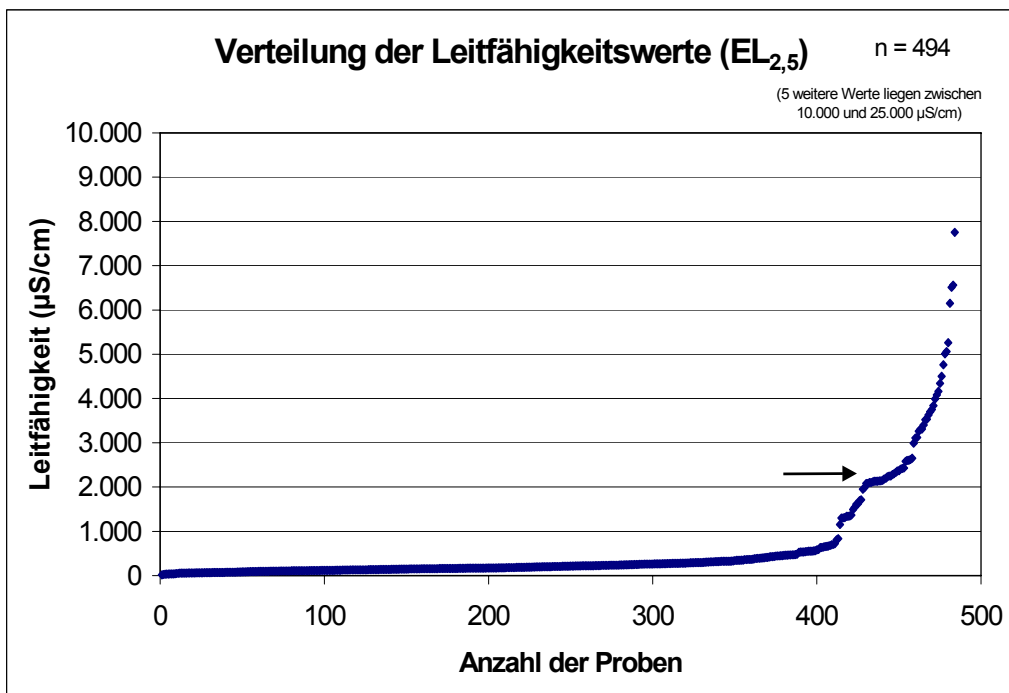


Abbildung 4.1-03: Verteilung der Leitfähigkeitswerte ( $EL_{2,5}$ ) von 494 Proben aller untersuchten Bodenformen und Horizonten. Die Werte wurden in aufsteigender Reihenfolge sortiert.

In Abbildung 4.1-04 wird die Leitfähigkeit ( $EL_{2,5}$ ) in Abhängigkeit vom  $\text{pH}_{(\text{KCl}, 1:5)}$ -Wert dargestellt. Die Abbildung zeigt, daß höhere Leitfähigkeitswerte von  $> 1000 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  i.d.R. erst bei  $\text{pH}$ -Werten  $> 6,4$  vorkommen (2 Ausnahmen). Auffällig ist die Lücke (siehe Pfeil) in den  $EL_{2,5}$ -Werte zwischen ca. 700 und 1200  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ .

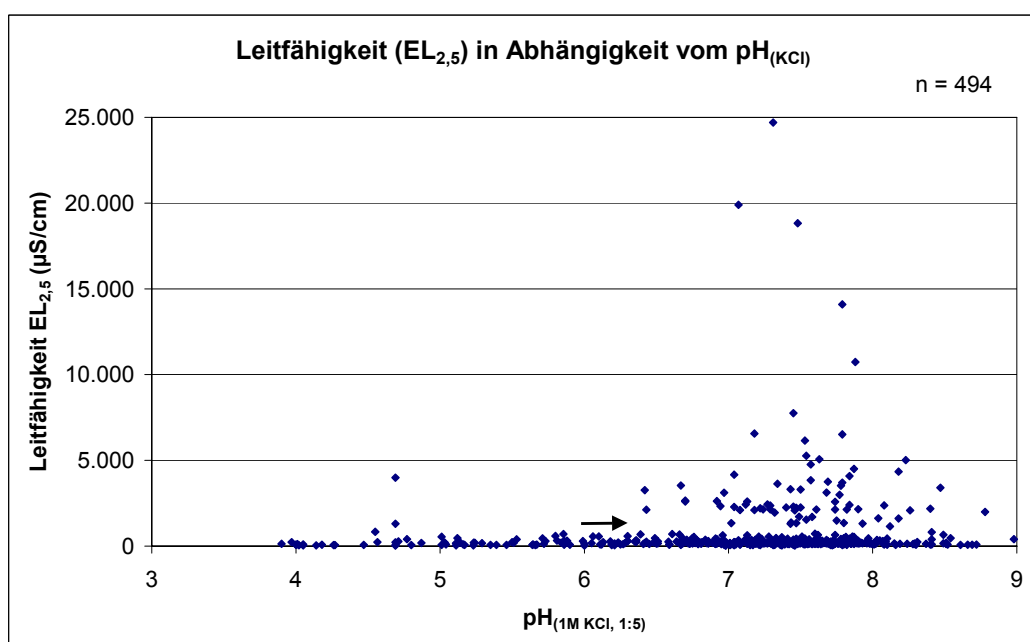


Abbildung 4.1-04: Leitfähigkeit ( $EL_{2,5}$ ) in Beziehung zum  $\text{pH}_{(\text{KCl}, 1:5)}$ -Wert. Der Pfeil markiert eine Lücke in den Werten zwischen ca. 700 und 1200

Proben mit hohen Carbonatgehalten wiesen noch nicht unbedingt hohe Leitfähigkeitswerte auf. Bei Proben mit hohen, morphologisch feststellbaren Gipsgehalten, wurden dagegen  $EL_{2,5}$ -Werte im Bereich von ca. 2 000 ... 3 000  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  gemessen (insbesondere bei „Normalen Burosemen“ und „Dunklen Burosemen“, siehe z.B. Profil 447; Foto 4.1-12 **CD**). Höhere Leitfähigkeitswerte wurden offensichtlich durch leichter lösliche Salze hervorgerufen.

Im Oberboden (0-5/10 cm) von aktuellen bzw. ehemaligen Viehlagerplätzen konnten z.T. erhöhte Leitfähigkeitswerte von 2,1...4,0  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Profil 461; Profil 10 = Foto 4.1.-105 **CD**) festgestellt werden, obwohl die Böden sonst nur geringe Leitfähigkeitswerte aufwiesen. Die Erhöhung der Leitfähigkeitswerte ist hier vermutlich auf die Eutrophierung und die dadurch verursachte Erhöhung der Gehalte an Nitraten u.a. Ionen zurückzuführen. Es wäre lohnenswert zu untersuchen, wie lange die erhöhten Leitfähigkeitswerte an ehemaligen Viehlagerplätzen unter welchen Bedingungen nachzuweisen sind und ob die Leitfähigkeit als Indikator für alte Viehlagerplätze dienen kann. Leicht erhöhte  $EL_{2,5}$ -Werte (i.d.R. bis 1  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) insbesondere bei „Braunerden“ können ebenfalls auf unterschiedliche Nährstoffgehalte zurückzuführen sein.

Aus der Leitfähigkeit sind nur indirekte Rückschlüsse auf die Art der Salze möglich. Die unterschiedliche Leitfähigkeit von Salzen kann dabei als Anhaltspunkt dienen. Die Löslichkeit einiger Salze ist in Tabelle 4.1-09 dargestellt.  $\text{CaCO}_3$  besitzt nur eine sehr geringe Löslichkeit in Wasser (von  $\text{CO}_2$ -Partialdruck und von Temperatur abhängig) und kann nur in geringem Maße zur elektrischen Leitfähigkeit beitragen. Gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) hat bereits eine deutlich höhere Löslichkeit und kann die Leitfähigkeit schon stärker beeinflussen. Die mit Gips gesättigte Lösung hat einen EL-Wert von 2,13  $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  (ALAILY, 2000:5). Aufgrund ihrer unterschiedlichen Löslichkeit in Wasser werden Calcium-Carbonat und Phosphate den sehr schwer löslichen Salzen, Gips den schwer löslichen Salzen und die meisten Chloride, Nitrate und einige Sulfate den leicht löslichen Salzen zugeordnet (ALAILY 1996 a: 1). Die größte Wirkung auf die Leitfähigkeit haben die leicht löslichen Salze (SCHACHTSCHABEL et al. 1998: 36).

Tabelle 4.1-09: Löslichkeit von Salzen in Wasser bei 20 °C (nach RAUSCHER et al. 1982 zitiert in ALAILY 1996a: 1).

Salz	$\text{g}\cdot\text{l}^{-1}\text{H}_2\text{O}$	Zuordnung
$\text{CaCO}_3$	$15 \cdot 10^{-3}$	sehr schwer lösliche Salze
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Gips)	2	schwer lösliche Salze
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	191	leicht lösliche Salze
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	216	leicht lösliche Salze
$\text{NaCl}$	359	leicht lösliche Salze
...		

Es gibt die Möglichkeit, bei gemeinsamer Betrachtung von  $EL_{2,5}$  und  $EL_5$  und dem pH-Wert grobe Aussagen zur Salzart zu treffen. Da Gips schwerlöslich ist, sind bei dessen Vorhandensein meist beide Bodenextrakte (1:2,5 und 1:5) mit Gips gesättigt. Wenn beide Extrakte einen EL-Wert von 2,13  $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  haben, handelt es sich um Gips. Der Quotient  $EL_5 : EL_{2,5}$  ist 1. Bei einer Mischung von Gips und leicht löslichem Salz liegt der Quotient  $EL_5 : EL_{2,5}$  zwischen 1 und 2 (Tabelle 4.1-10). Hohe pH und EL-Werte lassen leicht lösliches  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  im Extrakt vermuten (ALAILY 2000:5).

Tabelle 4.1-10: Schätzung der Salzart aus Quotient von  $EL_{2,5} : EL_5$  (ALAILY 2000 5)

Quotient aus $EL_{2,5} : EL_5$	Interpretation	Bemerkung
1	nur Gips	Sättigungsextrakt $\sim 2,13$ ms/cm
1 ... 2	Gips und leicht lösliche Salze	
2	nur leicht lösliche Salze	

In Tabelle 4.1-11 erfolgt eine Abstufung der Leitfähigkeitswerte der untersuchten Böden und eine provisorische Zuordnung zu Salzgehaltsstufen.

KOCKSCH (1999) hat bei Solonchaks am südwestlichen Issyk-Kul-Ufer Leitfähigkeitswerte ( $EL_5$ ) von 15... 87  $mS \cdot cm^{-1}$  gemessen. Zum Vergleich sei angeführt, daß nach FAO (1990: 33) bei einer Leitfähigkeit (im Sättigungsextrakt) von  $>15 dS m^{-1}$  bzw.  $> 4dS m^{-1}$  (wenn pH  $H_2O$  1:1  $> 8,5$ ) *salic properties* ausgeschieden werden. Nach AG Boden (1994: 85) wird das Zusatzsymbol *z* für Sekundärsalz ab einer Leitfähigkeit (im Sättigungsextrakt) von  $>0,75 mS/cm$  (=ds/m) angegeben.

Tabelle 4.1-11: Abstufung der elektrischen Leitfähigkeit ( $EL_{2,5}$ )

Abstufung der elektrischen Leitfähigkeit	Leitfähigkeit $EL_{2,5}$ [in $mS \cdot cm^{-1}$ ] (= $dS \cdot m^{-1}$ )	Abstufung nach Salzgehalt *)	Bemerkungen
extrem gering	0,015–0,05	salzfrei	nur bei Braunerde
sehr gering	$> 0,05$ –0,3	salzfrei	
gering	$> 0,3$ –1,0	salzfrei/sehr schwach salzhaltig	
mäßig	$> 1,0$ –2,13 (2,3)	schwach salzhaltig (hohe Gipsgehalte sind möglich)	durch Gips hervorgerufen, ( $EL_{2,5} = 2,13 mS/cm$ bei Sättigungsextrakt von Gips) „Normale Buroseme“, „Dunkle Buroseme“, salzhaltige Horizonte von „Kastanosemen“ (Zusatz von ... <i>y</i> als Horizontsymbol)
mittel	$> 2,13$ (2,3)–7,0 (8)	mäßig salzhaltig	mit Gehalt an leicht löslichen Salzen, bei Burosemen, Hellen Kastanosemen, Staugley-Solonchak, (Zusatz von ... <i>z</i> als Horizontsymbol)
hoch, (sehr hoch)	$>7$ (8)–25...	stark salzhaltig	Grundgley-Solonchak, stark salzhaltiger Syrosem, stark salzhaltiger Burosem (Zusatz von ... <i>z</i> als Horizontsymbol)

\*) Inklusive Gips und leichter lösliche Salze

#### Effektive Kationenaustauschkapazität ( $KAK_{eff}$ )

Die Werte der effektiven Kationenaustauschkapazität aller daraufhin untersuchten Profile und Horizonte werden in ihrer pH-Abhängigkeit in Abbildung 4.1-05 dargestellt. Die Proben mit höheren Humusgehalten ( $>4$  %) und geringeren Humusgehalten ( $<4$  %) werden gesondert ausgewiesen. Die gemessenen  $KAK_{eff}$ -Werte von 109 Proben lagen im Bereich von 2,9–59,0  $mval/100g$  ( $mval/100g = cmol_c/kg$ ). Bei den Proben mit höheren Humusgehalten ( $>4$  % Humus) zeigt die Trendlinie einen stärkeren Anstieg, was auf die stärkere pH-Abhängigkeit der  $KAK_{eff}$  bei humusreichen Böden zurückzuführen ist. Die höchsten  $KAK_{eff}$ -Werte ( $>40 mval/100g$ ) wurden bei humusreichen Proben ( $>4$  % Humus) bei pH-Werten

zwischen 6,3 und 8,0 erreicht. Bei Böden mit geringeren Humusgehalten ( $< 4\%$ ) zeigt die Trendlinie einen geringeren Anstieg. Die  $KAK_{\text{eff}}$  ist bei humusärmeren Böden weniger stark abhängig vom pH-Wert.

Auf eine Abstufung der  $KAK_{\text{eff}}$ -Werte wird hier zunächst verzichtet. Für eine bodensystematische Gliederung ist die potentielle Kationenaustauschkapazität ( $KAK_{\text{pot}}$ ) möglicherweise geeigneter, als die effektive Kationenaustauschkapazität.

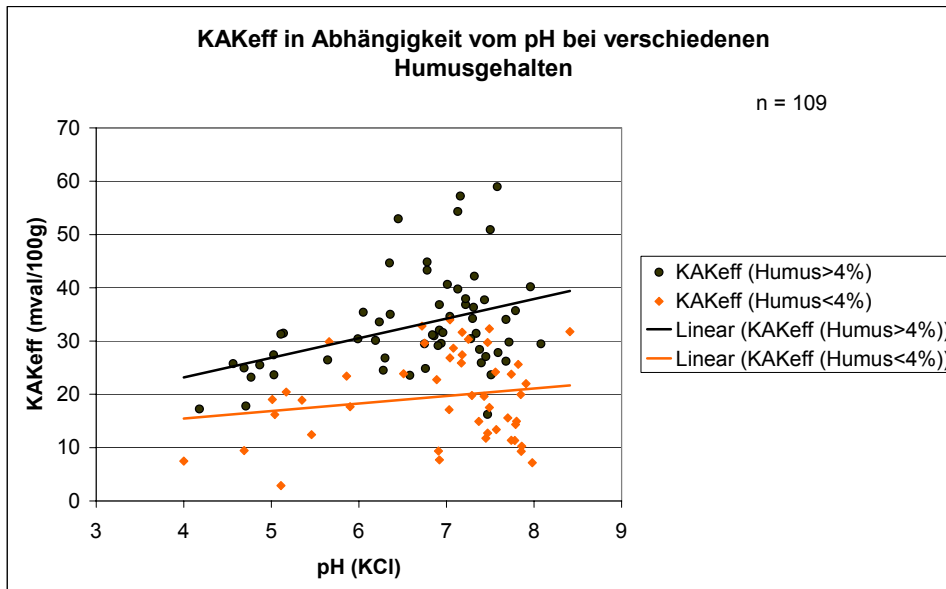


Abbildung 4.1-05: Abhängigkeit der effektiven Kationenaustauschkapazität ( $KAK_{\text{eff}}$ ) vom pH-Wert bei unterschiedlichen Humusgehalten mit eingezeichneten Trendlinien). Die Werte sind von verschiedenen Bodenformen aus verschiedenen Horizonten.

#### 4.1.4 Bodensubstrate und Substratprofile

Die Gliederung der Bodensubstrate und Substratprofile ist wichtiger Bestandteil der Bodenformensystematik und erfolgt in Anlehnung an KOPP et al. (1982), LIEBEROTH et al. (1991), KOPP & SCHWANECKE (1994) und ALTERMANN & KÜHN (1998). Während die Kennzeichnung der Bodentypen vor allem auf Grund pedogener Merkmale erfolgt, werden bei der Substratsystematik vor allem die lithogenen Merkmale des Bodens gekennzeichnet. Das Substrat ist das Material, in dem der Boden ausgebildet ist. Darunter wird nicht nur das Ausgangsmaterial der Bodenbildung verstanden, sondern es werden auch die Veränderungen durch bodenbildende Faktoren mit einbezogen (LIEBEROTH et al. 1991, ALTERMANN & KÜHN 1998). Das Substrat wird gekennzeichnet durch Substratart und Substratfolge.

In die Typisierung der Substratart gehen Informationen zur Substratzusammensetzung wie Gesamtbodenart (Körnung), Carbonatgehalt und z.T. Informationen zur Substratgenese ein. Der Salzgehalt wurde bei der bisherigen Substratsystematik nicht gesondert berücksichtigt, könnte aber analog dem Carbonatgehalt ebenfalls als Substrateigenschaft angesprochen werden. Hier wird der Salzgehalt zunächst nur als Horizontmerkmal, bzw. Merkmal der Bodentypen berücksichtigt. Die hier angegebenen Substratarten entsprechen zumeist den Substratarten-Hauptgruppen<sup>11</sup> nach ALTERMANN & KÜHN (1998). Angaben zur Substratge-

<sup>11</sup> Auf eine hierarchische Gliederung der Substratarten wie bei ALTERMANN & KÜHN (1998) in Substratarten-Hauptgruppe, Substratarten-Gruppe und Substratarten-Untergruppe, mit einer detaillierte-

nese erfolgen fakultativ (insbesondere bei Kolluvium, Alluvium, Moränenmaterial, ...). Mit dem Substrat(folge)typ wird die vertikale Abfolge der Substratarten im Bodenprofil gekennzeichnet (LIEBEROTH et al. 1991).

Die Gesamtbodenart (Körnung), als Bestandteil der Substratartentypisierung, wird charakterisiert durch die Grobbodenart (=Skelett, >2mm Korndurchmesser, Differenzierung in Schutt, Geröll, Grus, Kies möglich) und durch die Feinbodenart ( $\leq 2$  mm). Die Gesamtbodenart wird bezüglich des Anteils an Grobboden (Skelett) entsprechend Tabelle 4.1.-12 (ALTERMANN & KÜHN 1998) gekennzeichnet.

Tabelle 4.1-12: Gliederung der Gesamtbodenart nach Skelettanteil

Skelett-Anteil in Vol % des Gesamtbodens	Bezeichnung
< 2 %	(keine Angabe)
2 ... 25 %	skelettführender ...
>25 ... 50 %	Skelett ...
>50 ... 75 %	...skelett
>75 %	Skelett

### Grobbodenart

Die Grobbodenart (das Skelett) kann entsprechend Tabelle 4.1-13 untergliedert werden. Bei Vorherrschen einer Skelettfraktion kann das Wort Skelett durch die Bezeichnung Kies, Grus, Schotter/Geröll oder Schutt ersetzt werden.

Tabelle 4.1-13: Untergliederung des Bodenskeletts (entsprechend LIEBEROTH et al. 1991)

	Durchmesser	weitere Bezeichnungen
Feinskelett	2 - 20 mm	Kies (rundlich), Grus (kantig)
Grobskelett	> 20 - 200 mm	Steine (Schotter/Geröll: rundlich, Schutt: kantig)
	> 200 mm	Blöcke

### Feinboden

Beim Feinboden ist eine hierarchische Untergliederung in Bodenartenhauptgruppe, Bodenartengruppe und Bodenartenuntergruppe (entsprechend AG Boden 1994) bzw. in Körnungsarten und Körnungsartengruppen (entsprechend Lieberoth et al. 1991:154 und SCHULZE & KOPP 1995) möglich. Im Feld erfolgte die Ansprache von Körnungsarten des Feinbodens nach SCHULZE & KOPP (1995: SEA95-A, 72). Es wurden folgende Körnungsarten unterschieden:

Tabelle 4.1-14: Körnungsarten und Körnungsartengruppen (nach LIEBEROTH et al. 1991 und SCHULZE & KOPP 1995). Die *kursiv* gedruckten Körnungsarten wurden im Untersuchungsgebiet bisher nicht angesprochen

Körnungsartengruppe	Körnungsart
Sand (S)	rS - reiner Sand, inkl. kaum lehmiger Sand,
	aS - anlehmiger Sand,
	lS - lehmiger Sand (in den schluffreichen Landschaften handelt es sich dabei oft um uS - schluffigen Sand)
	uS - schluffiger Sand

ren Untergliederung und stärkeren Berücksichtigung der Substratgenese in den unteren Hierarchieebenen, wurde hier verzichtet.

Lehm (L)	sL - sandiger Lehm; L - Lehm
Schluff (U)	U - (reiner) Schluff; IU - lehmiger Schluff; UL - Schlufflehm
Ton (T)	uT - schluffiger Ton; IT - lehmiger Ton; sT - sandiger Ton T - Ton

### Korngrößenverteilung (des Feinbodens)

Die Analyse der Korngrößenverteilung des Feinbodens ermöglicht eine differenziertere Bodencharakterisierung, als es die Feldansprache der Körnungsart erlaubt (z.B. Erfassung von Tonverlagerung, ...). Die Analyse der Korngrößenverteilung wurde in Kirgisischen Labors nach den im russischsprachigen Raum üblichen Korngrößenfraktionen nach KACHINSKIY durchgeführt. Zu dem auch in Deutschland angewandten System der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft ergeben sich die aus Tabelle 4.1-15 zu ersehenden Unterschiede. Während beim System nach KACHINSKIY erst die Körnungsfractionen  $\leq 1\text{mm}$  zum Feinboden zählen, werden beim System der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft bereits die Körnungsfractionen  $\leq 2\text{mm}$  zum Feinboden gerechnet. Die chemischen Laboranalysen (Humusgehalt, u.s.w.) wurden im Rahmen dieser Arbeit ebenfalls, wie im russischsprachigen Raum üblich, am Feinboden  $\leq 1\text{mm}$  durchgeführt, während für die Körnungsartenansprache im Feld und für die Substrattypisierung die Korngrößenfraktionen nach der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft zugrunde gelegt werden.

Tabelle 4.1-15: Vergleich der Korngrößenfraktionen nach der Einteilung von KACHINSKIY und der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft (Angaben zu Korngrößenklassen von KACHINSKIY wurden aus KAURICHEV (1973:74) entnommen)

Korngrößenfraktionen nach KACHINSKIY (in Kirgisistan angewendet)		Korngrößenfraktionen nach Internat. Bodenkundl. Gesell. (in Deutschland angewendet)	
Korndurchmesser [in mm]	Benennung der „mechanischen Elemente“ ( <i>mekhanicheskie elementy</i> )	Korndurchmesser [in mm]	Benennung
<0,001	<i>il (ilistaya fraktsiya)</i>	<0,002	Ton
0,001-0,005	<i>pyl, melkaya</i>	0,002-0,0063	Feinschluff
0,005-0,01	<i>pyl, srednyaya</i>	0,0063-0,02	Mittelschluff
0,01-0,05	<i>pyl, krupnaya</i>	0,02-0,063	Grobschluff
0,05-0,25	<i>pesok, melkiy</i>	0,063-0,2	Feinsand
0,25-0,5	<i>pesok, sredniy</i>	0,2-0,63	Mittelsand
0,5-1	<i>pesok, krupnyy</i>	0,63-2,0	Grobsand
weitere Einteilungen:			
Summe <1mm	Feinboden ( <i>melkozem</i> )	Summe <2 mm	Feinboden
Summe >1 mm	Bodenskelett ( <i>pochvennyy skelet</i> )	Summe >2 mm	Skelett (Groboden)

### Umrechnung der Korngrößenklassen

Für die (genauere) Ansprache der Bodenartengruppen bzw. Bodenartenuntergruppen nach AG Boden (1994) bzw. der Körnungsart nach SCHULZE & KOPP (1995) aus den analysierten Korngrößenfraktionen (nach KACHINSKIY) wurden diese in die Korngrößenfraktionen der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft umgerechnet. Die einzelnen Fraktionen liegen in ähnlichen Bereichen, es kommt jedoch zu Überschneidungen in den Randbereichen. Es wurde von der vereinfachenden Annahme ausgegangen, daß sich die Korngrößen innerhalb der Kornfraktionen gleichmäßig verteilen. Der Fehler wird dadurch gering gehalten, da die Überschneidungsbereiche der Fraktionen relativ gering sind. Die Umrechnung wurde wie folgt durchgeführt:

- a) Sandfraktion[2000µm ... 63µm] = A+B+0,935\*C  
 b) Schlufffraktion[63µm...2 µm] = 0,065\*C+D+E+0,8\*F  
 c) Tonfraktion[<2µm] = 0,2\*F+G

Fractionen: A [2000 µm ... 1000 µm], B [1000 µm ... 250 µm], C [250 µm ... 50 µm],  
 D [50 µm ... 10 µm], E [10 µm ... 5 µm], F [5 µm ... 1 µm], G [< 1 µm]

Bei den Proben der Profile 401–467 konnte keine Umrechnung erfolgen, da der Anteil der Grobsandfraktion (1–2 mm), der im System nach KACHINSKIY bereits zum Skelett gerechnet wird, nicht ermittelt wurde. Zudem schien es bei den Profilen 401–467 methodische Probleme bei der Analyse humusreicher Proben gegeben zu haben, wobei der Tongehalt humusreicher Proben offensichtlich als geringer angegeben wurde.

### Carbonatgehalt

Bei der Substratansprache wird ein Carbonatgehalt > 2 % (=Masse% Calciumcarbonat-Äquivalente) berücksichtigt. Das Substrat erhält den Vorsatz Carbonat-... bzw. Kalk-... Die Verwendung der Carbonatgrenze >2 % erfolgt parallel zum calcareous soil material (FAO 1990: 29) und calcareous soil material (World Referende Base for Soil Resources, 1998). Außerdem ist ab 2 % Carbonat erst eine eindeutige Feldansprache des Carbonates mittels 10% HCl möglich. Bei ALTERMANN & KÜHN (1998:144) wird ebenfalls die 2 % Carbonatgrenze verwendet, während nach LIEBEROTH et al. (1991) und SCHULZE & KOPP (1995) carbonatisch-silikatisches Material bereits >1% Carbonat angesprochen wird. Die Differenzierung höherer Carbonatgehalte erfolgt über die Horizontansprache: > 2% (Zusatz ...ca), > 15 % (Ca-Horizont, entsprechende FAO: calcic horizon) > 50 % (Ca!-Horizont, entsprechend FAO: hypercalcic horizon).

### Verknüpfung der Merkmale zur Substratart

In Tabelle 4.1-16 werden die Substratarten als mögliche Kombination aus Körnung des Feinbodens, Carbonatgehalt, Skelettgehalt und Substratherkunft dargestellt. Torf- (und Mudde)arten können entsprechend SUCCOW & JOOSTEN (2001) angesprochen werden. Zur Anwendung der entsprechenden Ansprachekriterien bei Mooren in Kirgisistan siehe HEINICKE (1999).

Tabelle 4.1-16: Gliederung der Substratarten

Körnung Feinboden	Skelettgehalt (%)				
	<2 %	2...25 %	>25...50 %	>50...75 %	>75 %*
Bezeichnung					
		skelett- führender	Skelett-...	...-skelett	Skelett
Sand	x	x	x	x	-
Kalksand	x	x	x	x	-
Sandlehm	x	x	x	x	-
Kalksandlehm	x	x	x	x	-
Schluff	x	x	x	x	-
Kalkschluff	x	x	x	x	-
					Skelett
					Kalkskelett <sup>12</sup>

<sup>12</sup> Anmerkung: Kalkskelett muß im Gegensatz zu den Angaben von ALTERMANN & KÜHN (1998) nicht unbedingt aus kalkhaltigem Gestein bestehen. Unter ariden Klimabedingungen ist es möglich, daß auch Substrat mit >75 % Skelett eines nicht carbonathaltigen Gesteines (z.B. Granit) trotzdem pedoge-

Sämtliche Kombinationen können auch als kolluviale Substrate (Zusatz: Kolluvial- ...) bzw. als Schwemmsubstrate (Alluvium) ... (Zusatz: Schwemm- ...) vorkommen. Deluvium wird nicht gesondert ausgewiesen.

\*Zum Abgleich mit FAO wäre Grenze > 80 % Skelett zu verwenden (Kriterium für Leptosols)

### Substratfolgetyp

Der Substrat(folge)typ kennzeichnet die vertikale Abfolge der Substratarten im Bodenprofil (LIEBEROTH et al. 1991). Die Bezeichnung der Substratfolge bei Schichtwechsel wird in Tabelle 4.1-17 wiedergegeben.

Tabelle 4.1-17: Bezeichnung der Substratfolge mineralischer Böden bei Schichtwechsel

	Substratwechsel bei				
	0-20 cm	>20 - 40 cm	>40 - 80 cm	>80 - 120 cm	>120 cm
allgemeine Bezeichnung	wie einschichtige Substrate (Benennung nach unterem Substrat)	...\... flacher...über ...	.../... ...über...	...//... ...über tiefem ...	...///... ...über sehr tiefem...
oben bindig unten sandig		Deck-		... unterlagert	... tief unterlagert
oben sandig unten bindig	wie einschichtige Substrate (Benennung nach unterem Substrat)		... tief ...	... unterlagert	... tief unterlagert
bei Lockerdecke über Gestein	Skelett, Fels	Flachdeck... über Gestein	Deck ... über Gestein	...(Fels)Skelett -unterlagert	... (Fels)Skelett- unterlagert

Bei der Bildung der Substratfolgetypen erfolgt zunächst eine Orientierung nach den Stufengrenzen von LIEBEROTH, et al. (1991). Zu substratbezogenen Einteilungen der kirgisischen Bodenklassifikation ergeben sich dabei Unterschiede. Eine Abstimmung ist anzustreben, wobei besonders ökologische und nutzungsrelevante Substrateigenschaften berücksichtigt werden sollten. So teilt MAMYTOV et al. (1995: 74) z.B. die Mächtigkeit der Feinbodenschicht (melkozemistyy sloy) in geringmächtig (< 50 cm), mittelmächtig (50...100 cm) und mächtig (> 100 cm) ein. Der Skelettgehalt wird ebenfalls in andere Stufen eingeteilt. Dabei werden der Steingehalt an der Bodenoberfläche und der Steingehalt im Profil gesondert ausgewiesen.

#### 4.1.5 Bodenhorizonte

Ansprache und Bezeichnung der Bodenhorizonte erfolgt nach Merkmalen, die Ergebnisse von Bodenbildungsprozessen sind. Ob die Horizontmerkmale unter rezenten oder reliktschen Bedingungen entstanden sind, wird dabei nicht unmittelbar erfaßt; die Ableitung genetischer Deutungen wird jedoch angestrebt. Aus einer charakteristischen Kombination von Horizonten setzen sich dann die Bodentypen (Horizontfolgetypen) zusammen (siehe auch LIEBEROTH et al. 1991: 159). Im Gegensatz zum ABC-System der Kirgisischen Bodenklassifikation, werden die Horizonte hier stärker differenziert. In Tabelle 4.1-18 werden die

nes Carbonat, z.B. als Krusten auf Steinoberflächen, aufweist (Beispiele: Profil 68, Profil 154; Fotos 4.1-29 CD; Foto 4.1-14 CD).



für das Untersuchungsgebiet ausgeschiedenen Horizonte dargestellt. Die Bezeichnung der Horizonte erfolgt in Orientierung an SCHULZE & KOPP (1995) (= SEA 95), AG Boden (1994) (= KA4), HAASE (1983) sowie FAO (1990).

Bei den braunen B-Horizonten wird eine Unterteilung in Bv-Horizonte (der Braunerden und Brauntschernoseme) und Bs bzw. Bhs-Horizonte (bei Kastanosemen und Burosemen, und z.T. Schwarzerden) im Sinne von HAASE (1983) vorgenommen. Die Unterscheidung von Bs- und Bv-Horizonten ist im Feld teilweise schwierig, vor allem, wenn der Bv-Horizont sekundär aufgekalkt ist. Die Färbung der Horizonte ist oft ähnlich. Eine Identifikation von Bv bzw. Bs muß dann teilweise aus dem Profilzusammenhang erfolgen. Bei FAO (1990) werden die verschiedenen Braunhorizonte als Bw zusammengefaßt.

Tabelle 4.1-18: Gliederung und Charakterisierung der Bodenhorizonte

Haupt-horizont	Unter-horizont	Zu-satz	Bezeichnung und Merkmale
O			organischer Auflagehorizont (i.d.R. > 30 % organische Substanz)
	Ol		Streuhorizont (L)
	Of		Vermoderungshorizont
	Oh		Feinhumushorizont
H			Torfhorizont; hydromorphe Humusakkumulation; Untergliederungsmöglichkeiten nach SCHULZE & KOPP (1995) bzw. SUCCOW & JOOSTEN (2001)
A			mineralischer Oberbodenhorizont (i.d.R. bis 30 % Humus)
	Ah		Humushorizont. humoser Oberbodenhorizont mit sehr dunkel graubrauner bis schwarzer Färbung (Munsell-Farbe 10 YR 3/2 und dunkler) im feuchten Zustand; Besitzt i.d.R. ein gut ausgebildetes Krümelgefüge. Kommt bei Schwarzerden, Braunschwarzerden, Braunerden, u.a. vor. (Differenzierung nach Humusgehalt in Ah $> 9\%$ , Ah $> 2,5-9\%$ , Ah' $< 2,5\%$ möglich)
	Aw		Wurzelfilzhorizont. (bei $> 50$ Feinwurzeln / dm <sup>2</sup> , = W6 entsprechend AG Boden, 1994: 130); bildet sich unter „Grasland“ aus (in der Regel nur oberste 5-10 cm)
	Ahs		humoser Oberbodenhorizont bei Kastanosemen (und Burosemen), mit „kastanienbrauner“ Färbung. Die Farbintensität (chroma) liegt bei $> 2$ , im Gegensatz zum Ah-Horizont. Typische Färbung nach Munsell ist dunkelbraun (10 YR 3/3) im feuchten Zustand bzw. braun (10 YR 5/3) im trockenen Zustand. Teilweise ist der Horizont auch heller: braun (10 YR 4/3) oder dunkel gelblich braun (10 YR 4/4) im feuchten Zustand. Der Horizont besitzt ein schwach bis mäßig ausgebildetes Krümelgefüge (Feinkoagulatgefüge). (Differenzierung nach Humusgehalt in Ahs: $> 2,5\%$ , Ahs': $1,5 - 2,5\%$ , Ahs'': $< 1,5\%$ Humus möglich). Horizontbezeichnung nach (HAASE 1983).
	Ap		Pflughorizont. durch Pflügen entstandene gestörte Lagerung; Die aufgenommenen Ap-Horizonte waren durch Bewässerung geprägt. Färbung wirkt gegenüber den nichtbeackerten Böden häufig etwas grauer
			<u>Übergangshorizont:</u>
	AhBv		verbraunter Horizont mit Humusgehalt $> 2,5\%$ ; bei Brauntschernosemen und Braunerden, Humusgehalt durch autochthone Bildung

	bzw. Bioturbation und/oder Kryoturbation entstanden, keine Humus-einwaschung; Farbe 10...7,5 YR 3/3 ... 4/3 (feucht) bzw. 10...7,5 YR 5/3 ... 5/4 (trocken)
ca	bei 2...15 % Calciumcarbonat (äquivalent) (entspricht FAO: calcare properties)
Ca	>15 % Carbonat (entspricht FAO: calcic horizon)
y	Anreicherung von Gips; bei EL <sub>2,5</sub> von 1 - 2,13 (2,5) mS/cm, (=schwach salzhaltig)
z	Anreicherung von leicht löslichen Salzen; bei EL <sub>2,5</sub> > 2,13 (2,5) mS/cm, (=mäßig bis stark salzhaltig)
Sw	mit Stauwassereinfluß, Überprägung durch hydromorphe Beeinflussung in bindigem Substrat, mit Bleich- und Rostflecken
G	mit Grundwassereinfluß, Überprägung durch Grundwassereinfluß in sandigem Substrat, mit Bleich- und Rostflecken
B	mineralischer Unterbodenhorizont. (gegenüber Ausgangsmaterial veränderte Farb- und Gefügeeigenschaften, Braun und Illuvialhorizonte)
Bv	Verbraunungshorizont. Vorkommen bei Braunerden, Graubraunerden, Brauntschernosem; unter (kalt-feuchtklimatischen Bedingungen gebildet; Farbe: 10...7,5 YR 4/3...4/4 (feucht); < 2,5 % Humus; besitzt i.d.R. harte bis sehr harte Konsistenz im trockenen Zustand; pH (sehr) schwach bis mäßig sauer
Bs	unter trockenklimatischen Bedingungen gebildet, Vorkommen: bei Kastanosemen, (Burosemen, Kastano-Tschernosemen), (Horizont nach HAASE 1983), typische Farbe: 10 YR 4/4 (feucht) und 10 YR 6/4 (trocken) aber auch eine Helligkeitsstufe höher, insbesondere bei hohem Carbonatgehalt (BsCa); z.T. ähnliche Farbe wie C-Horizont; im Unterschied zum C-Horizont i.d.R. aber stärker durchwurzelt; <1,5 % Humus; Im trockenen Zustand weiche bis mäßig harte Konsistenz, auch bei bindigem Substrat weichere Konsistenz als bei Bv
Bhs	ähnlich Bs, aber mit 1,5 - 3 % Humus; Vorkommen bei Dunklen Kastanosemen und Kastano-Tschernosemen, (Tschernosemen) (Horizont nach HAASE, 1983), typische Färbung: 10 YR 4/4 (feucht) und 10 YR 6/4 (trocken), z.T. 10 YR 3/3 (feucht), wenn mehr Humus, bei hohem Carbonatgehalt (BhCa) z.T. etwas heller 10 YR 5/4 (feucht); im trockenen Zustand i.d.R. weiche-mäßig harte Konsistenz
Bt	Tonhäutchenhorizont. mit Tonhäutchen an den Gefügekörpern, durch Einwaschung mit Ton angereichert (Tonverlagerung)
Bht	humoser Tonhäutchenhorizont. mit eingewaschenen Tonhäutchen und Humusstoffen auf den Gefügekörpern (Tonverlagerung, Humusverlagerung)
	ca, Ca, y, z, Sw, G ...: (siehe oben)
	qm mit Verhärtung durch Silizium
Ca	Carbonat-Anreicherungshorizont. > 15...50 % Masse% Calciumcarbonat-Äquivalent; sekundäre Carbonatanreicherung; besitzt i.d.R. höhere Carbonatgehalte als darüber und darunter liegende Horizonte; bei Humus <1,5 %, ansonsten Kombination mit entsprechenden A- bzw. B-Horizonten (z.B. BhsCa); Ausbildung von Kalkmyzelien, häufig Kalkbeläge an Steinen kann sehr hohe Helligkeitswerte: 10YR7/4 ... 10YR8/2 (trocken) bzw. 10 YR 5/4...6-7/4 (feucht) annehmen; (entspricht FAO: calcic horizon)

Ca!	bei >50 % Calciumcarbonatäquivalent; Farbe i.d.R. 10 YR 8/2 (trocken) bzw. 10 YR 6/4 (feucht); maximale Carbonatanreicherung von 80 % beobachtet (entspricht WRB 1998: hypercalcic horizon).
G	Grundgleyhorizont
Go	Grundgleyhorizont mit Rostflecken
Gr	Grundgleyhorizont ohne Rostflecken
	ca, Ca, y, z .....: (siehe oben)
K	Dauerfrosthorizont (weitere Differenzierungen finden sich bei HAASE 1983)
	ca, Ca
C	mineralischer Untergrundhorizont; geringe pedogene Veränderung; (<1 % Humus)
	ca, y, z, qm, Sw, G .....: (siehe oben)
M	Mineralbodenhorizonte mit synsedimentärer Humusanreicherung (bei allochthonen Bodensedimenten (Auen, Kolluvien)
AhM	Humushorizonte in verlagertem Material
ApM	Krumenhorizont in verlagertem Material
	ca, Sw, G .....: (siehe oben)

#### Charakterisierung der Horizonte bezüglich der Konsistenz im trockenen Zustand

Die Bodenkonsistenz im trockenen Zustand (nach FAO 1990) gibt nicht nur Auskunft über ökologisch relevante Bodeneigenschaften, sondern bietet auch die Möglichkeit als Zusatzmerkmal verschiedene Horizonttypen voneinander zu unterscheiden. In Abbildung 4.1-6 wird von verschiedenen Bodenhorizonten die Konsistenz im trockenen Zustand dargestellt. Die Bv- bzw. AhBv-Horizonte von „Braunerden“ und „Brauntschernosemen“ haben im trockenen Zustand i.d.R. eine deutlich festere Konsistenz als die Bs, bzw. Bhs-Horizonte von Kastanosemen und Burosemen. Aber auch die A-Horizonte unterscheiden sich bezüglich ihrer Konsistenz im trockenen Zustand. Die Ahs-Horizonte der Kastanoseme und Buroseme waren i.d.R. deutlich weicher, als die Ah-Horizonte, mit einem häufig festen und stabilen Krümelgefüge. Die Ap-Horizonte (der „Bewässerten Acker-Kastanoseme“ und „-Buroseme“) waren i.d.R. fester, als die Ahs-Horizonte, aus denen sie hervorgegangen sind. Bei einer differenzierten Betrachtung nach Körnungsart wären noch deutlichere Unterschiede in der Konsistenz zwischen den verschiedenen Horizonttypen zu erwarten. Eine lose und weiche Konsistenz im trockenen Zustand ist für pedogen wenig beeinflussten Löß charakteristisch. Dagegen kann eine harte und sehr harte Konsistenz im trockenen Zustand als Anhaltspunkt für eine stärkere Verwitterungsintensität und die Bildung von Tonmineralen und pedogenen Oxyden genutzt werden. Bei AG Boden (1994: 113) wird generell davon ausgegangen, daß im trockenen Zustand, die Konsistenz bindiger Böden hart/fest ist, was für die Böden in Mitteleuropa zutreffen mag. Bei „Burosemen“ und „Kastanosemen“ ist das aber i.d.R. nicht so.

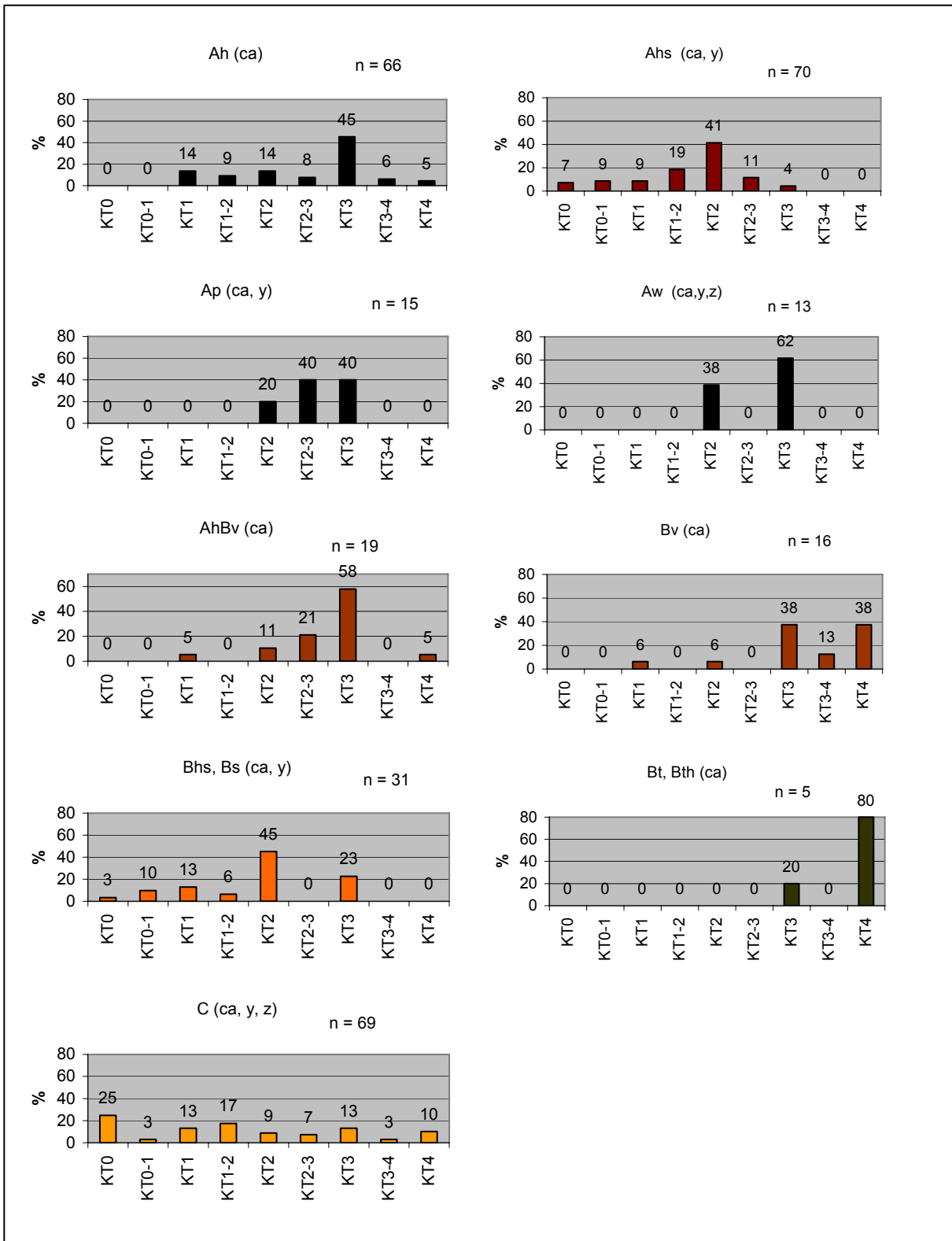


Abbildung 4.1-06: Konsistenz im trockenen Zustand bei verschiedenen Horizonttypen. (KT0 = lose, KT1= weich, KT2 = mäßig hart (fest), KT3= hart, KT4= sehr hart) (n= Anzahl der Horizontproben)

#### 4.1.6 Bodentypen

Im Folgenden werden die im Rahmen der eigenen Untersuchungen erfaßten Bodentypen und -untertypen des Issyk-Kul-Gebietes (Issyk-Kul-Becken und weitere Bereiche des Zentralen Tienschan) vorgestellt. Es wurden ca. 120 Bodenprofile in unterschiedlichen Höhenstufen und klimatischen Bereichen aufgenommen. Ein großer Teil der weit verbreiteten Bodentypen konnte dabei erfaßt werden. Lücken gibt es insbesondere bei semi- und hydromorphen Böden und bei initialen Bodenbildungen. Geringmächtige Böden werden entsprechend ihrer genetischen Verwandtschaft i.d.R. als substratbedingte Variationen der jeweiligen genetischen Bodentypen bzw. als gekappte Böden aufgefaßt, deren Differenzierung über die Berücksichtigung des Substratfolgetyps bei der Bodenform erfolgt.

Die Gliederung und die Benennung der Bodentypen orientiert sich soweit möglich an der deutschen Bodenklassifikation (siehe KOPP et al. 1982, LIEBEROTH et al. 1991, SCHACHTSCHABEL et al. 1998, u.a.), sowie an der Klassifikation mongolischer Böden nach KOWALKOWSKI (1989) und HAASE (1983). Soweit es zweckmäßig war, wurde versucht, eine Abstimmung der Bodenbenennungen mit der Kirgisischen Bodenklassifikation (MAMYTOV et al. 1974) sowie mit der sowjetischen Bodenklassifikation (EGOROV et al. 1987) vorzunehmen. Die vorgenommene Typisierung der Böden weicht jedoch z.T. erheblich von der Kirgisischen Bodenklassifikation ab. Es wurde angestrebt, weit verbreitete genetische Bodenbezeichnungen zu verwenden, die genauere Vorstellungen über die Bodeneigenschaften zulassen. So wurden die teilweise recht heterogenen Gruppen der subalpinen und alpinen Gebirgssteppen-, Gebirgswiesensteppen-, und Gebirgswiesenböden, u.a., aus der kirgisischen Bodenklassifikation, in verwandtschaftliche Beziehung zu den genetischen Bodentypen „Kastanosem“, „Kastano-Tschernosem“, „Tschernosem“, „Brauntschernosem“ und „Braunerde“ gesetzt. Dabei konnte an das konsequente Vorgehen von KOWALKOWSKI (1989) bei Böden der Mongolei angeknüpft werden.

Die Bodentypen wurden teilweise in mehrere Untertypen untergliedert, die durch römische Ziffern gekennzeichnet werden (Kapitel 4.1.2). Die Untertypen sind lokale Ausbildungen mit z.T. geringeren Unterschieden in den Bodenmerkmalen, aber deutlichen Unterschieden in ihrer Vegetationswirksamkeit bzw. ihres Vorkommens (Höhenlage, Exposition). Die Untertypen haben zunächst nur regionale Gültigkeit für die untersuchten Gebiete im Issyk-Kul-Gebiet.

Die Bodentypen werden in diesem Kapitel entsprechend ihrer bodenkundlichen Verwandtschaft dargestellt. Die Darstellung der räumlichen Anordnung der Böden erfolgt in Kapitel 5. Zu den Bodentypen bzw. -untertypen wird jeweils die typische Vegetation gestellt, mit der sie gemeinsam vorkommen. Auf die Abwandlungen der Vegetation, vor allem aufgrund anthropogener Beeinflussung wird an dieser Stelle nicht eingegangen. Die ausgeschiedenen Bodeneinheiten werden mit der kirgisischen Bodenklassifikation und der FAO-Bodenklassifikation bei der Darstellung der einzelnen Bodeneinheiten parallelisiert, sowie in Kapitel 4.1.8 im Überblick miteinander verglichen. Die Bodenansprache nach der FAO-Klassifikation erfolgte mit Hilfe des Computerprogramms FAOSOIL Version 2 von BAILLY (1997).

Die Benennung sämtlicher Einzelprofile nach Bodenformen, kirgisischer Bodenklassifikation und FAO wird in Tabelle 4.1-19 (CD) (geordnet nach Bodentypen) und in Tabelle 4.1-20 (CD) (geordnet nach Profil-Nummern dargestellt

Die Anprachemerkmale der Bodenprofile werden in Tabelle 4.1-21 (CD), die Analysendaten der Bodenprofile werden in Tabelle 4.1-22 (CD) dargestellt. Die meisten Profile der anhydromorphen Böden werden mit Foto dargestellt (Foto 4.1-1 bis Foto 4.1-106 CD).

Den Bodenuntertypen werden die jeweiligen Naturraumformen (NRF-Nummern) zugeordnet, in denen sie vorkommen. Die Naturraumformen werden in Kapitel 4.7 in den Tabelle 4.7-01 bis 4.7-06 (CD) und in Kapitel 5.3 näher charakterisiert. Die Lage der Bodenprofile ist in den Abbildungen 3.2-01 bis 3.2-06 (CD) eingezeichnet.

Tabelle 4.1-23 gibt einen Überblick über die Bodentypen und Untertypen im Issyk-Kul-Gebiet, die im Rahmen der Arbeit erfaßt wurden mit Zuordnung der Bodenprofil-Nummern und Angabe der Höhe und der Transekte, in denen sie vorkommen. Die Höhenangaben beziehen sich auf die aufgenommenen Bodenprofile. Die jeweiligen Bodeneinheiten können in einem größeren Höhenbereich vorkommen.

Tabelle 4.1-23: Übersicht über die erfassten Bodentypen und Untertypen im Issyk-Kul-Gebiet

Bodentypen und Untertypen im Issyk-Kul-Gebiet			
	Profil-Nr.	Tran- sekt [Nr.]	Höhe [in m NN]
(1) Syrosem			
• Stark salzhaltiger Syrosem	448	1	1 750
(2) Normale Buroseme (I - III)			
• Normaler Burosem (I)	193, 194, 437, 445, 438, 446, (439)	1	1 700...1 800 (1 950)
• Stark salzhaltiger Normaler Burosem (II)	449 (kolluvial)	1	1 750
• Normaler Plattengefüge-Burosem (III)	464	6	2 990
(3) Bewässerte Acker-Buroseme			
Bewässerter Acker-Burosem	196, 153	1	1 720...1 750
(4) Dunkle Buroseme			
• Dunkler Burosem	152, 447, 151, 154, (155)	1	1 810...2 060
(5) Helle Kastanoseme (I - IV)			
• Heller Kastanosem I (z.T. schwach salzhaltig)	179, 450	1	2 020...2070
• Heller Kastanosem (I)-Pararendzina	163, 192	1	1 950...2 100
• Heller Kastanosem II	185	2	1 705
• Heller Kastanosem III, mäßig salzhaltig	465	6	3 300
• Heller Kastanosem IV	467	6	3 520
(6) Bewässerte Helle Acker-Kastanoseme			
• Bewässerter Heller Acker-Kastanosem I	177, 178, 176, 162	1	1 940...2 130
• Bewässerter Heller Acker-Kastanosem II	184	2	1 650
(7) Dunkle Kastanoseme (I - III)			
• Dunkler Kastanosem I (z.T. schwach salzhaltig)	190, 68, 22, 2, 20, 12, (67), (403) (ohne Salz);	2 + 3	1 650...2 000 (2 100)

	191, 183 (mit Salz); 408, 407 (Übergang zu Kastano-Tschernosem)		
• Dunkler Kastanosem II (z.T. schwach salzhaltig)	172, 171 (ohne Salz); 173, 433 (mit Salz)	1	2 260...2 300
• Dunkler Kastanosem III	159, 432, 158, 169	1	2 750...3 060
<hr/>			
(8) Bewässerter Dunkler Acker-Kastanosem			
• Bewässerter Dunkler Acker- Kastanosem	187, 462, 4, 181, 182		1 630...2 100
<hr/>			
(9) Kastano-Tschernoseme (I, II)			
• Kastano-Tschernosem I	421, 7, 404, (69), 72	2 + 3	2 060...2 300 (1 760)
• Kastano-Tschernosem II	157	1	2 780
<hr/>			
(10) Carbonat-Tschernoseme (I - IV)			
• Carbonat-Tschernosem I	431, 170, 174	1	2 480...2 570
• Carbonat-Tschernosem II	166, 168	1	2 770...2 800
• Carbonat Tschernosem III	452	4	2 130
• Carbonat-Tschernosem IV, mäßig salzhaltig	466	6	3 550
<hr/>			
(11) Normale Tschernoseme (I - IV)			
• Normaler Tschernosem I	430	1	2 570
• Normaler Tschernosem II	429	1	2 660
• Normaler Tschernosem III	1	3	1 940
• Normaler Tschernosem IV	458	4	1 980
<hr/>			
(12) Ausgelaugte Tschernoseme (I, II)			
• Ausgelaugter Tschernosem I	411, 66, 36, 14, 8, 65	3	2 100...2 210
• Ausgelaugter Tschernosem II, (Tro- ckenriß-)	451, 457, (454)	4	2 020...2 170
<hr/>			
(13) Kolluvial-Tschernoseme			
• Kolluvial-Tschernosem I	410, 74, 409, 401, 18	1	1 900...2 100
• Kolluvial-Tschernosem II	167	1	2 800
<hr/>			
(14) Tschernosem-Ranker			
• Tschernosem-Ranker	456	4	2 070
<hr/>			
(15) Brauntschernosem			
• Brauntschernosem	156, 160, 161, 428, 165	1	2 830...2 950
<hr/>			
(16) Saure Braunerden (I - III)			
• Saure Braunerde I	406, 17, (5)	3	2 100...2 270
• Saure Braunerde II	62, 71, 61	3	2 500...2 600
• Saure Braunerde III	420, 9	3	3 000
<hr/>			
(17) Saure Graubraunerde			
• Saure Graubraunerde	412, 60, 70	3	(2 770) 2 900...3 000
<hr/>			
(18) Kryo-Kalkbraunerden (I, II)			
• Kryo-Kalkbraunerde I	425	5	3 750
• Kryo-Kalkbraunerde II	427	5	3 750
<hr/>			
(19) Kolluvial-Braunerden			
• Kolluvial-Braunerde	35	3	2 000
• Saure Kolluvial-Braunerde (podso- liert)	10	3	2 670
• Hochgebirgssteppen-Kolluvial-	426	5	3 850

Braunerde			
Semihydromorphe und hydromorphe Böden (ohne Salz)			
• Tiefgley-Kalkrohboden	463	1	1 620
• (Tief)gley-Pararendzina	441	1	1 630
• Gley-Rohboden	442	1	1 609
• Graugley	195	1	1 730
• Graugley mit Wurzelorfdecke	31	3	1 620
• Humus-Gley mit Wurzelorfdecke	32	3	1 620
• Niedermoor-Gley	164	1	2 000
• Ried (Quellmoorboden)	455	4	2 050
• Kryo-Anmoor	424	5	3 900
Salzhaltige semihydromorphe und hydromorphe Böden			
• Gley-Solonchak	440	1	1 620
• Gley-Solonchak	444	1	1 750
• Tiefgley-Kalksalzrohboden	443	1	1 611

#### 4.1.6.1 Syroseme

##### **Stark salzhaltiger Syrosem** (Profil 448 = Foto 4.1-01 **CD**)

Der stark salzhaltige „Syrosem“ kommt in Hanglagen von stark zerrachelten Reliefformen (badlands) vor, die sich in stark salzhaltigen schluffigen tertiären Sedimenten ausgebildet haben. Die badlands sind vereinzelt in den unteren Lagen des südlichen Issyk-Kul-Beckens in der colline Halbwüsten-Stufe anzutreffen (so auch in Transekt 1). In Hanglage sind diese badlands weitgehend vegetationsfrei.

Profil 448 liegt in 1 750 m Höhe an einem 40° geneigten Hang in OSO-Exposition. Der Boden ist praktisch humusfrei. Er weist sehr hohe Leitfähigkeitswerte ( $EL_{2,5}$ ) bis  $24,7 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  auf und ist damit stark salzhaltig. Der pH-Wert liegt bei 7,1–7,9. Das Profil 448 weist in den oberen 7 cm ein leicht zu zerstörendes plattiges Gefüge auf. Unterhalb von 7 cm ist das Substrat sehr stark verhärtet/verkittet, was als Siliziumverhärtung interpretiert werden kann. Die Silikatverhärtung kann unter früheren Klimabedingungen im (feucht) alkalischen Milieu entstanden sein, wobei eine intensive Verwitterung der Silikate erfolgte, was dann im trockeneren Milieu zur Kristallisierung und Verhärtung der Silikate führte (KOWALKOWSKI 2002: mündl. Mitteilung). Auf dem Profildfoto ist ein Spalt durch das stark verhärtete Material zu erkennen.

Tabelle 4.1-24: Untertyp der Syroseme

Untertyp	Kirgisische Bodenklassifikation	FAO
Stark salzhaltiger Syrosem	Graubrauner Wüstenboden	Lithic Leptosols

Weitere Syroseme, die insbesondere auf felsigem Untergrund in höheren Gebirgslagen vorkommen, wurden nicht aufgenommen.

#### 4.1.6.2 Buroseme

Die Buroseme sind Böden der Halbwüsten. Charakteristische bodenbildende Prozesse bei Burosemen sind Kalk-, Gips- und Salzverlagerung bzw. -anreicherung sowie eine schwache Humusanreicherung. Die Salzgehalte sind i.d.R. jedoch deutlich geringer als bei Solonchaks



(substratbedingte Ausnahmen). Nach HAASE (1983: 293) ist die Eisenfreilegung bei Burosemen gering. Aufgrund der geringen Vegetationsbedeckung spielt Erosion eine große Rolle. Bei skeletthaltigem Substrat kommt es zur Ausbildung von Deflationspflastern, die einen Schutz vor weiterer Erosion bewirken.

Die Buroseme des Untersuchungsgebietes können in folgende Untertypen gegliedert werden:

Tabelle 4.1-25a: Untertypen der Buroseme

Untertypen	Merkmale
Normale Buroseme I, II, III	Humusgehalte 0,6 - 1,5 (1,9) %
Dunkle Buroseme	Humusgehalte 1,9 - 2,5 %
Bewässerte Acker-Buroseme	bei Bewässerungsfeldbau

Tabelle 4.1-25b: Untertypen der Buroseme

Untertyp	Profile	Vorkommen	Vegetation	NR F
Normaler Burosem I	193, 194, 437, 445, 438, 446, (439)	Transekt 1 1 700...1 800 (1 950) m, colline Halbwüstenstufe, in submontaner Halbwüsten- stufe nur auf windexpo- nierter Hangkuppe	<i>Kalidium-Reamuria</i> <i>kaschgarica</i> - Zwergstrauch- Halbwüste	1
Normaler Burosem II, kolluvialer, stark salzhaltiger	449	Transekt 1 1 750 m, colline Halbwü- sten-Stufe	<i>Nitraria sibirica</i> - <i>Kalidium</i> -Strauch- Halbwüste	4
Normaler Platten- gefüge-Burosem III	464	Transekt 6 2 990 m, subalpine Halb- wüsten-Stufe	<i>Artemisia rhodanata</i> - <i>Reamuria kaschgarica</i> - Zwergstrauch-Gebirgs- halbwüste	82
Bewässerter Acker-Burosem	196, 153	Transekt 1 1 720...1 750 m, colline Halbwüsten-Stufe	Acker	2
Dunkler Burosem	152, 447, 151, 154, (155)	Transekt 1 1 810...2 060 m, submonta- ne Halbwüsten-Stufe	<i>Allium oreoprasum</i> - <i>Convolvulus trago-</i> <i>canthoides</i> - <i>Helianthemum</i> <i>songoricum</i> -(Dornpols- ter-) Zwergstrauch- Halbwüste, u.a.	11, 13, 14

Tabelle 4.1-25c: Untertypen der Buroseme

Untertypen	Kirgisische Bodenklassifikation (Ansprache durch VORONOV & MAMYTOVA 2000 in Bischkek)	FAO
Normaler Burosem I	Hellbraune Gebirgstal-Böden, Graubraune steinige Wüsten-Gebirgstal-Böden, Graubraune steinige Wüstensteppen-Gebirgstal-Böden	Haplic Gypsisols

kolluvialer, stark salzhaltiger Normaler Burosem II	Graubraune Gebirgstal-Böden	Haplic Solonchaks
Normaler Plattengefüge-Burosem III	Takyrähnliche Hochgebirgstal-Böden	Calcic Gypsisols (Gypsic Solonchaks?)
Bewässerter Acker-Burosem	Bewässerte hellbraune Gebirgstal-Böden	Haplic Kastanozems
Dunkler Burosem	Helle Gebirgs-Kastanoseme, Helle Gebirgstal-Kastanoseme, Dunkle Gebirgs-Kastanoseme	Gypsic Kastanozems

**Normaler Burosem I** (Profil 193 = Foto 4.1-002 [CD](#); Profil 194 = Foto 4.1-003 [CD](#); Profil 437; Profil 445 = Foto 4.1-004 [CD](#); Profil 438 = Foto 4.1-005 [CD](#); Profil 446 = Foto 4.1-006 [CD](#); (Profil 439 = Foto 4.1-007 [CD](#): ehemals kurzzeitig Bewässerungsfeldbau).

Die „Normalen Buroseme“ vom Untertyp I kommen unter Zwergstrauch-Halbwüsten-Vegetation im Transekt 1 im westlichen Issyk-Kul-Becken in Höhenlagen von (1 600) 1 700–1 950 m in der collinen und submontanen Halbwüstenstufe vor. Ihr Schwerpunkt wurde bei 1 700–1 800 m bei jährlichen Niederschlägen von 100... 200 mm festgestellt. Bei 1 950 m (submontane Halbwüstenstufe) kamen Normale Buroseme nur noch in stark windexponierter Kuppenlage mit Deflationspflaster an der Oberfläche vor (Profil 446 = Foto 4.1-006 [CD](#)).

Der Oberboden der „Normalen Buroseme I“ ist bei Humusgehalten von 0,5 bis 1,5 % sehr schwach humos. Die Humusvorräte liegen bei 105 bis 333 dt/ha in 0-20 cm Tiefe und 139 bis 478 dt/ha in 0-40 cm Tiefe. Die  $pH_{(KCl)}$ -Werte der „Normalen Buroseme I“ liegen zwischen 6,7...8,5 (meist zwischen 7-8). Die Böden weisen bereits ab der Oberfläche erhöhte Leitfähigkeitswerte auf. Die Leitfähigkeitswerte ( $EL_{2,5}$ ) der „Normalen Buroseme I“ liegen innerhalb der untersuchten Profiltiefe (bis 60...110 cm) zwischen 1,5–5,0  $mS \cdot cm^{-1}$ . Die Böden können als schwach bis mäßig salzhaltig angesprochen werden. Die „Normalen Buroseme“ erreichen damit nicht so hohe Leitfähigkeitswerte und Salzgehalte wie Solonchaks. Bei einem Großteil der untersuchten Profile bzw. Horizonte lagen die Leitfähigkeitswerte ( $EL_{2,5}$ ) um 2  $mS \cdot cm^{-1}$ , was vor allem auf den Gipsgehalt (ohne Anwesenheit leicht löslicher Salze) zurückgeführt werden kann (ALAILY 2000)<sup>13</sup>. Bei der Feldansprache konnte teilweise ein hoher Anteil an Gips in Form feiner Kristalle festgestellt werden. Salzausblühungen an der Bodenoberfläche wurden jedoch nicht beobachtet. Die höheren Leitfähigkeitswerte ( $EL_{2,5}$ ) > 2,13...5,0  $mS \cdot cm^{-1}$  deuten neben Gips auf einen gewissen Gehalt an leicht löslichen Salzen hin (ALAILY 2000) und wurden vor allem bei bindigerem schluffreichem Substrat festgestellt.

Die Carbonatgehalte zeigten eine größere substratbedingte Variabilität als die Leitfähigkeit und lagen zwischen 0 und 15 (19) %, wobei jedoch keine ausgeprägten Carbonatanreicherungshorizonte festgestellt wurden. Skelettreiche Böden weisen einen auffallend geringen Carbonatgehalt auf. Während das Profil 193 mit Kalksand über flachem Kalkschluff als Substrat maximale Carbonatwerte von 13 % erreichte, lagen bei Profil 194 mit Sandskelett über flachem Skelett die Carbonatgehalte zwischen 0 und 3,3 %. Bei sand- und skelettreichem Substrat konnten auch Horizonte mit sehr hohen Gipsgehalten (im Feld als feine Gipskristalle feststellbar) carbonatfrei sein (z.B. Ahs“y und Cy bei Profil 194). Skelettreiche Böden wiesen an den Steinunterseiten i.d.R. verschieden mächtige Krusten aus Gips und Carbonat auf.

<sup>13</sup> Eine mit Gips gesättigte Lösung besitzt eine elektrische Leitfähigkeit ( $EL_{2,5}$ ) von 2,13  $mS \cdot cm^{-1}$  (ALAILY 2000: 5).

Die stärkste Durchwurzelung war nicht an der Oberfläche bzw. im obersten Horizont zu beobachten, sondern erst unterhalb 10 cm Tiefe, teilweise erst tiefer (siehe Profile 193 (= Foto 4.1-002 CD), 194 (= Foto 4.1-003 CD), 437, 438, 449 (= Foto 4.1-008 CD)). Dabei war das stark skeletthaltige Profil 194 in den tieferen Bereichen deutlich stärker durchwurzelt, als das schluffreiche Profil 193.

Die Böden wiesen unterschiedliche Färbungen auf (Munsellfarbtöne: sehr hellbraun, hellbraun, hellgrau, hellgelblich-braun, hellgelb, im trockenen Zustand), die vor allem auf die unterschiedliche Substratherkunft und -zusammensetzung zurückzuführen sind (fluviatile Ablagerungen, limnische Sedimente, tertiäre Sedimente, umgelagerte Lössderivate). Es ist davon auszugehen, daß die Braunfärbungen schluffreicher Horizonte (im feuchten Zustand 10 YR 5/4: gelblichbraun) bereits reliktsch entstanden sind, bzw. bereits das umgelagerte Material die entsprechende Färbung aufwies, denn nach KOWALKOWSKI (mündl. Mitteilung 2002) ist dies eine typische Färbung, wie sie auch bei kryogener Braunerdeentstehung auftritt.

Bei sandigem Substrat weisen die „Normalen Buroseme I“ ein Einzelkorngefüge auf, welches z.T. durch Gips/Salz schwach verkittet sein kann, sich aber leicht auflösen läßt. Bei bindigerem Substrat kommt ein schwach ausgebildetes Kohärentgefüge mit einer weichen bis mäßig harten Konsistenz im trockenen Zustand vor, was auf eine geringe pedogene Beeinflussung deutet. Die Gefügeelemente lassen sich durch schwachen mechanischen Druck leicht zerstören, so dass das i.d.R. trockene Bodenmaterial auch bei geringem Schluffanteil sehr staubig ist. An der Bodenoberfläche bildet sich häufig eine dünne (Schluff-) Kruste (Plattengefüge) aus, die einen gewissen Schutz vor Winderosion darstellt. Die Kruste kann durch Tritt bzw. Befahren leicht zerstört werden, was unter trockenen Bedingungen zur Bildung größerer Staubmengen führt.

Profil 439 unterlag ehemals einer kurzzeitigen Nutzung durch Bewässerungsfeldbau und liegt nun brach. Dadurch hat sich eine etwas andere Vegetation eingestellt (*Artemisia subgen. seriphidium*). Das hat dazu geführt, daß der Boden nach der kirgisischen Bodenklassifikation nicht mehr als Graubrauner Wüsten-Gebirgstal-Boden, sondern als Graubrauner Wüstensteppen-Gebirgstalboden bezeichnet wird.

#### **Stark salzhaltiger kolluvialer Normaler Burosem II** (Profil 449 =Foto 4.1-008 CD).

Der „Stark salzhaltige kolluviale Normale Burosem II“ kommt in Senkenlagen von badlands vor, die sich in stark salzhaltigen schluffigen tertiären Sedimenten ausgebildet haben. Diese sind stellenweise in den unteren Lagen des südlichen Issyk-Kul-Beckens in der collinen Halbwüsten-Stufe anzutreffen (Transekt 1). Während die Hanglagen der badlands mit Syrosemern weitgehend vegetationsfrei sind, kommt in den Senkenlagen eine salztolerante *Nitria sibirica*-*Kalidium*-(Zwerg)Strauch-Halbwüsten-Vegetation vor. Der hohe Salzgehalt ist substratbedingt. Die  $EL_{2,5}$ -Werte betragen 10,7...14,1 mS · cm<sup>-1</sup>, womit der Boden als stark salzhaltig anzusprechen ist. Nach FAO ist es bereits ein „Haplic Solonchak“. Der pH<sub>(KCl)</sub>-Wert liegt bei 7,1-7,8. Unter der halbwüstenähnlichen Vegetation und einem episodischen Hangwassereinfluß kam es zu einer geringen Humusanreicherung. Das Substrat ist sandig und skelettreich.

#### **Normaler Plattengefüge-Burosem III** (Profil 464 = Foto 4.1-009 auf CD)

Der „Normale (Plattengefüge-) Burosem III“ (Profil 464) kommt in der subalpinen Gebirgshalbwüstenstufe in 3 000 m Höhe (Transekt 6, Ak Shirak) vor. Die Besonderheit dieses Halbwüstenbodens ist das Plattengefüge an der Bodenoberfläche (0-3 cm), welches polygonartig angeordnete Trockenrisse zeigt, die offensichtlich kryogen beeinflusst wurden. Die plattige Oberflächenkruste kann jedoch leicht zerstört werden. Der Boden weist eine Zwergstrauch-Gebirgshalbwüsten-Vegetation mit einer Vegetationsbedeckung von 15 % auf. Der

Humusgehalt im Oberboden beträgt 1,1–1,7 %. Der Humusvorrat liegt bei 354 dt/ha (0–20 cm) bzw. bei 591 dt/ha (0–40 cm). Das Profil ist stark carbonathaltig bis carbonatreich (10,2–18,0 % Carbonat). Das Profil zeigt eine mäßige bis mittlere Leitfähigkeit von 1,6...6,6 mS cm<sup>-1</sup> (EL<sub>2,5</sub>). Im bindigen Substrat (Kalkschluff) sind die Leitfähigkeitswerte höher, verringern sich aber mit dem Substratwechsel zum Kalkskelett bei 41 cm. Die Leitfähigkeitswerte (EL<sub>2,5</sub>) > 2,13 mS·cm<sup>-1</sup> weisen neben Gips auf einen gewissen Gehalt an leicht löslichen Salzen hin. Die pH<sub>(KCl)</sub>-Werte liegen zwischen 7,2–8,2 und steigen im Profil nach unten leicht an. Eine mittlere bis starke Durchwurzelungsintensität ist im mittleren Profilteil zu verzeichnen. Ansprache nach FAO: muß als „Solonchak“ angesprochen werden, wenn die Werte von EL<sub>(Sättigungsextrakt)</sub> > 4 dS/m und pH<sub>(H<sub>2</sub>O, 1:1)</sub> > 8,5 innerhalb der obersten 30 cm liegen. Die Forderungen an die Leitfähigkeit sind erfüllt. Es liegen jedoch keine pH<sub>(H<sub>2</sub>O, 1:1)</sub>-Werte vor. Die pH<sub>(H<sub>2</sub>O, 1:2,5)</sub>-Werte liegen bei 7,8...8,3.

#### Bewässerter Acker-Burosem (Profile 196 = Foto 4.1-010 **CD** und 153 [ohne Foto])

Die „bewässerten Acker-Buroseme“ sind aus den „Normalen Burosemen I“ durch Bewässerung (Furchenbewässerung) und Ackernutzung hervorgegangen. Sie kommen in der collinen Halbwüsten-Stufe (Transekt 1) in leicht geneigter Tallage vor. Die bewässerten Buroseme weisen zwar noch Carbonat bis zur Oberfläche auf, besitzen jedoch nur noch sehr geringe Leitfähigkeitswerte (EL<sub>2,5</sub> 0,1...0,2 mS·cm<sup>-1</sup>) und sind somit im Unterschied zu den „Normalen Burosemen“ salzfrei. Das kann auf Salzauswaschung durch Bewässerungswasser zurückgeführt werden. Die nicht bewässerten Böden in der Umgebung („Normale Burosem I“) wiesen dagegen erhöhte Leitfähigkeiten auf. Die Bewässerung der Halbwüstenböden führte somit nicht zu einer Salzanreicherung in der erfaßten Profiltiefe bis 1m, da die Grundwasserstände ausreichend tief waren und die angewendete Form der Furchenbewässerung dazu beiträgt, dass durch Überrieselung der leicht geneigten Bodenoberfläche oberflächlich evtl. vorkommende Salze weggeschwemmt werden. Das Profil 439 (= Foto 4.1-007 **CD**) ist ein „Normaler Burosem I“ und unterliegt dagegen nur einer kurzzeitigen Ackernutzung mit Bewässerung und wurde seit längerer Zeit nicht mehr bewässert. Hier wurden die für „Normale Buroseme I“ typischen erhöhten Leitfähigkeitswerte (EL<sub>2,5</sub> 1,7...2,3 mS·cm<sup>-1</sup>) gemessen. Zu einer Carbonatauswaschung kam es bei den „Bewässerten Acker-Burosemen“ jedoch (noch) nicht, da unter den ariden Klimaverhältnissen die Verdunstungsintensität sehr hoch ist. Der Oberboden des „Acker-Burosems“ weist ein Bröckelgefüge auf, und besitzt damit im trockenen Zustand eine etwas festere Konsistenz als die nicht bewässerten Ausgangsböden, die „Normalen Buroseme I“. Der Bewässerungsfeldbau führt bei „Normalen Burosemen“ zu einer Erhöhung der Humusgehalte im Oberboden und zur Erhöhung der Humusvorräte (Abbildung 4.1-07 und Kapitel 4.1.10).

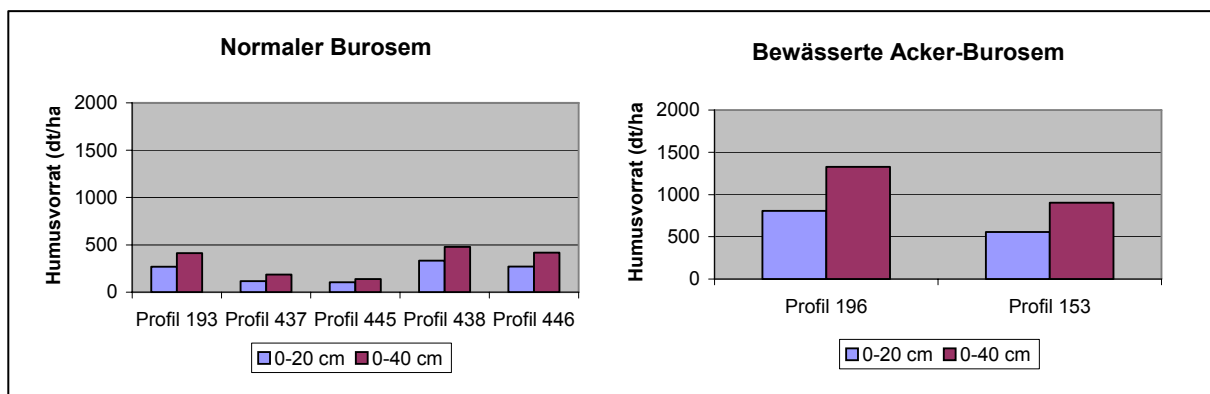





Abbildung 4.1-07: Veränderung der Humusvorräte von „Normalen Burosemen“ bei Bewässerungsfeldbau. Die bewässerten Acker-Buroseme sind aus dem „Normalen Burosem I“ hervorgegangen.

Im Oberboden betragen die Humusgehalte 2,2...3,2 %, wobei Profil 196 mit bindigerem Substrat (Kalkschluff) etwas höhere Humusgehalte als Profil 153 mit leichterem Substrat (skelettführender Kalksandlehm/ Skelettkalksand) aufwies. Ackerbau ist bei Burosemen nur bei Bewässerung möglich. Das Bodensubstrat hat einen großen Einfluß auf die Wasserspeicherfähigkeit und die Nährstoffspeicherkapazität.

**Dunkler Burosem** (Profil 152 = Foto 4.1-011 , 447 = Foto 4.1-012 , 151 = Foto 4.1-013 , 154 = Foto 4.1-014 ; 155: Übergang zu „Hellem Kastanosem“ = Foto 4.1-015 )

Die „Dunklen Buroseme“ kommen in der submontanen Halbwüsten-Stufe (Transekt 1) in unterschiedlich exponierten Hanglagen auf alten Terrassen und Moränen vor. Die Halbwüsten-Vegetation hat bereits eine Deckung von 40 %. Die „Dunklen Buroseme“ weisen im Oberboden Humusgehalte von 1,9–2,5 % bei Humusvorräten von 390 ... 724 dt/ha (in 0 - 20 cm Tiefe) und 495...1 243 dt/ha (in 0–40 cm Tiefe) auf. Der Oberboden der „Dunklen Buroseme“ ist im Unterschied zu dem der „Normalen Buroseme“ salzfrei und weist nur geringe Leitfähigkeitswerte auf ( $EL_{2,5}$  0,1 ... 0,3 mS · cm<sup>-1</sup>). Erst ab einer Tiefe von 20...45 cm treten höhere Leitfähigkeitswerte auf ( $EL_{2,5}$  1,3...5,1 mS·cm<sup>-1</sup>), die auf Gips und bei Werten >2,13 mS·cm<sup>-1</sup> auf leicht lösliche Salze zurückzuführen sind. Diese Bereiche sind damit schwach bis mäßig salzhaltig. Die Carbonatgehalte sind variabel und liegen zwischen 0,2 ... 16,2 %. 3 Profile wiesen nur Carbonatgehalte zwischen 0,2 ... 4,9 % auf. Alle Profile wiesen hohe Sand- und Skelettanteile auf. An den Steinunterseiten fanden sich teilweise sehr mächtige Gips-Krusten (z.T. mit Carbonat), die als Hinweis auf ein hohes Alter der Böden gedeutet werden können. Die untersuchten Dunklen Buroseme haben sich alle in sandigem, skelettreichem Substrat ausgebildet, und wiesen i.d.R. ein Einzelkorngefüge auf, welches durch Gips z.T. leicht verkittet war. Auf Foto 4.1-012  sind derartige Gipskrusten an Steinunterseiten bei Profil 447 aus einer Profiltiefe von 20–30 cm zu sehen. Die Steine wurden mit den Krusten aus dem Profil herauspräpariert und auf die Bodenoberfläche gelegt. Der entsprechende Horizont wies nur geringe Carbonatgehalte von 3,8 % auf, bei Leitfähigkeitswerten ( $EL_{2,5}$ ) 2,4 mS·cm<sup>-1</sup>. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Kruste zum großen Teil aus Gips besteht und kaum leichtlösliche Salze enthält (ALAILY 2000). Die Durchwurzelungsintensität der „Dunklen Buroseme“ ist stark bis sehr stark (W4, W5), und damit deutlich höher als bei den „Normalen Burosemen“. Die größte Durchwurzelungsintensität war bereits ab der Oberfläche festzustellen. In den Profilen 154 (Foto 4.1-014 ) und 155 (Foto 4.1-15 ) fanden sich stark verwitterte Granit-Steine (Geschiebe, Moränenmaterial). Die Verwitterung erfolgte vermutlich durch Salzsprengung.

#### 4.1.6.3 Kastanoseme

##### Allgemeine Charakteristik

Kastanoseme („Kastanienfarbene Böden“) kommen unter Steppenvegetation (mit 40...80 % Vegetationsbedeckung) bei semiariden winterkalten Bedingungen vor. Sie besitzen einen humosen basenreichen Ahs-Horizont, der im Gegensatz zu dem Ah-Horizont der Tschernoseme eine höhere Farbintensität besitzt und deutlich brauner gefärbt ist (i.d.R. Munsell-Farbe 10 YR 3/3 (4/3) feucht und 10YR 4/3...5/4 trocken). Auf die Färbung des Oberbodens nimmt auch der Name der „Kastanoseme“ (Farbe der Eßkastanien) Bezug (SCHACHTSCHABEL et al. 1998: 452).

Zur Entstehung der kastanienbraunen Färbung gibt es unterschiedliche Auffassungen. Nach HAASE (1983:278) sind für die Färbung der Kastanoseme „... offenbar höhere Eisengehalte, eventuell auch wasserärmere Eisenverbindungen, ...“ verantwortlich. Nach BREBURDA

(1987:128) beruht die kastanienbraune Färbung des Oberbodens dagegen auf der Zusammensetzung der Huminstoffe. Sie entstehe bei einer Abnahme des Humus- und Huminsäuregehaltes, bei Zunahme des relativen Gehaltes an Fulvosäuren. Nach BILLWITZ (1997: 277) ist bei Kastanosemen: „...aufgrund des geringen Anteils von Grahuminsäuren an den Huminstoffen ... die Bodenfarbe des Ah-Horizontes nicht mehr schwarz, sondern kastanien- bzw. zimtfarbig. ... Die bräunliche Kastanienfarbe erhielt der Boden nicht durch Eisendynamik, sondern durch das Vorhandensein von Ca im Humushorizont“.

Der Oberboden der Kastanoseme weist gegenüber den Tschernosemen eine geringere Gefügestabilität auf (GANSEN 1972:62; BREBURDA 1987), was auf den höheren Anteil an Fulvosäuren und den geringeren Anteil an Huminsäuren in der Humussubstanz der Kastanosemen zurückgeführt wird (BREBURDA 1987). Das Gefüge im Oberboden der Kastanoseme kann als schlecht ausgebildetes Krümelgefüge bzw. Feinkoagulatgefüge angesprochen werden und unterscheidet sich damit deutlich von dem stabileren Krümelgefüge der Tschernoseme.

Im Frühjahr - Frühsommer führt bei Kastanosemen im Allgemeinen eine gute Durchfeuchtung zu ausgeprägtem Pflanzenwachstum. Der Wechsel von Durchfeuchtung und starker Austrocknung insbesondere im Sommer ist für die Herausbildung der Bodenmerkmale von Kastanosemen von Bedeutung. Die sommerliche Trockenheit schränkt das Pflanzenwachstum und die Produktivität von Biomasse ein. Das Bodenleben ist weniger aktiv, so daß es zu einer weniger intensiven Humifizierung der organischen Substanz und zu geringeren Anteilen an Huminsäuren als beim Tschernosem kommt. Die Verwitterungsintensität ist gebremst. Die starke Austrocknung hat offensichtlich einen bedeutenden Einfluß auf die Eigenschaften der pedogenen Fe-Oxyde indem sie zu irreversiblen Ausfällungen führt (wasserärmere Fe-Oxyde). Die Kastanoseme weisen aufgrund der hohen biotischen Aktivität die für Steppenböden typischen allmählichen Horizontübergänge auf.

### **Systematik, Untergliederung**

#### **Kirgisische Bodenklassifikation**

In der Kirgisischen Bodenklassifikation werden bei den Gebirgsböden nur „Helle Kastanoseme“ und „Dunkle Kastanoseme“ unterschieden, wohingegen bei den Gebirgstalböden neben den Hellen und Dunklen Kastanosemen auch „Typische (Mittlere) Kastanoseme“ ausgeschieden werden, obwohl die Abtrennung anhand von Bodenmerkmalen nicht ganz eindeutig erscheint (z.B. MAMYTOV 1987). Die Kirgisische Bodensystematik kennt sowohl „Helle Kastanoseme“, die karbonatfrei sind als auch solche, die stark karbonathaltig sind (MAMYTOV et al. 1974: 65).

#### **Russische Bodenklassifikation**

Nach EGOROV et al. (1987: 129-134) werden die Kastanoseme für die Sowjetunion in „Dunkle Kastanoseme“, „Kastanoseme“ und „Helle Kastanoseme“ untergliedert, die weiterhin nach unterschiedlichen sommerlichen und winterlichen Temperaturregimen, nach Ausbildungsgrad, Carbonatgehalt, Versalzung, Vergleyung und Erosionsgrad unterteilt werden. Diese Untergliederungen werden auch für die Gebirgs-Kastanoseme vorgeschlagen.

#### **FAO-Bodenklassifikation**

Nach FAO sind „Kastanozems“ Böden mit oberflächennaher Anreicherung organischer Substanz, hoher Basensättigung und einem braunen mollic A-horizon mit moist chroma >2 bis wenigstens 15 cm. Für das Untersuchungsgebiet können Haplic, Calcic und Gypsic Kastanozems ausgeschieden werden. Geringmächtige Kastanoseme werden als Leptosols angesprochen.

### Eigene Unterteilungen

Die Kastanoseme der Untersuchungsgebiete werden hier nach Humusgehalt in „Helle“ und „Dunkle Kastanoseme“ unterteilt. Diese Zweigliederung der Kastanoseme nimmt auch KOWALKOWSKI (1980, 1989) bei Gebirgsböden der Mongolei vor. Die Differenzierung der Carbonatgehalte erfolgt hier über den Substrattyp bei der Bodenform. Auf eine dreigliedrige Unterteilung der Kastanoseme in „Helle“, „Mittlere“ und „Dunkle Kastanoseme“, wie sie u.a. EGOROV et al. (1987:130) für die Böden der Sowjetunion und HAASE (1983) nach Humusgehalt und Entkalkungstiefe für die Böden der Mongolei vornehmen, wurde hier verzichtet, da dies für die Gebirgsböden des Tianschan nicht zweckmäßig erschien. Eine dreigliedrige Unterteilung der Kastanoseme war anhand von Bodenmerkmalen nicht eindeutig möglich und auch nicht erforderlich. Im Gebirge entsteht durch reliefbedingte Verlagerungsprozesse und in Abhängigkeit von der Textur eine größere Variabilität im Humusgehalt und in der Carbonatgrenze. Im Unterschied zu HAASE (1983: 309 f.) ist die Carbonatgrenze als diagnostisches Kriterium somit nur bedingt geeignet zur Abtrennung der „Hellen“ und „Dunklen Kastanoseme“. Dennoch liegt bei „Hellen Kastanosemen“ die Carbonatgrenze in der Regel höher als bei „Dunklen Kastanosemen“. Bei „Hellen Kastanosemen“ mit geringen Carbonatgehalten handelt es sich vermutlich um junge Böden.

Die Kastanoseme des Untersuchungsgebietes können in folgende Untertypen gegliedert werden:

Tabelle 4.1-26a: Untertypen der Kastanoseme

Untertypen	Merkmale
Helle Kastanoseme I - IV	2,5 - 4 % Humus
Bewässerte Helle Acker-Kastanoseme	bei Bewässerungsfeldbau
Dunkle Kastanoseme I - III	>4 - 6 (9) % Humus
Bewässerte Dunkle Acker-Kastanoseme	bei Bewässerungsfeldbau

Tabelle 4.1-26b: Untertypen der Kastanoseme

Untertyp	Profile	Vorkommen	Vegetation	NRF
Heller Kastanosem I (z.T. schwach salzhaltig)	179, 450	Transekt 1 KK, 2 020...2 070 m, montane Trockensteppen-Stufe	<i>Salsola collina</i> - <i>Artemisia tianschanica</i> - <i>Stipa capillata</i> -Trockensteppe	16, 15
Hell-Kastanosem I- Pararendzina	163, 192	Transekt 1 1 950...2 100 m, montane Trockensteppen-Stufe	<i>Salsola collina</i> - <i>Artemisia tianschanica</i> - <i>Stipa capillata</i> -Trockensteppe	17
Heller Kastanosem II	185	Transekt 2 1 705 m, colline Trockensteppen-Stufe	( <i>Ephedra intermedia</i> -) <i>Artemisia tianschanica</i> - <i>Stipa capillata</i> Trockensteppe	32
Heller Kastanosem III (mäßig salzhaltig)	465	Transekt 6 östlich 3 300 m, untere alpine Gebirgstrockensteppen-Stufe	zwergstrauchreiche <i>Artemisia rhodanata</i> - <i>Stipa krylovii</i> -Gebirgstrockensteppe	83
Heller Plattengefüge-Kastanosem IV	467	Transekt 6 südlich, 3 520 m, alpine Gebirgstrockensteppen-Stufe	<i>Saussurea leucophylla</i> - <i>Stipa subsessiliflora</i> -Gebirgstrockensteppe	86

Bewässerter Heller Kastanosem I	177, 178, 176, 162	Transekt 1 1 940...2 130 m, montane Trockensteppen-Stufe	Acker, verkürzte Vegetationsperiode, Anbauspektrum eingeschränkt	18
Bewässerter Heller Kastanosem II	184	Transekt 2, Bost 1 650 m, colline Trockensteppen-Stufe	Acker, größeres Anbauspektrum, günstigere Klimabedingungen	33
Dunkler Kastanosem I (z.T. schwach salzhaltig)	190, 68, 22, 2, 20, 12, (408, 407), 67) (ohne Salz); 191, 183 (mit Salz)	Transekt 2 2 070...2 100 m, montane Gebüsch-Steppen-Stufe Transekt 3 1 650...2 080 m colline Steppenstufe, submontane Gebüsch-Steppen-Stufe in unteren Bereichen alle Expositionen, in oberen Bereichen nur S-Exposition	zwergstrauchreiche <i>Caragana pleiophylla</i> (- <i>Artemisia tianschanica</i> )- <i>Stipa capillata</i> -Steppe, zwergstrauchreiche <i>Artemisia santalinifolia</i> - <i>Caragana pleiophylla</i> - <i>Stipa capillata</i> -Steppe	34, 46, 41, (39)
Dunkler Kastanosem II, (z.T. schwach salzhaltig)	172, 171 (ohne Salz); 173, 433 (mit Salz)	Transekt 1 montane Steppenstufe, 2 260...2 300 m, bei S- und N- Exposition	<i>Teloxys aristata</i> - <i>Salsola collina</i> - <i>Stipa capillata</i> - Steppe	20b, 20a
Dunkler Kastanosem III	159, 432, 158, 169	Transekt 1 2 750-3 060 m, untere alpine Gebirgsrasen-Steppen- Stufe, nur auf Süd- Exposition	<i>Androsace sericea</i> - <i>Alfredia nivea</i> - <i>Helictotrichon desertorum</i> - Gebirgssteppe	30
Bewässerter Dunkler Acker-Kastanosem	4, 462, 187, 181, 182	Transekt 3 1 630...1 730 m, colline Steppen-Stufe Transekt 2 2 000...2 100 m, montane (Gebüsch-)Steppen-Stufe	Acker	40, 36, 37



Tabelle 4.1-26c: Untertypen der Kastanoseme



Untertypen	Kirgisische Bodenklassifikation (Ansprache durch Voronov & Mamytova 2000 in Bischkek)	FAO
Heller Kastanosem I (z.T. schwach salzhaltig)	Helle Gebirgs-Kastanoseme, Helle Gebirgstal-Kastanoseme	Haplic Kastanozems
Hell-Kastanosem I-Pararendzina	Hellbraue Gebirgstal-Böden	Leptosols
Heller Kastanosem II	Hellbraune Gebirgstal-Böden (nach GIPROSEM-Karte: Helle Gebirgstal-Kastanoseme)	Haplic Kastanozems
Heller Kastanosem III, mäßig salzhaltig	Hochgebirgstal-Kastanoseme	Gypsic Kastanozems
Heller Plattengefüge-Kasta-	Braune Wüstensteppen-Hochgebirgstal-	Calcic Kastano-





nosem IV	Böden	zems
Bewässerter Heller Kastanosem I	Bewässerte Helle Gebirgstal-Kastanoseme	Haplic Kastanozems
Bewässerter Heller Kastanosem II	Bewässerte Helle Gebirgstal-Kastanoseme	Haplic Kastanozems
Dunkler Kastanosem I	Dunkler Gebirgstal-Kastanosem, Dunkler Gebirgs-Kastanosem, Heller Gebirgstal-Kastanosem, Heller Gebirgs-Kastanosem, geringmächtiger Heller Gebirgstal-Kastanosem	Calcic Kastanozems, Haplic Kastanozems, Mollic Leptosols (?Gypsic Kastanozems)
Dunkler Kastanosem II	Subalpine Wiesensteppen-Gebirgstal-Böden, (Wiesen(artige) alluviale Gebirgstal-Böden)(GIPROSEM-Karte: Dunkle Gebirgstal-Kastanozeme)	Calcic Kastanozems, Gypsic Kastanozems
Dunkler Kastanosem III	Subalpine Wiesensteppen-Gebirgstal-Böden, Alpine Wiesensteppen-Gebirgstal-Böden	Calcic Kastanozems, Haplic Kastanozems
Bewässerter Dunkler Acker-Kastanosem	Bewässerte Dunkle Gebirgstal-Kastanoseme, Bewässerte Helle Gebirgstal-Kastanoseme	Calcic Kastanozems, Haplic Kastanozems


### Helle Kastanoseme

**Heller Kastanosem II, z.T. schwach salzhaltig** (Profil 179 = Foto 4.1-016 ; Profil 450 = Foto 4.1-017 )

Der „Helle Kastanosem I“ kommt im Transekt 1 in der montanen Trockensteppen-Stufe in Höhen zwischen ...2 020...2 070...m NN auf unterschiedlichen Expositionen vor (unter *Artemisia tianschanica-Salsola collina-Stipa capillata*-Trockensteppe). Die „Hellen Kastanoseme I“ weisen Oberbodenhumusgehalte von 2,8-3,3 % und Humusvorräte von 432...805 dt/ha (0-20 cm) bzw. 812...1 213 dt/ha (0-40 cm) auf. Carbonat tritt ab der Oberfläche (Profil 450 = Foto 4.1-017 ) bzw. erst ab 42 cm (Prof. 179 = Foto 4.1-016 ) auf. Die carbonathaltigen Horizonte wiesen bis zu 9 % Carbonat auf. Bei Profil 450 traten ab 25/30 cm erhöhte Leitfähigkeitswerte auf, die auf Gipsgehalte hindeuten. Der Oberboden ist im trockenen Zustand braun bis gelblich-braun (10 YR 5/3-4) und dunkelbraun (10 YR 3/3) im feuchten Zustand. Das Gefüge des Oberbodens ist schwach klein-krümelig und kann in den obersten Zentimetern durch Viehtritt leicht in Einzelkorngefüge umgewandelt werden.

**Hell-Kastanosem(I)-Pararendzina** (Profile 163 = Foto 4.1-016 , 192 = Foto 4.1-015 ): Junge Bodenbildung aus alluvialem Substrat. Carbonate ab Oberfläche, keine Salze.

**Heller Kastanosem II** (Profil 185 = Foto 4.1-020 )

Der „Helle Kastanosem II“ kommt im Transekt 2 in der collinen Trockensteppen-Stufe in 1 705 m unter (*Ephedra intermedia-*) *Artemisia tianschanica-Stipa capillata* Trockensteppe vor. Die geringen Carbonatgehalte von 2,6...3,0 % deuten auf ein geringes Alter dieses Profiles hin (holozäne Bodenbildung). Profil 184 (Foto 4.1-027 ) ist der zugehörige, durch Bewässerungsfeldbau veränderte, Boden. Der Oberboden besitzt ein schwach ausgebildetes klein-krümeliges Gefüge, welches in den obersten Zentimetern (durch Viehtritt) in Einzelkorngefüge umgewandelt wurde.

**Heller Kastanosem III, mäßig salzhaltig** (Profil 465 = Foto 4.1-027 )

Der „Helle Kastanosem III“ kommt in der unteren alpinen Gebirgstrockensteppen-Stufe in 3 300 m (Transekt 6, Ak-Shirak, östlicher Bereich) unter einer zwergstrauchreichen *Artemisia rhodanata*-*Stipa krylovii*-Gebirgs-trockenstepe vor (Veg.-Aufn. H513, NO 15°). Der Humusgehalt im Oberboden beträgt 3,4...4,8 %, die Humusvorräte liegen bei 997 dt/ha (0–20 cm) bzw. 1 650 dt/ha (0–40 cm). Das Substrat besteht aus ungeschichtetem transportiertem Löß. Die Carbonatgehalte lagen zwischen 6,9...13,4 %. Die Leitfähigkeitswerte waren in 0–12 cm Tiefe gering ( $0,2 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ ), stiegen jedoch ab 12 cm mit zunehmender Tiefe auf  $\text{EL}_{2,5} 1,3...5,3 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  an. Der Oberboden besitzt ein schwach ausgebildetes Krümelgefüge.

#### Heller Plattengefüge-Kastanosem IV (Profil 467 = Foto 4.1-022 CD)

Der „Helle Plattengefüge-Kastanosem IV“ kommt in der alpinen Trockensteppen-Stufe im Transekt 6 (Ak-Shirak, südlicher Bereich) in einer Höhe von 3 520 m unter einer *Saussurea leucophylla*-*Stipa subsessiliflora*-Gebirgstrockenstepe mit einer Vegetationsbedeckung von 35 % vor. Der Boden weist an der Oberfläche eine leicht zu zerstörende Kruste aus einem polygonartig aufgerissenen Plattengefüge auf (Trockenrisse, unter kryogenem Einfluß entstanden?). Der Oberboden besitzt hohe Carbonatgehalte von 14,6...16,1 und enthält 1,8...2,8 % Humus. Die Humusvorräte liegen bei 572 dt/ha (0–20 cm) bzw. 739 dt/ha (0–40 cm). Die Leitfähigkeitswerte sind gering ( $0,2...0,5 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ ). Die Vegetation wächst bevorzugt an den wenige cm tiefen Rissen, da junge Pflanzen hier besser geschützt sind und ein besserer kapillarer Wasseraufstieg gegeben ist.

#### Bewässerte Helle Acker-Kastanoseme (Untertyp I: Profil 177 = Foto 4.1-024 CD, Profil 178 = Foto 4.1-025 CD, Profil 176 = Foto 4.1-026 CD, Profil 162; Untertyp II: Profil 184 = Foto 4.1-027 CD)

Bewässerungsfeldbau führte bei „Hellen Kastanosemen“ nicht zu einer Verringerung der Humusgehalte. Im Gegenteil konnte sogar eine leichte Erhöhung der Humusvorräte um 30 % festgestellt werden (Abbildung 4.1-08, Kapitel 4.1.2.9). Bei den „Bewässerten Hellen Acker-Kastanosemen“ lagen die Humusgehalte im Oberboden bei 2,3–3,5 (5,0) %. Humusgehalte und Humusvorräte der Ackerböden hängen aber auch wesentlich von der Bewirtschaftungsweise (geregelter Bewässerung, organische Düngung, Fruchtwechsel, Schutz vor Erosion, ...) ab. Nach MAMYTOV et al. (1974: 65) können Ackerhorizonte von „Bewässerten Hellen Gebirgstal-Kastanosemen“ einen Humusgehalt von 0,7–4,4 % haben. Die „Bewässerten Hellen Kastanoseme“ weisen ein Bröckelgefüge mit einer mäßig harten bis harten Konsistenz im trockenen Zustand auf.

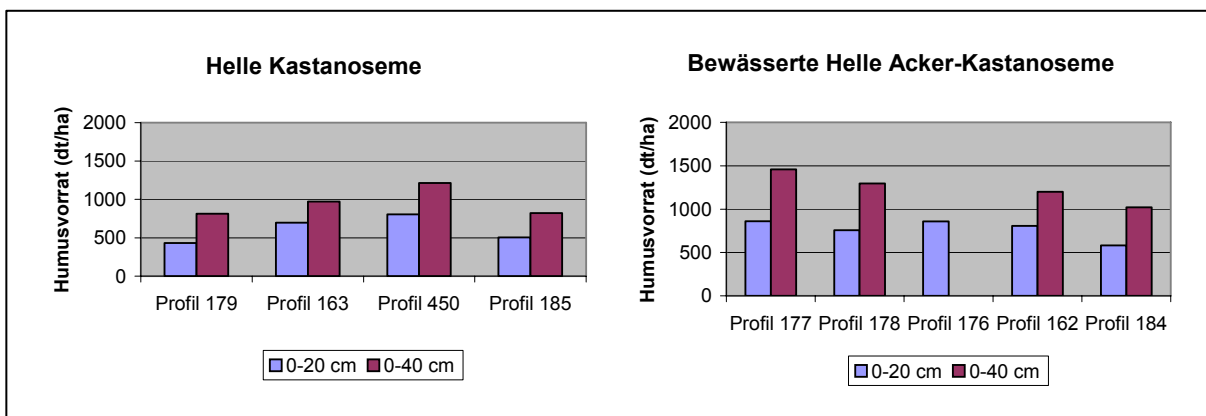


Abbildung 4.1-08: Vergleich der Humusvorräte von „Hellen Kastanosemen I + II“ und „Bewässerten Hellen Acker-Kastanosemen I + II“. Im Mittel nahmen die Humusvorräte bei Bewässerungsfeldbau um 27 % (0–20 cm) bzw. um 30 % (0–40 cm) zu.

Die „Bewässerten Hellen Acker-Kastanoseme“ können nach ihrem Vorkommen, entsprechend ihren nicht beackerten Ausgangsböden, in die Untertypen I und II unterteilt werden.

Die „Bewässerten Hellen Acker-Kastanoseme I“ (Profil 177 = Foto 4.1-024 **CD**; Profil 178 = Foto 4.1-025 **CD**; Profil 176 = Foto 4.1-026 **CD**; Profil 162)–hervorgegangen aus „Hellen Kastanosemen I“–kommen in der montanen Trockensteppen-Stufe (Transekt 1) in ...1 940...2 130... m Höhe vor. In dieser Höhenlage ist aus klimatischen Gründen das Anbauspektrum landwirtschaftlicher Kulturen gegenüber dem tiefer liegenden Untertyp II bereits eingeschränkt. Sommerweizenanbau ist bereits mit einem erhöhten Risiko verbunden. Am günstigsten ist der Anbau von Futterkulturen und Kartoffeln. Die „Bewässerten Hellen Acker-Kastanoseme I“ enthalten auch an der Oberfläche Carbonat. Hier führte die Bewässerung noch nicht zu einer Entkalkung des Oberbodens (bei Kalksandlehm). Bei Profil 177 wiesen die oberen Profilbereiche mit skelettführenden Kalksandlehm 4...5 % Carbonat auf. Der Unterboden war dagegen carbonatfrei, was mit dem Substratwechsel zum unterliegenden Sandskelett bzw. Skelett zusammenhängt. Unter Bewässerungsfeldbau kommt es bei den Hellen Kastanosemen insbesondere im Ap-Horizont zu einer Farbveränderung. Die Farbe des Ap-Horizontes ist heller und wirkt grauer, gegenüber dem Ahs- bzw. Ahs'-Horizont. Unter Ackernutzung verringert sich im Oberboden die Farbintensität (Munsell-Chroma, feucht) von 3 auf 2. Die Färbung verändert sich von 10 YR 3/3 bei Ahs auf 10 YR 4/2 bei Ap (im feuchten Zustand), bzw. von 10 YR 5/3 auf 2,5 Y 5/3-6/3 (5-6/2) (im trockenen Zustand).

Der „Bewässerte Helle Kastanoseme II“ (Profil 184 = Foto 4.1-027 **CD**) (hervorgegangen aus „Hellem Kastanoseme II“) ist in der collinen Trockensteppen-Stufe in Transekt 2 in 1 650 m Höhe anzutreffen. Aufgrund der geringeren Höhenlage und der längeren Vegetationsperiode bestehen gegenüber dem höher gelegenen Untertyp I günstigere Bedingungen für den Anbau landwirtschaftlicher Kulturen. Bei Profil 184 führte die Bewässerung zu einer Entkalkung in den oberen 60 cm (Substrat: skelettführender Sandlehm über flachem skelettführendem Sand). Der entsprechende naturnahe „Helle Kastanoseme II“ (Profil 185 = Foto 4.1-020 **CD**) enthält jedoch nur wenig Carbonat. Es scheint sich bei den Profilen 184 und 185 um junge Bodenbildungen zu handeln. Der Bewässerungsfeldbau führte zur Ausbildung eines Bröckel-Gefüges im Ap-Horizont und auch einer Verfestigung/Verkittung des Gefüges im Unterboden.

### **Dunkle Kastanoseme I - III**

Die „Dunklen Kastanoseme“ wurden in die Untertypen I-III unterteilt, welche sich aufgrund ihres Vorkommens in unterschiedlichen Höhenlagen, durch unterschiedliche Vegetation und Abweichungen in den Bodeneigenschaften unterscheiden. Die „Dunklen Kastanoseme“ sind im Oberboden stark humos. Bei den Untertypen I + II lagen die Humusgehalte zwischen (2,4) 3,2...7,2 %, bei Untertyp III etwas höher bei 6,1-9,1 %. Die Humusvorräte der „Dunklen Kastanoseme“ aller Untertypen variierten stärker und lagen zwischen 847...1 839 dt/ha (0-20 cm) bzw. 1 401...2 792 dt/ha (0-40 cm). Die Spannbreite in den Humusgehalten und Humusvorräten kann durch Substratunterschiede und durch unterschiedliche Erosionsgrade bedingt sein. Die „Dunklen Kastanoseme“ besitzen i.d.R. einen ausgeprägten Carbonatanreicherungs-horizont (Ca) mit Carbonatgehalten von 20...30 %, welcher bei Untertyp I ab 18-35 cm und bei Untertypen II und III bereits ab 5 cm vorkam. Entsprechend hohe Carbonatgehalte waren bei den „Hellen Kastanosemen“ nicht anzutreffen. Möglicherweise könnten hohe Carbonatgehalte in den oberen Horizonten als Anhaltspunkt dafür dienen, stark erodierte „Dunkle Kastanoseme“ von „Hellen Kastanosemen“ zu unterscheiden. Die „Dunklen Kastanoseme“ weisen im Oberboden ein schwach bis mäßig ausgeprägtes klein- bis großkrümeliges Gefüge auf.

**Dunkler Kastanoseme I** [Untertyp ohne Salz: Profil 190 = Foto 4.1-028 **CD**, Profil 68 = Foto 4.1-029 **CD**, Profil 22 = Foto 4.1-030 **CD**, Profil 2 = Foto 4.1-031 **CD**, Profil 20, Profil 12, (Profil 67

Kolluvial- = Foto 4.1-032 **CD**); Untertyp mit Salz: Profil 191 = Foto 4.1-034 **CD**, Profil 183 = Foto 4.1-035 **CD**; (Übergang zu Kastano-Tschernosemen: Profil 408 = Foto 4.1-036 **CD**, Profil 407 = Foto 4.1-037 **CD**).

Die „Dunklen Kastanoseme I“ kommen in der collinen Steppenstufe und der submontanen Gebüsch-Steppen-Stufe in Höhen zwischen 1 650 und 2 000 (2 100) m unter (zwergrau- chreicher) *Caragana pleiophylla*-*Artemisia tianschanica*-*Stipa capillata*-Steppe, bzw. (zwergr- strau chreicher) *Artemisia santalinifolia*-*Caragana pleiophylla*-*Stipa capillata*-Steppe (in den Transekten 2 und 3) vor. Sie sind in den unteren Bereichen auf allen Expositionen, in den oberen Bereichen nur auf Süd-Exposition anzutreffen. Die „Dunklen Kastanoseme I“ sind im Oberboden stark humos mit Humusgehalten von (2,4) 4,3...7,2 %, die nach unten im Profil allmählich abnehmen. Die Humusvorräte liegen in Abhängigkeit vom Erosionsgrad und dem Substrat bei 685...1 315 dt/ha (0-20 cm) bzw. 1 340...2 334 dt/ha (0-40 cm). Die pH-Werte sind im Oberboden i.d.R. etwas geringer als im stärker carbonathaltigen Unterboden, variie- ren aber auch in Abhängigkeit vom Erosionsgrad, Substrat und Alter des Bodens. Im Ober- boden liegen die  $pH_{(KCl)}$ -Werte bei salzfreien Ausbildungen bei 5,7-7,5 (sehr schwach sauer- schwach alkalisch) und bei schwach salzhaltigen Ausbildungen bei 7,5-7,7 (schwach alka- lisch). Die maximalen  $pH_{(KCl)}$ -Werte von (6,8)7,3...8,0 (schwach alkalisch) werden in den tieferliegenden Horizonten erreicht. Die Carbonatgrenze liegt bei 0...35 cm. Die Böden wei- sen ausgeprägte Carbonatanreicherungshorizonte auf, mit Carbonatgehalten zwischen 16,9...26,9 %. Bei sandigem Substrat sind die Carbonatgehalte z.T. geringer. Fast alle „Dunk- len Kastanoseme I“ waren in der untersuchten Profiltiefe salzfrei, bis auf die Profile 183 und 191, die >75 cm bzw. >120 cm erhöhte Leitfähigkeitswerte aufwiesen und damit schwach salzhaltig waren.

**Dunkler Kastanoseme II** [Profil 171 = Foto 4.1-039 **CD**; Profil 172 = Foto 4.1-038 **CD**; Profil 173 = Foto 4.1-040 **CD**; Profil 433 = Foto 4.1-041 **CD**]

Die „Dunklen Kastanoseme II“ kommen in der montanen Steppenstufe (Transekt 1) in 2 260...2 300 m, bei S- und N-Exposition unter einer *Teloxys aristata*-*Salsola collina*-*Stipa capil- lata*-Steppe vor. Es ist die Tendenz zu beobachten, dass in nordexponierter Lage die Böden salzfrei (Profile 171, 172), dagegen aber in stärker sonnenexponierter Lage im Unterboden schwach salzhaltig sind (Profile 433, 173). Die nordexponierten Profile 171 und 172 waren in der untersuchten Profiltiefe bis 70 bzw. 135 cm salzfrei, während die stärker sonnenexponier- ten Profile (433, 173) bereits bei Proben ab 27 cm bzw. 60 cm erhöhte Leitfähigkeitswerte ( $EL_{2,5}$  1,1...2,1  $mS \cdot cm^{-1}$ ) aufwiesen und damit schwach salzhaltig waren. Die „Dunklen Kastanoseme II“ sind ab der Oberfläche carbonathaltig, wobei starke Carbonatanreicherung von 17,6...24,5 % Carbonat bereits oberflächennah ab 5 .. 8 cm auftritt, bei Nord-Exposition ab ca. 20 cm.

**Dunkler Kastanoseme III** [Profil 159 = Foto 4.1-042 **CD**; Profil 432 = Foto 4.1-043 **CD**; Profil 158 = Foto 4.1-044 **CD**; Profil 169 = Foto 4.1-045 **CD**]

Der „Dunkle Kastanoseme III“ kommt auf Süd-Hängen in der unteren alpinen Gebirgsrasen- Steppen-Stufe in 2 750-3 060 m (Transekt 1) unter *Androsace sericea*-*Alfredia nivea*-*Helicto- trichon desertorum*-Gebirgssteppe mit einer Deckung von 70-80 % vor. Die Humusgehalte im Oberboden sind mit 6,1...9,1 % etwas höher, als bei den Untertypen I + II. Sie liegen bei 978...1 839 dt/ha (0-20 cm) bzw. 1 401...2 609 dt/ha (0-40 cm). Der Oberboden weist die für „Dunkle Kastanoseme“ typische Färbung von 10 YR 3/3 (feucht) bzw. 10 YR 5/3 (trocken) auf. Der  $pH_{(KCl)}$ -Wert liegt im Oberboden bei 6,9...7,5 (neutral bis schwach alkalisch). Die Böden sind ab 0...5 cm carbonathaltig. Im Oberboden sind die Carbonatgehalte i.d.R. gerin- ger, als im Unterboden. Eine ausgeprägte Carbonatanreicherung von 19...30 % Carbonat tritt

(bei Kalksandlehme) im Bereich von ca. 20...60 cm auf. Darunter nehmen die Carbonatgehalte wieder ab. Bei Kalksand ist die Carbonatanreicherung geringer. Eine Versalzung konnte in den Böden nicht festgestellt werden. Im Gegensatz zu den „Brauntschernsemen“, die in gleicher Höhe auf den nordexponierten Hängen vorkommen, wurde bei den „Dunklen Kastanosemen“ aufgrund der relativ trockenen Bedingungen und des leichten Substrates keine kryogenen Strukturen und keine Solifluktion festgestellt. Aufgrund der Höhenlage in der unteren alpinen Stufe werden die „Dunklen Kastanoseme III“ durch andere klimatische Bedingungen, als die tiefer gelegenen „Dunklen Kastanoseme“, geprägt. In der unteren alpinen Lage ist auf den sonnenexponierten Hanglagen mit stärkeren täglichen Temperaturschwankungen zwischen Erwärmung am Tag und nächtlicher Abkühlung an der Bodenoberfläche zu rechnen. Dieser tägliche Temperaturwechsel wird sich auch im Winter bei geringer Schneebedeckung an den Südhängen fortsetzen, wobei die Böden teilweise sehr niedrigen Temperaturen ausgesetzt sind. Im Unterschied zu den „Dunklen Kastanosemen“ der tieferen Lagen scheint es beim höher gelegenen „Dunklen Kastanoseme III“ im Sommer nicht zu einer trockenheitsbedingten Vegetationspause zu kommen. Die Länge der Vegetationsperiode wird hier durch niedrige Temperaturen verkürzt.

**Bewässerte Dunkle Acker-Kastanoseme** [Profil 187 = Foto 4.1-046 **CD**; Profil 4 = Foto 4.1-048 **CD**, Profil 462 = Foto 4.1-047 **CD**; Profil 181 = Foto 4.1-049 **CD**; Profil 182 = Foto 4.1-050 **CD**]

Die „Bewässerten Dunklen Acker-Kastanoseme“ sind aus dem „Dunklen Kastanoseme I“ hervorgegangen, der in den unteren Lagen (1 600–ca. 2 100m) anzutreffen ist, wo Ackerbau möglich ist. Die „Bewässerten Dunklen Acker-Kastanoseme“ wiesen im Oberboden mit 3,8...4,3 (5,2) % geringere Humusgehalte als die nicht umgebrochenen „Dunklen Kastanoseme I“ mit 4,3–7,2 % Humus. Bei „Dunklen Kastanosemen“ kam es im Gegensatz zu den „Hellen Kastanosemen“ und „Burosemen“ bei Bewässerungsfeldbau somit zu einer Verringerung der Oberbodenhumusgehalte (Kapitel 4.1.2.9). Die „Bewässerten Kastanoseme“ weisen im Oberboden ein Bröckelgefüge auf. Bei sandigem Substrat kommt neben dem Bröckelgefüge Einzelkorngefüge vor. Die Abbildung 4.1-09 stellt die Humusvorräte von „Dunklen Kastanosemen I“ und von „Bewässerten Dunklen Acker-Kastanosemen“ bei verschiedenen Substraten dar. Es ist weder eine deutliche Erhöhung noch eine deutliche Verringerung der Humusvorräte zu erkennen. Die Humusvorräte sind bei den Kastanosemen recht heterogen.

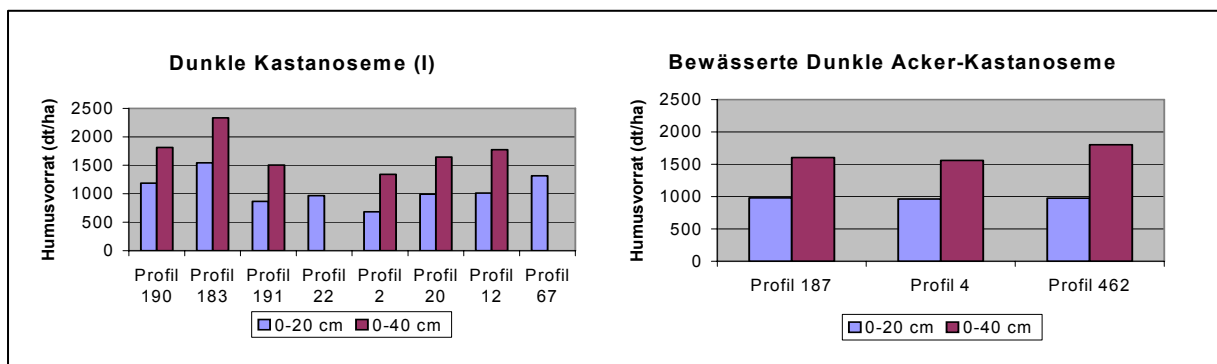


Abbildung 4.1-09: Vergleich der Humusvorräte von „Dunklen Kastanosemen I“ unter Steppevegetation und unter Bewässerungsfeldbau.

Etwas deutlicher ist die Beeinflussung der „Dunklen Kastanoseme“ durch Bewässerungsfeldbau aus Tabelle 4.1-27 zu ersehen. Es werden die Veränderungen der Humusgehalte und -vorräte durch Bewässerungsfeldbau bei gut vergleichbaren Profilen (gleiches Substrat, gleiche Relieflage, benachbarte Lage der Profile) dargestellt.

Tabelle 4.1-27: Vergleich von Humusgehalten und Humusvorräten von Dunklen Kastanosenen aus Kalkschluff unter Steppen-Vegetation und bei Bewässerungsfeldbau

	Dunkler Kastanosem I		bewässerter Dunkler Acker-Kastanosem	Veränderung bei Bewässerungsfeldbau
Substrat	Kalkschluff		Kalkschluff	
Nutzung	degradierte Weide ( <i>Caragana pleiphylla-Stipa capillata</i> -Steppe)		Bewässerungsfeldbau (Weizen)	
Profil	Profil 190	Profil 183	Profil 187	
Humusgehalt in 0-5 cm	7,2 %	7,1 %	3,8 %	- 46...47 %
Humusvorrat (0-20 cm)	1 186 dt/ha	1 544 dt/ha	982 dt/ha	- 17...36 %
Humusvorrat (0-40 cm)	1 812 dt/ha	2 334 dt/ha	1 606 dt/ha	- 11...31 %

Die Profile 190 (Foto 4.1-028 **CD**), 183 (Foto 4.1-035 **CD**) und 187 (Foto 4.1-046 **CD**) liegen benachbart in ähnlicher Relieflage und weisen gleiches Substrat (Kalkschluff) auf. Bezüglich der Carbonattiefe wiesen die „Dunklen Acker-Kastanoseme“ eine große Variabilität von 0 ... >110 cm auf. Während bei Böden mit bindigerem Substrat (Profile 187 = Foto 4.1-046 **CD**; Profil 462 = Foto 4.1-047 **CD**) Carbonat bis zur Oberfläche vorkam, war dagegen bei sandigerem Substrat (Profil 4 = Foto 4.1-048; Profil 181 = Foto 4.1-049 **CD**; Profil 182 = Foto 4.1-050 **CD**) Carbonat tiefer (bis >110 cm) ausgewaschen. Bei schluffreichem Substrat waren die Carbonatgehalte sehr hoch (13...20 % bei Profil 187), bei Sandlehm enthielten die bewässerten „Dunklen Acker-Kastanoseme“ i.d.R. kein Carbonat.

Die „Bewässerten Dunklen Acker-Kastanoseme“ wurden in Höhen von 1 630...2 100 m angetroffen. Eine Untergliederung der „Bewässerten Dunklen Acker-Kastanoseme“ nach unterschiedlichen Höhenlagen könnte zweckmässig sein. Dazu sind jedoch weitere Untersuchungen notwendig.

#### 4.1.6.4 Kastano-Tschernoseme

Die „Kastano-Tschernoseme“ sind stark bis sehr stark humos und nehmen eine Zwischenstellung zwischen den „Dunklen Kastanosenen“ und den „Tschernosenen“ ein. Die „Kastano-Tschernoseme“ weisen eine ausgeprägte Carbonatanreicherung ab 20...60 cm auf. Im Unterschied zu den „Tschernosenen“ besitzen die „Kastano-Tschernoseme“ zumindest im unteren Teil des humosen Oberbodens die typische Färbung der „Kastanoseme“ (10YR 3/3, feucht, bzw. 10YR 4-5/3, trocken). Der Oberboden weist ein schwach bis mäßig stark ausgeprägtes Krümelgefüge auf.

Die erfaßten „Kastano-Tschernoseme“ können in 2 Untertypen gegliedert werden. Diese unterscheiden sich, aufgrund ihres Vorkommens in unterschiedlichen Höhenlagen, durch Vegetationsunterschiede und Abweichungen in den Bodeneigenschaften.

Tabelle 4.1-28a: Untertypen der Kastano-Tschernoseme

Untertyp	Profile	Vorkommen	Vegetation	NRF
Kastano-Tschernosem I	69	Transekte 3 1 760 m, colline Steppen-Stufe auf N-Exposition	zwergstrauchreiche <i>Artemisia santalinifolia</i> - <i>Caragana pleiophylla</i> - <i>Stipa capillata</i> -Steppe mit einzelnen <i>Berberis sphaerocarpa</i> -Sträuchern	42
	421, 7, 404, (72)	Transekt 3 2 060...2 300 m, montane Fichtenwald-Steppen-Wiesensteppen-Stufe auf S-Exposition	zwergstrauchreiche <i>Erigeron pseudo-seravschanicus</i> - <i>Dracocephalum nodulosum</i> - <i>Stipa capillata</i> -Steppe, z.T. mit geringem Anteil niedriger Sträucher ( <i>Spirea hypericifolia</i> , <i>Rosa platycantha</i> )	52, 52/53
Kastano-Tschernosem II	157	Transekt 1 2 780 m, subalpine/ (untere alpine) Gebirgsrasen-Steppen-Stufe, O-Exposition	( <i>Androsace sericea</i> -) <i>Alfredia nivea</i> - <i>Helictotrichon desertorum</i> -Gebirgssteppe	29

Tabelle 4.1-28b: Untertypen der Kastano-Tschernoseme

Untertypen	Kirgisische Bodenklassifikation (Ansprache durch Voronov & Mamytova 2000 in Bischkek)	FAO
Kastano-Tschernosem I	Dunkle Gebirgs-Kastanoseme, Mittelhumose Gebirgs-Tschernoseme, Humusreiche Gebirgs-Tschernoseme	Calcic Chernozems
Kastano-Tschernosem II	Subalpine Wiesen-Gebirgs-Böden	Calcic Chernozems

**Kastano-Tschernosem I** [Profil 69 = Foto 4.1-054 [CD](#); Profil 421 = Foto 4.1-051 [CD](#); Profil 7 = Foto 4.1-052 [CD](#); Profil 404 = Foto 4.1-053 [CD](#)]

Der „Kastano-Tschernosem I“ kommt im Transekt 3 in der collinen Steppen-Stufe in N-Exposition (1 760 m) und in der montanen Fichtenwald-Steppen-Wiesensteppen-Stufe auf sonnenexponierten Hängen in 2 100...2 300 m Höhe vor. Die „Kastano-Tschernoseme“ weisen im Oberboden Humusgehalte von (6,7) 9,2...13,9 % auf. Die Humusvorräte liegen bei 1 465...2 044 dt/ha (0-20 cm) bzw. 2 743...3 506 dt/ha (0-40 cm). Der  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Wert liegt im Oberboden im sehr schwach sauren bis neutralen Bereich bei 6,2...7,2. Die Carbonatgrenze liegt bei 20...52 cm, bei dem tiefergelegenen Profil 69 mit Kalkschluff kommen Carbonate ab der Oberfläche vor. Unmittelbar unter dem carbonatfreien bzw. carbonatarmen Oberboden folgt in 18-52 cm Tiefe einen Carbonatanreicherungshorizont mit 18-29 % Carbonat. Die „Kastano-Tschernoseme“ sind salzfrei. Teilweise wurden Krotowinen beobachtet.

**Kastano-Tschernosem II** (Profil 157 = Foto 4.1-056 [CD](#))

Der „Kastano-Tschernosem II“ ist mit Humusgehalten von 4,6 % im Oberboden nicht so humusreich, wie der Untertyp I. Die Humusvorräte liegen bei 1 102 dt/ha (0-20 cm) bzw. 2 008 dt/ha (0-40 cm). Der  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Wert beträgt im Oberboden 7,4...7,5 (schwach alkalisch) und ist damit höher, als bei Untertyp I. Die Carbonatgrenze des Profils liegt bei 23 cm. Der maximale Carbonatgehalt beträgt etwa bei 20 %. Bei Profil 157 fällt die starke und tiefe Durchwurzelung auf.

## 4.1.6.5 Tschernoseme

**Allgemeines, Genese**

Optimale Umweltverhältnisse für eine schwarzerdeartige Humusakkumulation bestehen bei Gleichgewicht zwischen Niederschlägen und Verdunstung (KOWALKOWSKI 1989:12). „... die Schwarzerde benötigt nach VOLOBUEV (1963) außer einem ausgeglichen Wasserhaushalt eine relativ lang andauernde Frostperiode, in der ..., oft auch bei Vorhandensein von Permafrost im nahen Untergrund ..., optimale Bedingungen für die Humusakkumulation in Form von braunen bis schwarzen dauerhaften mineralisch-organischen Verbindungen bestehen“ (KOWALKOWSKI 1989:7). Die Vertiefung des Humushorizontes der Schwarzerden ist auch bei kryogener Entstehung nur unter Mitwirkung der homogenisierenden Aktivität der Bodenfauna möglich (KOWALKOWSKI 1989:12). Die hohe Aktivität der Bodenfauna ist an zahlreichen Regenwurmgingen und Krotowinen, verfüllten Gängen von Steppennagern, zu erkennen.

Von Bedeutung für die Schwarzerdeentstehung sind eine hohe Produktion an pflanzlicher Biomasse und ein klimatisch bedingter Wechsel von Perioden intensiver biologischer Bodenaktivität insbesondere im Frühjahr und Herbst und in Zeiten geringer Aktivität im Winter und der sommerlichen Trockenpause, wobei es zur Kolloidalterung und Stabilisierung der Ton-Humus-Komplexe bzw. Grauhuminsäurebildung kommt (MÜLLER 1989:298, siehe auch BREBURDA 1987:97). Tschernoseme weisen meist ein A-C-Profil mit unterschiedlich mächtigem Humushorizont und i.d.R. mit einem Carbonatanreicherungshorizont im Unterboden auf. Wegen des annähernd neutralen pH-Werts kommt es bei typischen Tschernosemen nicht zu intensiver Siallitierung, Verbraunung und Tonwanderung (MÜLLER 1989: 298).

Der Oberboden der Tschernoseme ist im Gegensatz zu den Kastanosemen schwarz gefärbt, und besitzt ein stabiles Krümelgefüge und ein hohes Porenvolumen. Im Humus überwiegen stabile kalziumgebundene Huminsäuren mit hohem Anteil an Grauhuminsäuren und deren unlöslich gewordenen Komplexen. Es bilden sich kalziumstabilisierte Ton-Humus-Komplexe (MÜLLER 1989: 297f.). Bei Schwarzerden herrschen Huminsäuren gegenüber den Fulvosäuren deutlich vor (BREBURDA 1987: 103), wodurch auch die schwarze Färbung des Oberbodens zustande kommt. Bei Schwarzerden beträgt nach BREBURDA (1987: 103) das Huminsäure-Fulvosäureverhältnis 1,4–4,7. Der relative Huminsäuregehalt im Humus nimmt von den Tschernosemen zu den Kastanosemen hin ab, der relative Gehalt an Fulvosäuren nimmt zu (vgl. BREBURDA 1987: 97, 126).

Tschernoseme besitzen gegenüber den Kastanosemen eine höhere Gefügestabilität. Die hohe Gefügestabilität bei den Tschernosemen wird mit dem hohen Anteil an Huminsäuren und dem geringen Anteil an Fulvosäuren in der Humussubstanz in Zusammenhang gebracht (GANSSEN 1972:62; BREBURDA 1987). Eine kräftige Wurzelbildung ermöglicht es den Pflanzen, in trockenen Perioden die Wasservorräte des Bodens gut auszuschöpfen. Tschernoseme verfügen über eine hohe Basensättigung und gute Nährstoffverfügbarkeit. Besonders gute Ausprägungen der Tschernoseme finden sich auf Löß und Lößderivaten (Schluff). Die Korngrößenzusammensetzung hat einen wesentlichen Einfluß auf den Humusgehalt der Schwarzerden. Bei bindigem Substrat ist der Humusgehalt allgemein höher als bei sandigem Substrat (BREBURDA 1987: 105).

Die Tschernoseme sind unbeständig gegenüber wechselnden Klimabedingungen (KOWALKOWSKI 1989). Durch Zunahme und gleichmäßigere Verteilung der Niederschläge kommt es zur Degradierung der Tschernoseme (WILHELMY 1990: 42). Für Mitteleuropa wird eine Degradation der Tschernoseme und eine Entwicklung über Braunerde-Tschernosem, Parabraunerde-Tschernosem, Tschernosem-Parabraunerde beschrieben (SCHACHTSCHABEL et al. 1998:



424 f.; KUNTZE et al. 1994: 262). Die Degradation äußert sich dabei vor allem in einer Aufhellung des oberen Ah-Horizontes, Verringerung des Humusgehaltes, Krumendegradation, pH-Absenkung, Verwitterung primärer Silikate unter Bildung von Tonmineralen und Fe-Oxiden, Tonverlagerung, u.a. (SCHACHTSCHABEL et al. 1998: 424 f.).

Trotz des großen Spektrums an klimatischen Bedingungen im Untersuchungsgebiet konnte auch bei feuchten Bedingungen keine derartig starke Degradation der Tschernoseme wie in Mitteleuropa (mit Aufhellung des Ah-Horizontes und Verringerung des Humusgehaltes) festgestellt werden. Die im Untersuchungsgebiet nicht feststellbare Degradierung der Tschernoseme kann mit dem kontinentalen winterkalten Klima zusammenhängen, wenngleich das Niederschlagsmaximum in den inneren Bereichen des Tienschan vielfach im Sommer liegt. Möglicherweise kann es unter Fichtenwald bzw. -forst in gewissem Umfang zu einer entsprechenden Degradierung kommen.

Im Untersuchungsgebiet (Issyk-Kul-Becken und Teile des Zentralen Tienschan) gibt es jedoch ein größeres Spektrum an unterschiedlichen Tschernosemen. Dazu zählen Carbonat-Tschernoseme, Normale Tschernoseme und Ausgelaugte Tschernoseme. Die Ausgelaugten Tschernoseme (luvic chernozems) weisen zwar eine Tonverlagerung auf, besitzen aber im Oberboden sehr hohe Humusgehalte und ein sehr gut ausgebildetes Gefüge und können somit nicht als degradiert bezeichnet werden.

### Systematik, Untergliederung

Allgemein können Tschernoseme nach Humusgehalt<sup>14</sup>, Mächtigkeit des humosem Oberbodens, Carbonatgehalt, bzw. -tiefe, Färbung, Tonverlagerung, Degradierung, Hydromorphie-merkmale im Unterboden, Versalzung und kolluviale Beeinflussung unterteilt werden.

In der kirgisischen Bodenklassifikation werden die Tschernoseme in die folgenden Subtypen unterteilt:

- humusarme Gebirgstal-Tschernoseme (*Gorno-dolonnye chernosemy malogumusnye*),
- mittelhumose Gebirgstal-Tschernoseme (*Gorno-dolonnye chernosemy srednegumusnye*),
- mittelhumose Gebirgs-Tschernoseme (*Gornye chernosemy srednegumusnye* / mit 6–10 % Humus nach MAMYTOV 1963: 276),
- humusreiche Gebirgs-Tschernoseme (*Gornye chernosemy tuchnye* / mit 10–15 % Humus nach MAMYTOV 1963: 283).

Weitere Tschernoseme können sich hinter den Bodentypen „Tschernosemartige Gebirgs-Waldböden“, „Subalpine Tschernosemartige Wiesensteppen-Gebirgs-Böden“, „Subalpine Wiesen-Gebirgs-Böden“ und „Alpine Wiesen-Gebirgs-Böden“ der kirgisischen Bodenklassifikation verbergen.

In der russischen Bodenkunde werden die Tschernoseme in „podsolierte Tschernoseme“, „ausgelaugte Tschernoseme“ (mit Carbonatauswaschung, leichte Humusverlagerung), „typische Tschernoseme“, „gewöhnliche Tschernoseme“ und „südliche Tschernoseme“ untergliedert. Diese Subtypen werden weiterhin nach unterschiedlichen sommerlichen und winterlichen Temperaturregimen und nach Ausbildungsgrad, Carbonatgehalt, Versalzung, Vergleyung und Erosionsgrad unterteilt (EGOROV et al. 1987: 113–125). Nach EGOROV et al. (1987:124) werden die Tschernoseme weiterhin nach Mächtigkeit des Humushorizontes wie folgt unterteilt: *sehr mächtig* (> 120 cm), *mächtig* (120–80 cm), *mittel mächtig* (80–40 cm), *geringmächtig* (40–25 cm). Nach Humusgehalt werden unterschieden: *humusreich* (>9 % Humus), *mittelhumos* (bis zu 9–6 %), *gering humos* (bis zu 6–4 %) und *sehr gering humos* (< 4 %).

<sup>14</sup> i.d.R. wird der Humusgehalt in der obersten 10 cm berücksichtigt (BREBURDA 1987:100).

Zur genaueren Kennzeichnung der Böden des Untersuchungsgebietes können diese Einteilungen genutzt werden. Im Untersuchungsgebiet können fast alle Tschernoseme - bis auf einige "Kolluvial-Tschernoseme" - als humusreich angesprochen werden.

EVDOKIMOVA & KOVALEVA (1995a,b) beschreiben im Tienschan „Tschernosemähnliche“ Böden („Tschernosemähnliche Gebirgsweidenböden“, „Tschernosemähnliche Gebirgsweidensteppenböden“), die im Unterschied zu den Tschernosemen Tonverlagerung aufweisen. Sie entsprechen in etwa den „Ausgelaugten Tschernosemen“. Nach FAO können für das Untersuchungsgebiet Haplic, Calcic, Luvic und Gleyic Chernozems ausgeschieden werden. Die Tschernoseme des Untersuchungsgebietes können nach Tabelle 4.1-29a unterteilt werden.

Tabelle 4.1-29a: Untertypen der Tschernoseme

Untertypen	allgemeine Merkmale
Carbonat-Tschernoseme (I - IV)	keine bis geringe Carbonatverlagerung, Carbonat ab 0...25 cm Tiefe, starke Carbonatanreicherung (22...51 %) im Profil, im Oberboden $pH_{(KCl)}$ 6,8-8,1 (=neutral bis schwach alkalisch)
Normale Tschernoseme (I - IV)	mittlere bis tiefe Carbonatverlagerung, Carbonat ab 30...124 cm, im Oberboden $pH_{(KCl)}$ 6,2-7,2 (=sehr schwach sauer - neutral)
Ausgelaugte Tschernoseme (I, II)	mittlere bis tiefe Carbonat-Verlagerung, Carbonat ab 66 ... >100 cm, im Oberboden $pH_{(KCl)}$ 4,5-6,2 (=mäßig sauer bis sehr schwach sauer), Ton- (und Humus-)verlagerung
Kolluvial-Tschernoseme	mit kolluvialer Beeinflussung, variabel in Humusgehalt, Carbonatgrenze, Carbonatgehalt, pH

Bei fast allen untersuchten Tschernosemen handelt es sich um „Humusreiche Tschernoseme“ (mit > 9 % Humus, Ausnahmen: teilweise „Kolluvial-Tschernoseme“ sowie ein Profil bei „Carbonat-Tschernosem I“).

Es konnte die Tendenz beobachtet werden, daß die „Carbonat-Tschernoseme“ (I + IV) eher ein schwach bis mäßig ausgebildetes Krümelgefüge, die „Normalen Tschernoseme“ ein mäßig bis stark ausgebildetes Krümelgefüge und die „Ausgelaugten Tschernoseme“ ein stark ausgebildetes Krümelgefüge im Oberboden besitzen.

Tabelle 4.1-29b: Untertypen der Tschernoseme




Untertyp	Profile	Vorkommen	Vegetation	NRF
Carbonat-Tschernosem I	431, 170, 174	Transekt 1 2 480...2 570 m, hochmontane Gebüsch-Steppen-Stufe	<i>Leontopodium ochroleucum</i> - <i>Stipa capillata</i> -Steppe mit <i>Kobresia humilis</i> , <i>Festuca valaesia</i>	22
Carbonat-Tschernosem II	166, 168	Transekt 1 2 770...2 800 m, subalpine Gebirgsrasen-Steppen-Stufe	Weide mit <i>Festuca rubra</i> , <i>Cirsium sairamense</i> , <i>Phlomis oreophila</i> , <i>Leontopodium ochroleucum</i>	26a

Carbonat - Tschernosem III	452	Transekt 4 2 130m, montane Wald-Wiesensteppen- Stufe	<i>Ziziphora clinopodioides</i> - <i>Artemisia dracunculus</i> - <i>Phleum phleoides</i> -Wiesen- steppe	68
Carbonat- Tschernosem IV (mäßig salzhaltig)	466	Transekt 6 östlich 3 550 m, alpine Ge- birgssteppen-Stufe	<i>Saussurea leucophylla</i> - <i>Stipa</i> <i>subsessiliflora</i> - <i>Kobresia</i> <i>capilliformis</i> -Gebirgssteppe	84
Normaler Tschernosem I	430	Transekt 1 2 570 m, hochmontane Gebüsch-Steppen- Stufe	<i>Campanula glomerata</i> -( <i>Ely-</i> <i>mus caninus</i> )- <i>Rosa platya-</i> <i>cantha</i> -Gebüsch	24
Normaler Tschernosem II	429	Transekt 1 2 660 m, hochmontane Gebüsch-Steppen- Stufe	<i>Leontopodium ochroleucum</i> - <i>Phlomis oreophila</i> - <i>Stipa ca-</i> <i>pillata</i> -Gebirgssteppe (Übergang zu Wiesenstep- pe)	23
Normaler Tschernosem III	1	Transekt 3 1 940 m, submontane Gebüsch-Steppen- Stufe, N-Exposition	<i>Berberis sphaerocarpa</i> - Gebüsch	47
Normaler Tschernosem IV	452	Transekt 4 1 980 m, montane Wald-Wiesensteppen- Stufe	<i>Ziziphora clinopodioides</i> - <i>Ar-</i> <i>temisia dracunculus</i> - <i>Phleum</i> <i>phleoides</i> -Wiesensteppe	68
Ausgelaugter Tschernosem I	411, 66;  36, 14, 8,  65	Transekt 3 2 100...2 210 m, monta- ne Wald-Steppen- Wiesensteppen-Stufe	<u>Profile 411, 66</u> : gebüschrei- che <i>Campanula glomerat</i> <i>Spirea hypericifolia</i> - <i>Elymus</i> <i>caninus</i> -Wiesensteppe, <u>Profile 36, 14, 8</u> : Fichten- Forst mit geringer Boden- vegetation <u>Profil 65</u> : gebüschreicher Fichtenwald	53, 54, 56
Ausgelaugter Trockenriss- Tschernosem II	451, 457, (454)	Transekt 4 2 020...2 170 m, monta- ne Wald-Wiesenstep- pen-Stufe	<i>Veratrum lobelianum</i> - <i>Phleum pratense</i> -Wiesen- steppe	69, (70)
Kolluvial- Tschernosem I	410, 74, 409, 401, 18	Transekt 3 1 900...2 100 m, sub- montane Gebüsch- Steppen-Stufe	Weide mit <i>Urtica cannabia-</i> <i>na</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Dactylis</i> <i>glomerata</i> , bewässerte Mäh- wiese mit <i>Dactylis glomera-</i> <i>ta</i> ...	48, 49
Kolluvial- Tschernosem II	167	Transekt 1 2 800 m, subalpine Gebirgsrasen- Steppen-Stufe	Weide mit <i>Festuca rubra</i> , <i>Cirsium sairamense</i> , <i>Phlo-</i> <i>moides oreophila</i> , <i>Leonto-</i> <i>podium ochroleucum</i> , ...	26a
Tschernosem- Ranker	456	Transekt 4 2 070 m, montane Wald-Wiesensteppen- Stufe	<i>Sorbus tianschanica</i> - <i>Picea</i> <i>schrenkiana</i> -Gebüsch- Offenwald (mit <i>Campanula</i> <i>glomerata</i> , <i>Origanum vulga-</i> <i>re</i> )	71

Eine weitere Differenzierung der Tschernoseme kann nach Mächtigkeit des humosen Oberbodens, Humusgehalt sowie Erosionsgrad, Versalzung, Vergleyung und Ausbildungsgrad erfolgen (EGOROV et al. 1987: 124). Fast alle untersuchten Tschernoseme können bei Betrachtung der obersten 0–10 cm als humusreich (> 9 % Humus angesprochen werden (entsprechend der Einteilung von EGOROV et al., 1987: 124), mit Ausnahme einiger Kolluvial-Tschernoseme.

Tabelle 4.1–29c: Untertypen der Tschernoseme

Untertypen	Kirgisische Bodenklassifikation (Ansprache durch VORONOV & MAMYTOVA 2000 in Bischkek)	FAO
Carbonat-Tschernosem I	Subalpiner Tschernosemartiger Wiesensteppen-Gebirgs-Boden	Calcic Chernozem (Calcic Kastanozem)
Carbonat-Tschernosem II	(Subalpiner Wiesensteppen-Gebirgs-Boden)	Haplic Chernozem
Carbonat-Tschernosem III	Humusreiche Gebirgs-Tschernosem	Calcic Chernozem
Carbonat-Tschernosem IV, salzhaltig	Alpine Wiesen-Gebirgs-Boden	Calcic Chernozem
Normaler Tschernosem I	Humusreicher Gebirgs-Tschernosem	Calcic Chernozems
Normaler Tschernosem II	Subalpiner Wiesen-Gebirgs-Boden	Calcic Chernozem
Normaler Tschernosem III	(Humusreicher Gebirgs-Tschernosem)	Haplic Chernozem
Normaler Tschernosem IV	Mittelhumoser Gebirgs-Tschernosem	Calcic Chernozem
Ausgelaugter Tschernosem (I)	Humusreicher Gebirgs-Tschernosem, Tschernosemartiger Gebirgs-Waldboden	Luvic Chernozem
Ausgelaugter Trockenriß-Tschernosem II	Humusreicher Gebirgs-Tschernosem, Humusreicher Gebirgstal-Tschernosem	Luvic Chernozem
Kolluvial-Tschernosem I	Angeschwemmter Dunkler Gebirgstal-Kastanozem, Wiesen(artiger) Dunkler Gebirgstal-Kastanozem, Wiesen-Moor-Gebirgsboden (?), Wiesen-Moor-Gebirgstal-Boden (?)	Haplic Chernozem, Calcic Chernozem,
Kolluvial-Tschernosem II	Subalpine Wiesensteppen-Gebirgs-Boden	Haplic Chernozem
Tschernosem-Ranker	Tschernosemartige Gebirgs-Waldboden	Haplic Chernozem

**Carbonat-Tschernosem I** [Profil 431 = Foto 4.1-057 ; Profil 170 = Foto 4.1-058 ; Profil 174 = Foto 4.1-049 

Die „Carbonat-Tschernoseme I“ wurden im Transekt 1 in der hochmontanen Gebüsch-Steppen-Stufe auf ebener bzw. nordexponierter Lage in 2 480...2 570 m Höhe unter *Leontopodium ochroleucum*–*Stipa capillata*-Steppe angetroffen. In die Vegetation mischen sich bereits alpine Elemente (*Lycopodium ochroleucum*, *Kobresia humilis* u.a.) ein, die eine Verkürzung der

Vegetationsperiode und geringere Temperaturen gegenüber den tiefer liegenden Bereichen anzeigen. Die „Carbonat-Tschernoseme I“ besitzen einen geringmächtigen (bis mittelmächtigen) humosen Oberbodenhorizont. In 0–5 (10) cm betragen die Humusgehalte (5,9) 9,9...11,3 %. Die Humusvorräte liegen bei 1 408...2 091 dt/ha (0–20 cm) bzw. 2 409...3 368 dt/ha (0–40 cm). Im Oberboden liegen die  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte bei 7,0...7,7 und erreichen im Unterboden  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte bis 8,5. Die „Carbonat-Tschernoseme I“ weisen Carbonat bis zur Oberfläche auf. In 0–5 (10) cm Tiefe lagen die Carbonatgehalte nur bei 2,2...2,5 %, nahmen darunter aber stark zu. Noch im stark humosen Oberboden fanden sich Carbonatgehalte von 17...28 %. Unterhalb von 60–90 cm Tiefe verringerten sich die Carbonatgehalte wieder.

#### **Carbonat-Tschernosem II** [Profil 166 = Foto 4.1-060 CD; Profil 168 = Foto 4.1-061 CD]

Die „Carbonat-Tschernoseme II“ wurden im Transekt 1 in der subalpinen Gebirgswiesensteppen-Steppen-Stufe in 2 770...2 800 m Höhe unter Weide mit *Festuca rubra*, *Cirsium sairamense*, *Phlomis oreophila*, *Leontopodium ochroleucum* in ebener bis leicht geneigter nordexponierter Lage angetroffen. Bei Profil 166 treten geringe Carbonat-Gehalte bereits ab 25 cm Tiefe auf. Zu einer starken Carbonat-Anreicherung kommt es allerdings erst unterhalb von 100 cm, wo sehr hohe Carbonatgehalte bis zu 41 % erreicht werden. (= Übergang zu „Normalem Tschernosem“). Die „Carbonat-Tschernoseme II“ besitzen einen mittelmächtigen bis mächtigen A-Horizont. Bei Profil 166 beträgt in 2–7 cm Tiefe der Humusgehalt 15 %. Der Humusvorrat liegt bei 2 971 dt/ha (0–20 cm) bzw. 4 807 dt/ha (0–40 cm Tiefe) und ist damit höher als bei „Carbonat-Tschernosem I“. Im Oberboden liegen die  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte bei 7,1...8,0 und erreichen im Unterboden  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte bis 8,4. Profil 166 ist bereits durch Solifluktuationsprozesse geprägt, was an dem kryogen verwirkten Übergang zum C-Horizont und „schwimmende Steine“ an der Bodenoberfläche zu erkennen ist. Die Vegetation lässt erkennen, dass es keine sommerliche trockenheitsbedingte Vegetationspause gibt.

#### **Carbonat-Tschernosem III** [Profil 452 = Foto 4.1-062 CD]

„Carbonat-Tschernosem III“ wurden in Transekt 4 (Santash) in der montanen Wald-Wiesensteppen-Stufe in 2 130 m Höhe in südexponierter Lage unter einer *Ziziphora clinopodioides*-*Artemisia dracuncululus*-*Phleum phleoides*-Wiesensteppe angetroffen. Der Boden enthält ab 20 cm Carbonat. Der Carbonat-Gehalt nimmt nach unten hin sehr stark zu und liegt in 80–90 cm Tiefe bei 51 % (!) Carbonat (bei  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  7,6). Der Humusgehalt liegt bei 15,4 % (0–5 cm) bzw. 10,6 % (9–17 cm). Der Humusvorrat beträgt 2 289 dt/ha (0–20 cm) bzw. 3 628 dt/ha (0–40 cm). Im Oberboden liegen die  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte bei 6,8...7,0. Der Boden weist keine Tonverlagerung auf. Der Boden zeichnet sich durch ein intensives Bodenleben aus. An der Oberfläche waren zahlreiche Eingangslöcher von Bodennager-Gängen zu erkennen.

#### **Carbonat-Tschernosem IV, mäßig salzhaltig** [Profil 466 = Foto 4.1-063 CD]

Der „mäßig salzhaltige Carbonat-Tschernosem IV“ (Profil 466) wurde im Transekt 6 (Ak-Shirak) in der alpinen Steppen-Stufe in 3 550 m Höhe unter *Saussurea leucophylla*-*Stipa subsessiliflora*-*Kobresia capilliformis*-Gebirgssteppe in leicht geneigter nordexponierter Lage angetroffen. Er „Carbonat-Tschernosem IV“ besitzt einen sehr stark humosen Oberboden mit Humusgehalten von 12,7 % (bis 36 cm) und noch 8 % Humus (bis 69 cm). Der Humusvorrat liegt bei 2 470 dt/ha (0–20 cm) bzw. 4 734 dt/ha (0–40 cm). Eine Besonderheit des Bodens war die extrem starke Durchwurzelung (W6) bis 36 cm. Die sehr hohe Wurzeldichte bereitete erhebliche Probleme beim Aufgraben des Profils mit dem Spaten. Eine derartig starke und dabei tiefgehende Durchwurzelung war im Rahmen der Untersuchungen nur an diesem Profil zu beobachten. Nachdem jedoch schließlich ein Stück vom Oberboden herausgestochen wurde, konnte sehr leicht fast der gesamte Boden in Form mittelgroßer mäßig fester Krümel von den Wurzeln abgeschüttelt werden. Im stark humosen Oberboden war der  $\text{pH}$ -Wert in 0–10 cm neutral ( $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  6,8), ab 12 cm schwach alkalisch ( $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  7,5...7,8). Eine weitere Besonderheit ist die hohen Leitfähigkeitswerte ( $\text{EL}_{2,5}$ ) von 3,7  $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  die ab 12 cm

unter der Oberfläche im sehr stark humosen Oberboden auftraten und auf einen mäßigen Salzgehalt hindeuten. Bei anhydromorphen Böden kamen derartig hohe Leitfähigkeitswerte sonst nur bei „Burosemen“ und z.T. „Hellen Kastanosemen“, dann aber bei geringen Humusgehalten, vor.

#### **Normaler Tschernosem I** [Profil 430 = Foto 4.1-064 **CD**]

Der „Normale Tschernosem I“ wurde in Transekt 1 in der hochmontanen Gebüsch-Steppen-Stufe in 2 570 m Höhe in stark geneigter Nordexposition (NW 35°) unter *Campanula glomerata*-(*Elymus caninus*)-*Rosa platyacantha*-Gebüsch angetroffen. Der Oberboden weist einen Humusgehalt von 13 % auf. Der Humusvorrat liegt bei 2 675 dt/ha (0–20 cm) bzw. 4 750 dt/ha (0–40 cm). Carbonate kommen ab einer Tiefe von 41 cm vor. Der Carbonatanreicherungshorizont liegt bei 60–73 cm (25% Carbonat). Der carbonatfreie Oberboden weist eine neutrale Reaktion auf ( $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  6,8). Die darunter liegenden carbonathaltigen Horizonte sind schwach alkalisch ( $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  7,4–7,6).

#### **Normaler Tschernosem II** (mittelmächtig, nicht homogenisiert) [Profil 429 = Foto 4.1.-065 **CD**]

Der „Normale Tschernosem II“ wurde im Transekt 1 in der hochmontanen Gebüsch-Steppen-Stufe in 2 660 m Höhe unter *Leontopodium ochroleucum*-*Phlomis oreophila*-*Stipa capillata*-Steppe in mäßig geneigter Nordexposition (NNO 20°) angetroffen. Der Boden (Profil 429) ist in 0–10 cm Tiefe extrem humos (22,5 % Humus). Der Humusvorrat ist sehr hoch und liegt bei 3 081 dt/ha (0–20 cm) bzw. 5 370 dt/ha (0–40 cm). Die Carbonatgrenze liegt bei 30 cm Tiefe. Der Carbonatanreicherungshorizont folgt ab 50 cm. Die obersten 30 cm weisen einen neutralen  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Wert ( $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  6,5) auf, die darunter liegenden carbonathaltigen Horizonte sind schwach alkalisch ( $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  7,4–7,9). Im Profil 429 sind Krotowinen und starke biotische Aktivität zu erkennen. Das Profil ist durch Hangabtragungs- bzw. Hangauftragungsprozesse beeinflusst worden.

#### **Normaler Tschernosem III** [Profil 1 = Foto 4.1-066 **CD**]

Der „Normale Tschernosem III“ kommt im Transekt 3 in der submontanen Gebüsch-Steppen-Stufe in stärker geneigter Nordexposition unter *Berberis sphaerocarpa*-Gebüsch vor. Das aufgenommene Profil 1 liegt in einer Höhe von 1 940 m. Bei Profil 1 ist der Humushorizont mit 124 cm sehr mächtig. In 0–37 cm Tiefe ist der Oberboden sehr stark humos mit Humusgehalten von 14,4 %. Die Abnahme des Humusgehaltes erfolgt allmählich. In 86–124 cm Tiefe weist der Boden noch 4,2 % Humus auf. Der Ah-Horizont besitzt bis 124 cm Tiefe im feuchten Zustand eine einheitliche sehr dunkel grau braune Farbe (10 YR 2/2). Der Humusvorrat ist sehr hoch und liegt bei 2 882 dt/ha (0–20 cm) bzw. 5 566 dt/ha (0–40 cm). Die Carbonatgrenze liegt bei 124 cm. Der carbonatfreien A-Horizont ist neutral bis schwach alkalisch bei  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werten von 7,1...7,4. Das Profil 1 ist ungekappt. Die Tongehalte sind im gesamten Profil hoch (außer im Profilbereich 0–37 cm). Eine ausgeprägter Tonanreicherungshorizont fehlt. Der Boden weist insbesondere im trockenen Zustand große Farbunterschiede zwischen dunkleren Aggregatoberflächen und den mit Spaten oder Messer angeschnittenen helleren Flächen des Aggregatinneren auf (siehe Foto von Profil 1 mit Farbunterschieden zwischen abgestochener Fläche und Fläche mit herauspräparierten Aggregatoberflächen). Zermörserte Bodenproben besitzen jedoch die dunklere Farbe der Aggregatoberflächen. Die hellere Färbung der angeschnittenen Flächen ist vermutlich auf die Einregelung von Tonmineralen zurückzuführen.

#### **Normaler Tschernosem IV** [Profil 458 = Foto 4.1-067 **CD**]

Der „Normale Tschernosem IV“ wurde in Transekt 4 (Santasch) in der montanen Wald-Wiesensteppen-Stufe in 1 980 m in südexponierter Lage unter einer *Ziziphora clinopodioides*-*Artemisia dracunculus*-*Phleum phleoides*-Wiesensteppe angetroffen. Profil 458 besitzt einen

sehr stark humosen Oberboden mit 11,6 % Humus (bis 21 cm) und 4,6% Humus (bis 52 cm). Der Humusvorrat liegt bei 2 310 dt/ha (0–20 cm) bzw. 3 729 dt/ha (0–40 cm). Profil 458 ist ab 52 cm carbonathaltig. Zu einer stärkeren Carbonat-Anreicherung (23 % Carbonat) kommt es ab 70 cm. Der  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Wert liegt im Oberboden bei 6,2–6,3 (=sehr schwach sauer).

**Ausgelaugter Tschernosem I** [Profil 411 = Foto 4.1-068 CD; Profil 66 = Foto 4.1-069 CD; Profil 36 = Foto 4.1-070 CD; Profil 14 = Foto 4.1-071 CD, Profil 8 = Foto 4.1-072 CD; Profil 65 = Foto 4.1-073 CD]

Der „Ausgelaugte Tschernosem I“ kommt im Transekt 3 (Tschon-Örykty) in der montane Wald-Steppen-Wiesensteppen-Stufe vornehmlich in westexponierter Hanglage vor. Die aufgenommenen Profile liegen in 2 100...2 210 m Höhe. Der „Ausgelaugte Tschernosem I“ kommt sowohl unter Wiesensteppe als auch unter Fichten-Forst bzw. -Wald vor:

- Profile 411, 66: unter gebüschreicher *Campanula glomerata-Spirea hypericifolia-Elymus caninus*-Wiesensteppe,
- Profile 36, 14, 8: unter Fichtenwald (-forst), mit geringer Bodenvegetation
- Profil 65: unter gebüschreichem Fichtenwald.

Die Profile des „Ausgelaugten Tschernosems I“ haben sich in Löß, bzw. Lößderivaten ausgebildet. Der  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Wert des humosen Oberbodens liegt zwischen 5,1–6,2 (=schwach sauer bis sehr schwach sauer) und steigt nach unten hin zum Carbonatanreicherungshorizont auf 7,3–7,7 (schwach alkalisch) an. Die Carbonatgrenze liegt bei 68 ...>100 cm. Die Humusvorräte liegen bei 1 805–3 171 dt/ha (0–20 cm) bzw. 3 265–5 333 dt/ha (0–40 cm) und sind damit etwas geringer, als beim „Normalen Tschernosem III“, der im gleichen Transekt in einer tieferen Höhenstufe vorkommt. Beim „Ausgelaugten Tschernosem I“ haben sich im Unterschied zum „Ausgelaugten Tschernosem II“ keine Ton-Humusbeläge an den Aggregatoberflächen im Unterboden aufgrund tiefer Trockenrisse ausgebildet, obwohl bei den Profilen beider Untertypen der Substrattyp Schluff war und die Tongehalte in ähnlichen Größenordnungen lagen. Das deutet darauf hin, daß bei den „Ausgelaugten Tschernosemen I“ gleichmäßigere Feuchtebedingungen existieren und es nicht zu einer zeitweiligen tiefen Austrocknung des Bodens kommt.

Bei Profil 411 (unter Wiesensteppe) ist der 80 cm mächtige Ah-Horizont sehr schwach sauer bei  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werten von 5,6–6,2. Im carbonatfreien A/C-Horizont ist bei einem neutralen  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Wert von 6,9 eine Tonanreicherung zu verzeichnen. Unmittelbar unter dem carbonatfreien A/C-Horizont folgt ab 93 cm Tiefe der Carbonatanreicherungshorizont mit 26 % Carbonat bei schwach alkalischem  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Wert von 7,7 und wiederum sehr geringen Tongehalten. Es ist ein scharfer Übergang vom dunkel gefärbten mäßig humosen A/C-Horizont zum humusfreien hell gefärbten C bzw. Ca-Horizont zu erkennen. Dieser scharfe Übergang kann aufgrund von Solifluktuationsprozessen am Hang zustande gekommen sein. Zwischen dem A/C- und dem Ca bzw. C-Horizont ist somit ein scharfer Übergang bezüglich Farbe, Carbonat- und Tongehalt zu verzeichnen, wobei kein Substratwechsel vorliegt. Ähnlich scharfe Übergänge kommen auch bei anderen Profilen der „Ausgelaugten Tschernoseme I“ in Hanglage vor. Aufgrund des Hangtransportes befindet sich der Löß in sekundärer Lagerung.

Unter Fichten-Anpflanzung (Profile 36, 14, 8) kommt es bei den „Ausgelaugten Tschernosemen I“ zur Ausbildung einer organischen Auflage mit 34...45 % Humus (rohhumusartiger Moder). Die Baumvegetation führt zu einem starken Wasserentzug und zu einer Austrocknung des Bodens. Dabei kommt es zu einer Verhärtung der Bodenaggregate, die mit Wasser nur schwer benetzbar sind. Die Bodenvegetation ist aufgrund der trockenen Bedingungen nur sehr spärlich ausgebildet. Es ist anzunehmen, dass die Bodenfauna unter Fichtenforst bei den harten, trockenen Bodenaggregaten stark beeinträchtigt ist. Darauf deutet auch die

Bildung einer organischen Auflage hin. Beim „Ausgelaugten Tschernosem I“ kam es unter Wald jedoch zu keiner deutlichen Versauerung des Oberbodens. Der „Ausgelaugte Tschernosem I“ scheint noch eine hohe Pufferkapazität zu besitzen. Eine pH-Absenkung ging möglicherweise schon unter früheren Bedingungen (ohne Wald) vonstatten. Darauf deutet auch hin, dass über weite Bereiche des mächtigen Ah-Horizontes der pH-Wert annähernd gleich hoch ist. Eine Degradierung und Versauerung von Tschernosemen unter Wald beginnt im allgemeinen von der Oberfläche aus.

Profil 65 befand sich unter mesoklimatisch frischeren Bedingungen (engere Tallage, Ost, 18°) mit offenem gebüschreichen Fichtenwald (Vegetationsaufn. T66) und nimmt eine Übergangstellung zwischen bewaldeten und nicht bewaldeten Formen des „Ausgelaugten Tschernosems I“ ein.

**Ausgelaugter (Trockenriß-) Tschernosem II** [Profil 451 = Foto 4.1-074 CD; Profil 457 = Foto 4.1-075 CD; (Profil 454)]

Der „Ausgelaugte (Trockenriß-)Tschernosem II“ kommt im Transekt 4 (Santasch) in der montanen Wald-Wiesensteppen-Stufe in nordexponierter Lage unter einer *Veratrum lobelianum-Phleum pratense*-Wiesensteppe vor. Die aufgenommenen Profile befanden sich in 2 020...2 170 m Höhe. Die „Ausgelaugten Tschernoseme II“ haben sich in Schluff-, bzw. Kalkschluff, z.T. leicht skeletthaltig, ausgebildet. Der Oberboden der Profile 451 und 457 weist in 0–5 cm Tiefe einen Humusgehalt von 15–21 %. Der humose Ah-Horizont ist mit 46...52 cm mittelmächtig und weist ein sehr gut ausgebildetes Krümelgefüge auf. Der Humusvorrat liegt bei 2 458–2 606 dt/ha (0–20 cm) bzw. 3 920–4 067 dt/ha (0–40 cm). Zahlreiche Krotowinen und Regenwurmgänge zeugen von einem aktiven Bodenleben. Besonders bei Profil 457 befanden sich an der Oberfläche zahlreiche Eingangslöcher von Bodenwühlern. Carbonate kommen ab einer Tiefe von 66...100 cm vor. Die Böden weisen keinen ausgeprägten Carbonatanreicherungshorizont auf. Bis in eine Tiefe von 170 cm lagen die maximalen Carbonatgehalte bei 10...14,1 %. Bei Profil 451 lag in 80–104 cm Tiefe eine Carbonatanreicherung mit 12,3 % Carbonat vor, darunter nahm der Carbonatgehalt wieder ab. Der helle Streifen bei Profil 451 unterhalb des Ah-Horizontes bei 52–67 cm kann damit erklärt werden, dass bei geringem Humusgehalt der Boden nur schwach feucht (feu2) und damit heller war, als die darunter liegenden feuchten Horizonte. Carbonatmyzelien kamen in dem Horizont noch nicht vor und können nicht für die genannte helle Färbung verantwortlich sein. Der Oberboden der „Ausgelaugten Tschernoseme II“ weist bis 52 bzw. 80 cm Tiefe einen  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Wert von 4,5–5,2 (6,0) (=mäßig bis schwach sauer) auf. Der carbonathaltige Unterboden ist dagegen schwach alkalisch mit  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werten bis 8,1. Besonders charakteristische Merkmale des „Ausgelaugten Tschernosems II“ sind die sehr gut ausgebildete Krümelstruktur im Ah-Horizont mit sehr stabilen großen Krümeln (=stark groß-krümelig), sowie die glänzenden schwarzen Ton-Humus-Beläge an den Aggregatoberflächen von Polyedern im Unterboden (Bth-, Bthca, Bhca-Horizonte) in einer Tiefe von 67/80...104/130 cm. Die entsprechend ausgeprägte Verlagerung von Humus und Ton entlang von Kluftflächen von Trockenrissen deutet auf ein ausgeprägtes Wechselfeuchteregime zwischen humiden und ariden Bedingungen mit zeitweiliger tiefer Austrocknung und tiefem Aufreißen des Bodens hin. Entlang dieser Spalten kann bevorzugt humoses Material aus dem Oberboden in den Unterboden gelangen. Der Prozeß der Verlagerung von Ton und Humus entlang von Trockenrissen ist nicht identisch mit der Tonverlagerung in den Tonanreicherungshorizont (Illuvialhorizont), der i.d.R. über dem Carbonatanreicherungshorizont liegt. Bei Profil 451 befinden sich auch unterhalb des Tonanreicherungshorizontes in 80–120 cm Tiefe noch schwarze Beläge an den Aggregatoberflächen (in Kluftspalten). Bei Profil 451 sind ab 120 cm Tiefe hydromorphe Oxidations- und Reduktionsflecken zu erkennen. Profil 451 wird nach FAO damit jedoch nicht als „Gleyic Chernozem“ angesprochen, da die gleyic-Eigenschaften erst unterhalb von 100 cm Tiefe auftreten. Bei Profil 457 kamen dagegen bis 170 cm Tiefe keine Hydromorphie-



Merkmale vor. Die Hydromorphie-Merkmale könnten durch zeitweiligen Stau von Versickerungswasser, insbesondere nach Abschmelzen der mächtigen Schneedecke und durch laterale Bodenwasserbewegung und Wasserzulauf von Oberhangbereichen erklärt werden. Daß laterale Bodenwasserbewegung eine größere Rolle spielen kann, deuten die kleinen vermoorten Bereiche mit Bodenwasseraustritten an, die überall im leicht hügeligen Relief, auch in mittlerer Hanglage vorkamen. Die Fläche bei Profil 457 soll früher beackert worden sein, was aber keine deutlichen Auswirkungen auf die Bodeneigenschaften hatte. Profil 454 liegt in der Nähe eines Viehstalles und ist durch stärkere Beweidung und vermutlich durch Erosion geprägt. Die Humusgehalte liegen im Oberboden mit 16 % in 0–9 cm Tiefe zwar noch genau so hoch, wie bei den weniger intensiv beweideten Böden, der  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  ist im Oberboden aber höher 6,1–6,8. Außerdem kommen höhere Tongehalte bei Profil 464 bereits ab 15 cm vor, was bei den anderen Profilen erst ab 52 bzw. 80 cm der Fall war. Das könnte mit Erosion des tonärmeren Oberbodens erklärt werden (Prof. 454 Nähe alter Schaflägerflur).

**Kolluvial-Tschernosem I** [Profil 412; Profil 74 = Foto 4.1-077 **CD**; Profil 409 = Foto 4.1-078 **CD**; Profil 401 = Foto 4.1-079 **CD**; Profil 18 = Foto 4.1-080 **CD**]

Die „Kolluvial-Tschernoseme I“ kommen in Transekt 3 in der submontanen Gebüsch-Steppen-Stufe in Talsohlenlage vor. Auf benachbartem Nordhang kommt „Normaler Tschernosem III“, auf benachbartem Südhang „Dunkler Kastanosem I“ vor. Die „Kolluvial-Tschernoseme“ weisen eine größere Variabilität im Substrat, im Humusvorrat (1 382...2 696 dt/ha in 0–20 cm bzw. 2 430...4 131 dt/ha in 0–40 cm Tiefe) und der Carbonatgrenze (0...72 cm) auf. Das Substrat ist unterschiedlicher (kolluvialer bzw. alluvialer) Herkunft. Teilweise sind mehrmalige Substratwechsel im Profil zu verzeichnen. Bei „Kolluvial-Tschernosemen“ kann sowohl eine Akkumulation von humusreichem Oberbodenmaterial der Hänge, als auch eine verstärkte autochthone Humusbildung unter bevorzugten Feuchtebedingungen in geschützter Talsohlenlage bzw. unter etwaigem Hangwassereinfluss von Bedeutung sein. Ob teilweise ein geringer Einfluss von tiefen Grundwasserständen wirksam war, konnte innerhalb der untersuchten Profiltiefe (max. 130 cm) nicht festgestellt werden. Die in der Talsohle liegenden „Kolluvial-Tschernoseme“ werden zum größten Teil intensiv beweidet, ohne dass dabei stärkere Erosionserscheinungen auftreten.

**Kolluvial-Tschernosem II** [Profil 167 = Foto 4.1-084 **CD**]

Der „Kolluvial-Tschernosem II“ kommt in Transekt 1 in in der subalpinen Gebirgsrasen-Steppen-Stufe unter einer Weide aus *Festuca rubra*, *Cirsium sairamense*, *Phlomis oreophila*, *Leontopodium ochroleucum*, *Kobresia humilis*, u.a. vor. Das Profil 167 befindet sich in 2 800 m Höhe in ebener bis leicht nordexponierter Lage an einer 1–2 m tiefen Erosionsrinne. Der „Kolluvial-Tschernosem II“ befindet sich im Areal von „Carbonat-Tschernosem II“, ist selbst jedoch bis > 125 cm Tiefe carbonatfrei, was damit erklärt werden kann, dass auf die ehemalige Oberfläche carbonatfreies Bodenmaterial aufgetragen wurde. Trotz der Carbonatfreiheit weist der Boden erstaunlich hohe  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte von 7,3...8,1 auf.

**Tschernosem-Ranker** [Profil 456 = Foto 4.1-082 **CD**]

„Tschernosem-Ranker“ (Profil 456) finden sich im Transekt 4 in der montanen Wald-Wiesensteppen-Stufe in steiler nordexponierter Hanglage (35°) unter einem offenen gebüschreichen Fichten-Bestand in einer Höhe von 2 070 m. Sie besitzen einen geringmächtigen (22 cm) Ah-Horizont. Carbonat kommt ab 22 cm Tiefe vor. Die Tongehalte sind bereits im Oberboden sehr hoch. Die trockenen bis schwach feuchten Bodenaggregate wiesen eine sehr harte Konsistenz auf. Es ist anzunehmen, dass der „Tschernosem-Ranker“ durch Erosion aus einem „Ausgelaugten Tschernosem“ hervorgegangen ist. Ein früherer Kahlschlag kann für die Erosion verantwortlich sein.

## 4.1.6.6 Brauntschernoseme

**Allgemeines, Genese:**

Aufgrund von bodengenethischen Untersuchungen in der Mongolei stellt KOWALKOWSKI (1989:12) fest, dass sowohl Braunerden als auch Brauntschernoseme unter periglazialen Klimaverhältnissen entstehen können. Die Brauntschernoseme haben sich aus kaltzeitlich entstandenen Braunerden durch Überlagerung mit einer Tschernosembildung infolge Klimaerwärmung gebildet (KOWALKOWSKI 2002: mündl. Mitteil.). Im Tienschan kommen die Brauntschernoseme unter trockeneren Bedingungen als die Braunerden vor. Die extrem humosen Brauntschernoseme im Tienschan können jedoch nicht mit den mitteleuropäischen Braunerde-Tschernosemen verglichen werden, die als degradierte Tschernoseme angesehen werden (SCHACHTSCHABEL et al. 1998: 424, KUNTZE et al. 1994:262).

**Brauntschernoseme** (Profil 156 = Foto 4.1-83 **CD**; Profil 160 = Foto 4.1-88 **CD**; Profil 161 = Foto 4.1-89 **CD**; Profil 428; Profil 165)

Die „Brauntschernoseme“ kommen im Transekt 1 in der unteren alpine Gebirgsrasen-Steppen-Stufe auf Nordhängen und in ebener Lage unter einem *Parnassia laxmannii*-*Kobresia capilliformis*-*Kobresia humilis*-Gebirgsrasen bei 500–600 mm Jahresniederschlag vor. Die Profile befinden sich in 2 830–2 950 m Höhe.

Tabelle 4.1-30: Brauntschernoseme

	Profile	Vorkommen	Vegetation	NRF
Braun- tschernoseme	156, 160, 161, 428, 165	Transekt 1 2 830–2 950 m, untere alpine Gebirgsrasen-Steppen- Stufe, N-Ex-position, ebene Lage	<i>Parnassia laxmannii</i> - <i>Kobresia capilliformis</i> - <i>Kobresia humilis</i> -Gebirgs- rasen	28

Die Brauntschernoseme werden nach der kirgisischen Bodenklassifikation als „Subalpine Wiesen-Gebirgsböden“ (Ansprache durch VORONOV & MAMYTOVA 2000 in Bischkek). Nach FAO als „Calcic Chernozems“ bezeichnet. Sie haben sich in Kalkschluff über Moränenschutt ausgebildet. Es wurden Ausbildungen mit carbonatfreiem Bv-Horizont (Profile 160, 161, 428) und Ausbildungen mit carbonathaltigem Bvca bzw. BvCa (Profile 156, 165) angetroffen. Profil 165 war kolluvial beeinflusst. Die „Brauntschernoseme“ besitzen einen extrem bis sehr stark humosen Oberboden, mit 35–42 cm Mächtigkeit. Bei dem leicht erodierten Profil 428 ist der Oberboden 20 cm mächtig, bei kolluvial beeinflusstem Profil 165 ist der Oberboden 48 cm mächtig. Der Oberboden ist bis ca. 20 cm Tiefe extrem humos mit Humusgehalten von 15–32 %. Ab ca. 20 cm bis 35...48 cm ist der Oberboden stark bis sehr stark humos mit Humusgehalten von 7–12 %. Die „Brauntschernoseme“ erreichen unter den anhydromorphen Böden des Untersuchungsgebietes damit die höchsten Humusvorräte in 0–20 cm Tiefe (3 262...3 754 dt/ha, Abb. 4.1–10). Die Farbe des Oberbodens (Aw, Ah) ist schwarz bis sehr dunkel braun (10 YR 2/1...2, feucht). Der AhBv ist dunkelbraun (10 YR 3/3, feucht). Besonders charakteristisch ist der scharfe Übergang bei 35...48 cm vom homogen erscheinenden extrem bis stark humosen Oberboden (Ah) zum humusarmen Unterboden (Bv bzw. Bvca, BvCa mit brauner bis gelblich brauner Farbe: 10 YR 4/3...5/4, feucht). Der scharfe Übergang wird gekennzeichnet durch einen starken Rückgang der Humusgehalte, durch deutliche Farbänderungen und eine starke Abnahme der Durchwurzelungsintensität. So waren bei Profil 156 unterhalb des extrem bis sehr stark durchwurzelten Humushorizontes (W6, W5) so gut wie keine Wurzeln mehr zu beobachten. Zu einer starken Abnahme der Wurzeln kommt es ebenfalls bei Profil 156 (35 cm) und 428 (33 cm), weniger starke Abnahme der Wurzeln waren bei den

Profilen 160 und 161 zu verzeichnen. Der homogene Ah-Horizont und der scharfe Übergang zum humusarmen Unterboden deuten auf kryogene Bodendurchmischung des Oberbodens hin. Die kurze Vegetationsperiode, die geringe Erwärmungstiefe des Bodens und das Fehlen einer sommerlichen Trockenpause begrenzen die Durchwurzelungstiefe und die Aktivität der Bodenfauna in den unteren Profilbereichen. Krotowinen waren nur bis 50...60 cm Tiefe zu beobachten (Profile 156, 164a). Aufgrund des ausgeglichenen Temperatur- und Feuchtehaushaltes auf Nord-Exposition, ist es für die Pflanzen ausreichend, nur die oberen Bodenbereiche zu erschließen. In Hanglage kann die relativ scharfe Grenze zwischen humosem Oberboden und Unterboden durch Solifluktion (Hanggleiten) des Oberbodens verstärkt worden sein. An Nordhängen (2 800...2 900 m Höhe) deuten in der Rasennarbe an der Bodenoberfläche schwach ausgeprägte große Polygonstrukturen auf Solifluktionserscheinungen hin. Dauerfrost war im Boden bis 120 cm Tiefe nicht feststellbar. Dauerfrost ist in diesem Höhenbereich jedoch auch noch nicht zu erwarten, auch wenn Frost-Gefügestrukturen (plattiges Frostgefüge, „Kügelchenfrostgefüge“), wie sie auch bei Böden mit aktuellem Dauerfrost (Profile 425, 426 im Transekt 5) vorkommen, zu beobachten waren. Aktuell konnte Dauerfrost erst in 3 750 m Höhe in Transekt 5 festgestellt werden, wo er in Abhängigkeit von der Exposition und Relieflage in einer Bodentiefe von 70...>200 cm vorkam. Im Unterschied zu den hier dargestellten „Brauntschernosemen“ ist bei typischen Steppenböden (Tschernoseme, Kastanoseme) aufgrund einer stärkeren Erwärmung und einer zeitweiligen Austrocknung des Bodens eine tiefere Einarbeitung des Humus in den Boden, ein allmählicher Übergang zum humusärmeren Unterboden, eine tiefe Durchwurzelung und eine höhere Aktivität der Bodenfauna bis weit in den Unterboden zu verzeichnen.

Der extrem humose Oberboden wies  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte von 5,5...6,5 auf (sehr schwach sauer). Unterhalb des carbonatfreien Ah- bzw. Bv-Horizontes folgte ab 35...70 cm ein ausgeprägter Carbonatanreicherungshorizont mit 20...30 % Carbonat. Der carbonathaltige Unterboden war schwach bis mäßig alkalisch mit  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werten von 7,2...8,7. Bei Profil 156 folgte unmittelbar unter dem carbonatfreien AhBv-Horizont ein Carbonatanreicherungshorizont (Bvca) mit 30 % Carbonat. Die Tongehalte sind in den Ah-, AhBv- und Bv- (Bvca, BvCa)-Horizonten hoch und deuten auf Braunverwitterung und Tonmineralneubildung hin.

Das Profil 156 befindet sich in ebener bis leicht geneigter Lage und besitzt deutlicher ausgeprägte Bodenstrukturen (Fotos 4.1-084 bis 4.1-087 **CD**, dort Detailfotos 1-4), als die in Hanglage befindlichen, stärker durch Solifluktion geprägten und durchmischten Böden:

Profil 156:

0 - 20 cm (Aw, Ah): extrem humoser, lockerer Oberboden; mäßig ausgeprägtes, klein - mittelkrümeliges Gefüge. Trockene Bodenproben erinnern an Kohlengrus, sind mit der Hand leicht zu zerdrücken und sind dann staubig.

20 - 35 cm (AhBv): plattiges Frostgefüge, mit parallel zur Oberfläche brechbaren Aggregaten mit glänzenden Oberflächen

35 - 58 cm (BvCa 1): Der Horizont wies ebenfalls ein plattiges Frostgefüge mit parallel zur Oberfläche brechbaren Aggregaten mit glänzenden Oberflächen auf (Foto 4.1-084 [CD](#)). Zusätzlich waren kleine, 1-2 mm große Kügelchen-Strukturen im schluffigen Substrat zu erkennen. Weiterhin wies der Horizont kreisförmige Strukturen von 5-7 mm Durchmesser, mit ringförmigen Carbonatauscheidungen an den Außenrändern auf. Diese kreisförmigen Strukturen können aufgrund ihrer horizontalen Ausrichtung als ehemalige Wurzelbahnen interpretiert werden (KOWALKOWSKI 2002, mündl. Mitteil; Detail 3 auf Foto 4.1-086 [CD](#)). Die Bahnen verliefen vor allem in horizontaler, teilweise auch in vertikaler Richtung. Da unter der aktuellen Rasen-Vegetation keine derartigen dicken Wurzeln vorkommen, ist davon auszugehen, dass sie unter einer Strauch- (bzw. Baum?-) Vegetation zustande gekommen sein müssen. Da in der entsprechenden unteren alpinen Höhenstufe keine Strauch- und Baumvegetation angetroffen wurde, ist davon auszugehen, dass diese Wurzelbahnen unter früheren, wärmeren Klimabedingungen, wo Gehölzwachstum möglich war, entstanden sind. Der Horizont ist weiterhin mit Carbonat-Myzelien durchsetzt, die sich teilweise in Nestern von 5-10 cm Größe konzentrieren (Foto 4.1-087 [CD](#)). Krotowinen von 5 cm Durchmesser befanden sich in ca. 55 cm Tiefe (Foto 4.1-085 [CD](#)).

58 - 80 cm (BvCa 2): Der Horizont wies Carbonatmyzelien auf, die z.T. in Nestern konzentriert waren. Steine wiesen dünne Beläge aus Bodenmaterial auf, mit 1 mm breiten Strukturen, die an Gangmuster von Tieren erinnern. Das Gefüge war klein-polyedrisch.

80 - 120 cm (Ca): Substratwechsel, Kalk Sandlehmskelett über Moränenschutt.

**Nutzung**

Aufgrund der sehr lockeren Oberbodenstruktur können die Brauntschernoseme, z.B. durch Krafffahrzeuge, leicht verdichten, wobei sich deutliche Spurrinnen in den Boden eindrücken. Das sind bevorzugte Angriffsstellen für linienhafte Erosion beim Zusammenlaufen von Oberflächenwasser. Eine geregelte Beweidung führt dagegen nicht zu Schäden.

## 4.1.6.7 Braunerden

**Genese**

Voraussetzung für die Braunerdeentstehung ist eine Entkalkung und ein periglaziäres Milieu (KOPP u.a. 1969: 56ff.; KOPP et al. 1982: 54; KOWALKOWSKI 1989). Die Braunerdeentstehung erfolgt unter kalthumiden Bedingungen. Die Verbraunung besteht in einer Silikatverwitterung mit Oxydation des freigelegten Eisens und Neubildung von Tonmineralen. Eine besonders intensive Verwitterung bei der Braunerdebildung findet im Wechselfrostbereich statt (KOPP et al. 1982: 54; KOWALKOWSKI 1989:11). „Bei Dominanz der Niederschläge über die Verdunstung ist im kryogenen Boden die Humusakkumulation unbedeutend. Erst beim Übergang zum Gleichgewicht zwischen Niederschlägen und Verdunstung entstehen im kalten Klima günstige Voraussetzungen zur schwarzerdeähnlichen Humusakkumulation“ (KOWALKOWSKI 1989: 20). Die Braunerden besitzen im Gegensatz zu den Schwarzerden eine hohe Resistenz gegen Einwirkungen von zeitlich wechselnden Konstellationen der Bodenbildungsfaktoren (KOWALKOWSKI 1989: 7). Somit konnten sich die reliktsch gebildeten Braunerden auch unter extraperiglaziären Bedingungen erhalten (insbesondere Bv-Horizont). So sind im Tienschan auch Braunerden in (mittleren) Höhenstufen anzutreffen, deren Klima nicht einem periglaziären Milieu entspricht. Lediglich der Ah-Horizont hat sich dort unter rezenten Bedingungen ausgebildet. Bei carbonathaltigen Braunerden ist davon

auszugehen, daß die Carbonate sekundär angereichert wurden. Eine rezente Braunerdebildung erfolgt nach KOWALKOWSKI & STARKEL (1984, zitiert in KOWALKOWSKI 1989:11) z.B. in der Mongolei im Changaj über 2 800 m Höhe. Dabei dominieren die Niederschläge über die Verdunstung, die mittleren Jahrestemperaturen liegen zwischen  $-6,5$  und  $-10$  °C und die mittleren Julitemperaturen unter  $+8$  °C. Auch im Tianschan kann in höheren Bereichen mit einer rezente Braunerdebildung gerechnet werden, wenn humide Bedingungen vorliegen. Entsprechende Böden wurden jedoch nicht aufgenommen. Das höchstgelegene Gebiet (Transekt 5, bei 3 750 m NN) welches im Rahmen dieser Arbeit untersucht wurde, wies bei Dauerfrost im Unterboden Kalkbraunerden mit sekundären Carbonaten auf. Die aktuellen Klimabedingungen waren für eine rezente Braunerdebildung an diesem Standort offensichtlich zu arid (da carbonathaltig), eine schwarzerdeähnliche Humusakkumulation fand aufgrund mangelnder Vegetationsbedeckung jedoch auch nicht statt.

Eine andere, weit verbreitete Hypothese besagt, daß die Braunerdeentstehung unter gemäßigt humiden Klimabedingungen, wie sie unter sommergrünem Laubwald bestehen, erfolgt (SCHACHTSCHABEL et al. 1998: 425). Mit dieser Hypothese kann jedoch nicht das Vorkommen von Braunerden unter Hochgebirgsbedingungen, insbesondere in den oberen Gebirgslagen erklärt werden. Für eine genauere Analyse über Verwandtschaft der Braunerden des Tianschan mit denen Mitteleuropas wären Spezialuntersuchungen der Fe-Oxyde und der Tonminerale notwendig (BÄUMLER 2001).

### Systematik, Untergliederung

In der Kirgisischen Bodenklassifikation wurden Braunerden bisher nicht als solche angesprochen. Braunerden finden sich hinter Bezeichnungen wie „Tschernosemartige Gebirgswaldböden“<sup>15</sup>, „Subalpine Wiesen-Gebirgs-Böden“, „Subalpine Wiesensteppen-Gebirgs-Böden“, „Subalpine Wiesensteppen-Gebirgstal-Böden“ u.a. Nach FAO können die Braunerden im Untersuchungsgebiet als „Dystric Cambisols“ und „Humic Cambisols“ angesprochen werden. „Kalkhaltige Braunerden“ wären als „Calcic Kastanozems“ anzusprechen.

Im Untersuchungsgebiet wurden die Braunerden in verschiedene Untertypen unterteilt (Tab. 4.1-31a).

Tabelle 4.1-31a: Untertypen der Braunerde

Untertyp	Profile	Vorkommen	Vegetation	NRF
Saure Braunerde I	406, 17, (5)	Transekt 3 2 100...2 270 m, montane Wald-Steppen-Wiesensteppen-Stufe, N-Exposition	<i>Goodyera repens</i> – <i>Rhytidiadelphus triquetus</i> – <i>Picea schrenkiana</i> -Wald	55
Saure Braunerde II	62, 71, 61	Transekt 3 2 500...2 600 m, hochmontane Wald-Stufe und subalpine Gebüschwald-Stufe	beweideter <i>Aconitum septentrionale</i> – <i>Alchemilla retropilosa</i> – <i>Picea schrenkiana</i> -Offenwald; <i>Juniperus turkestanica</i> – <i>Picea schrenkiana</i> -Gebüschwald	60, 62
Saure Braunerde III	420, 9	Transekt 3, TÖ7, 3 000 m, untere alpine Gebirgswiesen-Kniegebüsch-Stufe	<i>Pedicularis oederi</i> – <i>Allium atrosanguineum</i> – <i>Alchemilla retropilosa</i> -Gebirgswiese	66

<sup>15</sup> In älteren Publikationen werden die Böden der Fichten-Wälder noch als „Braune Gebirgswaldböden“ bezeichnet (MAMYTOV et al. 1974).

Saure Graubraunerde	412, 60, 70	Transekt 3 (2 770) 2 900...3 000m, untere alpine Gebirgs- wiesen-Kniegebüsch-Stufe	<i>Rhodiola linearifolia</i> - ( <i>Erigeron aurantiacus</i> -) <i>Juniperus turkestanica</i> - Kniegebüsch	65
Kryo-Kalkbraunerde I	425	Transekt 5 3 750 m, hochalpine Polstertundren-Gebirgssteppen-Stufe	<i>Smelovskia calycina</i> - <i>Sibbaldia tetrandra</i> - Polsterflecken- Gebirgstundra	73
Kryo-Kalkbraunerde II	427	Transekt 5 3 750 m, hochalpine Polstertundren-Gebirgssteppen-Stufe	<i>Kobresia humilis</i> - <i>Festuca alata</i> <i>alata</i> -Gebirgssteppe	74
Kolluvial-Braunerde	35	Transekt 3 2 000 m, montane Wald- Steppen-Wiesensteppen- Stufe, in Talsohle	<i>Urtica cannabiana</i> - <i>Poa supina</i> -Weide, (potentiell Fichtenwald)	58
Saure Kolluvial-Braunerde, podsoliert	10	Transekt 3 2 670 m, subalpine Gebüschwald-Stufe	<i>Alchemilla retropilosa</i> - Lägerflur	63
(Gebirgssteppen) Kolluvial-Braunerde	426	Transekt 5 3 850 m, hochalpine Polstertundren-Gebirgssteppen-Stufe	<i>Kobresia humilis</i> - <i>Festuca alata</i> <i>alata</i> -Gebirgssteppe	75

Tabelle 4.1-31b: Untertypen der Braunerde

Untertypen	alternative Benennung	Kirgisische Bodenklassifikation (Ansprache durch VORONOV & MAMYTOVA: 2000 in Bischkek)	FAO
Saure Braunerde I	(saure) montane Fichtenwald-Braunerde	Tschernosemartige Gebirgs-Waldböden (Subalpine Wiesen-Gebirgsböden, falls ohne Wald)	Dystric Cambisol
Saure Braunerde II	(saure) hochmontane Fichtenwald-Braunerde	Subalpine Wiesensteppen-Gebirgstal-Böden, subalpine Wiesen-Gebirgsböden	Dystric Cambisol
Saure Braunerde III	(saure) subalpine Gebirgs-wiesen-Braunerde	Subalpine Wiesen-Gebirgs-Böden	Dystric Cambisol
Saure Graubraunerde	(saure) subalpine Graubraunerde	Subalpine Wiesensteppen-Gebirgs-Böden	Humic Cambisol
Kryo-Kalkbraunerde I	Polstertundren-Kryo-Kalkbraunerde	Helle Gebirgs-Kastanoseme	Calcic Kastanozem
Kryo-Kalkbraunerde II	Gebirgssteppen-Kryo-Kalkbraunerde	Alpine Wiesensteppen-Gebirgs-Böden	Calcic Kastanozem
Kolluvial-Braunerde (TÖ5)			Humic Cambisol
Saure Kolluvial-Braunerde (pods.)		Subalpine Wiesen-Gebirgs-Böden	Dystric Cambisol
(Gebirgssteppen) Kolluvial-Braunerde		Alpine Wiesensteppen-Gebirgs-Böden	Haplic Kastanozem

### Saure Braunerden (I – III)

Die „Sauren Braunerden“ sind carbonatfrei und im Oberboden mäßig bis schwach sauer bei  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werten von 3,9...5,2. Durch die sauren Bedingungen, die geringere Aktivität von Bodentieren, den ausgeglichenen Feuchtehaushalt und das Fehlen von Austrocknungsperioden kommt es nur zu einer geringen Einarbeitung von pflanzlicher Substanz in tiefere Bodenschichten durch die Bodenfauna. Die Bildung stabiler Ton-Humus-Komplexe ist gering. Der größte Humusanteil konzentriert sich i.d.R. auf die obersten Horizontbereiche. Unter Wald (z.T. auch unter waldfreier Vegetation) kommt es zur Ausbildung organischer Auflagen. Die Braunerden weisen im Unterschied zu den Brauntschernosemen und Tschernosemen deutlich geringere Humusgehalte im Mineralboden auf. Die Humusvorräte (inkl. org. Auflage) der „Sauren Braunerden I – III“ liegen bei 1 206–1 861 dt/ha (0–20 cm) bzw. 2 015–2 443 dt/ha (0–40 cm). Die „Sauren Braunerden“ kommen auf den nordexponierten Hängen vor allem in schluffhaltigem Substrat (Lößderivaten) vor. Die Tongehalte im Ah, AhBv und Bv-Horizont sind recht hoch. Unter den feuchten Standortbedingungen weisen die „Sauren Braunerden“ eine weiche Konsistenz auf. Im luftgetrockneten Zustand haben die bindigen Bodenproben jedoch eine harte bis sehr harte Konsistenz (nicht so bei „Kryo-Kalkbraunerden“!). Die Braunerden weisen ein subpolyedrisches Gefüge auf. Die Bv-Horizonte und die humusärmeren AhBv-Horizonte der „Sauren Braunerden“ haben Munsell-Farbwerte von 7,5...10 YR 4/3...4/4 (feucht; = braun bis dunkel gelblich braun).

**Saure Braunerde I** (Profil 406 = Foto 4.1-091 **CD**; Profil 17 = Foto 4.1-092 **CD**; (Profil 5 = Foto 4.1-093 **CD**))

Die „Saure Braunerde I“ kommt im Transekt 3 in der montanen Wald-Steppen-Wiesensteppen-Stufe in nordexponierter Hanglage unter einem *Goodyera repens-Rhytidiadelphus triquetus-Picea schrenkiana*-Wald vor. Die untersuchten Profile liegen in 2 100...2 270 m Höhe. Die Profile sind in Lößderivaten über Granit ausgebildet. Unter einer weitgehend geschlossenen Moosdecke befindet sich eine geringmächtige organische Auflage von 2–7 cm, der ein geringmächtiger Ah-Horizont von 6–14 cm folgt. Die organische Auflage enthält 24...45 % Humus und kann mit einem C/N-Verhältnis von 17,0...18,6 als mullartiger Moder angesprochen werden (KOPP & SCHWANECKE 1994: 41). Der Ah-Horizont enthält 4 bzw. 13 % Humus (Werte gelten für Profile 406 und 17!). Der  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Wert des Oberbodens liegt bei 4,2–5,2 (mäßig bis schwach sauer). Die Braunerde weist hohe Tongehalte auf. Die „Sauren Braunerden“ weisen eine gewisse Farbdifferenz zwischen dunkleren Aggregatoberflächen und angeschnittenen Flächen des Aggregatinneren auf. Bei den Profilen 406 und 17 weist der Bv-Horizont Munsell-Farbwerte (feucht) von 7,5 YR 4/3...4/4 (= braun) auf.

**Saure Braunerde II** (Profil 62 = Foto 4.1-094 **CD**; Profil 71 = Foto 4.1-095 **CD**; Profil 61 = Foto 4.1-096 **CD**)

Die „Saure Braunerde II“ kommt in der hochmontanen Wald-Stufe und der subalpinen Gebüschwald-Stufe vor. Die untersuchten Profile lagen in 2 500–2 600 m Höhe. Die  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werte liegen bei 3,9...4,6 (= mäßig sauer).

#### Profil 62:

Das Profil befindet sich in ebener Lage unter beweideter Vegetation (Durchzugsweide, nicht unter Baum- oder Strauchvegetation). Unter dem Einfluß der Beweidung hat sich in 0–7 cm Tiefe ein Wurzelfilzhorizont mit 16 % Humus ausgebildet. Die obersten 0–7 cm weisen gegenüber den tieferliegenden Horizonten erhöhte Leitfähigkeitswerte auf ( $\text{EL}_{2,5} = 0,8 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ ), die offenbar auf Eutrophierung durch Weidetiere beruhen. Darunter folgt ein relativ mächtiger AhBv-Horizont mit 2,6–3,1 % Humus. AhBv und Bv sind 61 cm (53+8 cm) mächtig. Üblicherweise sind entsprechende Horizonte nur 40 cm mächtig, was mit der Tiefe der Wirksamkeit von tages- und jahreszeitlich bedingten Temperaturwechsellern im Boden zusammenhängt (KOWALKOWSKI 2002: mündl. Mitteil.). Daher ist anzunehmen, daß der Bv-

(bzw. AhBv-) Horizont durch Solifluktuationsprozesse 20 cm mächtiger geworden ist. Die Färbung des 53 cm mächtigen AhBv-Horizontes ist über den gesamten Bereich sehr homogen (10 YR 4/3, feucht), was auf Homogenisierung durch Kryoturbation hindeutet. Der 8 cm mächtige Bv-Horizont (in 60–68 cm Tiefe) grenzt sich scharf von dem darunter liegenden deutlich helleren C-Horizont ab. Der schmale Bv-Horizont wirkt aber auch etwas dunkler und weist einen rötlichen Farbton auf (7,5 YR 4/3, feucht) als der darüberliegende mächtige AhBv-Horizont. Der schmale Bv-Horizont ist stark verdichtet, wobei es zur Ansammlung von nicht gebundenem Bodenwasser und zu kleinen Wasseraustritten an der Profilwand im Bereich des Bv-Horizontes kam. Es handelt sich hierbei vermutlich um angestautes Sickerwasser, welches durch die relativ locker gelagerten darüberliegenden Horizonte gesickert ist. Der Boden ist bis 47 cm Tiefe durchwurzelt mit einem Krümel- bzw. Subpolyedergefüge, ab 47 cm Großpolyedergefüge. Der scharfe Übergang zum C-Horizont erinnert an den scharfen Übergang zum C-Horizont bei den „Ausgelaugten Tschernosemen I“ (z.B. Profil 411). Oberhalb der Horizontgrenze kommt es jeweils zu einer dunklen Verfärbung im unteren Bereich des relativ homogenen Ah-Horizontes. Im Unterschied zu den „Sauren Braunerden I“ weist Profil 62 keine Farbdifferenz zwischen Aggregatoberflächen und angeschnittenen Flächen des Aggregatinneren auf.

**Saure Braunerde III** [Profil 420 = Foto 4.1-097 [CD](#); Profil 9 = Foto 4.1-098 [CD](#)]

Die „Saure Braunerde III“ kommt im Transekt 3 in der unteren alpinen Hochgebirgswiesen-Wacholderkniegebüsch-Stufe in nordexponierter Hanglage vor. Die aufgenommenen Profile befanden sich in einer Höhe von 3 000 mNN unter einer *Pedicularis oederi*-*Allium atosanguineum*-*Alchemilla retropilosa*-Gebirgswiese. Die „Saure Braunerde III“ bildet sich in nordexponierter Lage in Schluff (Löß) über Gestein aus. Die Lößdecke ist i.d.R. geringmächtig (wenige cm bis 1 m). Der Oberboden wird aus einem homogenen AhBv-Horizont gebildet (10 YR 3/3, feucht = dunkelbraun) ohne einen abgesetzten, dunkler gefärbten Ah- Horizont. Es bildet sich keine organische Auflage aus. Der Bv-Horizont hat eine Munsell-Farbe von 10 YR 4/3 (feucht).

**Saure Graubraunerde** [Profil 412 = Foto 4.1-099 [CD](#); Profil 60 = Foto 4.1-100 [CD](#); Profil 70 = Foto 4.1-101 [CD](#)]

Die „Saure Graubraunerde“ kommt im Transekt 3, in der unteren alpinen Gebirgswiesen-Kniegebüsch-Stufe auf südexponierter Hanglage unter *Rhodiola linearifolia*-(*Erigeron aurantiacus*)-*Juniperus turkestanica*-Kniegebüsch vor. Die aufgenommenen Profile befinden sich in (2 770) 2 900...3 000 m Höhe. Bei Profil 412 besteht das Substrat aus Skelettsandlehm über Skelettsand. In südexponierter Lage kommt keine Lößdecke vor. Die „Saure Graubraunerde“ des Profils 412 besitzt eine organische Auflage mit 27 % Humus, die mit einem C/N-Verhältnis von 13,1 als Mull (KOPP et al., 1982.) bezeichnet werden kann. Der Humusvorrat liegt bei 2 795 dt/ha (0-20 cm) bzw. 4 215 dt/ha (0-40 cm). Die „Saure Graubraunerde“ weist höhere Humusgehalte und Humusvorräte auf als die „Saure Braunerde III“ in vergleichbarer Höhe auf Nordhängen.

**Kryo-Kalkbraunerde I** [Polstertundren-Kryo-Kalkbraunerde; Profil 425 = Foto 4.1-102 [CD](#)]

Die „Kryo-Kalkbraunerde I“ kommt in Transekt 5 (Arabel-Syrte) in der hochalpinen Gebirgs-Polstertundren-Gebirgssteppen-Stufe in windexponierter ebener Lage unter *Smelovskia calycina*-*Sibbaldia tetrandra*-Polsterflecken-Gebirgstundra vor. Das untersuchte Profil liegt in 3 750 m Höhe. An der Oberfläche bilden sich dichte Polsterflecken aus *Sibbaldia tetrandra* aus. Auf der freien Bodenoberfläche kommt es zur Ausbildung eines polygonartig aufgerissenen Plattengefüges. In den gut ausgeprägten 2-4 cm tiefen Rissen befinden sich Ansammlungen von Wanderflechten (*Aspicillia vagans*, *Aspicillia fruticulosa*, *Allocetraria madreporiformis*, det. LITTERSKI 2002). Die vorkommenden niedrigen krautartigen Pflanzen bzw. niedrigen Gräser wachsen bevorzugt in den Rissen. In den Rissen ist kapillarer Wasseraufstieg möglich und



die Pflanzen sind besser geschützt. Bis in ca. 40 cm Tiefe kamen Gefüge-Strukturen mit 1-2 mm kleinen Kügelchen aus Schluff („Kügelchen-Frostgefüge“) vor. Wie an einem benachbarten Standort festgestellt werden konnte, kommt Dauerfrost bei Böden in vergleichbarer Lage ab ca. 2 m Tiefe vor. Der Boden weist ab der Oberfläche sehr hohe Carbonatgehalte von 21 – 34 % Carbonat auf. Der  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Wert liegt im gesamten Profilbereich bei 6,5...6,9 (= neutral). Die elektrische Leitfähigkeit ist sehr gering. Der Boden ist salzfrei. AhBvCa und BvCa-Horizont weisen einen Munsell-Farbwert von 10 YR 4/3 (feucht) auf. Der Profilschnitt (Profil 425) erfolgte an einem *Sibbadia*-Polster. Unter der Polstervegetation befindet sich eine geringmächtige organische Auflage (5 cm) aus abgestorbenen Pflanzenresten der Polstervegetation. Bis 20 cm Tiefe folgt ein stark durchwurzelter AhBvCa-Horizont mit 2,7 % Humus. Unterhalb von 20 cm Tiefe kommen im Boden keine Wurzeln mehr vor. Der Humusvorrat ist gering und liegt bei 749 dt/ha (0–20 cm) bzw. 1 128 dt/ha (0–40 cm).

**Kryo-Kalkbraunerde II** [Gebirgssteppen-Kryo-Kalkbraunerde; Profil 427 =Foto 4.1-103 CD]

Die „Kryo-Kalkbraunerde II“ kommt in Transekt 5 (Arabel-Syrte) in der hochalpinen Polstertundren-Gebirgssteppen-Stufe in ebener, relativ geschützter, stärker sonnenexponierter Lage unter *Kobresia humilis*-*Festuca alata*-Gebirgssteppe vor. Das untersuchte Profil 427 liegt in 3 750 m Höhe. Bei der „Kryo-Kalkbraunerde II“ kommt bereits ab 80 cm Tiefe im Boden Dauerfrost vor. Der Unterboden wies zwischen 25-60 cm ein plattiges Frostgefüge auf. Der Boden hat sich in Kalkschluff (Löß) ausgebildet. Unter Gebirgssteppe hat der Boden deutliche höhere Humusgehalte als die „Kryo-Kalkbraunerde I“ unter Polsterflecken-Tundren-Vegetation. Bis in 60 cm Tiefe ist der Boden (mäßig bis) stark humos mit Humusgehalten von 3,7–7,5 %. Der Humusvorrat liegt bei 1 320 dt/ha (0–20 cm) bzw. 2 230 dt/ha (0–40 cm). Der Boden ist ab der Oberfläche carbonathaltig, hohe Carbonatgehalte von 22–40 % treten erst ab einer Tiefe von 60 cm auf. Am höchsten sind die Carbonatgehalte mit 40 % im Dauerfrosthorizont (KCa). Der  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Wert liegt im gesamten Profilbereich bei 6,9 – 7,9 (= neutral bis schwach alkalisch). Der Boden ist bis 60/80 cm durchwurzelt. Der Boden weist im AhBvca Munsell-Farbwerte von 10 YR 4/3, feucht (= braun) auf. Die Farbe hellt sich zum sehr carbonatreichen Dauerfrost-Horizont auf (10 YR 4-5/3, feucht, = braun).

**Kolluvial-Braunerde** [Profil 35 =Foto 4.1-104 CD]

Das Profil 35 wurde im Transekt 3 in der montanen Wald-Steppen-Wiesensteppen-Stufe in der Talsohle in ebener Lage unter einer stark beweideten Vegetation in 2 100 m Höhe aufgenommen. Es handelt sich um einen potentiellen Waldstandort. Der Boden hat sich in kolluvial akkumuliertem schon braunem Material gebildet. Der Boden weist einen höheren  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Wert von 6,4–6,5 (= neutral) in den oberen Horizonten auf, als die „Sauren Braunerden I“ in nordexponierter Hanglage in gleicher Höhenstufe. Der Humusvorrat ist in Talsohlenlage unter intensiver Beweidung mit 2 295 dt/ha (0–20 cm) bzw. 3 372 dt/ha (0–40 cm) deutlich höher, als bei den „Sauren Braunerden I“ unter Fichtenwald.

**Podsolierte (Saure) Kolluvial-Braunerde** [Profil 10 =Foto 4.1-105 CD]

Das Profil 10 wurde im Transekt 3 in der subalpinen Gebüschwald-Stufe in ebener weiter Tallage unter einer Lägerflur in einer Höhe von 2 670 m aufgenommen. In den obersten 5 cm befindet sich eine organische Auflage mit 46,5 % Humus, die deutlich erhöhte Leitfähigkeitswerte ( $\text{EL}_{2,5}$ ) von  $4,0 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  aufweist. Organische Auflage und die erhöhte Leitfähigkeit sind vermutlich auf Beweidung und Nährstoffeintrag durch Weidetiere (Ammonium, Nitrate, ...) zurückzuführen. Unterhalb der organischen Auflage ist eine Aufhellung des Bodens (Munsell-Farbwert: 2,5 Y 3/2-3, feucht) bei  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  4,0 (= mäßig sauer) zu verzeichnen. Die Aufhellung wird als schwache Podsolierung interpretiert. Der Boden ist verfestigt. Im oberen Bereich weist der Boden ein plattenartiges Gefüge auf. Am Profil sind begrabene A-Horizonte und der Auftrag von Bodenmaterial zu erkennen.

**(Gebirgssteppen)-Kolluvial-Braunerde** [Profil 426 = Foto 4.1-106 CD]

Das Profil 426 wurde im Transekt 5 (Arabel-Syrte) in der hochalpinen Polstertundren-Gebirgssteppen-Stufe in südexponierter Hanglage unter *Kobresia humilis*-*Festuca alata*-Hochgebirgssteppe in 3 850 m Höhe aufgenommen. Das Profil ist bis 92 cm Tiefe carbonatfrei und weist bis 120 cm keinen Dauerfrost auf.

## 4.1.6.8 Semihydromorphe und hydromorphe Böden

Die semihydromorphen und die hydromorphen Böden des Untersuchungsgebietes stellen eine sehr heterogene Bodengruppe dar, die nicht nur durch Unterschiede im hydrologischen Regime und Substrat geprägt sind, sondern auch in starkem Maße durch große Unterschiede in den klimatischen Bedingungen unter den verschiedenen Höhenstufen-Klimaten. Die semihydromorphen und hydromorphen Böden wurden nur am Rande mit erfasst, so daß an dieser Stelle nur ein kurzer Überblick über einige aufgenommene Profile gegeben wird. Die Bodendaten befinden sich im Anhang. Die semihydromorphen und hydromorphen Böden werden getrennt nach salzfreien Böden und salzhaltigen Böden dargestellt.

**Salzfreie semihydromorphe und hydromorphe Böden im Untersuchungsgebiet**

Tabelle 4.1-32: (Weitgehend) Salzfreie semihydromorphe und hydromorphe Böden im Untersuchungsgebiet

Bodentyp	Substrattyp	Profil	Vorkommen	Vegetation	NRF
(Tiefgley)-Kalkrohboden	(Kalk-) Sand	463	1 620 m, colline Halbwüsten-Stufe, Nähe vom Issyk-Kul- Ufer	<i>Ephedra intermedia</i> - Halbwüste	8
(Tiefgley)-Pararendzina	Kalksandgeröll	441	Transekt 1 1 630 m, colline Halbwüsten-Stufe, Nähe vom Issyk-Kul- Ufer	<i>Ephedra intermedia</i> - Halbwüste	8a
Gley-Rohboden (mit hohem GW-Stand)	Kalksand über Kalksand-skelett	442	Transekt 1 1 609 m, colline Halbwüsten-Stufe, direkt am Issyk-Kul- Ufer	<i>Hippophae rhamnoides</i> - Gebüsch mit <i>Rosa beggeriana</i> , <i>Epilobium hirsutum</i>	10
Kalkschluff-Graugley (mit hohem GW-Stand)	Kalkschluff	195	Transekt 1 1 730 m, colline Halbwüsten-Stufe	Feuchtweide mit <i>Blysmus compressus</i> , <i>Juncus bufonius</i> , <i>J.</i> <i>heptapotamicus</i> , <i>Carex. sp.</i>	9
Graugley mit Wurzelortofdecke (mit hohem GW-Stand)	Sand	31	Transekt 3 1 620 m, colline Step- pen-Stufe	Feuchtweide	44
Humus-Gley mit Wurzelortofdecke (mit hohem GW-Stand)	Sand	32	Transekt 3 1 620 m, colline Step- pen-Stufe	Feuchtweide	44
Niedermoor-Gley	Kalksand-	164	Transekt 1	Seggenried mit <i>Carex orbicularis</i> ,	19

(mit hohem GW- Stand)	antorf über flachem Kalkschluff		2 000 m, montane Trockensteppen- Stufe	<i>Parnassia palustris</i> , <i>Triglochin maritima</i> , <i>Ligularia hetero- phylla</i> , u.a.	
Ried (Quellmoor- kuppe)	Volltorf	455	Transekt 4 2 050 m, montane (Wald-) Wiesenstep- pen-Stufe	Seggenried mit <i>Carex spp.</i> , <i>Parnassia palustris</i> , <i>Primula algida</i> , <i>Ligularia spec.</i> , <i>Alchemilla retropilosa</i>	72
Kryo-Anmoor- Gley	Antorf über flachem Sandlehm	424	Transekt 5 3 900 m, hochalpine Polstertundren- Gebirgssteppen- Stufe	<i>Pedicularis rhinan- thoides</i> - <i>Carex melan- antha</i> -Ried	78

#### Profil 463: Sand-(Tiefgley)-Kalkrohboden

Geringmächtiger Kalkanreicherungshorizont mit 20 % Carbonat in 13–19 cm Tiefe, sonst geringe Carbonatgehalte (0,2...1,7%); salzfrei mit sehr geringen EL<sub>2,5</sub>-Werte, mit schmalem Carbonatanreicherungshorizont bei 13–19 cm mit 20 % Carbonat.

#### Profil 441: Kalksandskelett-(Tiefgley)-Pararendzina

Im oberen Profilbereich sehr hohe Carbonatgehalte von 40,4...47,6%, nehmen nach unten ab (11,5 % Carbonat in 40–45 cm); Alluvium; kirgisische Bodenklassifikation: „Wiesen(artiger) graubrauner Gebirgstal-Boden“

#### Profil 442: Kalksand-Gley-Rohboden über Kalksandskelett

Geringe bis sehr geringe EL-Werte (weitgehend salzfrei) obwohl in unmittelbarer Ufernähe des salzhaltigen Issyk-Kul-Sees. Der Issyk-Kul weist nach KOCKSCH (1999) in Ufernähe Leitfähigkeitswerte von 4,0...6,0 mS/cm auf. Das deutet darauf hin, daß der Boden nicht im direkten Kontakt zum Issyk-Kul steht, sondern durch salzfreies Grundwasser geprägt wird.

#### Profil 195: Kalkschluff - Graugley

Geringmächtige Wurzelfilzdecke mit 16,7 % Humus, darunter 3,3 % Humus; maximale Carbonatanreicherung an der Oberfläche mit 32 % Carbonat. Darunter Abnahme bis 15 % Carbonat bei 40 cm; Graufärbung ohne Oxydationsflecken, deutet auf konstante Wassersättigung hin; geringe EL-Werte, salzfrei (-sehr schwach salzhaltig).

#### Profil 455: Volltorf-Ried

Quellmoorkuppe im Areal von „Ausgelaugtem Trockenriß-Tschernosem II“, Carbonatanreicherung von 22 % an Oberfläche (0 – 7 cm) bei aufsteigendem Bodenwasserstrom, darunter nur noch 1,2% Carbonat (20-30 cm). Kurz nach Abstechen des Profils hatte der Torf eine rötlich-hellbraune Färbung, dunkelte innerhalb weniger Sekunden jedoch nach und wurde dann dunkelbraun.

#### Profil 424: Kryo-Anmoor-Gley aus Antorf über flachem Sandlehm

In 0 bis 10 cm Tiefe torfartige Strukturen, aber nur 22 % Humus; Dauerfrost ab 70 cm; kein Carbonat und kein Salz bis 80 cm; befindet sich in Gletschnähe; Wasserspeisung aus junger Seitenmoräne; zwischen grau gefärbten Schluffbändern mit reduzierenden Bedingungen befinden sich ein kräftig gelb-ocker-braun gefärbtes Sandband, welches sauerstoffreiches Wasser leitet.

## Salzhaltige semihydromorphe und hydromorphe Böden

Tabelle 4.1-33: Salzhaltige semihydromorphe und hydromorphe Böden

Bodentyp	Substrattyp	Profil	Vorkommen	Vegetation	NRF
Gley-Solonchak	Kalksand	440	Transekt 1 1 620 m, colline Halbwüstenstufe	<i>Calamagrostis epigeios-Phragmites australis-Glyzyrrhiza glabra</i> - Feuchtwiese	6
Gley-Solonchak	Flacher Kalkschluff über Kalksand	444	Transekt 1 1 750 m, colline Halbwüstenstufe, GW-geprägte Senkenlage	Feuchtweide aus <i>Elytrigia repens, Phragmites australis</i> mit <i>Nitraria sibirica</i> - Gebüsch	7
Tiefgley-Kalksalzroh- boden	Skelettkalksand	443	Transekt 1 1 611 m, colline Halbwüstenstufe	<i>Nitraria sibirica-Hippophae rhamnoides</i> - Gebüsch (mit <i>Clematis orientalis, Lycium flexicaule</i> )	5

### Profil 440: Kalksand-Gley-Solonchak

Das Profil zeigt aufgrund des aufsteigenden Bodenwasserstromes an der Oberfläche eine starke Salzanreicherung mit sehr hohen elektrischen Leitfähigkeitswerten ( $EL_{2,5}$ : 18,8 dS/m), die mit der Profiltiefe schnell abnehmen. Der Unterboden ist salzfrei. Die oberflächennahe Konzentration der Salze deutet auf einen aufsteigenden Bodenwasserstrom und eine geringe Schwankung des Grundwasserstandes hin (BILLWITZ 1997: 297).

FAO: „Gleyic Solonchaks“

### Profil 444: Deckkalkschluff-Kalksand-Gley-Solonchak

Bei Profil 444 sind die Salze im Gegensatz zu Profil 440 nicht oberflächennah angereichert, sondern es sind mäßige Salzgehalte relativ gleichmäßig im Profil verteilt (bei mittelhohen  $EL_{2,5}$ -Werte zwischen 4,5...7,8 dS/m). Das könnte auf stärkere Grundwasserstandsschwankungen (bzw. auf lateralen Bodenwasserstrom) hindeuten, kann aber auch mit bindigerem Substrat zusammenhängen. Profil 444 befindet sich in einer von Grundwasser geprägten Senkenlage in einem Halbwüsten-Areal („Normale Buroseme I“).

FAO: „Gleyic Solonchaks“

### Profil 443: Skelettkalksand – Tiefgley-Kalksalzrohboden

Das Profil weist eine Carbonatanreicherung von 80 % (!) in 10–25 cm Tiefe auf und war schwach bis mäßig salzhaltig ( $EL_{2,5}$  = 2,0...4,8 dS/m). Im Unterboden (55–65 cm) betrug der Carbonatgehalt nur noch 11,3 %. Der höchste EL-Werte war an der Oberfläche in 0–5 cm Tiefe oberhalb der maximalen Carbonatanreicherung zu verzeichnen. Die leichter löslichen Salze haben sich oberhalb der schwerer löslichen Carbonate angereichert, was auf aufsteigenden Bodenwasserstrom hindeutet.

FAO: „Haplic Calcisol“ bzw. „Calcic Gypsisol“ (falls gypsic horizon) oder „Solonchak“ (falls  $pH_{(H_2O\ 1:1)} > 8,5$ )

#### 4.1.7 Merkmale der Boden(unter)typen: Eine zusammenfassende Darstellung

In Tabelle 4.1–34 werden die Wertespanssen von ausgewählten Bodenmerkmalen der ausgewiesenen Boden(unter)typen im Issyk-Kul-Becken und Teilen des Zentralen Tienschan dargestellt. Die Bodeneinheiten werden teils durch mehrere, teils nur durch ein Profil belegt. Die jeweils berücksichtigten Profile werden in der Tabelle angegeben. Substratunterschiede werden nicht berücksichtigt, können aber neben unterschiedlichen Erosionsgraden einen Teil der Variabilität der Werte erklären.

In den Abbildungen 4.1–10 (CD) und 4.1–11 (CD) werden die Humusvorräte in 0–20 und 0–40 cm Tiefe der anhydromorphen Bodentypen (bzw. -untertypen) dargestellt, wobei die Humusvorräte von 83 Einzelprofilen berücksichtigt werden. Parallel zu den zunehmenden Feuchtebedingungen der Bodentypen ist eine Zunahme der Humusvorräte vom „Syrosem“ über die „Normalen Buroseme“, „Dunklen Buroseme“, „Hellen Kastanoseme“, „Dunkle Kastanoseme“, „Kastano-Tschernoseme“, „Tschernoseme“ bis hin zu „Brauntschernosemen“ festzustellen. Bei „Sauren Braunerden“, die unter noch feuchteren Bedingungen vorkommen, sind die Humusvorräte wiederum geringer. Die Spannweite der Humusvorräte ist bei den verschiedenen Bodentypen bzw. Untertypen unterschiedlich groß (besonders groß bei Tschernosemen). Für die Variabilität der Humusvorräte sind von Bedeutung die substratbedingte Variabilität, unterschiedliche Nutzungsintensitäten und Erosionsgrade, kolluviale Beeinflussung und Unterschiede in den klimatischen Bedingungen, die sich innerhalb eines Bodentyps aber in engen Grenzen halten. Zwischen den Wertebereichen der Humusvorräte unterschiedlicher Bodentypen sind die Überschneidungen zum Teil gering, zum Teil aber größer, was vor allem durch Übergangs-Böden bedingt ist.

Die Humusvorräte von 0–20 cm und 0–40 cm Tiefe liegen bei den meisten Bodentypen in einem ähnlichen Verhältnis zueinander. Die Spannweite der Humusvorräte in 0–20 und 0–40 cm ist bei den jeweiligen Bodeneinheiten unterschiedlich groß. So liegen bei „Brauntschernosemen“ (18) die Humusvorräte der Profile in 0–20 cm Tiefe eng beieinander, während diese in 0–40 cm eine größere Spannweite einnehmen. Das kann mit der unterschiedlichen Mächtigkeit des extrem bzw. sehr stark humosen Oberbodens erklärt werden, der in den obersten 20 cm noch einheitlich hohe Humusgehalte aufweist, dann aber in einem unterschiedlichen Höhenbereich stark abnimmt. Bei den „Sauren Braunerden I-III“ (20) liegen dagegen die Humusvorräte in 0–20 cm Tiefe weiter auseinander, als in 0–40 cm. Hier kommt die größere Variabilität in den obersten Zentimetern durch Unterschiede in der organischen Auflage, bzw. fehlender organischer Auflage zustande. Diese Unterschiede werden bei der Betrachtung eines größeren Tiefenbereiches ausgeglichen.

#### 4.1.8 Vergleich der ausgeschiedenen Boden(unter)typen mit der kirgisischen Bodenklassifikation

Die Tabelle 4.1–35 gibt eine Übersicht über die Bodenbezeichnungen der untersuchten Profile nach der kirgisischen Bodenklassifikation auf dem Niveau der Bodentypen und -subtypen. Die Böden sind entsprechend der kirgisischen Bodensystematik den Bodengruppen „Gebirgstal-Böden“, „Hochgebirgstal-Böden“ und „Gebirgs-Böden“ geordnet. Die semi-hydromorphen und die hydromorphen Böden, die zum größten Teil den intrazonalen Böden zugeordnet werden, sind gesondert aufgeführt.

**Tabelle 4.1 - 34:** Wertespanssen ausgewählter Bodenmerkmale von anhydromorphen Boden(unter)typen im Issyk-Kul-Gebiet.

Boden(unter)typen (in Klammern die berücksichtigten Bodenprofile)	Humusgehalt (%) im Ober- boden (in 0 ... 5/10 cm)	Humusvorrat 0 - 20 cm (dt/ha)	Humusvorrat 0 - 40 cm (dt/ha)
stark salzhaltiger Syrosem (448)	0,2	51	95
Normaler Burosem I (193, 194, 437, 445, 438, 446)	(0,4) 0,6 - 1,5	105 - 333	139 - 478
Normaler Burosem II, stark salzhaltig (449)	0,4 (1,9)	385	584
Normaler Burosem III (Plattengefüge-) (464)	1,1 / 1,7	354	591
Bewässerter Acker-Burosem (196, 153)	2,2 - 3,2	557 - 808	903 - 1328
Dunkler Burosem (154, 152, 447, 151)	1,9 - 2,5	390 - 724	495 - 1243
Heller Kastanosem I (179, 450)	2,8 - 3,3	432 - 805	812 - 1213
Heller Kastanosem II, z.T. schwach salzhaltig (185)	3,0 / 2,6	506	822
Heller Kastanosem III, mäßig salzhaltig (465)	3,4 / 4,8	997	1650
Heller Kastanosem IV (Plattengefüge-) (467)	1,8 / 2,8	572	739
Bewässerter Heller Acker-Kastanosem I (177, 178, 176, 162)	3,0 - 3,5 (5,0)	759 - 860	1200 - 1458
Bewässerter Heller Acker-Kastanosem II (184)	2,3	582	1019
Dunkler Kastanosem I, ohne Salz (190, 68, 22, 2, 20, 12, 67, 403)	(2,4) 4,2 - 7,2	(685) 852 - 1315	(1340) 1482 - 1812
Dunkler Kastanosem I, schwach salzhaltig (191, 183)	4,3 - 7,1	867 - 1544	1505 - 2334
Dunkler Kastanosem II, ohne Salz (172, 171)	4,5 - 5,8	847 - 1380	1466 - 2792
Dunkler Kastanosem II, schwach salzhaltig (173, 433)	3,2 - 5,2	923 - 1055	1457 - 1527
Dunkler Kastanosem III (159, 432, 158, 169)	6,1 - 9,1	978 - 1839	1401 - 2609
Bewässerter Dunkler Acker-Kastanosem (187, 462, 4, 182)	3,8 - 4,3 (5,2)	907 - 982	1246 - 1800
Kastano-Tschernosem I (421, 7, 404, 69)	(6,7) 9,2 - 13,9	1465 - 2044	2743 - 3506
Kastano-Tschernosem II (157)	4,6	1102	2008
Carbonat-Tschernosem I (431, 170, 174)	5,9 - 11,3	1408 - 2091	2409 - 3368
Carbonat-Tschernosem II (166)	14,9	2971	4807
Carbonat-Tschernosem III (452)	15,4	2289	3628
Carbonat-Tschernosem IV, mäßig salzhaltig (466)	12,7	2470	4734
Normaler Tschernosem I (430)	13,4	2675	4750
Normaler Tschernosem II (429)	22,6	3081	5370
Normaler Tschernosem III (1)	14,4	2882	5566
Normaler Tschernosem IV (458)	11,6	2310	3729
Ausgelaugter Tschernosem I (411) unter Wiesensteppe	16,5	2546	3748
Ausgelaugter Tschernosem I (36, 8) unter Wald	34,4 - 45,7 (Of) 8,3 - 10,8 (Ah)	1805 - 3171	3265 - 5333
Ausgelaugter (Trockenriß-) Tschernosem II (451, 457)	15,0 - 21,0	2458 - 2606	3920 - 4067
Tschernosem-Ranker (456)	19,4	2503	3066
Kolluvial-Tschernosem I (410, 74, 409, 401)	6,4 - 20,8	1382 - 2696	2430 - 4131
Kolluvial-Tschernosem II (167)	8,9	1950	3787
Brauntschernosem (156, 160, 161, 428, 165)	19,4 - 31,6	3262 - 3754	4424 - 6222
saure Braunerde I (406, 17)	23,6 - 44,8 (Of) 4,2 - 13,3 (Ah)	1286 - 1375	2015 - 2079
Saure Braunerde II (62, 71)	8,7 - 16,1	1504 - 1776	2261 - 2443
Saure Braunerde III (420, 9)	5,5 ... 10,4	1206 - 1861	2405 - 2443
Saure Graubraunerde (412, 60)	27,1 (Of) 10,7-13,5 (Ah)	1759 - 2795	2697 - 4215
Kryo-Kalkbraunerde I (425)	2,7 (Ah)	749	1128
Kryo-Kalkbraunerde II (427)	7,5	1320	2230
Kolluvial-Braunerde (35)	11,5	2295	3372
Saure podsolierte Kolluvial-Braunerde (10)	46,5 (Of) 7,5 (Ah)	1474	2333
Kolluvial-Braunerde (Hochgebirgssteppen-) (426)	12,2	1781	2941

4.1 Boden

C/N im Oberboden (in 0...5/10 cm)	pH(KCl, 1:5) im Oberboden (in 0...5/10 cm)	Carbonat- tiefe (in cm)	maximale Car- bonat-gehalte (%) (im Profil)	minimale elektr. Leitfä- higkeit (EL2,5: mS/cm)	maximale elektr. Leitfä- higkeit (EL2,5: mS/cm)
-	7,8	0	13,2	6,5	24,7
6,6 - 10,1 (8,8)	7,0 - 7,8 7,8	0	7,0 - 14,9 18,3	1,5 - 2,3 10,7	2,6 - 5,0 14,1
6,2 / 7,4	7,3 / 7,2	0	18,0	1,6	6,6
9,5 - 11,1	7,7	0	7,7 - 12,0	0,07 - 0,1	0,1 - 0,2
7,3 - 9,2	6,9 - 8,1	0 ... 5	4,1 - 16,2	0,1 - 0,4	2,2 - 5,1
8,6 - 9,0	7,6 - 8,0	0 ... 42	8,9 - 9,3	0,1	0,2 - 2,4
9,4 / 9,6	7,0 / 7,4	4	3,0	0,1	0,1
8,4 / 9,0	7,7	0	13,4	0,2	5,3
7,6 / 8,5	7,8 - 7,5	0	16,1	0,2	0,5
9,1 - 10,6	7,4 - 7,8	0	3,6 - 10,8	0,05 - 0,1	0,2 - 0,5
9,0	7,3	>60...	0	0,06	0,08
8,2 - 10,2	5,7 - 7,5	0 ... 50	(4,9) 11,2 - 24,2	0,1 - 0,5	0,1 - 0,5
9,0 - 9,4	7,5 - 7,7	0 ... 20	9,6 - 18,8	0,1 - 0,2	1,3 - 1,6
8,6 - 9,2	7,0 - 8,4	0	21,7 - 22,1	0,02 - 0,09	0,1 - 0,2
7,4 - 9,8	7,3 - 8,6	0	24,5 - 26,1	0,07 - 0,4	1,4 - 2,1
9,1 - 9,9 (12,9)	6,9 - 7,5	0 ... 5	(10,9) 19,8 - 29,5	0,1 - 0,2	0,2 - 0,6
8,6 - 8,8	6,7 - 7,7	0 ... >85...	0 ... 20,3	0,08 - 0,2	0,02 - 0,6
9,7 - 10,7	6,6 - 6,9	(0) 20 ... 52	22,7 - 28,7	0,1 - 0,3	0,2 - 0,4
3,7?/ (6,6)	7,4	23	19,7	0,1	0,4
9,0 - 9,9	7,0 - 8,1	0	22,3 - 28,2	0,1 - 0,3	0,4 - 0,7 (1,4)
9,2	7,1	25	41,0	0,1	0,5
10,2	6,8	20	50,8	0,1	0,3
11,7	6,8	0	17,6	0,3	3,7
9,2	6,8	41	24,7	0,2	0,5
10,8	6,5	30	27,6	0,2	0,3
9,3	7,2	124	15,1	0,2	0,3
10,4	6,2	52	23,2	0,2	0,3
10,9	6,2	93	26,4	0,08	0,3
13,5 - 15,5 (Of) 9,7 (Ah)	5,6 - 5,9 (Of) 5,1 - 5,5 (Ah)	72 ... >75...	(0) - 28,2	0,1 - 0,2	0,5 - 0,7
10,0	4,9 - 6,0	66 ... 100	10,3 - 12,3	0,02 - 0,04	0,2 - 0,3
16,1	5,8	22	14,1	0,2	0,6
9,4 - 10,6	6,4 - 7,2	0 ... 63 (>45)	(0) 13,7 - 19,0	0,1 - 0,3	0,4 - 0,7
10,5	8,1	>125...	0	0,03	0,2
10,0 - 12,8	5,5 - 6,5	33 ... 70	(10,2) 19,5 - 30,2	0,08 - 0,1	0,3 - 0,6
17,0 - 18,6 (Of) 11,5-15,9 (Ah)	4,8 - 5,2 (Of) 4,2 - 4,7 (Ah)	>80 ... >105...	0	0,07	0,08 - 0,4
10,1 - 10,5	3,9 - 4,6	>40... >80...	0	0,04 - 0,1	0,1 - 0,8
9,4 - 9,9	4,7	>53 ... >85...	0	0,02 - 0,08	0,3 - 1,3
13,1 (Of) 10,5-10,7 (Ah)	6,1 (Of) 4,0 - 5,0 (Ah)	>65... >110...	0	0,03 - 0,06	0,1 - 0,6
9,1 (Ah)	6,5 (Ah)	0	33,9	0,08	0,1
10,3	7,4	0	39,9	0,2	0,4
8,5	6,4	>60 ...	0	0,1	0,2
11,1 (Of) 8,8 (Ah)	4,7 (Of) 4,0 (Ah)	>59...	0	0,04	4,0 !
10,7	6,3	92	2,4	0,1	0,3

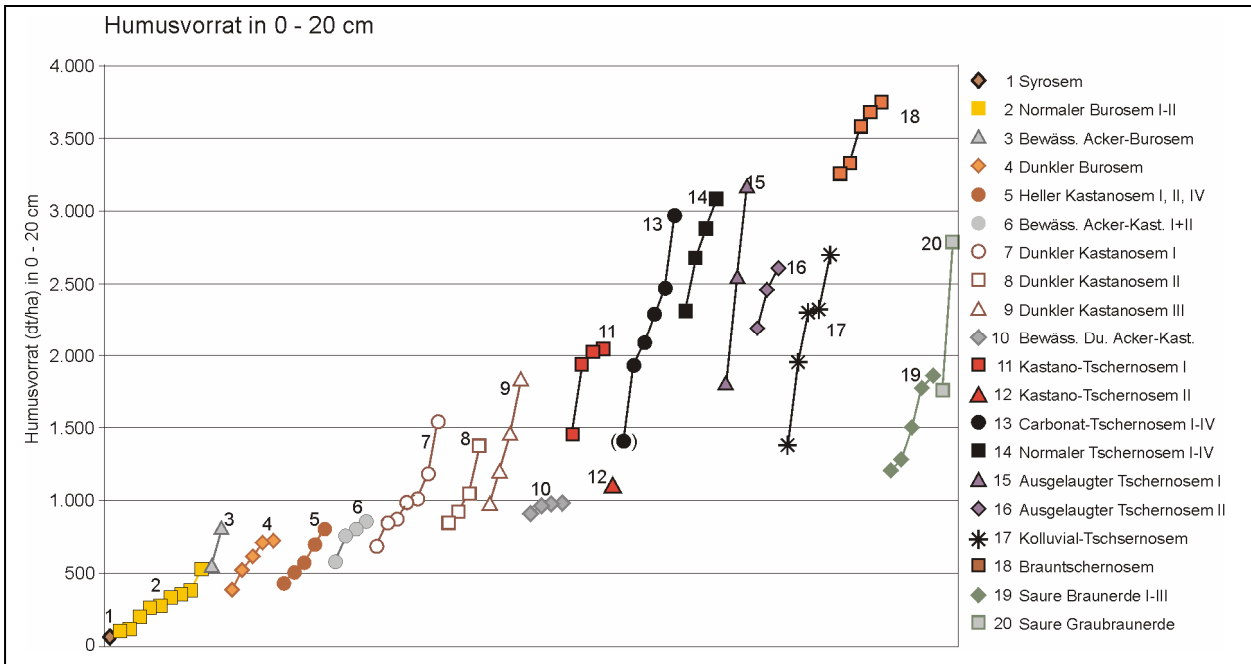


Abbildung 4.1-10: Humusvorrat in 20 cm von Böden im Issyk-Kul-Gebiet

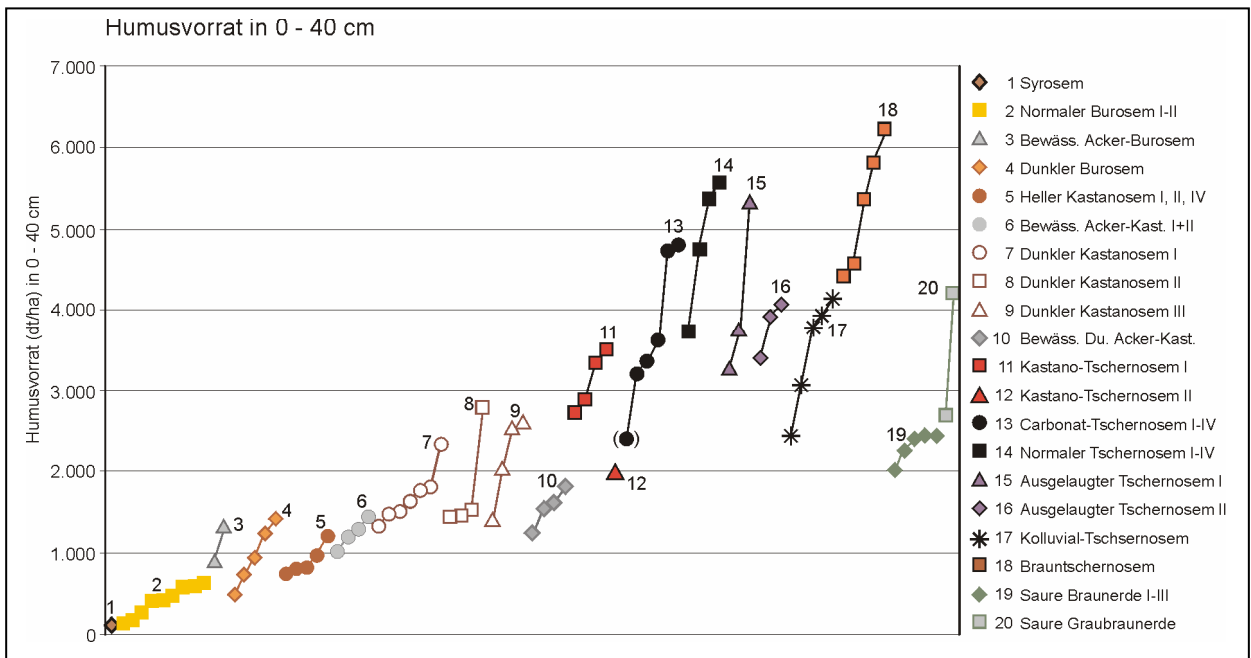


Abbildung 4.1-11: Humusvorrat in 40 cm von Böden im Issyk-Kul-Gebiet



Tabelle 4.1–35: Bodenbezeichnungen der untersuchten Profile nach der kirgisischen Bodenklassifikation\* auf dem Niveau der Bodentypen und –subtypen

Bodenbezeichnung nach kirgisischer Bodenklassifikation (deutsche Übersetzung)	Profile (russisch)	Profile
<u>Gebirgstal-Böden</u>		
Grau-braune Gebirgstal-Böden	<i>Gorno-dolinnye sero-burye</i>	449
Grau-braune steinige Wüsten-Gebirgstal-Böden	<i>Gorno-dolinnye sero-burye pustynno-kamenistye</i>	194, 436, 438, 445, 446
Grau-braune steinige Wüsten-Steppen-Gebirgstal-Böden	<i>Gorno-dolinnye sero-burye pustynno-stepnye</i>	439
Hell-braune Gebirgstal-Böden	<i>Gorno-dolinnye svetlo-burye</i>	163, 185, 193
Bewässerte hell-braune Gebirgstal-Böden	<i>Gorno-dolinnye svetlo-burye, oroshaemye</i>	196, 153
Helle Gebirgstal-Kastanoseme	<i>Gorno-dolinnye svetlo-kashtanovye</i>	151, 183, 450
Bewässerte Helle Gebirgstal-Kastanoseme	<i>Gorno-dolinnye svetlo-kashtanovye, oroshaemye</i>	177, 178, 176, 162, 184, 4, 30s, 462
Gebirgstal-Kastanoseme	<i>Gorno-dolinnye kashtanovye</i>	435
Geringmächtige Gebirgstal-Kastanoseme	<i>Gorno-dolinnye kashtanovye malo-moshchnye</i>	67
Dunkle Gebirgstal-Kastanoseme	<i>Gorno-dolinnye temno-kashtanovye</i>	190
Bewässerte Dunkle Gebirgstal-Kastanoseme	<i>Gorno-dolinnye temno-kashtanovye, oroshaemye</i>	187, 181, 182
Dunkle Gebirgstal-Kastanoseme (angeschwemmte)	<i>Gorno-dolinnye temno-kashtanovye (namytye)</i>	410
Mittelhumose Gebirgstal-Tschernoseme	<i>Gorno-dolinnye chernozemy srednegumusnye</i>	38, 186
Humusreiche Gebirgstal-Tschernoseme	<i>Gorno-dolinnye chernozemy tuchnye</i>	457
Subalpine Wiesensteppen-Gebirgstal-Böden	<i>Gorno-dolinnye lugovo-stepnye subalpiyskie</i>	62
Braune Wiesensteppen-Hochgebirgstal-Böden	<i>Vysokogorno-dolinnye burye pustynno-stepnye</i>	467
<u>Hochgebirgstal-Böden</u>		
Takyrähnliche Hochgebirgstal-Böden	<i>Vysokogorno-dolinnye takyrovidnye</i>	464
Hochgebirgstal-Kastanoseme	<i>Vysokogorno-dolinnye kashtanovye</i>	465
<u>Gebirgs-Böden</u>		
Helle Gebirgs-Kastanoseme	<i>Gornye svetlo-kashtanovye</i>	12, 152, 154, 179, 403, 407, 425
Dunkle Gebirgs-Kastanoseme	<i>Gornye temno-kashtanovye</i>	69, 73, 155, 408
Gebirgs-Tschernoseme	<i>Gornye chernozemy</i>	6, 66
Mittelhumose Gebirgs-Tschernoseme	<i>Gornye chernozemy srednegumusnye</i>	421, 458
Humusreiche Gebirgs-Tschernoseme	<i>Gornye chernozemy tuchnye</i>	404, 411, 430, 451, 452
Tschernosemartige Gebirgs-Waldböden	<i>Gornye chernosemno-lesnye</i>	8, 39, 65, 456, 459, 17, 5, 406**

Subalpine Wiesensteppen-Gebirgs-Böden	<i>Gornye lugovo-stepnye subalpiyskie</i>	60, 158, 159, 167, 169, 171, 173, 412
Subalpine Tschernosemartige Wiesensteppen-Gebirgs-Böden	<i>Gornye lugovo-stepnye chernozemovidnyye subalpiyskie</i>	170, 431
Subalpine Wiesen-Gebirgs-Böden	<i>Gorno-lugovye subalpiyskie</i>	9, 10, 61, 64, 71, 156, 157, 160, 161, 420, 429, 460, 461
Subalpine tschernosemartige Wiesen-Gebirgs-Böden	<i>Gornye lugovo-chernozemovidnyye subalpiyskie</i>	180
Alpine Wiesensteppen-Gebirgs-Böden	<i>Gornye lugovo-stepnye alpiyskie</i>	426, 427, 432
Alpine Wiesen-Gebirgs-Böden	<i>Gorno-lugovye alpiyskie</i>	466
<b><u>(semi)hydromorphe Böden</u></b>		
Wiesen(artige)-Graubraune Gebirgstal-Böden	<i>Gorno-dolinnye lugovo-sero-burye</i>	440, 441, 444
Grau-braune Wiesen(artige)-Gebirgstal-Böden	<i>Gorno-dolinnye sero-buro-lugovye</i>	443
Derno-Sand-Gebirgstal-Böden	<i>Gorno-dolinnye dernovo-peschannyye</i>	442, 463
Wiesen(artige)-Dunkle Kastanoseme Gebirgstal-Böden	<i>Gorno-dolinnye lugovo-temno-kashtanovyye</i>	74
Wiesen(artige) alluviale Gebirgstal-Böden	<i>Gorno-dolinnye lugovo-allyuvialnyye</i>	433
Wiesen-Moor-Gebirgstal-Böden	<i>Gorno-dolinnye lugovo-bolotnyye</i>	401
torfiger Moor-Gebirgstal-Böden	<i>Gorno-dolinnye torfyanisto-bolotnyye</i>	37
Torf-Moor-Gebirgstal-Böden	<i>Gorno-dolinnye torfyano-bolotnyye</i>	32, 455, (24)
Wiesen-Moor-Gebirgs-Böden	<i>Gornye lugovo bolotnyye</i>	409

Erläuterung:

\*Die Ansprache der Böden nach der Kirgisischen Bodenklassifikation erfolgte durch S. I. VORONOV und B. A. MAMYTOVA 2000, Institut für Biologie und Bodenkunde der Akademie der Wissenschaften Kirgisistans (Bischkek) anhand von Profildaten, Ortsangaben zu den Profilen und Analysendaten. Die bewässerten Ackerböden wurden durch Vergleich mit den großmaßstäbigen Bodenkarten (1:10.000) des Institutes Kirgizgiprosem (Bischkek) angesprochen. Es wurden nicht alle untersuchten Profile nach kirgisischer Bodenklassifikation angesprochen

\*\*eigene Zuordnung

In den Tabellen 4.1-19 (CD) und -20 (CD) werden alle Einzelprofile als Bodenformen (Boden(unter)typ und Substratfolgetyp) und parallel dazu nach der kirgisischen Bodenklassifikation und der FAO-Bodenklassifikation angesprochen.

In Tabelle 4.1-36 (CD) werden die ausgewiesenen Boden(unter)typen mit den Einheiten der kirgisischen Bodenklassifikation parallelisiert. Aufgrund der unterschiedlichen zugrunde liegenden Klassifikationsprinzipien (Kapitel 4.1. 1 und Kapitel 4.1. 2), sind die Entsprechungen zwischen den Bodeneinheiten unterschiedlich gut. Eine Parallelisierung der Bodeneinheiten kann bei der Interpretation der kirgisischen Bodenkarten helfen und zum Verständnis der kirgisischen bodenkundlichen Literatur beitragen. Es können folgende Feststellungen getroffen werden:

- Bei „Burosemen“, „Kastanosemen“ und „Tschernosemen“ gibt es gute Entsprechungen. z.T. kommt es aber zu unterschiedlichen Zuordnungen zu „Hellen“ bzw. „Dunklen Kastanosemen“.
- Die Unterscheidung der kirgisischen Bodensystematik in „Gebirgstal-Böden“ und „Gebirgs-Böden“ auf oberem hierarchischen Niveau erscheint anhand von Bodenmerkmalen und bodengenetischer Bedingungen nicht gerechtfertigt.
- Bei der eigenen Bodentypisierung erfolgt eine stärkere Differenzierung der „Humusreichen Tschernoseme“ der kirgisischen Bodenklassifikation in „Kastano-Tschernoseme“, „Carbonat-Tschernoseme“, „Normale Tschernoseme“ und „Ausgelaugte Tschernoseme“. Die meisten der untersuchten Tschernoseme waren humusreich.
- Der Bodentyp der „Subalpinen Wiesensteppen-Gebirgs-Böden“ ist eine sehr heterogene Einheit. Der Bodentyp wird im Issyk-Kul-Becken in subalpiner Lage auf Süd-Exposition ausgeschieden. In Abhängigkeit davon, ob sich diese Böden in einem niederschlagsärmeren Gebiet (Transekt 1) oder einem niederschlagsreicheren Gebiet (Transekt 3) befinden, haben diese sehr unterschiedliche Eigenschaften. Das Spektrum reicht von „Dunklem Kastanosem II + III“, „Carbonat-Tschernosem II“ (Transekt 1) bis zur „Sauren Graubraunerde“ (Transekt 3).
- Der Bodentyp der „Subalpinen Wiesen-Gebirgs-Böden“ ist ebenfalls sehr heterogen. Dieser Bodentyp wird im Issyk-Kul-Becken in subalpinen Lagen vornehmlich auf Nord-Exposition ausgeschieden und kann in Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen und der Höhen- und Relieflage sehr unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Im niederschlagsärmeren Transekt 1 entsprechen die „Subalpinen Wiesen-Gebirgs-Böden“ dem „Kastano-Tschernosem II“, dem „Normalem Tschernosem II“ und vor allem dem extrem humusreichen „Brauntschernosemen“. Im niederschlagsreicheren Transekt 3 können die „Subalpinen Wiesen-Gebirgs-Böden“ mit den „Sauren Braunerden I, II und III“ parallelisiert werden.
- Die „Tschernosemartigen Gebirgs-Waldböden“ werden im Issyk-Kul-Becken unter Fichtenwald ausgeschieden. Hinter diesem Bodentyp verbergen sich der „Ausgelaugte Tschernosem I“ und die „Saure Braunerde I“.
- „Tschernosemartige Gebirgs-Waldböden“ werden, wenn kein Wald mehr vorhanden ist, in der Kirgisischen Bodenklassifikation als „(Humusreiche)-Gebirgs-Tschernoseme“ bzw. als „Subalpine Wiesen-Gebirgs-Böden“ bezeichnet.
- Die „Kolluvial-Tschernoseme“ wurden nach der kirgisischen Bodenklassifikation semi-hydromorphen und hydromorphen Böden zugeordnet, auch wenn keine Hydromorphiemerkmale vorhanden waren.

Allgemein kann festgestellt werden, dass die eigene Bodentypisierung die ökologischen Bedingungen genauer widerspiegelt und eine feinere Differenzierungen nach ökologisch relevanten Merkmalen ermöglicht als die kirgisische Bodenklassifikation.

Tabelle 4.1–36: Vergleich der ausgeschiedenen Boden(unter)typen mit der kirgisischen Bodenklassifikation

Kirgisische Bodenklassifikation  Untertypen	Grau-braune steinige Wüsten-Gebirgstal-Böden		Grau-braune steinige Wüsten-Steppen-Gebirgstal-Böden	Hell-Braune Gebirgstal-Böden	Bewässerte hell-braune Gebirgstal-Böden	Helle Gebirgstal-Kastanoseme	Bewässerte Helle Gebirgstal-Kastanoseme	Gebirgstal-Kastanoseme	Geringmächtige Gebirgstal-Kastanoseme	Dunkle Gebirgstal-Kastanoseme	Bewässerte Dunkle Gebirgstal-Kastanoseme	Dunkle Gebirgstal-Kastanoseme (angeschwemmte)
Normaler Burosem I	4		1	1								
<i>stark salzhaltiger Normaler Burosem II</i>		1										
Normaler Plattengefüge-Burosem III												
Bewässerter Acker-Burosem					2							
Dunkler Burosem:						2						
Heller Kastanosem I (z. T. salzhaltig)												
Hell-Kastanosem I-Pararendzina				1								
Heller Kastanosem II				1								
Heller Kastanosem III, flach versalzt												
Heller (Plattengefüge-) Kastanosem IV												
Bewässerter Heller Kastanosem I							4					
Bewässerter Heller Kastanosem II							1					
Dunkler Kastanosem I						1			1	1		
Dunkler Kastanosem II												
Dunkler Kastanosem III												
Bewässerter Dunkler Acker-Kastanosem							3				3	
Kastano-Tschernosem I												
Kastano-Tschernosem II												
Carbonat-Tschernosem I												
Carbonat-Tschernosem II												
Carbonat-Tschernosem III												
Carbonat-Tschernosem IV, salzhaltig												
Normaler Tschernosem I												
Normaler Tschernosem II												
Normaler Tschernosem III												
Normaler Tschernosem IV												
Ausgelaugter Tschernosem I												
Ausgelaugter Trockenriß-Tschernosem II												
Kolluvial-Tschernosem												1
Tschernosem-Ranker												
Brauntschernosem												
saure Braunerde I												
saure Braunerde II												
saure Braunerde III												
saure Graubraunerde												
Kryo-Kalkbraunerde I												
Kryo-Kalkbraunerde II												
Kolluvial-Braunerde (TÖ5)												
saure Kolluvial-Braunerde (podsoliert)												
(Hochgebirgssteppen-)Kolluvial-Braunerde												





## 4.1.9 Bodenformen

In der Tabelle 4.1-37 (CD) werden die Bodenformen als Kombination aus Bodentyp und Substratfolgetyp dargestellt. Auch wenn das vorhandene Aufnahmematerial begrenzt ist, kann davon ausgegangen werden, daß bestimmte Kombinationen von Substratfolgetypen und Horizontfolgetypen gehäuft auftreten und sich nicht beliebig kombinieren. Einige Boden(unter)typen kommen mit einem größeren Spektrum an unterschiedlichen Substrattypen vor, während bei anderen Bodentypen das Spektrum an Subtrattypen enger ist.

- Bei „Burosemen“ und „Kastanosemen“ gibt es Kombinationen sowohl mit vorwiegend sandigem, lehmigem als auch schluffigem Substrat. Hier sind zwischen der Verteilung des Substrates und der Anordnung der Bodentypen in der Landschaft weniger enge Zusammenhänge ausgeprägt. Die „Normalen Buroseme“ und die „Dunklen Kastanoseme I und II“ kommen sowohl in Schluff als auch in sandigem und skelettreichem Substrat vor.
- Die meisten „Tschernoseme“, alle „Brauntschernoseme“ und die meisten „Braunerden“ wurden in Kombination mit schluffigem Substrat angetroffen. Hier fallen Verteilungsgesetzmäßigkeiten von Bodentyp und Substratfolgetyp (insbesondere Feinbodenanteil) zusammen. So kamen „Braunterschnoseme“ nur auf nordexponierten Hängen und z.T. in ebener Lage vor, wo gleichzeitig das Substrat aus Schluff (Löß) bestand. Welchen Einfluß das Substrat auf die Bodengenese und damit auch auf den Bodentyp hatte bzw. hat, kann dabei nicht gesagt werden.

Zur Reduzierung der großen Vielfalt an Substratfolgetypen wurden in Tabelle 4.1 – 37 einige Vereinfachungen vorgenommen, die sich vor allem auf den Skelettanteil des Bodens beziehen. Während der Skelettgehalt des Bodens für die Ausbildung der Vegetationsform oft nur eine geringe Rolle spielt, sind Skelettgehalt und Art des Skelettes bei der Beurteilung der Ackerfähigkeit von großer Bedeutung

## 4.1.10 Zustandsänderungen von Böden

Das Bodenformenkonzept sieht eine getrennte Erfassung und Typisierung von schwer veränderbaren, weitgehend stabilen „Stammeigenschaften“ und von leichter veränderbaren reversiblen „Zustandseigenschaften“ der Böden vor (KOPP et al., 1982). Die Stammeigenschaften werden in den primären bzw. sekundären Stamm-Bodenformen erfaßt, während die leichter veränderbaren Zustandseigenschaften, die sich vor allem auf den Oberboden beziehen, in den Oberbodenzustandsformen erfaßt werden. Es werden vor allem Zustandsänderungen durch anthropogene Beeinflussung, aber auch aufgrund natürlicher Prozesse erfaßt.

Unter Hochgebirgsbedingungen ist es zweckmäßig, zwischen (a) schwer veränderbaren Bodeneigenschaften, (b) (leicht) veränderbaren Bodeneigenschaften mit irreversibler Zustandsänderung und (c) leicht veränderbaren Bodeneigenschaften mit reversibler Zustandsänderung zu unterscheiden.

Zu irreversiblen Zustandsänderungen kommt es z.B. aufgrund von Erosion bzw. Bodenauftrag, was zur Ausbildung sekundärer Stammboden-Formen führt. Die Standorte sind dabei unterschiedlich empfindlich gegenüber entsprechenden irreversiblen Zustandsänderungen. So hängt z.B. die Erosionsanfälligkeit u.a. von der Hangneigung, der Vegetationsbedeckung, dem Bodensubstrat und der Nutzungsart und -intensität ab.

Die reversiblen Zustandsänderungen beziehen sich vor allem auf den Oberboden. Für mitteleuropäische Wälder gibt es eine ausgefeilte Klassifikation der Oberbodenzustandsformen (dort als Humusformen bezeichnet) unter Berücksichtigung der Nährkraftstufe (C/N- und Säure-Basen-Stufe) und der Feuchtestufe, die eng mit der Zustandsvegetation korrelieren (siehe KOPP et al. 1982).

Eine Typisierung der Oberbodenzustandsformen unter Einbeziehung waldfreier Standorte ist eine lohnenswerte Aufgabe für weiterführende Arbeiten. Bei einer differenzierten Typisierung von primären und sekundären Stamm-Bodenformen und Oberbodenzustandsformen können die Bodeneinheiten in ihren Merkmalen genauer gefaßt werden, (z.B. bei Differenzierung nach Erosionsgrad) und die Bodeneinheiten würden enger mit der Stamm- bzw. Zustands-Vegetation korrelieren. Bodenzustandsänderungen können über die Zuordnung von natürlichen und daraus hervorgegangenen (anthropogen) abgewandelten Bodenausbildungen erfaßt werden. Eine direkte Erfassung entsprechender Prozesse wird nur in seltenen Fällen möglich sein. Im Untersuchungsgebiet führen insbesondere Beweidung, Entwaldung, Aufforstung, Ackernutzung, Bewässerung aber auch natürliche Erosionsprozesse zu Zustandsänderungen von Böden. Die Zustandsänderungen äußern sich u.a. in

- der Bodenverdichtung durch Viehtritt bei feuchten/nassen Böden, (dabei z.T. Bildung von verfestigten Bodenaggregaten bzw. Krusten. Bei Tschernosemen z.T. Verdichtung des Krümelgefüges zu Subpolyedern)
- der Zerstörung von Gefügeelementen bei trockenen Böden durch Viehtritt (vor allem bei Burosemen und Kastanosemen) und zur Entstehung von meist staubigem Einzelkornggefüge, was die Böden anfälliger für Winderosion macht
- verringerter Wasserdurchlässigkeit, verringertem Bodenfeuchtevorrat und verstärktem Oberflächenabfluß
- verringerter Vegetationsbedeckung
- verstärkter Erosion (Wind- und Wassererosion)
- der Verringerung der Humusgehalte, Verlust des humosen Oberbodens, Verlust organischer Auflagen bei Entwaldung
- der Verlagerung der Carbonat-, bzw. Gips- und Salzgrenze weiter an die Oberfläche (durch Erosion der darüber liegenden Horizonte)
- Bodenveränderungen durch Aufforstung (Bildung einer organischen Auflage, Austrocknung des Bodens bei Grenzstandorten: Tschernosemen)
- Nährstoffeintrag bei Intensivweiden und Lägerfluren (erhöhte elektrische Leitfähigkeit), Konzentrierung der Wurzeln in obersten Zentimetern (Ausbildung von Wurzelfilz) und Verringerung der Durchwurzelungstiefe bei ausreichender Feuchteversorgung
- Salz-, Gips-, Carbonatauswaschung, bzw. Anreicherung von Salzen bei Bewässerungsfeldbau sowie Verringerung bzw. Erhöhung der Humusgehalte und Gefügeveränderungen. Bei Burosemen und Kastanosemen führt Bewässerungsfeldbau zur Bildung von Bröckelgefüge mit einer festeren Konsistenz als beim Gefüge der Ausgangsböden
- der Bildung von Kolluvium.



Die Erfassung von Bodenzustandsänderungen ist für die Analyse landschaftsökologischer Prozesse, für die Bewertung der Stabilität bzw. Sensibilität von Naturräumen und der ökologischen Tragfähigkeit verschiedener Nutzungsformen von Bedeutung. Zur Erfassung von Grad und Dauer der Rückwandelbarkeit von Zustandsänderungen sind weitere Untersuchungen notwendig.

**Beispiel: Zustandsänderung durch Bewässerungsfeldbau**

Der Bewässerungsfeldbau hat auf die unterschiedlichen Böden verschieden starke Auswirkungen. Böden, die im natürlichen Zustand trockener sind (Normale Buroseme, Helle Kastanoseme), verändern sich in ihren Eigenschaften (z. B. Humusgehalt) durch Bewässerung stärker als Böden, die von vorne herein schon eine bessere Feuchtigkeitsversorgung haben (Dunkle Kastanoseme, Tschernoseme). Bodensubstrat und Klimabedingungen haben bei Bewässerung Einfluß auf Carbonatverlagerung und Salz-/Gipsverlagerung. Bei der Charakterisierung bewässerter Böden sollte auch die Art des Bewässerungswassers berücksichtigt werden. Das Bewässerungswasser aus gletschergespeisten Flüssen enthält i.d.R. hohe (oft carbonathaltigen) Schwebstoffanteile (Gletschertrübe, sofern kein Absetzbecken vorhanden ist) und hat somit andere Auswirkungen auf den Boden als klares Wasser aus regenwassergespeisten Flüssen. Bei hohem Schwebstoffanteil kann es zur Verkrustung des Oberbodens, Verschlammung und Schädigung junger Pflanzen und dem Eintrag von Carbonaten kommen.

Zu Tabelle 4.1-38: Auch wenn nur wenige Daten vorhanden sind, so lassen sich doch folgende Tendenzen feststellen:

- Bei Normalem Burosem führt Bewässerungsfeldbau zu einer deutlichen Erhöhung der Humusgehalte und der Humusvorräte.
- Bei Hellen Kastanosemen führt Bewässerungsfeldbau zu einer geringfügigen Erhöhung der Humusvorräte und Humusgehalte in 0-5/10 cm
- Bei Dunklen Kastanosemen führt Bewässerungsfeldbau zu keiner Erhöhung, sondern einer leichten Verringerung der Humusvorräte. Die Humusgehalte in den obersten 0-5 cm verringern sich dagegen etwas deutlicher. Noch deutlicher wird die Verringerung der Humusgehalte und -vorräte infolge von Bewässerungsfeldbau bei Dunklen Kastanosemen im Vergleich von Böden mit ähnlichen Substraten (Tabelle 4.1-20 (CD)).

Tabelle 4.1-38: Veränderung der Humusgehalte und Humusvorräte durch Bewässerungsfeldbau bei Normalem Bürosem, Hellen und Dunklen Kastanosemen

	Ausgangszustand Weidenutzung (z.T. erodiert)	Bewässerungsfeldbau	Veränderung bei Bewässerungsfeld- bau gegenüber (± naturnahem) Aus- gangszustand
<b>„Normaler Bürosem I“</b>			
Humus % (0-5/10 cm)	1,1 %* (0,6...1,5 %) (n=5)**	2,7 % (2,2...3,2 %) (n = 2)	+ 145 %
Humusvorrat (0-20 cm)	219 dt/ha (105...333) (n=5)	682 dt/ha (557...808) (n=2)	+ 211 %
Humusvorrat (0-40 cm)	326 dt/ha (139...478) (n=5)	1 116 dt/ha (903...1 328) (n=2)	+ 242 %
<b>Heller Kastanosem I+II</b>			
Humus % (0-5/10 cm)	3,1 % (2,8 ... 3,4) (n=4)	3,4 % (2,3 ... 5,0) (n=5)	+ 10 %
Humusvorrat (0-20 cm)	610 dt/ha (432...805) (n=4)	773 dt/ha (582 ... 860) (n=5)	+ 27 %
Humusvorrat (0-40 cm)	955 dt/ha (812...1 213) (n=4)	1244 dt/ha (1 019...1 458) (n=4)	+ 30 %
<b>Dunkler Kastanosem I</b>			
Humus % (0-5/10 cm)	5,5 % (2,4...7,2) (n=8)	4,0 % (3,8...4,3) (n=3)	- 27 %
Humusvorrat (0-20 cm)	1 071 dt/ha (685...1 544) (n=8)	974 dt/ha (963...983) (n=3)	- 9 %
Humusvorrat (0-40 cm)	1 735 dt/ha (1 340...2 334) (n=6)	1 655 dt/ha (1 561...1 800) (n=3)	- 5 %

\*Mittelwerte, \*\*Spannweite der Einzelwerte, n= Anzahl der Profile

## 4.2 Reliefform

Die Reliefform wird entsprechend KOPP et al. (1982) als Komponente der topischen Naturraumform betrachtet. Unter der Reliefform werden Reliefareale zusammengefaßt, welche in der topischen Dimension (im Maßstabsbereich 1:10 000 kartierbar) gleichartige Reliefmerkmale aufweisen. Die Reliefformen sollen dabei so typisiert werden, dass sie zur Ableitung wesentlicher reliefbedingter Mesoklima-, Boden- und Bodenwassereigenschaften dienen können (SCHULZE & KOPP 1995: SEA95-A 143). Sie werden charakterisiert durch

- die Höhe über dem Meeresspiegel (in m NN),
- die Hangrichtung (Exposition),
- die Hangneigung,
- die Wölbung,
- die Relieflage und
- das Mikrorelief.

Das Reliefmosaik und die Reliefgenese werden hier nicht dargestellt.

### Hangneigung

Standorte mit ähnlicher Hangneigung werden zusammengefaßt und zu den in Tabelle 4.2-01 dargestellten Neigungsstufen geordnet.

Tabelle 4.2-01: Einteilung der Hänge nach Neigungsstufen

Neigungsstufen	Neigungswinkel
eben	0-1°
Flachhang, schwächer geneigt	>1-3°
Flachhang, stärker geneigt	>3-7 (10)°
Lehnhang, schwächer geneigt	>7 (10)-15°
Lehnhang, stärker geneigt	>15-25°
Steilhang, schwächer geneigt	>25-35°
Steilhang, stärker geneigt	>35-60°
Wand	>60-90°

Die Einteilung der Hangneigungsstufen erfolgt nach SCHULZE & KOPP (1995). Sie entspricht im wesentlichen den in der geographischen Landschaftsforschung üblichen Einteilungen (z.B. LESER & KLINK 1988) und den in Kirgisistan gebräuchlichen Einteilungen. Für Ackerstandorte (Bewässerungs- und Regenfeldbau) ist eine feinere Einteilung der Neigungsstufen < 10° für die Abschätzung der Erosionsanfälligkeit in 0-1°, >1-3°, >3-5°, 5-10° zweckmäßig (MAMYTOV et al. 1974: 305).

### Wölbung

An Hängen ist die Wölbung in der vertikalen und der horizontalen Richtung sowie deren Wölbungstendenzen konvex (X), gestreckt (G) oder konkav (V) zu erfassen. Es wird zuerst die vertikale, dann die horizontale Wölbung angegeben. Bei den Untersuchungen wurde angestrebt, möglichst doppelt gestreckte (G/G) Standorte aufzunehmen.

### Relieflage (Einbindung in die Nachbarschaft):

(Auswahl aus SCHULZE & KOPP 1995: SEA95-A 147-149)

Die Einbindung in die Reliefnachbarschaft hat Einfluß auf die geländeklimatischen und hydrologischen Bedingungen eines Standortes (z.B. über Hangzulaufwasser, geschützte oder

offene Lage, unterschiedlich starke Windexposition, Lateralabschattung durch benachbarte Hänge, Ansammlung von Kaltluft in Senken).

Es soll zunächst unterschieden werden zwischen:

- Hanglage (Abbildung 4.2-01)
- Weitlage (allseitig eben)
- (Weitlage mit teilweiser Lateralabschattung)
- enge und weite Tallage (eingesenkt, langgestreckter Grundriß)
- Senkenlage (eingesenkt, rundlicher Grundriß).

Zu weiteren Formen der Einbindung in die Nachbarschaft siehe SCHULZE & KOPP (1995).

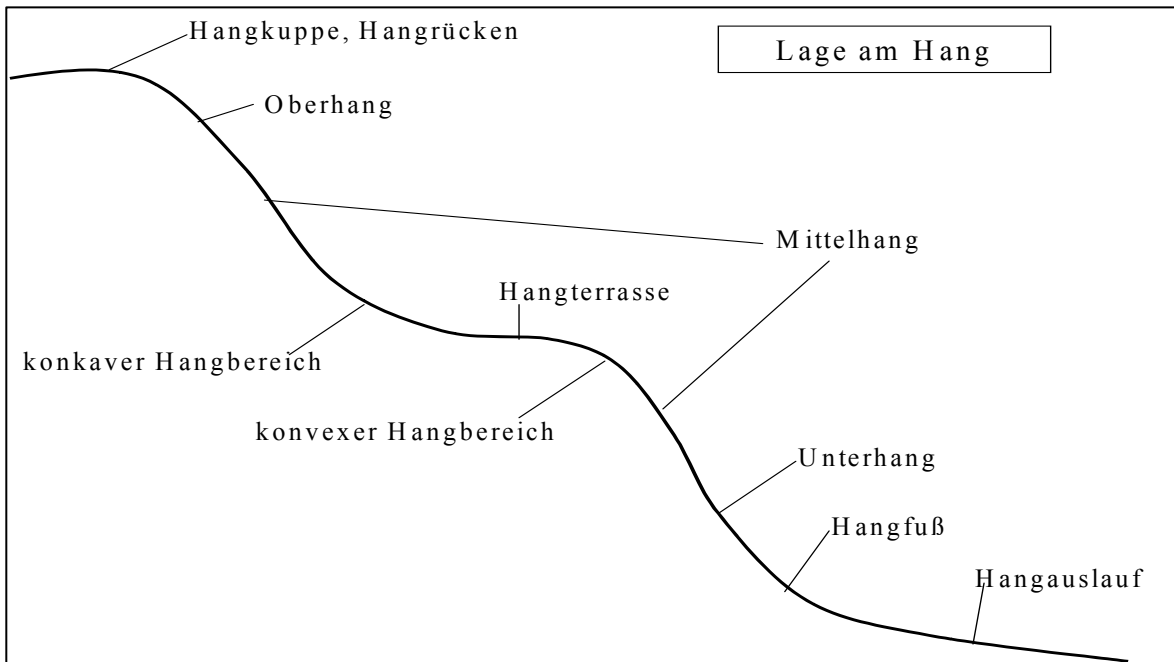


Abbildung 4.2-01: Begriffe zur Benennung der Hanglagen (Darstellung in Anlehnung an SCHULZE & KOPP 1995).

Bei der „inneren Rauheit“ ( $\approx$  Mikrorelief) soll zunächst nur unterschieden werden zwischen glatt, leicht bewegt, wellig, kuppig, bultig oder stufig (Viehangeln). Mit der dargestellten Differenzierung der Reliefformen ist die Reliefvielfalt im Untersuchungsgebiet keinesfalls vollständig erfaßt, genügt aber zunächst zur Beschreibung der aufgenommenen Standorte. Die Aufnahmen wurden bevorzugt unter einheitlichen Reliefbedingungen vorgenommen, vor allem doppelt gestreckte Mittelhanglagen bzw. Weitlagen, um für die jeweiligen Höhenstufen möglichst typische Ausbildungen von Vegetation und Boden anzutreffen. Im weiteren Verlauf werden die Reliefformen i.d.R. vereinfacht angesprochen, da nicht alle Reliefdifferenzierungen bei sämtlichen Naturraumformen ökologisch von Bedeutung sind.

#### Beispiele für Reliefformen:

- stark geneigter Steilhang in Nordexposition, Mittelhanglage, doppelt gestreckt, glatte Oberfläche in 2 100 m NN.

## 4.3 Klima

Das Klima ist neben dem Relief der wichtigste differenzierende Faktor bei der Ausbildung der Naturraumeigenschaften im Untersuchungsgebiet. Durch die großklimatische Differenzierung innerhalb des Gebirges, die ausgeprägte Höhenzonierung des Klimas und die z.T. starke reliefbedingte Differenzierung des Mesoklimas (= Geländeklima) haben wir es im Tienschan mit einer großen Vielfalt an unterschiedlichen Klimabedingungen zu tun (zu klimatischen Bedingungen siehe auch Kapitel 2.3).

Mit zunehmender Höhe kommt es in Gebirgen zu einer Abnahme der Temperaturen und der absoluten Luftfeuchte, zu einer Erhöhung der Niederschläge, Zunahme der Temperaturtagesschwankungen und der Frosthäufigkeit; die Intensität der direkten Sonnenstrahlung und ihr Anteil an der Gesamtstrahlung bei klarem Himmel nimmt auf Kosten der diffusen Himmelsstrahlung zu; die UV-Strahlung nimmt zu; es kommt zu einer Verkürzung der Vegetationszeit (BLÜTHGEN & WEISCHET 1980: 613, LESER 1997:342). In Abhängigkeit von der Lage innerhalb des Gebirges und den unterschiedlichen klimatischen Rahmenbedingungen wirken sich die höhenbedingten Veränderungen auf unterschiedliche Weise auf Klima und Naturraum aus. Innerhalb der Höhenstufen können starke Expositionswirkungen eine ausgeprägte Differenzierung des Geländeklimas bewirken. Das Klima hat somit einen ausgeprägten stufenweisen Mosaikcharakter.

Das Klima des Untersuchungsgebietes kann in folgenden Ebenen gegliedert werden:

- Klimabezirke<sup>16</sup> mit gleichartigen Abfolgen von Höhenstufen (Höhenstufenfolgetypen) in der oberen chorischen Ebene (Abbildung 5.2-01 in Kapitel 5.2),
- Höhenstufenklimatypen in der unteren chorischen Ebene und
- Klimaformen in der topischen Ebene.

Die Typisierung des Klimas in der unteren chorischen Dimension und in der topischen Dimension orientiert sich an der komponentenübergreifenden Naturraumtypisierung nach KOPP et al. (1982) und KOPP & SCHWANECKE (1994:38). Die Höhenstufenklimatypen entsprechen in etwa den Großklimabereichen nach KOPP et al. (1982), bzw. den Makroklimaformen nach KOPP & SCHWANECKE (1994:38). Die Höhenstufenklimatypen sind Klimamosaik, die sich durch beträchtliche mesoklimatische Abweichungen innerhalb eines Höhenbereiches auszeichnen können (Kapitel 4.3.1).

Zur Typisierung der Klimaformen in der topischen Dimension werden die chorischen Höhenstufenklimatypen mit den relief- und bodenbedingten Abweichungen des Mesoklimas kombiniert (entsprechend KOPP et al. 1982:67; vgl. Kapitel 4.3.2).

### 4.3.1 Höhenstufenklimatypen (chorische Kennzeichnung)

Die Ausscheidung und Abgrenzung der Höhenstufenklimatypen erfolgt nicht primär anhand klimatisch-physikalischer Größen, sondern anhand der sichtbaren Auswirkungen des Klimas auf die Höhenzonierung des Naturraumes, insbesondere auf Vegetation und Boden. Dabei werden möglichst naturnahe Vegetationsausbildungen auf verschiedenen Expositionen (insbesondere Nord- und Südhänge) berücksichtigt. Die Höhenstufenklimatypen werden dabei parallel zu den (ökologischen) Höhenstufentypen abgegrenzt, was auch in der parallelen Namengebung zum Ausdruck kommt. Zu Prinzipien der Höhenstufengliederung siehe Kapitel 5.2.

<sup>16</sup> Entsprechend KOPP, SUCCOW, JÄGER u.a. (2002 in Vorb.) und KOPP mündl. Mitteil. (2002).

Tabelle 4.3-01: Höhenstufenklimatypen in den Untersuchungsgebieten im Issyk-Kul-Gebiet

relative Höhenstufe	Höhenstufenklimatyp (Makroklimaform)		Region (Klima-Region)	Tran-sekt-Nr.	Höhenbereich (in m NN.)	jährliche Niederschläge (in mm)	mittlere Januar-temperatur (in °C)	mittlere Juli-temperatur (in °C)	Länge Periode >0°C (in Monaten)	Länge Periode >5°C (in Monaten)	Länge Periode >10°C (in Monaten)	Schnee-decke (Dauer in Tagen)	Schnee-decke (Höhe in cm)	expositionsbedingter mesoklimat. Kontrast
	Region (Klima-Region)	Tran-sekt-Nr.												
Collin	Halbwüsten – Klima	W-IK 1	1600 – 1800	< 200	-2...-4	16...18	8	7	5	<10	<10	gering		
Submontan	Halbwüsten – Klima	W-IK 1	1800 – 1950	200	-2...-4	16...18	8	ca. 6	5	10-20	<10	gering		
Montan	Trockensteppen – Klima	W-IK 1	1950 – 2200	200 – 300	-4...-6	14...16	8	ca. 5-6	4	10-20	<10	gering		
Montan	Steppen – Klima	W-IK 1	2200 – 2400	300 – 400	-6...-8	12...14	7-8	ca. 5	3-4	20-50	<10	gering		
Hochmontan	Gebüsch-Steppen – Kl.	W-IK 1	2400 – 2650	400 – 500	-8...-10	10...12	7	ca. 4-5	2-3	50-100	10-20	mäßig		
subalpin	Gebirgsrasen – Steppen – Klima	W-IK 1	2650 – 2800	500 – 600	-8...-10	8...10	6	ca. 3-4	-	100-150	20-40	stark		
unteres alpin	Gebirgsrasen – Steppen – Klima	W-IK 1	2800 – 3300	500 – 600	-10...-12	6...8	5-6	ca. 3	-	150-200	20-40	sehr stark		
alpin	...Klima (mäßig feucht)	W-IK 1	>3300	500 – 600			4-5	-	-					
collin	Trockensteppen – Klima	N-IK 2	1600 – ca.2000	200 – 300	-2...-4	16...18	8	ca. 7	5...4	50-100	10-20	gering		
montan	Gebüsch – Steppen –	N-IK 2	ca.2000 – 2200	300 – 400	-4...-6	14...16	8	ca. 6	4	100-150	20-40	mäßig		
collin	Steppen – Klima	NO-IK 3	1600 – 1800	500 – 600	-6...-8	16...18	8	ca. 7	5	50-100	20-40	mäßig		
submontan	Gebüsch – Steppen – Kl.	NO-IK 3	1800 – 2000	600 – 700	-6...-8	14...16	8	ca. 6	4-5	100-150	20-40	stark		
montan	Wald – Steppen – Wiesensteppen – Klima	NO-IK 3	2000 – 2400	600 – 700	-6...-8	12...14	7-8	ca. 5-6	3-4	100-150	20-40	sehr stark		
hochmontan	Wald – Klima	NO-IK 3	2400 – 2600	700 – 800	-8...-10	10...12	7	ca. 4-5	2-3	150-200	40-60	(gering)		
subalpin	Gebüschwald – Klima	NO-IK 3	2600 – 2900	800 – 900	-10...-12	10...12	6	ca. 3-4	-	150-200	40-60	(gering)		
unteres alpin	Gebirgsweisen – Kntgebüsch – Klima	NO-IK 3	2900 – >3100	800 – 900	-10...-12	8...10	5-6	ca. 3	-	150-200	40-60	mäßig		
hochalpin	...Klima (feucht)	NO-IK 3	(>3500)				4-5	-	-	200-300	40-60			
montan	Wald – Wiesensteppen – Klima	O-IK 4	2000 – 2100	800 – 900	-10...-12	12...14	8	ca. 5-6	4	150-200	80-100	mäßig		
hochalpin	Polstertundren – Gebirgssteppen – Klima	ZT-s 5	3750 – 3900	400 – 500	-21	4	3-4	-	-	200-300	20-40	(mäßig)		
subalpin	Gebirgshalbwüsten – Kl.	ZT-al 6	um 3000	200 – 300	-14...-16	8...10	5-6	ca. 4	-	50-100	<10	gering		
unteres alpin	Gebirgstrockensteppen – Klima	ZT-al 6	um 3300	300 – 400	-14...-18	8...10	5	ca. 4	-	50-100	10-20	gering		
alpin	Gebirgssteppen – Klima	ZT-al 6	um 3550	400 – 500	-18...-20	6...8	4	ca. 3	-	100-150	10-20	gering		
alpin	Gebirgstrockensteppen – Klima	ZT-a2 6	um 3520	200 – 300	-18...-20	6...8	4	ca. 3	-	50-100	10-20	gering		

Anmerkungen: Daten entnommen aus RYAZANTSEV (1965) und Atlas Kirgizskoy SSSR (1987). Bei den Klimadaten handelt es sich um ungefähre Angaben.

W-IK: West-Issyk-Kul, N-IK: Nord-Issyk-Kul, NO-IK: Nordost-Issyk-Kul, O-IK: Ost-Issyk-Kul-Becken, ZT-s: Zentraler Tienschan (semi-arid), ZT-al,2: Zentraler Tienschan – arid, Areal 1 und 2)

Die Tabelle 4.3-01 (CD) gibt eine Übersicht über die ausgeschiedenen Höhenstufenklimatypen mit Zuordnung zu den „Klimaregionen“ innerhalb des Tienschans und Höhenangaben. Die Klimadaten wurden den Höhenstufenklimatypen aufgrund deren Lage in den bearbeiteten Transekten und aufgrund der Höhenangaben aus der Literatur bzw. aus Kartenwerken zugeordnet (RYAZANTSEV 1965; Atlas Kirgizskoy SSR 1987). Dabei handelt es sich i.d.R. nicht um direkt erfaßte Klimawerte, sondern um Werte, die von kirgisischen Klimatologen aus dem vorhandenen Netz von Klimastationen sowie den bekannten Einflußgrößen auf das Gebirgsklima in der jeweiligen räumlichen Verteilung abgeleitet wurden.

Mit dem Zeitraum mit mittleren Monatstemperaturen  $>+5^{\circ}\text{C}$  wird konventionell die Länge der thermisch definierten Vegetationszeit festgelegt (SCHULTZ 1995:26). Insbesondere im Hinblick auf landwirtschaftliche Kulturen wird auch oft die Länge der Vegetationszeit anhand der Grenze  $>+10^{\circ}\text{C}$  festgelegt. In den hochalpinen Lagen liegen jedoch die mittleren Monatstemperaturen ganzjährig unter  $+5^{\circ}\text{C}$ . Hier kommt es auch bei niedrigeren mittleren Monatstemperaturen ( $>0^{\circ}\text{C}$ ) zu Pflanzenwachstum.

Die Vegetationsperiode (die Periode des tatsächlichen Pflanzenwachstums) wird nicht nur durch die thermischen Bedingungen, sondern auch durch die hygrischen Bedingungen begrenzt. Insbesondere bei Halbwüsten und steppenartiger Vegetation wird bei ausreichenden Temperaturen die Vegetationszeit durch Trockenheit begrenzt. Innerhalb eines Höhenstufenklimabereiches kann es darüber hinaus zu deutlichen expositions- und reliefbedingten Verschiebungen in der Länge der Vegetationsperiode kommen. So beginnt auf Südhängen durch stärkere Einstrahlung und Erwärmung im Frühjahr das Pflanzenwachstum eher, während auf Nordhängen die geringere Erwärmung und längere Schneebedeckung den Beginn der Vegetationsperiode verzögert.

Die Höhenstufenklimatypen setzen sich aus einem die Höhenlage kennzeichnenden Begriff (collin, submontan, u.s.w.), sowie einem „Vegetationsklimatyp“, der die naturräumliche Ausstattung eines Höhenbereiches charakterisiert (z.B. Halbwüsten-Klima), zusammen. Innerhalb einzelner Höhenstufenklimabereiche kann der ausgeprägte Mosaikcharakter des Klimas dazu führen, daß die reliefbedingten Mesoklimaunterschiede z.T. deutlich größer sind als die Unterschiede der mittleren Klimaeigenschaften in ebener Lage benachbarter Höhenstufen. Die Angaben zur Stärke der expositionsbedingten Kontraste innerhalb der Höhenstufenklimatypen (Tabelle 4.3-01 CD) wurden aufgrund eigener Befunde zur expositionsbedingten Anordnung von naturnaher Vegetation und Boden abgeschätzt. Dabei wurden vor allem unterschiedlich exponierte Mittelhanglagen berücksichtigt. Hydromorphe bzw. durch Zusatzwasser geprägte Standorte wurden dabei nicht mit einbezogen. Die Stärke des expositionsbedingten Kontrastes wurde wie folgt abgestuft:

- gering (1): Auf allen Expositionen kommen gleiche Vegetationsformationen mit annähernd gleicher Artenzusammensetzung und gleiche „zonale klimabedingte“ Bodentypen<sup>17</sup> vor. Expositionsbedingte Substratunterschiede sind möglich. Bei sehr trockenen und sehr feuchten Bedingungen (und in geschützter Relieflage) hat die Exposition nur einen geringen Einfluß auf die Differenzierung von Vegetation und Boden (eine mesoklimatische Feuchtestufe innerhalb einer Höhenstufe).

<sup>17</sup> Mit „zonalen klimabedingten“ Bodentypen sind hier gemeint: „Burosem“, „Heller Kastanosem“, „Dunkler Kastanosem“, „Kastano-Tschernosem“, „Carbonat-Tschernosem“, „Normaler Tschernosem“, „Ausgelaugter Tschernosem“, „Brauntschernosem“, „Graubraunerde“, „Saure Braunerde“. Die Reihenfolge der Bodentypen wurde nach deren Verwandtschaft bzw. Ähnlichkeit geordnet. Zum Wert der Bodentypen als Klimaindikatoren ist einschränkend anzumerken, dass ein Teil der Bodenmerkmale einzelner Bodentypen bereits unter früheren Klimabedingungen entstanden sein kann.

- mäßig (2): Auf fast allen Expositionen dominiert die gleiche Vegetationsformation und der gleiche „zonale klimabedingte“ Bodentyp. Nur stärker geneigte Nordhänge (mit Abweichungen ins Feuchtere) oder stärker geneigte Südhänge (mit Abweichungen ins Trockenere) weisen eine andere Vegetationsform und einen anderen Bodentyp auf (zwei mesoklimatische Feuchtestufen innerhalb einer Höhenstufe oder eine mesoklimatische Feuchtestufe, wenn deutliche Auswirkungen der Temperaturdifferenz auf N- und S-Exposition).
- stark (3): Starke expositionsbedingte Unterschiede in Vegetation und Boden auch bei mäßig starker Hangneigung auf Nord- und Süd-Hängen. Es treten jeweils 2 verschiedene, stärker voneinander abweichende „zonale klimabedingte“ Bodentypen und 2 verschiedene Vegetationsformationen mit großen Unterschieden in der Artenzusammensetzung auf. In Ost- und West-Exposition finden sich Übergangsbildungen (3 mesoklimatische Feuchtestufen innerhalb einer Höhenstufe).
- sehr stark (4): Sehr starke expositionsbedingte Unterschiede in Vegetation und Boden. Es kommen 3 verschiedene Vegetationsformationen mit sehr großen Unterschieden in der Artenzusammensetzung und 3 verschiedene „zonale klimabedingte“ Bodentypen vor. (z.B. Wald, Steppen und Wiesensteppen sowie „Saure Braunerde“, „Kastano-Tschernosem“ und „Ausgelaugter Tschernosem“) (4 mesoklimatische Feuchtestufen innerhalb einer Höhenstufe).

Um den Mosaikcharakter eines Höhenstufenklimatyps erkennen zu können, ist ein ausreichend stark reliefiertes Gelände Voraussetzung. Im Untersuchungsgebiet war diese Bedingung in der Regel gegeben. Die Stärke des expositionsbedingten Kontrastes und die Heterogenität der Naturraumausstattung kommt bereits bei der Benennung der Höhenstufen(klima)typen zum Ausdruck: collines Halbwüsten-Klima (geringer Kontrast) montanes Wald-Steppen-Wiesensteppen-Klima (sehr starker Kontrast).

Einzelne „Vegetationsklimatypen“ sind nicht auf bestimmte Höhenbereiche beschränkt, sondern können in den verschiedenen „Klimaregionen“ in unterschiedlichen Höhenlagen vorkommen. Die bisher angetroffenen Kombinationen von „Vegetationsklimatyp“ und relativen Höhenstufen werden in Tabelle 4.3-02 dargestellt.



Tabelle 4.3-02: Kombination von „Vegetationsklimatyp“ und relativer Höhenstufe mit Angabe der „Klimaregionen“, in denen sie vorkommen

relative Höhenstufe	collin	sub-mon-tan	mon-tan	hoch mon-tan	subal-pin	unter alpin	alpin	hoch-alpin
Höhenbereich (in m NN.) (im Issyk-Kul-Becken)	1600-1800/ 2000	1800-2000	2000-2400	2400-2700	2600-2900	2900-3300	nicht bearb.	nicht bearb.
Höhenbereich (in m NN.) (im Zentralen Tienschan außerhalb des Issyk-Kul-Beckens)					um 3000	um 3300	ca. >3500	ca. 3700-3900
„Vegetationsklimatyp“								
jeweils in verschiedenen Höhenstufen vorkommend:								
Halbwüsten-Kl./ Gebirgs-halbwüsten-Kl.	W-IK	W-IK			ZT-a1			
Trockensteppen-Kl./ Gebirgstrockensteppen-Kl.	N-IK		W-IK			ZT-a1	ZT-a1	
Steppen-Kl./ Gebirgssteppen-Kl.	NO-IK		W-IK				ZT-a2	
Gebüsch-Steppen-Kl.		NO-IK	N-IK	W-IK				
jeweils nur in einer Höhenstufe vorkommend								
Wald-Steppen-Wiesensteppen-Kl.			NO-IK					
Wald-Wiesensteppen-Klima			O-IK					
Wald-Klima				NO-IK				
Gebüschwald-Klima					NO-IK			
Gebirgs-wiesen-Kniegebüsch-Klima						NO-IK		
Gebirgsrasen-Steppen-Klima					W-IK			
Gebirgsrasen-Steppen-Klima						W-IK		
Polstertundren-Gebirgssteppenrasen-Klima								ZT-s

Abkürzungen der (Klima)regionen: W-IK: West-Issyk-Kul-, N-IK: Nord-Issyk-Kul-, NO-IK: Nordost-Issyk-Kul-, O-IK: Ost-Issyk-Kul-Becken, ZT-s: Zentraler Tienschan (semiarid), ZT-a1,2: Zentraler Tienschan - arid, Areale 1 und 2)

Es ist anzunehmen, daß die Areale mit ähnlichen Vegetationsformationen und Bodentypen in verschiedenen Höhenbereichen Ähnlichkeiten in Bezug auf bestimmte ökologisch wirksame Klimaeigenschaften aufweisen, auch wenn sie in unterschiedlichen Höhenbereichen vorkommen. Die möglicherweise ähnlich ökologisch wirksamen Klimaeigenschaften der „analogen Vegetationsklimatypen“ verschiedener Höhenbereiche sind aus den Klimaangaben in Tabelle 4.3-01 (CD) jedoch nicht unmittelbar abzulesen. Weitere Aufschlüsse über

deren Verwandtschaft könnte die Ermittlung der Länge der thermisch und hygrisch begrenzten Vegetationsperiode und der klimatischen Wasserbilanz liefern (SCHULTZ 1995:26, AGACHANJANC 1985, BLÜTHGEN & WEISCHET 1980).

#### 4.3.2 Klimaformen (topische Kennzeichnung)

Die Klimaformen charakterisieren das Klima in der topischen Dimension. Die Klimaformen setzen sich aus den Makroklimaformen (hier: Höhenstufenklimatypen) und den Mesoklimaformen zusammen (KOPP et al. 1982, KOPP & SCHWANECKE 1994, SCHWANECKE et al. 1982:29, SCHULZE & KOPP 1995). Während der Höhenstufenklimatyp die klimatischen Rahmenbedingungen vorgibt, charakterisiert die Mesoklimaform die reliefbedingten mesoklimatischen Abweichungen (Geländeklima).

Der reliefbedingte Mesoklimaeinfluß ist bei einer Gliederung des Reliefs wirksam und kann sich differenzierend auf Ein- und Ausstrahlung, Erwärmung, Durchfeuchtung, Austrocknung, Windexposition, Frostgefährdung, Mächtigkeit und Dauer der Schneedecke u.a. auswirken.

Der Mesoklimaeinfluß bzw. dessen Auswirkungen auf den Naturraum ist in den verschiedenen Großklimabereichen unterschiedlich stark ausgeprägt. Besonders stark ist die mesoklimatische Differenzierung in Großklimabereichen ausgeprägt, wo die Feuchte- und Temperaturbedingungen ökologische Schwellenwerte erreichen. Voraussetzung ist, dass das Relief ausreichend stark gegliedert ist und unterschiedlich exponierte Hänge mit möglichst starker Hangneigung aufweist. Bei mittleren Feuchtebedingungen sind die expositionsbedingten Mesoklimaabweichungen somit deutlich größer als unter sehr trockenen bzw. sehr feuchten Bedingungen. Die im Hochgebirge hohe Intensität direkter Sonnenstrahlung führt insbesondere bei geringer Bewölkung zu starken Expositionswirkungen. Gebiete mit hohen Niederschlägen weisen i.d.R. eine stärkere Bewölkung und damit einen geringeren Anteil direkter Sonnenstrahlung auf.

Die reliefbedingte Mesoklimaform wird nur bei deutlicher mesoklimatischer Differenzierung innerhalb eines Großklimabereiches angegeben. Bei der Typenbildung der reliefbedingten Mesoklimaform werden folgende Merkmale der bodennahen Luftschichten berücksichtigt:

- reliefbedingte Unterschiede im Strahlungsgenuß (sonnenseitig, schattenseitig, halbschattenseitig, Lateralabschattung in engen Tälern)
- reliefbedingte Unterschiede in der Luftfeuchte (mesoklimatische Feuchtestufen: dürr – sehr feucht, vgl. Tabelle 4.3-03)
- relief- und bodenbedingte Temperaturunterschiede, insbesondere Unterschiede in der Frostanfälligkeit (Kaltluftsenken)
- reliefbedingte Unterschiede in der Windzufuhr (Angabe bei besonders stark windexponierter, bzw. windgeschützter Lage)

Beispiele:

	(Höhenstufenklimatyp)	(Mesoklimaform)
Klimaform:	montanes Wald-Steppen-Wiesensteppen-Klima,	schattenseitig – mäßig feucht (N-Hang)
	- „ -	sonnenseitig – mäßig trocken (S-Hang)
	- „ -	halbschattig – frisch (W-Hang)

Bei der Ableitung der mesoklimatischen Feuchtestufen (Tabelle 4.3-03) konnte nicht auf direkte Klimadaten zurückgegriffen werden, sondern ausgehend von den allgemeinen Eigenschaften des Höhenstufenklimatyps nur auf die Interpretation von Relief-, Boden- und Vegetationsmerkmalen (Exposition, Hangneigung, Relieflage, Bodentypen, Vitalität, Zeitpunkt der Austrocknung der Vegetation bei Steppen, Wuchsformen, Artenzusammensetzung, ....) Gewisse Orientierung boten auch punktuelle Angaben zu den aktuellen Bodenfeuchtebedingungen, die bei den Profilaufnahmen im Sommer erfaßt wurden. Es wurde versucht, mesoklimatische Feuchtestufen mit Gültigkeit für sämtliche Großklimabereiche des Untersuchungsgebietes zu bilden, die - zumindest auf die warme Periode bezogen - ähnliche Eigenschaften aufweisen. Bei den mesoklimatischen Feuchtestufen handelt es sich um einen ersten Entwurf von Schätzstufen, die im Verlaufe weiterer Untersuchungen überprüft und korrigiert werden müßten. Eine Differenzierung der mesoklimatischen Feuchtestufen nach ihrem zeitlichen Verhalten im Jahresverlauf und den mittleren Feuchteverhältnissen über mehrere Jahre würde weitere Erkenntnisse bringen. Bei KOPP & SCHWANECKE (1994) werden dagegen 9 reliefbedingte Feuchtestufen (dürr ... sehr frisch bis luftfeuch) abgeleitet, die jeweils die relativen Abweichungen bezogen auf die einzelnen Großklimabereiche angeben. Eine Übertragung der relativen Feuchtestufen auf das Untersuchungsgebiet würde bei den großen Makroklimaunterschieden jedoch zu Irritationen führen.

Tabelle 4.3-03: Geschätzte mesoklimatische Feuchtestufen mit charakteristischen Boden- und Vegetationstypen.

Mesoklimatische Feuchtestufe		Typischer Boden	Typische Vegetation
extrem dürr	(0)	(Kommt im USG nicht vor)	
sehr dürr	(1)	Normaler Burosem	Halbwüste
dürr	(2)	Dunkler Burosem/(Heller Kastanosem)	Halbwüste
sehr trocken	(3)	Heller Kastanosem	Trockensteppe
trocken	(4)	Dunkler Kastanosem	Steppe
mäßig trocken	(5)	Kastano-Tschernosem, Carbonat-Tschernosem	Steppe
mäßig frisch	(6)	Normaler Tschernosem, Ausgelaugter Tschernosem II	Wiesensteppe, Gebüsch
frisch	(7)	Ausgelaugter Tschernosem I, Brauntschernosem	Wiesensteppe, Gebüsch, Gebirgsrasen
mäßig feucht	(8)	Saure Braunerde I	Fichtenwald
feucht	(9)	Saure Braunerde II	Fichtenwald
sehr feucht	(10)	Saure Braunerde III, Saure Graubraunerde	Gebirgsbiese, <i>Juniperus turkestanica</i> -Kniegebüsch

Aus der Differenz der reliefbedingten mesoklimatischen Feuchtestufen innerhalb eines Großklimabereiches (Höhenstufenklimatyps) können die Abweichstufen von den mittleren Feuchtestufe in ebener Lage eines Großklimabereiches und damit der Kontrast der mesoklimatischen Feuchtebedingungen ermittelt werden.

## 4.4 Substratwasserform

Mit der Substratwasserform wird das im Porenraum des Bodens oder zeitweilig an der Bodenoberfläche frei bewegliche Wasser der Landflächen typisiert (KOPP et al. 1982: 60). Beim Substratwasser können Formen des Grund-, Stau-, Sicker-, Flurabzugswassers, sowie ergänzend Formen des Hangwassers, Überflutungswassers, des aufsteigenden Bodenwassers und der Bodengefrorenis sowie Schneedecke unterschieden werden. Die einzelnen Erscheinungsformen des Substratwassers können verschieden ausgeprägt sein und in unterschiedlicher Kombination auftreten.

Bei KOPP et al. (1982:60) werden als Primärkomponenten des Substratwassers nur das Grund- und Stauwasser zu Formen typisiert und in Karten dargestellt, da die anderen Formen des Substratwassers sekundär aus dem Zusammenwirken von Körnungs-, Humus- und Gefügeprofil des Bodens sowie der Klima- und Reliefform abgeleitet werden können (KOPP et al. 1982: 60). Da die entsprechenden Zusammenhänge im Untersuchungsgebiet nicht so gut bekannt sind, sollten bei der Typisierung bzw. Beschreibung alle relevanten Formen des Substratwassers berücksichtigt werden, soweit Informationen vorliegen. Die Bodenfeuchte (Haftwasser-, Kapillarwasser) wird nicht bei der Substratwasserform angegeben, sondern bei der ökologischen Feuchtestufe (Kapitel 4.4.1), als Resultierende aus Substratwasserform und Klimaform, berücksichtigt.

Da über das Substratwasser nur wenig Informationen vorliegen, vor allem zu dessen zeitlichen Verhalten, werden auch die Grund- und Stauwasserformen nur in groben Stufen angesprochen. Bei besserem Kenntnisstand könnte die detaillierte Typisierung der Grund- und Stauwasserformen in Stufen nach Tiefe, Andauer und Schwankung des Wasser von KOPP & SCHWANECKE (1994) angewendet werden.

Die hydromorph geprägten Standorte wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit nur am Rande mit erfaßt. Bei HEINECKE (1999) und KOCKSCH (1999) werden hydromorphe Standorte im Issyk-Kul-Becken ausführlicher behandelt. Die in Tabelle 4.4-01 aufgeführten Formen des Substratwassers entsprechen in Teilen den Bodenfeuchtereime-Grundtypen nach ZEPP (1999).

Tabelle 4.4-01: Formen des Substratwassers

Formen des Substratwassers (Wasserregime)	Differenzierung nach
Grundwasser (GW)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiefe: grundsumpfig, grundnaß (=grundwasserbeherrscht), grundfeucht (=grundwassernah), grundwasserbeeinflußt, schwach grundwasserbeeinflußt</li> <li>• zeitlicher Dimension: ständig, langfristig, kurzzeitig, selten</li> <li>• quellig, stark schwankend</li> </ul>
Stauwasser (SW)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stärke bzw. Tiefe der Stauwasserbeeinflussung: (stau)sumpfig, staunaß, staufeucht</li> <li>• zeitlicher Dimension: ständig, langfristig, kurzzeitig, selten</li> <li>• Art des Staukörpers: bindiges Substrat, Frosthorizont</li> </ul>

Sicker <sup>18</sup> - oder Perkolationswasser (PW)	Angabe bei ausgeprägtem Sickerwasserregime bei sehr durchlässigen (sandigen, skelettreichen) Böden
Hangwasser (HW) (Zulaufwasser)	<p>Stärke und nach Häufigkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• schwach-, mäßig-, stark hangwasserbeeinflusst,</li> <li>• ständig, zeitweise, selten hangwasserbeeinflusst (permanent, periodisch, episodisch)</li> </ul> <p>weitere Differenzierungsmöglichkeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hangwasser nach Schneeschmelze bei gefrorenem Boden</li> <li>• Hangwasser nach Regen</li> <li>• ständiges Hangwasser bei oberhalb austretendem Grundwasser</li> </ul>
Überflutungswasser (ÜW)	<p>Dauer und Häufigkeit der Überflutung sowie Art des Überflutungswassers</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• langfristig, ... kurzzeitig überflutet</li> <li>• häufig, ... selten überflutet (bei gletscherernährten Flüssen kann es im Sommer Auenbereiche mit täglichem Wechsel von Überflutung und Abfluß geben)</li> <li>• Überflutungswasser mit / ohne Gletschertrübe</li> <li>• Auenüberflutungsregime, Küsten-/Seeuferüberflutungsregime</li> </ul>
Flurabzugswasser (Abflußregime) (AW)	bei ausgeprägtem oberflächigem Abfluß von Niederschlagswasser; Differenzierung nach Ausprägungsstärke: (schwach), mäßig, stark, sehr stark
kapillar aufsteigendes Bodenwasser (KW)	<p>Angabe bei hydromorph geprägten Böden unter ariden Bedingungen, führt i.d.R. zu Carbonat- Salz-Anreicherung an der Oberfläche</p> <p>Differenzierung nach Stärke</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• stark / schwach aufsteigender Bodenwasserstrom</li> </ul> <p>(Kapillarwasser gehört streng genommen nicht zu frei beweglichem Wasser, sondern zusammen mit dem Adsorptionswasser zum Haftwasser)</p>
Bodengefrorenis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dauerfrost, auftauender Bereich</li> <li>• Tiefe des Dauerfrostes unter der Geländeoberfläche</li> </ul>
Schneedecke	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dauer und Mächtigkeit der Schneedecke (durch klima- und reliefbedingte Schneeakkumulation)</li> </ul> <p>(Die mittlere Schneedecke in ebener Lage wird bereits bei der Charakterisierung des Makroklimas angegeben. Die Schneeverhältnisse können am konkreten Standort (topisch) in Abhängigkeit vom Relief (z.B. reliefbedingte Schneeakkumulation an Unterhängen), von den expositionsbedingten Strahlungsunterschieden, den Windverhältnissen (Schneeverwehungen) der Vegetationsstruktur und der Nutzung erheblich abweichen)</p>
Bewässerungswasser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewässerungsmethode (im USG dominiert Furchenbewässerung mit Überrieselung)</li> <li>• Anzahl der Bewässerungsvorgänge (i.d.R. 1...3 x), Wassermenge</li> <li>• Qualität des Bewässerungswassers: geringer / hoher Schwebstoffanteil (Gletschertrübe)</li> </ul>

<sup>18</sup> Inklusive der Prozesse Perkolations (Wasser durchläuft gesättigten Boden); Sickerung (Wasserzufuhr zu perkolierendem vollständig gesättigtem Boden unterbrochen); Infiltration: (Wasser dringt in trockenen oder ungesättigten Boden ein).Begriffserklärungen nach FREI & PEYER (1991:49-51).

Die tatsächlichen Feuchtebedingungen eines Standortes können in Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen auch bei gleicher Substratwasserform erheblich voneinander abweichen. Angaben zu den tatsächlichen Feuchtebedingungen eines Standortes soll die ökologische Feuchtestufe machen (Kap.4.4.1).

##### 4.4.1 Zur ökologischen Feuchtestufe

Die ökologische Feuchtestufe ist eine komplex beeinflusste Größe, die die tatsächlichen Feuchtebedingungen am Standort angeben soll. Die ökologische Feuchtestufe ist nicht Bestandteil der geostrukturellen Naturraumtypisierung, sondern enthält bereits ökologische Interpretationen und ist damit eher der Funktionsbetrachtung zuzuordnen. Die ökologische Feuchtestufe sollte aus den Eigenschaften der bei der geostrukturellen Typisierung erfaßten Naturraumkomponenten ableitbar sein. Die ökologische Feuchtestufe wird beeinflusst durch:

- Großklima- und Mesoklimaform (mesoklimatische Feuchtestufe),
- Reliefform
- Substratwasserform, inkl. Schneedeckenverteilung (Verwehung, Akkumulation),
- Bodenform (Unterschiede in der Wasserspeicherefähigkeit und Versickerungsfähigkeit von bindigen und sandigen, humusreichen und humusarmen Böden; Bodengefüge),
- Vegetationsstruktur (Rückhalt von Niederschlägen durch Vegetation),
- Verdunstungsleistung der Vegetation (z.B. erhöhte Verdunstungsleistung durch Fichtenforst auf Wiesensteppen-Standort),
- Zustandsform/Nutzungsform (z.B. Bewässerung; Bei Überweidung führt verdichteter und verkrusteter Oberboden und geschädigter Vegetation führt zu verstärktem Oberflächenabfluß und zu geringerem Feuchtigkeitsvorrat im Boden).

Damit kann die ökologische Feuchtestufe (sehr dürr ... sehr nass...) deutlich von der mesoklimatischen Feuchtestufe abweichen. Da die ökologische Feuchtestufe durch anthropogene Zustandsänderungen beeinflussbar ist, können „aktuelle“ und „potentielle“ ökologische Feuchtestufen ausgewiesen werden.

Zur ökologischen Feuchtestufe sollten, soweit möglich, auch Angaben zu den beeinflussenden Faktoren gemacht werden, um ableiten zu können, woher der wesentliche Anteil des Feuchtevorrates an einem Standort kommt. Kenntnisse über die Herkunft des wesentlichen Feuchtevorrates an einem Standort sind von Bedeutung bei der vergleichenden Betrachtung von Standorten mit weit auseinanderliegenden klimatischen Verhältnissen und bei der Abschätzung der anthropogenen Beeinflussbarkeit der ökologischen Feuchtestufe, die im wesentlichen Maße die Produktivität eines Standortes bestimmt (z.B. verringerter Feuchtegehalt durch anthropogen verstärkten Oberflächenabfluß infolge intensiver Beweidung).

Im Laufe weiterer Untersuchungen sollte die Typisierung der ökologischen Feuchtestufe unter Berücksichtigung der zeitlichen Dimension konkretisiert und ausgebaut werden. Wichtige Anhaltspunkte dafür sind von der detaillierten Analyse der Indikatoreigenschaften der Vegetation zu erwarten.

## 4.5 Vegetation

Die Vegetation spielt neben dem Standort eine zentrale Rolle innerhalb des naturraumkundlichen Konzeptes. Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, wird nur eine Kurzdarstellung der Vegetation vorgenommen, obwohl das umfangreiche Datenmaterial von 320 Aufnahmen bei ca. 560 Arten eine ausführliche Charakterisierung der Vegetationseinheiten und der Indikatoreigenschaften der Arten und Artengruppen bzw. -kombinationen ermöglichen würde. Es werden (vorläufige) Vegetationsformen ausgeschieden, die hier nicht weiter beschrieben und diskutiert werden. Die dazugehörigen Vegetationsaufnahmen werden in 2 großen Vegetationstabellen (Tabelle 4.5-02 **CD** und 4.5-03 **(CD)**) dokumentiert. Eine nach Familien alphabetisch geordnete Artenliste befindet sich in Tabelle 4.5-04 (S. 139-149 + **CD**).

Im Kapitel 4.5.1 werden zunächst die wichtigsten kirgisischen Vegetationsklassifikationssysteme dargestellt. Danach wird in Kapitel 4.5.2 das Vegetationsformenkonzept im Sinne von KOPP et al. (1982) als geeignete Grundlage für die Klassifikation der Vegetation des Tianschan im Rahmen landschaftsökologischer Untersuchungen dargestellt und diskutiert. Es werden einige Modifikationen des Vegetationsformenkonzeptes vorgestellt, die bei der ökologischen Gesamtgliederung der Vegetation des klimatisch sehr heterogenen Untersuchungsgebietes im Tianschan notwendig sind und die im Rahmen weiterführender Arbeiten zur Ableitung umfangreicher Indikatoreigenschaften von Arten, Artengruppen bzw. -kombinationen sowie Vegetationsformen dienen können. Im Kapitel 4.5.3 werden die Pflanzenformationen des Untersuchungsgebietes begrifflich erläutert, und die erfaßten Vegetationsformen nach Pflanzenformationen geordnet aufgelistet.

### 4.5.1 Kirgisische Systeme der Vegetationsklassifikation

Für Kirgisistan gibt es bisher kein einheitliches, allgemein angewendetes Klassifikationssystem der Vegetation. Nach GOLOVKOVA (1990: 34) hat fast jeder Forscher, der sich mit der Vegetation Kirgisistans beschäftigt hat, versucht, eine eigene Klassifikation zu erarbeiten. Die Vegetation wurde im Rahmen weidekundlicher Untersuchungen, geobotanischer Kartierungen, stationärer Forschungen und im Rahmen von Vegetationsmonographien einzelner Gebiete klassifiziert, wobei jeweils eigene Vegetationseinheiten ausgeschieden wurden. Den verschiedenen Vegetationsklassifikationen liegen in den meisten Fällen die Klassifikationsprinzipien der Dominanz-Methode nach SUKACHOV zugrunde. Die Dominanz-Methode bringt es mit sich, dass immer wieder andere Namen für ähnliche Vegetationsbestände vergeben werden, da jeweils nur wenige dominante Arten berücksichtigt werden, diese sich aber recht variabel verhalten können. Lediglich bei KENDIRBAEVA (1995) finden sich erste Ansätze einer Vegetationsklassifikation nach BRAUN-BLANQUET.

Bei GOLOVKOVA (1990) findet sich das umfangreichste und detaillierteste System der Vegetationsklassifikation nach Dominanten für Kirgisistan. Nach GOLOVKOVA gibt es in Kirgisistan 3 670 Arten höherer Pflanzen, wovon 215 Arten als Dominanzarten (Dominanten-Edifikatoren) gelten. Dementsprechend werden in Kirgisistan 215 „Formationen“ ausgeschieden (zu jeder Dominanzart gehört eine „Formation“), die weiterhin in insgesamt 1 500 Assoziationsgruppen unterteilt werden (unter Berücksichtigung 1-2 weiterer dominierender Arten im Bestand). Das Klassifikationssystem von GOLOVKOVA (1990) ist Grundlage für die Vegetationskarte Kirgisistans in Atlas Kirgizskoy SSR (1987) im Maßstab 1:1,5 Mio. Die Bedeutung der Dominanzarten sieht GOLOVKOVA (1990: 38) darin, daß sie die Hauptbiomasse bilden und die „Phytosphäre“ für die übrigen Arten schaffen und dabei auch einen „Komplex ökologischer Faktoren“ widerspiegeln sollen. Nach GOLOVKOVA (1990: 35) selbst

bleiben jedoch viele Fragen unbearbeitet. So ist es ihrer Meinung nach notwendig, die Regionalität der Vegetationseinheiten zu berücksichtigen, da die Vegetationseinheiten in verschiedenen Regionen jeweils unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Das ist jedoch nicht verwunderlich, wenn Vegetationseinheiten nur anhand weniger Dominanzarten ausgeschieden werden.

### **Dominanzmethode**

Potentiale der Dominanzmethode:

Auf Grundlage der Dominanzmethode wurde über die Vegetation Kirgisistans ein umfangreiches Literatur- und Kartenmaterial erarbeitet. Das Dominantensystem ist als Grundlage für eine Kartierung der Vegetationsdecke großer Gebiete gut geeignet. WALTER & BRECKLE (1991: 125-128) heben in diesem Zusammenhang die Verdienste der Vegetationskunde der UdSSR hervor, die mit Hilfe der Dominanzmethode 1/6 der gesamten Landoberfläche der Erde kartiert und einen klaren Überblick über dessen Vegetation geliefert hat und kritisiert in diesem Zusammenhang die Pflanzensoziologie: „Während die übrigen Schulen mit den kleinsten Einheiten der Vegetation anfangen und im Kleinkram stecken blieben, ging man in Osteuropa sofort von den großen Vegetationszonen aus (Tundra-, borealer Nadelwald, Laubwald, Steppen, Halbwüsten- und Wüstenzone) und gliederte diese bis hinunter zu den Assoziationen, die durch die dominanten Arten der einzelnen Schichten gekennzeichnet und benannt werden, so daß man sofort ein klares Bild von den Pflanzengemeinschaften erhält und sie ins System einordnen kann“ (WALTER & BRECKLE, 1991: 127).

Ein Vorteil der Dominanzmethode kann auch darin gesehen werden, daß bei ihr im Gegensatz zur Pflanzensoziologie in jedem Falle die dominanten Arten bei der Ausscheidung der Vegetationseinheiten berücksichtigt werden, die im Bestand eine hohe Phytomasse entwickeln und für die Ökologie des Standortes von großer Bedeutung sind. Insbesondere bei naturnaher Vegetation lassen sich mit der Dominanzmethode gute Ergebnisse erzielen. Die Dominanzmethode ist auch für Gebiete geeignet, wo die Flora noch nicht sehr intensiv bearbeitet wurde. Eine detaillierte Darstellung und eine kritische Diskussion der Dominanzmethode sind bei RABOTNOV (1995) enthalten. Zur Entwicklung der Vegetationskunde in der Sowjetunion siehe auch MASING (1991).

Nachteile der Dominanz-Methode:

- Die Dominanzmethode ist für die floristische und ökologische Feingliederung der Vegetation eines Gebietes zu grob.
- Die Vegetationseinheiten der Dominanzmethode repräsentieren nur schwach die Standortbedingungen.
- Die floristische Charakterisierung der Pflanzenbestände ist ungenau, da nur wenige dominante Arten berücksichtigt werden.
- Die Potentiale für die Bioindikation sind gering, da nur wenige Arten berücksichtigt werden, und die Standortbindung der Vegetationseinheiten gering ist.
- Dynamische Veränderungen der Vegetationsbestände, die sich häufig bei weniger stark vertretenen Arten äußern, können kaum erfaßt werden.
- Die populationsbiologisch bedingten Veränderungen der Dominanzverhältnisse führen innerhalb ähnlicher Vegetationsbestände zur Ausscheidung anderer Vegetationseinheiten und zu Unübersichtlichkeit im Klassifikationssystem. Aufgrund der Dynamik von Vegetationsbeständen können die Bearbeiter zu unterschiedlichen Einteilungen kommen, wenn sie in verschiedenen Jahren bzw. Jahreszeiten an den gleichen Standort kommen.



### Weitere Vegetationsklassifikationen in Kirgisistan

KOROVIN (1962) gliedert die Vegetation Mittelasiens und berücksichtigt bei der Einteilung der Vegetation neben der floristischen Zusammensetzung auch stärker die ökologischen Standortbedingungen (insbesondere das Klima) und die Entwicklung der Vegetation. Die nach Dominanten ausgedehnten „Formationen“ und „Assoziationen“ werden zu ökologisch definierten „Gruppen“ zusammengeführt.

Beispiele sind:

„Gruppe“: subaride Steppen (= *Steppae subaridae*)

„Formation“: tiptschakovo-pollynnye stepy (= *Festuceta artemisiae*)

„Assoziation“: tiptschakovo-tjanschanskopolynnaja (= *Festuceto-artemisetum tianschanicum*).

Die großmaßstäbigen Kartierungen der Weiden und Mähwiesen in Kirgisistan (Maßstab 1:25 000) wurden auf der methodischen Grundlage von Kirgizgiprozem (1978) durch das Institut Kirgizgiprozem Frunze / Bishkek durchgeführt. Dabei wurde die Vegetation nach der gesamtsojetischen Klassifikation der Mähwiesen und Weiden (Klassifikatsii senokosov i pastbishch po prirodnyh zonom SSSR 1976 bzw. Neuauflage 1984) in „Klassen“ und „Unterklassen“ gegliedert. Diese Klassifikation beruht ebenfalls auf dem Dominanzprinzip. Die untergeordneten taxonomischen Einheiten „Typengruppen“, „Typen“ und „Modifikationen“ werden nach einem eigenen regionalen Schlüssel angesprochen. Die Kartiereinheiten (bis zu „Modifikationen“) werden durch 4 bis 9 stark vertretene Pflanzenarten in russischer Sprache charakterisiert. Zum Teil werden die Kartiereinheiten zusätzlich durch Phytomasse und Futterwerte charakterisiert. Damit liegt für große Gebiete Kirgisistans ein wertvolles Material vor, das umfangreiche ökologische Interpretationen der Kartiereinheiten erlaubt.

Mit dem Ertragshandbuch der Weiden und Mähwiesen in 3 Bänden (VYKHODTSEV et al. 1970; POPOVA et al., 1972; POPOVA et al. 1975) werden häufig vorkommende „Assoziationen“ der Weiden und Mähwiesen nach Phytomasse, Futterwerten, Weidedegradation, Möglichkeiten der Ertragserhöhung durch Düngung, Bewässerung, Bekämpfung von „Weideunkräutern“, u.a. charakterisiert. Die Ergebnisse beruhen auf langjährigen stationären Forschungen in verschiedenen Gebieten Kirgisistans.

ISAKOV (1975) legt ebenfalls eine eigene Klassifikation der Weiden und Mähwiesen vor, die auf Basis der Klassifikation der Weiden und Mähwiesen von BYKOV (1969) beruht. Die grundlegenden Einheiten sind die „Typen“ der Weiden bzw. Mähwiesen, die bezüglich Artenzusammensetzung, Futterqualität, Boden und Wasserregime ähnlich sind. Diese werden nach dominanten Arten zu „Typengruppen“ und „Typenklassen“ zusammengefaßt. Die weidekundlich umfangreich charakterisierten Vegetationseinheiten sind floristisch i.d.R. nur ungenau gekennzeichnet, so dass eine Zuordnung zu eigenen Vegetationseinheiten häufig Probleme bereitet.

SOBOLEV (1972) stellt eine Gliederung der Vegetation für das Issyk-Kul-Becken vor, die stärker ökologische Bedingungen berücksichtigt. Nach Vegetations- und Standortseigenschaften werden 44 Vegetationseinheiten ausgedehnt, denen jeweils 2 Stufen der Weidedegradation zugeordnet werden (insgesamt 132 Vegetationseinheiten). Den 44 grundlegenden Vegetationseinheiten werden zusätzliche Angaben zu Höhenzone, Boden, Produktivität, Lage im Relief, charakteristische Säugetiere, Vögel und Kriechtiere zugeordnet.

Die Ergebnisse weiterer stationärer Forschungen im Inneren Tienschan werden u.a. bei TSEKANOV (1987) und KOZHEVNIKOVA & TRULEVICH (1971) vorgestellt, die u.a. für ausgewählte Pflanzengesellschaften verschiedene Stadien der Weidedegradation beschreiben. Diese Ergebnisse können in die aktuellen Erhebungen leicht integriert werden, da diese Pflanzenbestände umfangreich floristisch gekennzeichnet wurden.

Einzelne vegetationskundliche Gebietsmonographien legen eigene Vegetationsklassifikationen, mit einer recht detaillierten floristischen Charakterisierung von Vegetationsbeständen vor (z.B. GAN 1983 für das Ak-Su- und Ara-Shan-Tal im östlichen Issyk-Kul-Becken).

CHESHEV (1971) hat ein Schema ökologischer Waldtypen für die Fichtenwälder des nördlichen Kirgisistan erarbeitet. Diese Typen werden nach Feuchteregime und bestimmten Bodeneigenschaften (geringmächtig, mächtig,...) gegliedert und geobotanisch, bodenkundlich, waldbaulich charakterisiert. Diese Differenzierungen finden sich aber weder in den bodenkundlichen noch in den geobotanischen oder forstlichen Kartierungen wieder.

#### 4.5.2 Das Vegetationsformenkonzept

Das Vegetationsformenkonzept nach KOPP et al. 1982 sieht eine ökologische Vegetationsklassifikation in Abstimmung mit den Standortbedingungen in topischer Dimension vor. Die Vegetationsformen werden als Komponenten komplexer Naturraumformen betrachtet und in Abstimmung mit der geostrukturellen Naturraumtypisierung ausgeschieden (siehe auch SUCCOW 1982 und SUCCOW 1988). Das Vegetationsformenkonzept ist Bestandteil des naturraumkundlichen Methodenspektrums nach KOPP et al. (1982), wobei die Typisierung der Vegetation mit der geostrukturellen Typisierung der abiotischen Naturraumkomponenten aufeinander abgestimmt wird. Die Vegetationsformen werden dabei parallel zu den Klassifikationen der einzelnen Naturraumkomponenten (Klimaformen, Bodenformen, Reliefformen, Substratwasserformen) bezeichnet und typisiert. Die Vegetationsformen sind eine „Widerspiegelung der Standortformen in der Vegetation“ (KOPP & SCHWANECKE 1994: 47).

Bei der Ausscheidung von nicht hierarchisch gegliederten Vegetationsformen werden der komplette Artenbestand der höheren Pflanzen und die Bindung der Vegetation an den Standort zugrunde gelegt. Es wird dabei von der Voraussetzung ausgegangen, dass der Standort mit seinen ökologischen Eigenschaften in starkem Maße die Zusammensetzung von Pflanzengemeinschaften prägt und die Vegetation nur innerhalb gewisser Grenzen variabel auf gleichartige Standortseigenschaften reagiert. Diese populationsökologisch bedingte Variabilität des Artenbestandes sollte innerhalb einer Vegetationsform erfaßt werden. Um die populationsökologisch bedingte Variabilität von der standortbedingten Variabilität des Artenbestandes unterscheiden zu können, ist der Standort gut zu differenzieren. Neben der Artenzusammensetzung wird bei den Vegetationsformen auch die Physiognomie der Pflanzenbestände berücksichtigt.

Das Vegetationsformenkonzept unterscheidet sich von der in Kirgisistan angewendeten Dominanzmethode nach SUKACHEV (GOLOVKOVA 1990) durch die Berücksichtigung des gesamten Artenbestandes und die Standortbindung der Vegetationseinheiten. Die Vegetationsformen sind damit besser für eine landschaftsökologische Feingliederung eines Gebietes geeignet, als die „Formationen“ und „Assoziationen“, bzw. „Assoziationsgruppen“ der Dominanzmethode. Die Vegetationsformen sind floristisch umfassender charakterisiert, entsprechen besser den ökologischen Standortbedingungen und haben einen höheren Indikatorwert.

#### **Nomenklatur der Vegetationsformen**

Die Vegetationsformen setzen sich aus der Pflanzenformation, die die Physiognomie des Pflanzenbestandes und auch die Nutzungsform charakterisiert (Kapitel 4.5.3.1) sowie aus den Namen von 1 bis 3 lateinischen Pflanzenarten bzw. Gattungen, stellvertretend für den Artenbestand, zusammen. Durch die Angabe der Pflanzenformation erhalten auch Nichtbotaniker eine gute Vorstellung von der Vegetationseinheit. Die Pflanzenformation kann

durchaus als übergeordneter Begriff für ähnliche Vegetationsformen dienen, auch wenn damit keine strenge hierarchische Gliederung der Vegetationsformen vorgesehen ist. Eine Zusammenfassung nach physiognomischer Ähnlichkeit der Vegetation ist von den geographischen Dimensionsstufen (topisch: Vegetationsform, chorisch Vegetations(formen)mosaik) zu unterscheiden.

Bei der Benennung der Vegetationsformen ist der Name einer Art/Gattung anzugeben, die den Pflanzenbestand maßgeblich prägt (an hinterer Stelle) sowie die Namen von ein bis zwei weiteren Arten/Gattungen anzufügen, die möglichst nur in einer Vegetationsform miteinander kombiniert vorkommen. Idealerweise sollten alle benannten Arten gut erkennbar und im Bestand häufig vertreten sein sowie in der jeweiligen Vegetationseinheit eine hohe Stetigkeit aufweisen. Die Vegetationseinheiten sollten möglichst nicht nach Arten benannt werden, die in unterschiedlichen Jahren einer stärkeren Dynamik unterliegen (z.B. einjährige Samenpflanzen, die in einzelnen Jahren zu Massenauftritten führen können, in anderen Jahren aber kaum zu sehen sind).

Im Rahmen dieser Arbeit werden vorläufige Vegetationsformen ausgeschieden. Auch wenn die einzelnen Vegetationseinheiten z.T. nur mit wenig Aufnahmematerial belegt sind, kann von Vegetationsformen gesprochen werden, da diese den Hauptkriterien der Vegetationsformen im Sinne von KOPP et al. (1982) entsprechend, in Abstimmung mit den Standortbedingungen und als Komponenten komplexer Naturraumformen typisiert wurden (KOPP mündl. Mitteil. 2002).

#### 4.5.3 Vegetationsformen im Untersuchungsgebiet

##### 4.5.3.1 Überblick über Pflanzenformationen

Die Pflanzenformationen (Formationen) geben Auskunft über die Physiognomie des Pflanzenbestandes, aber z.T. auch über die Nutzungsformen. Pflanzenformationen sind physiognomisch (-ökologische) Vegetationstypen, die durch das Vorherrschen bestimmter Gestalttypen bzw. Lebensformen der Pflanzen gekennzeichnet werden (FREY & LÖSCH 1998: 58). Die Pflanzenformationen sind Grundlage für verschiedene physiognomisch-ökologische Vegetationsgliederungen. Große Bedeutung hat das von ELLENBERG & MUELLER-DOMBOIS (1967) erarbeitete System der Klassifizierung der Pflanzenformationen der Erde erlangt. Da in der Literatur die Begriffe für Pflanzenformationen recht unterschiedlich gehandhabt werden (Diskussionen dazu z.B. bei RICHTER 2001) wird im Folgenden dargestellt, in welchem Sinne hier die verwendeten Formationsbegriffe für das Untersuchungsgebiet im Tienschan gebraucht werden. Die dargestellten Pflanzenformationen sind Bestandteil einer Vegetationskennzeichnung in topischer Dimension, die relativ einheitliche Vegetationsbestände beschreiben. Deshalb wird hier z.B. der Begriff „Waldsteppe“, der ein Mosaik aus Waldinseln und Steppenarealen bezeichnet, nicht aufgeführt (=chorisches Vegetationsmosaik bzw. Landschaftstyp).

Tabelle 4.5-01: Vegetationsformationen im Issyk-Kul-Gebiet

Formation	Charakterisierung
Wüste	Mit kontrahierter Vegetation, die aufgrund von starkem Wassermangel nur noch fleckenhaft vorkommt. Normalstandorte sind pflanzenleer, nur an lokal günstigeren Stellen ist Pflanzenwuchs möglich (SCHROEDER 1998: 57, 196-197). Im Untersuchungsgebiet wurden substrat- und reliefbedingt Wüsten mit kontrahierter Vegetation auf badlands aus stark salzhaltigen tertiären Sedimenten (Schluff) angetroffen. Der Begriff Wüste wird in der russischsprachigen Literatur in einem weiteren Sinne als hier gebraucht. Nach KALESNIK (1968: 313) liegt die Vegetationsbedeckung bei Wüsten < 50 %.
Halbwüste	Diffuse Vegetationsverteilung; Pflanzen sind $\pm$ gleichmäßig über die Fläche verteilt. Vegetationsbedeckung i.d.R. < 30%. Die Pflanzen sind oberirdisch voneinander isoliert, können sich mit ihren Wurzelsystemen aber unterirdisch berühren (SCHROEDER 1998: 57). Unterteilung nach Wuchsformen in Zwergstrauch-Halbwüste, Dornpolster-Zwergstrauch-Halbwüste, Strauch-Halbwüste, Ephemer-Halbwüste möglich.
Trockensteppe	Vegetationsbedeckung meist < 50%. Es dominieren Gräser und Halbsträucher (vor allem <i>Artemisia</i> -Arten). Trockenheitsbedingte Verkürzung der Vegetationsperiode im Sommer. Mäßige Wuchshöhe („Kurzgrassteppe“), (russisch: „sukhoy Stepp“) kommt im USG i.d.R. auf „Hellem Kastanosem“ vor.
Trockensteppe mit Gebüsch	Einzelne xeromorphe Gebüsch (z.B. <i>Caragana aurantiaca</i> ) können vorkommen (vor allem an edaphisch leicht feuchtebegünstigten Stellen wie z.B. Runsen).
degradierte Trockensteppe	Verringerung der Vegetationsbedeckung durch Beweidung (vor allem Anteil der Gräser verringert sich), Zunahme von Sekundärvegetation (Weidezeiger, Dornpolster).
Steppe	Gräser dominieren (vor allem <i>Stipa capillata</i> ), Vegetationsbedeckung >50 – 90 %, Vegetation meist mit xeromorphem Charakter, trockenheitsbedingte Verkürzung der Vegetationsperiode im Sommer. Wuchshöhe liegt zwischen Trockensteppe und Wiesensteppe; kommt im USG i.d.R. auf „Dunklem Kastanosem“ bzw. auf „Carbonat-Tschernosem“ vor.
degradierte Steppe	Verringerung der Vegetationsbedeckung durch Beweidung, Anteil an Gräsern verringert sich, Zunahme von Zwergsträuchern (z.B. <i>Caragana pleiophylla</i> ).
zwergstrauchreiche Steppe	Gräser dominieren mit hohem Anteil an Zwergsträuchern (z.B. <i>Thymus</i> , <i>Dracocephalum</i> -Arten; Zwergsträucher möglicherweise durch Beweidung begünstigt).
Wiesensteppe (=krautreiche Steppe) (russisch: „lugovyy stepp“)	Hohe Vegetationsbedeckung 90 – 100 %; Wuchshöhe 1 – 2 m. Die Vegetation besteht vor allem aus mesomorphen Pflanzen, neben Gräsern hoher Anteil an krautigen Pflanzen (Stauden). Späte Abtrocknung der Vegetation in Spätsommer/Frühherbst. Kommt im USG über Ausgelaugtem Tschernosem in montanen Lagen vor. Eine gewisse Austrocknung ist für die Ausbildung bzw. den Erhalt von Wiesensteppen noch nötig, da unter feuchteren Bedingungen ansonsten eine Gebüsch- bzw. Wald-Vegetation vorkommen würde. Das ist ein wesentlicher Unterschied zur Gebirgswiese, die nicht mehr austrocknet, wo aber aufgrund der Kältebedingungen kein Baum- und Strauchwachstum mehr möglich ist. Der Begriff Wiesensteppe entspricht der Übersetzung des russischen Begriffes „lugovyy step“. Der Begriff Wiesensteppe steht für einen „wiesenartigen Charakter“ der Vegetation mit mesophile Arten und entspricht nicht dem Begriff „Wiese“ als Wirtschaftsform im

	Sinne von Mähwiese, obwohl Wiesensteppen sehr produktiv, und für die Mahd geeignet sind. Im USG werden sie in geeigneter Lage auch als natürliche Mähwiesen genutzt. Teilweise kann das Gebüschwachstum aber auch durch Mahd unterdrückt worden sein (RICHTER 2001: 113).
Wiesensteppe mit Gebüsch	Wiesensteppe mit vereinzelt Gebüsch von >1–4 m Höhe (z.B. <i>Rosa</i> , <i>Spirea</i> , <i>Cotoneaster</i> , <i>Lonicera</i> , <i>Berberis</i> )
Gebirgs-Halbwüste,	Zusatz „Gebirgs-“ kann bei entsprechenden Formationen in subalpiner und alpiner Lage angefügt werden (i.d.R. >2 700 m). Hier ist die Länge der Vegetationsperiode bereits durch niedrigere Temperaturen eingeschränkt. Es kommen vermehrt Hochgebirgsarten vor.
Gebirgs-Trockensteppe,	Die tiefer liegenden Vegetationsformationen (montan, collin) erhalten nicht den Zusatz „Gebirgs-“ obwohl auch sie sich im Gebirge befinden. Diese haben aber von der Artenzusammensetzung und den Lebensformenspektren her noch stärkere Ähnlichkeiten mit den entsprechenden Vegetationsformationen der Tieflandsbereiche.
Gebirgs-Steppe	(Bei Gebirgssteppen kein <i>Stipa capillata</i> mehr).
Gebirgswiese	Vollständige Vegetationsbedeckung, mesophile Arten, sehr hoher Kräuteranteil, mäßiger Anteil an Gräsern und Cyperaceen, befindet sich in subalpiner und alpiner Lage, Wuchshöhe gegenüber Wiesensteppe reduziert, kältebedingt verkürzte Vegetationsperiode, keine Austrocknung mehr während Vegetationsperiode, natürlich gehölzfrei. Entspricht den im russischsprachigen Raum verwendeten Begriffen „subalpiyskaya luga“ und „alpiyskaya luga“ (= „subalpine Wiese“, „alpine Wiese“). Kommt im USG auf „Saurer Braunerde“ in subalpiner (und alpiner) Lage vor.
Gebirgsrasen	Geschlossene Vegetationsdecke mit dichtem Wurzelgeflecht bei geringer Wuchshöhe, Cyperaceen ( <i>Kobresia</i> , z.T. <i>Seggen</i> ) dominieren, mäßiger bis hoher Anteil an Gräsern, mäßiger Anteil kleiner krautiger Pflanzen. Aufgrund der alpinen Höhenlage ist die Wuchshöhe gering (durch thermisch verkürzte Vegetationsperiode und niedrige Temperaturen während der Vegetationsperiode vor allem auf Schatthängen). Es kommt zu keiner deutlichen Austrocknung während der Vegetationsperiode. Die Feuchtigkeitsversorgung ist aber geringer als bei Gebirgswiesen. Kommen im USG auf „Brauntschernosem“ (und „Tschernosem“) in subalpiner und alpiner Lage vor.
Polsterflecken-Gebirgstundra, (Polsterfleckenformation)	Niedrige Polsterflecken ( <i>Sibbaldia tetrandra</i> ) dazwischen offener Boden mit polygonalen Trockenrissen (z.T. mit Wanderflechten in Trockenrissen). Vereinzelt Exemplare kleinwüchsiger krautige Pflanzen bzw. Gräser und Cyperaceen mit geringer Deckung) in hochalpiner Lage.
Dornpolsterformation	Xeromorphe Dornpolsterpflanzen wie <i>Acantholimon alataovicum</i> , <i>Convolvulus tragocanthoides</i> , <i>Lagochilius platyacanthus</i> prägen die Formation. Hoher Anteil offener Bodenoberfläche, geringer bis mäßiger Anteil an Gräsern, Halbsträuchern, krautigen Pflanzen einjährige Pflanzen. Ist das Ergebnis starker Überweidung, verbunden mit Erosion. Kommt vor allem in erosionsanfälligen Hanglagen im Bereich der Trockensteppen vor.
Gebüsch	Pflanzenbestand durch hohen Anteil an Gebüsch geprägt (>50 %). Gebüsch mit Höhe >1,5–5 m ( <i>Berberis</i> , <i>Sorbus</i> , <i>Rosa</i> , <i>Lonicera</i> , <i>Cotoneaster</i> ), als Vorstufe des Waldes bzw. als Ersatzformation auf Waldstandorten. - Gebüschformationen oberhalb der Waldzone (subalpine Gebüsch)

Wald	Kronendach der Bäume mindestens 50 % der Fläche überdeckend, Unterwuchs durch Beschattung stark beeinflusst (SCHROEDER 1998: 57).
Offenwald	(Baumflur), physiognomisch von Bäumen beherrscht, Bestand aber nicht geschlossen, Kronendach meist weit <30 % der Fläche überdeckend, Unterwuchs daher von den Bäumen kaum beeinflusst (SCHROEDER 1998: 57)
Gebüsch-Wald	Wald mit hohem Gebüschanteil
Gebüsch-Offenwald	Offenwald mit hohem Gebüschanteil
Forst	Künstliche Baumpflanzungen
Kniegebüsch	Von kleinwüchsigen Sträuchern dominiert, im Untersuchungsgebiet in unterer alpiner Lage: <i>Juniperus turkestanica</i>
Erläuterung:	
hydromorph geprägte Formationen:	
- Ried, Feuchtwiese, Feuchtweide, Röhricht, Ufer-Staudenflur	
- hydromorphes Gebüsch, Auengebüsch, Auenwald	
anthropogen bedingte Formationen:	
- (bewässerte) Äcker, (bewässerte) mehrjährige Futterkulturen, (bewässerte) Ackerbrachen	
- bewässerte (angesäte) Mähwiesen	
(Intensiv)Weiden, Lägerfluren	

Die (Intensiv-)Weiden werden von den Steppen, Wiesensteppen, Gebirgsweiden, Gebirgsrasen, die ebenfalls beweidet werden, abgetrennt. Bei (Intensiv-)Weiden wurde die ursprüngliche Vegetation weitgehend durch eine weidetolerante Ersatzvegetation verdrängt. Die (Intensiv-)Weiden sind leistungsfähig, werden häufig durch Nährstoffeutrophierung geprägt und befinden sich in der Regel in ebener bis gering geneigter, oft feuchtebegünstigter Lage in Talsohlen, bei kurzgehaltener Vegetation mit meist hohen Deckungsgraden. Die (Intensiv-)Weiden sind zu unterscheiden von den degradierten Trockensteppen, Steppen, u.s.w.

#### 4.5.3.2 Überblick über vorläufige Vegetationsformen

Die Vegetationstabellen Tabelle 4.5-02 (CD) und Tabelle 4.5-03 (CD) dokumentieren die Vegetationsaufnahmen aus den Untersuchungsgebieten. Tabelle 4.5-02 enthält die Vegetationsaufnahmen aus den niederschlagsärmeren Transekten 1, 5, 6 im südwestlichen Issyk-Kul-Becken und Zentralen Tianschan. Tabelle 4.5-03 (CD) enthält die Vegetationsaufnahmen aus den niederschlagsreicheren Transekten 2, 3, 4 im nördlichen und östlichen Issyk-Kul-Becken, die eine Waldstufe aufweisen. Die Vegetationsaufnahmen sind in den Tabellen streng nach Standortbedingungen geordnet. Die Aufnahmen wurden zuerst nach Höhenstufenklimatyp und dann weiter nach Mesoklima, Relief, Boden, Substratwasserform und Nutzungsform angeordnet. Dabei war es teilweise nicht zu vermeiden, daß floristisch ähnliche Vegetationsaufnahmen getrennt voneinander erscheinen.

Aus darstellungstechnischen Gründen wurden die Vegetationsaufnahmen auf 2 Einzeltabellen aufgeteilt. Die Reihenfolgen der Arten und deren Nummerierung stimmen in beiden Vegetationstabellen überein. Die bisherige Auswertung der Vegetation wurde unter Einbeziehung sämtlicher Aufnahmen durchgeführt, damit die Gültigkeitsbereiche bzw. Vorkommensbereiche für Arten, Artengruppen, bzw. Artenkombinationen und Vegetationsformen sowie deren Indikatorgehalte über das gesamte Standortsspektrum erfaßt werden können. Die Arten bzw. Artengruppen wurden in den Vegetationstabellen grob vorsortiert und bezüglich ihres Verbreitungsschwerpunktes teilweise grob charakterisiert. Zur besseren Übersichtlichkeit wurden mehrere Vegetationsaufnahmen mit Übergangscharakter weglassen.

Tabelle 4.5-04: Liste der Pflanzenarten im Issyk-Köl-Gebiet aus den Vegetationsaufnahmen der Transekte 1, 2, 3, 4, 5, 6. (= 563 Gefäßpflanzenarten)

Angabe der Familien und Arten der Gefäßpflanzen nach Czerepanov (1995)  
 (\*) Arten ohne Nummern, werden im unteren Bereich der Vegetationstabellen aufgeführt.  
 (\*\*) teilweise Differenzierung nach juvenil bzw. Strauch2-, Strauch1-, Baum-Schicht.  
 (\*\*\*) Angaben zur Verbreitung innerhalb "Russlands und benachbarter Länder" nach Czerepanov (1995):  
 1= Osteuropa; 2= Kaukasus; 3= Westsibirien; 4= Ostsibirien; 5= Ferner Osten; 6= Mittelasien.

Artenliste (mit lfd. Nummer* in den Vegetationstabellen Tab. 4.5 - 02 und Tab. 4.5 - 03)	Häufigkeit (**) bei Vegetations- aufnahmen	Verbreitung (***) nach Czerepanov (1995)
<b>Spermatophyta</b>		
<b>Alliaceae</b>		
Allium alexandrae Vved.	1	6
459 Allium atrosanguineum Kar. & Kir. (= A. atrosanguineum Schrenk)	7	6
Allium caesium Schrenk	1	3,6
65 Allium korolkowii Regel	44	6
52 Allium oreoprasum Schrenk	12	6
Allium platyspathum Schrenk	3	3,6
95 Allium tianschanicum Rupr.	22	6
51 Allium weschnjakowii Regel	14	6
<b>Amaranthaceae</b>		
Amaranthus retroflexus L.	2	1,2,3,4,5,6
<b>Apiaceae</b>		
338 Aegopodium alpestre Lebed.	32	3,4,5 !
455 Angelica brevicaulis (Rupr.) B. Fedtsch.	5	6
339 Aulacospermum simplex Rupr.	20	6
74 Bupleurum thianschanicum Freyn	36	6
210 Carum carvi L.	13	1,2,3,4,5,6
157 Daucus carota L.	11	1,2,3,6
Ferula transiliensis (Herd.) M. Pimen.	1	6
Heracleum dissectum Lebed.	1	3,4,5,6
434 Lomatocarpa albomarginata (Schrenk) M. Pimen. & Lavrova (= Alposelinum albomarginatum (Schrenk) M. Pimen.)	4	6
461 Schulzia crinita (Pall.) Spreng.	6	3,4 !
141 Semenovia transiliensis Regel & Herd. (= Heracleum transiliense (Regel & Herd.) O. & B. Fedtsch.)	8	6
372 Seseli mucronatum (Schrenk) M. Pimen. & Sdobnina	16	6
136 Seseli schrenkianum (C.A. Mey. ex Schischk.) M. Pimen. & Sdobnina	10	6
83 Seseli valentinae M. Pop.	11	6
503 Sium medium Fisch. & C.A. Mey.	6	3,6
220 Vicatia atrosanguinea (Kar. & Kir.) P.K. Mukherjee & M. Pimen (= Carum atrosanguineum Kar. & Kir.)	3	3,4,6
<b>Asclepiadaceae</b>		
20, 27 Cynanchum sibiricum Willd.	2/2	3,6
<b>Asparagaceae</b>		
18 Asparagus persicus Baker	6	1,2,6
<b>Asphodelaceae</b>		
Eremurus fuscus (O. Fedtsch.) Vved.	3	6
<b>Asteraceae</b>		
195 Achillea millefolium L.	38	1,3,(5) !
91 Acroptilon australe Iljin (= A. repens (L.) DC. subsp. australe (Iljin) Rech. fil.)	14	6
284 Acroptilon repens (L.) DC.	2	1,2,3,6
104 Ajanía fastigiata (C. Winkl.) Poljak.	25	6
175 Alfredia acantholepis Kar. & Kir.	14	6
378 Alfredia nivea Kar. & Kir.	11	6
264 Arctium leiospermum Juz. & C. Serg.	12	3,4,6
254 Arctium tomentosum Mill.	12	1,2,3,4,5,6
84 Artemisia absinthium L.	50	1,2,3,4,6
238 Artemisia annua L.	11	1,2,3,4,5,6
137 Artemisia dracuncululus L.	32	1,2,3,4,5,6

## Fortsetzung Tabelle 4.5 – 04:

Artenliste (mit lfd. Nummer* in den Vegetationstabellen Tab. 4.5 - 02 und Tab. 4.5 - 03)	Häufigkeit (**) bei Vegetations- aufnahmen	Verbreitung (***) nach Czerepanov (1995)
Artemisia macrocephala Jacq. ex Bess.	0	3,4,6
489 Artemisia rhodanata Rupr. (= Seriphidium rhodanatum (Rupr.) Poljak.)	8	6
130 Artemisia santalinifolia Turcz. ex Bess.	26	1,3,4,6
119 Artemisia scoparia Waldst. & Kit.	17	1,2,3,4,5,6
Artemisia serotina Bunge (= Seriphidium serotinum (Bunge) Poljak.)	0	6
14 Artemisia subgen.seriphidium (A. cf. fulvella)	2	
15 Artemisia subgen.seriphidium (A. cf. heptapotamica)	12	
Artemisia sublessingiana Krasch. ex Poljak. (= Seriphidium sublessingianum (Krasch. ex Poljak.) Poljak.)	0	3,6
Artemisia terrae-albae Krasch. (= Seriphidium terrae-albae (Krasch.) Poljak.)	0	1,6
68 Artemisia tianschanica Krasch. ex Poljak.	58	6
242 Artemisia vulgaris L.	42	1,2,3,4,6
63 Aster altaicus (nicht in Czerepanov, 1995)	41	
417 Aster vvedenskyi Bondar.	7	6
10 Brachanthemum kirghisorum Krasch.	2	6
5 Brachanthemum titovii Krasch.	7	6
115 Centaurea adpressa Lebed.	7	1,2,3,6
117 Centaurea ruthenica Lam.	3	1,2,3,6
116 Centaurea squarrosa Willd.	6	2,6
Chondrilla brevirostris Fisch. & C.A. Mey.	6	1,3,5,6
326 Cicerbita azurea (Lebed.) Beauverd	8	3,4,6
267 Cichorium intybus L.	17	1,2,3,4,(5),6
Cirsium esculentum (Siev.) C.A. Mey. (= C. acaule Scop. subsp. esculentum (Siev.) Werner)	0	1,3,4,6
237 Cirsium incanum (S.G. Gmel.) Fisch. / (C. arvense (L.) Scop.	47	
212 Cirsium polyacanthum Kar. & Kir. (= C. siversii (Fisch. & C.A. Mey.) Petrak)	3	3,6
203 Cirsium sairamense (C. Winkl.) O. & B. Fedtsch.	18	6
Cirsium vulgare (Savi) Ten.	2	1,2,3,4,5,6
Conyza canadensis (L.) Cronq. (= Erigeron canadensis L.)	1	1,2,3,4,5,6
341 Crepis sibirica L.	10	1,2,3,4,6
454 Doronicum oblongifolium DC.	5	2,3,6
460 Erigeron aurantiacus Regel	8	6
413 Erigeron heterochaeta (Benth. ex Clarke) Botsch.	12	6
438 Erigeron lachnocephalus Botsch.	2	6
159 Erigeron pseudoseravschanicus Botsch.	24	3,6
Filago arvensis L.	1	1,2,3,6
98 Galatella cf. punctata (Waldst. & Kit.) Nees	2	1 !
132 Galatella chromopappus Novopokr.	18	6
183 Galatella coriacea Novopokr.	4	6
328 Hieracium dublitzkii B. Fedtsch. & Nevski	6	3,4,6
349 Hieracium korshinskyi Zahn	1	3,4,6
332 Hieracium krylovii Nevski ex Schljak.	2	1,3,4,6
345 Hieracium virosum Pall.	2	1,2,3,4,5,6
Artemisia tianschanica Krasch. ex Poljak.	1	
41 Inula britannica L.	5	1,2,3,4,5,6
Jurinea lanipes Rupr.	1	6
Jurinea thianschanica Regel & Schnalh. (H83, r)	1	6
240 Lactuca tatarica (L.) C.A. Mey.	8	1,2,3,4,(5),6
393 Leontopodium ochroleucum Beauverd	28	3,4,6
213 Lepidothea suaveolens (Pursh) Nutt. (= Matricaria discoidea DC., M. matricarioides (Less.) Porter)	3	1,2,3,4,5,6
486 Ligularia alpigena Pojark.	1	6
Ligularia macrophylla (Lebed.) DC.	1	3,6
388 Ligularia narynensis (C. Winkl.) O. & B. Fedtsch.	2	6
88 Neopallasia pectinata (Pall.) Poljak.	11	4,6
207 Onopordium acanthium L.	3	1,2,3,4,6
350 Picris hieracioides L.	1	1,2,3,6
348 Picris nuristanica Bornm.	4	6
470 Pyrethrum alatavicum (Herd.) O. & B. Fedtsch.	1	3,6
436 Pyrethrum karelinii Krasch.	6	6
382 Pyrethrum pyrethroides (Kar. & Kir.) B. Fedtsch. ex Krasch.	5	3 !
Saussurea caespitans Iljin	3	6
106 Saussurea elegans Lebed.	9	3,6
479 Saussurea leucophylla Schrenk	6	3,4,6
28 Saussurea salsa (Pall. ex Bieb.) Spreng.	2	1,2,3,4,6
473 Saussurea sordida Kar. & Kir.	2	6
Scorzonera pubescens DC.	1	3,6
Senecio erucifolius L.	1	1,3,4,6
Senecio krascheninnikovii Schischk.	1	6
353 Senecio nemorensis L.	4	1,3,4,5,6
383 Serratula lyratifolia Schrenk	4	6
167 Solidago dahurica Kitag.	4	3,4,6



## Fortsetzung Tabelle 4.5 – 04:

Artenliste (mit lfd. Nummer* in den Vegetationstabellen Tab. 4.5 - 02 und Tab. 4.5 - 03)		Häufigkeit (**) bei Vegetations- aufnahmen	Verbreitung (***) nach Czerepanov (1995)
273	<i>Sonchus arvensis</i> L.	27	1,2,3,4,5,6
154	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	4	1,2,6
	<i>Sonchus palustris</i> L.	1	1,2,3,6
185	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	10	1,2,3,4,(5),6
219	<i>Taraxacum maracandicum</i> Kovalevsk.	0	6
261	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	34	1,5 !
165	<i>Tragopogon turkestanicus</i> S. Nikit. ex Pavl.	7	6
433	<i>Waldheimia tridactylites</i> Kar. & Kir.	1	3,6
	<i>Xanthium strumarium</i> L.	2	1,2,3,5,6
<b>Balsaminaceae</b>			
355	<i>Impatiens parviflora</i> DC.	4	1,3,6
<b>Berberidaceae</b>			
319,	<i>Berberis sphaerocarpa</i> Kar. & Kir. (juv.) (= <i>Berberis heteropoda</i> Schrenk)	5/6	6
320			
<b>Boraginaceae</b>			
	<i>Arnebia guttata</i> Bunge	1	3,6
231	<i>Asperugo procumbens</i> L.	4	1,2,3,4,5,6
266	<i>Echium vulgare</i> L.	47	1,3,4,5,6
73	<i>Lapulla microcarpa</i> (Lebed.) Guerke	46	3,6
124	<i>Lindelofia stylosa</i> (Kar. & Kir.) Brand	6	6
	<i>Lithospermum officinale</i> L.	5	1,2,3,4,6
289	<i>Lycopsis orientalis</i> L.	4	1,2,6
125	<i>Macrotomia euchroma</i> (Royle) Pauls.	2	6
458	<i>Myosotis asiatica</i> (Vestergren) Schischk. & Serg.	10	1,3,4,5,6
193	<i>Myosotis cespitosa</i> K.F. Schultz	7	1,2,3,4,5,6
430	<i>Myosotis cf. imitata</i> Serg.	1	3,4,5,6
443	<i>Myosotis sylvatica</i> Ehrh. ex Hoffm.	1	1,2,5 !
<b>Brassicaceae</b>			
113	<i>Alyssum turkestanicum</i> Regel & Schmalh. var. <i>desertorum</i> (Stapf) Botsch. (= <i>A. desertorum</i> Stapf.)	12	1,2,3,4,6
	<i>Barbarea vulgaris</i> R. Br.	5	1,2,3,4,(5),6
257	<i>Berteroa incana</i> (L.) DC.	12	1,2,3,4,5,6
296	<i>Brassica campestris</i> L.	1	1,2,3,4,5,6
274	<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.	27	1,2,3,4,5,6
498	<i>Braya cf. rosea</i> Bunge	2	3,4,6
251	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	17	1,2,3,4,5,6
334	<i>Cardamine impatiens</i> L.	2	1,2,3,4,5,6
96	<i>Chorispora sibirica</i> (L.) DC.	3	3,4,6
252	<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl.	17	1,2,3,4,5,6
437	<i>Draba altaica</i> (C.A.Mey.) Bunge	2	3,6
214	<i>Draba nemorosa</i> L.	7	1,2,3,4,5,6
488	<i>Draba subamplexicaulis</i> C.A. Mey./oder <i>D. oreades</i> Schrenk	2	3,4,6/3,4,6
	<i>Erucastrum armoracioides</i> (Czern. ex Turcz.) Cruchet (= <i>Brassica elongata</i> auct.)	1	1,2,3,6
118	<i>Erysimum czernjajevii</i> N. Busch	3	3,6
439	<i>Erysimum humillimum</i> (C.A. Mey.) N. Busch	2	3,6
	<i>Lepidium latifolium</i> L.	1	1,2,3,4,(5),6
235	<i>Lepidium ruderale</i> L.	22	1,2,3,4,5,6
82	<i>Meniocus linifolius</i> (Steph.) DC.	14	1,2,3,6
389	<i>Neotorularia humilis</i> (C.A. Mey.) Hedge & J. Léonard (= <i>Torularia humilis</i> (C.A. Mey.) O.E. Schulz)	2	3,4,5,6
80	<i>Neotorularia korolkowii</i> (Regel & Schmalh.) Hedge & J. Léonard (= <i>Torularia korolkowii</i> (Regel & Schmalh.) O.E. Schulz)	23	6
286	<i>Neslia paniculata</i> (L.) Desv.	6	1,2,3,4,5,6
293	<i>Sinapis arvensis</i> L.	4	1,2,3,4,5,6
206	<i>Sisymbrium loeselii</i> L.	4	1,2,3,4,5,6
481	<i>Smelowskia calycina</i> (Steph.) C.A. Mey.	1	3,4,6
288	<i>Strigosella africana</i> (L.) Botsch. (= <i>Malcolmia africana</i> (L.) R. Br.)	4	1,2,3,6
227	<i>Taphrospermum altaicum</i> C.A. Mey	2	3,6
280	<i>Thlaspi arvense</i> L.	9	1,2,3,4,5,6
173	<i>Turritis glabra</i> L.	3	1,2,3,4,5,6
<b>Campanulaceae</b>			
375	<i>Adenophora himalayana</i> Feer	7	6
163	<b><i>Campanula glomerata</i> L.</b>	24	<b>1,2,3,4,6</b>
170	<i>Codonopsis clematidea</i> (Schrenk) Clarke	16	6

## Fortsetzung Tabelle 4.5 – 04:

Artenliste (mit lfd. Nummer* in den Vegetationstabellen Tab. 4.5 - 02 und Tab. 4.5 - 03)	Häufigkeit (**) bei Vegetations- aufnahmen	Verbreitung (***) nach Czerepanov (1995)
<b>Cannabaceae</b>		
256 Cannabis ruderalis Janisch.	11	1,2,3,4,6
Humulus lupulus L.	1/1	1,2,3,4,5,6
<b>Caprifoliaceae</b>		
301, 300 Lonicera altmannii Regel & Schmalh.	6/4	6
451, Lonicera hispida Pall. ex Schult.	5/1/2	3,6
450, 447		
316, 315 Lonicera karelinii Bunge ex P. Kir. (= L. heterophylla auct.)	4/6	6
452 Lonicera microphylla Willd. ex Schult.	1	3,6
318, 317 Lonicera stenantha Pojark.	3/2	3,6
<b>Caryophyllaceae</b>		
76 Arenaria serpyllifolia L.	24	1,2,3,4,(5),6
224 Cerastium bungeanum Vved.	3	3,6
Cerastium davuricum Fisch. ex Spreng.	2	1,2,3,4,6
352 Cerastium holosteoides Fries	2	1,2,3,4,5,6
204 Cerastium pusillum Ser.	28	3,6
99 Dianthus kuschakewiczii Regel & Schmalh.	5	6
181 Dianthus superbus L.	9	1,3,4,5,6
215 Dichodon cerastioides (L.) Reichenb. (= Cerastium cerastioides (L.) Britt.)	19	1,2,3,4,6
381 Eremogone meyeri (Frenzl) Ikonn. (= Arenaria meyeri Frenzl)	6	3,6
414 Gastrolychnis apetala (L.) Tolm. & Kozhanczikov (= Melandrium apetalum (L.) Frenzl)	9	1,3,4,5,6
144 Gypsophila altissima L. (= G. tianschanica M. Pop. & Schischk.)	3	1,2,3,4,6
Gypsophila capituliflora Rupr. (= G. dshungarica Czerniak.)	1	6
292 Melandrium album (Mill.) Garcke	4	1,2,3,4,5,6
468 Minuartia biflora (L.) Schinz & Thell.	3	1,3,4,5,6
Minuartia spec. (verna/biflora?)	1	
Minuartia verna (L.) Hiern	4	1,2,3,4,5,6
166 Oberna behen (L.) Ikonn. (= Silene vulgaris (Moench) Garcke)	11	1,2,3,4,5,6
277 Pleconax conoidea (L.) Sourková (= Silene conoidea L.)	9	2,6
128 Silene graminifolia Otth	6	3,4,6
85 Silene incurvifolia Kar. & Kir.	2	3,6
287 Silene noctiflora L. (= Melandrium noctiflorum (L.) Fries)	6	1,2,3,(5),6
100 Silene suaveolens Kar. & Kir.	4	6
425 Stellaria brachypetala Bunge	3	3,6
279 Stellaria media (L.) Vill.	8	1,2,3,4,5,6
356 Stellaria soongorica Roshev.	2	6
<b>Celastraceae</b>		
323, Euonymus semenovii Regel & Herd.	6/3	6
324		
<b>Chenopodiaceae</b>		
223 Atriplex spec. I	2	
90 Axyris hybrida L.	6	3,4,5,6
234 Chenopodium album L.	66	1,2,3,4,5,6
225 Chenopodium foliosum Aschers.	2	1,2,3,4,6
Chenopodium urbicum L.	1	1,2,3,4,5,6
7 Kalidium cuspidatum (Ung.-Sternb.) Grub.	8	6
8 Kalidium schrenkianum Bunge ex Ung.-Sternb.	2	6
Kochia scoparla L.	3	1,2,3,4,5,6
9 Kochia melanopectera Bunge	3	3,6
92 Kochia prostrata (L.) Schrad.	23	1,2,3,4,6
53, Krascheninnikovia ceratoides (L.) Gueldenst. (= Eurotia ceratoides (L.) C.A.	19/17	1,2,3,4,6
54 Mey.)		
222 Microgynoecium tibeticum Hook. fil.	2	6
38 Micropeplis arachnoidea (Moq.) Bunge (= Halogeton arachnoideus Moq.)	5	3,4,6
39 Petrosimonia sibirica (Pall.) Bunge (?cf. Kochia melanopectera Bunge)	1	3,6
24 Salsola australis R. Br. (= S. iberica (Sennen & Pau) Botsch.)	4	1,2,3,4,5,6
50 Salsola collina Pall. (= S. kali L. subsp. collina (Pall.) O. Bolòs)	34	1,2,3,4,5,6
Micropeplis arachnoidea (Moq.) Bunge	0	3,4,6
35 Suaeda paradoxa (Bunge) Bunge	1	6
2 Sympegma regelii Bunge	15	6
81 Teloxys aristata (L.) Moq. (= Chenopodium aristatum L.)	19	1,3,4,5,6

## Fortsetzung Tabelle 4.5 – 04:

Artenliste (mit lfd. Nummer* in den Vegetationstabellen Tab. 4.5 - 02 und Tab. 4.5 - 03)		Häufigkeit (**) bei Vegetations- aufnahmen	Verbreitung (***) nach Czerepanov (1995)
<b>Cistaceae</b>			
48	<i>Helianthemum songaricum</i> Schrenk	10	6
<b>Convallariaceae</b>			
	<i>Polygonatum roseum</i> (Lebed.) Kunth	2	3,6
<b>Convolvulaceae</b>			
245	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	49	1,2,3,4,5,6
58	<i>Convolvulus tragacanthoides</i> Turcz.	14	6
<b>Crassulaceae</b>			
	<i>Hylotelephium ewersii</i> (Lebed.) H. Ohba (= <i>Sedum ewersii</i> Lebed.)	4	3,4,6
55	<i>Orostachys thyrsoiflora</i> Fisch.	42	1,3,4,6
471	<i>Rhodiola linearifolia</i> Boriss.	3	6
	<i>Rosularia alpestris</i> (Kar. & Kir.) Boriss.	1	6
105	<i>Rosularia platyphylla</i> (Schrenk) Berger	6	6
<b>Cucurbitaceae</b>			
	<i>Bryonia alba</i> L.	1	1,2,6
<b>Cupressaceae</b>			
142, 143	<i>Juniperus pseudosabina</i> Fisch. & C.A.Mey.	4/1	3,4,6
444, 445, 446	<i>Juniperus turkestanica</i> Kom. (= <i>J. pseudosabina</i> Fisch. & C.A. Mey. var. <i>turkestanica</i> (Kom.))	2/2/1	6
<b>Cuscutaceae</b>			
	<i>Cuscuta europaea</i> L.	2	1,2,3,4,5,6
512	<i>Cuscuta lupuliformis</i> Krock.	2	1,2,3,4,6
<b>Cyperaceae</b>			
464	<i>Carex alajica</i> Litv.	3	6
384	<i>Carex alexeenkoana</i> Litv.	3	6
	<i>Carex aneurocarpa</i> V. Krecz.	1	3,6
465	<i>Carex aterrima</i> Hoppe (= <i>C. perfusca</i> V. Krecz.)	3	1,3,4,5,6
496	<i>Carex cf. stenocarpa</i> Turcz.ex V. Krecz.	1	3,4,6
507	<i>Carex diluta</i> Bieb.	3	1,2,3,4,6
477	<i>Carex melanantha</i> C.A. Mey.	7	3,4,6
502	<i>Carex orbicularis</i> Boott	6	3,6
	<i>Carex polyphylla</i> Kar. & Kir.	3	1,2,3,4,6
	<i>Carex songorica</i> Kar. & Kir.	1	2,3,4,6
396	<i>Carex stenocarpa</i> Turcz.ex V. Krecz.	15	3,4,6
	<i>Carex titovii</i> V. Krecz.	1	6
71	<i>Carex turkestanica</i> Regel	45	3,6
505	<i>Eleocharis uniglumis</i> (Link) Schult.	6	1,2,3,4,5,6
400	<i>Kobresia capilliformis</i> Ivanova	14	3,4,6
394	<i>Kobresia humilis</i> (C.A. Mey. ex Trautv.) Serg.	28	6
420	<i>Kobresia stenocarpa</i> (Kar. & Kir.) Steud.	1	4,6
<b>Dipsacaceae</b>			
134	<i>Scabiosa ochroleuca</i> L.	6	1,2,3,4,6
<b>Eleagnaceae</b>			
499	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	6	1,2,3,4,5,6
<b>Ephedraceae</b>			
	<i>Ephedra equisetina</i> Bunge	4/1	2,3,4,6
42, 43	<i>Ephedra intermedia</i> Schrenk & C.A. Mey.	20/2	3,6
61	<i>Ephedra regeliana</i> Florin	5	6
<b>Equisetaceae</b>			
508	<i>Equisetum arvense</i> L.	5	1,2,3,4,5,6
	<i>Equisetum hyemale</i> L.	1	1,2,3,4,5,6
515	<i>Equisetum ramosissimum</i> Desf.	6	1,2,3,6
<b>Euphorbiaceae</b>			
366	<i>Euphorbia alata</i> Boiss.	18	6
148	<i>Euphorbia jaxartica</i> Prokh.	3	6
194	<i>Euphorbia latifolia</i> C.A. Mey.	3	3,6
180	<i>Euphorbia tianschanica</i> Prokh.	3	6

## Fortsetzung Tabelle 4.5 – 04:

Artenliste (mit lfd. Nummer* in den Vegetationstabellen Tab. 4.5 - 02 und Tab. 4.5 - 03)		Häufigkeit (**) bei Vegetations- aufnahmen	Verbreitung (***) nach Czerepanov (1995)
<b>Fabaceae</b>			
247	<i>Amoria repens</i> (L.) C. Presl (= <i>Trifolium repens</i> L.)	28	1,2,3,4,5,6
427	<i>Astragalus alpinus</i> L.	1	2,3,4,5,6
93	<i>Astragalus borodini</i> Krasn.	26	6
490	<i>Astragalus</i> cf. <i>tekessicus</i> Bajt.	3	6
75	<i>Astragalus chomutovii</i> B. Fedtsch.	6	6
497	<i>Astragalus kuschakewiczii</i> B. Fedtsch.	2	6
391	<i>Astragalus nivalis</i> Kar. & Kir.	1	6
	<i>Astragalus petraeus</i> Kar. & Kir.	3	6
380	<i>Astragalus schanginianus</i> Pall.	8	3,6
250	<i>Astragalus tibetanus</i> Benth. ex Bunge	15	3,6
60	<i>Caragana aurantiaca</i> Koehne	6	6
44	<i>Caragana kirghisorum</i> Pojark.	10	6
103	<i>Caragana laeta</i> Kom. (= <i>C. turfanensis</i> (Krasn.) Kom.)	3	6
112	<i>Caragana pleiophylla</i> (Regel) Pojark.	22	6
29	<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	2	1,2,3,6
21	<i>Halimodendron halodendron</i> (Pall.) Voss	2	1,2,3,6
	<i>Hedysarum neglectum</i> Lebed.	2	3,4,6
127	<i>Hedysarum semenovii</i> Regel & Herd. (= <i>H. flavum</i> Rupr., <i>H. kungeicum</i> Bajt.)	6	6
67	<i>Hedysarum songoricum</i> Bong. (= <i>H. issykulense</i> E. Nikit., <i>H. montanum</i> (B. Fedtsch.) B. Fedtsch)	13	6
335	<i>Lathyrus gmelinii</i> Fritsch	4	1,3,4,6
336	<i>Lathyrus pisiformis</i> L.	3	1,2,3,4,6
358	<i>Lathyrus pratensis</i> L.	12	1,2,3,4,5,6
262	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	37	1,2,3,(5),6
243	<i>Medicago falcata</i> L.	39	1,2,3,4,5,6
244	<i>Medicago lupulina</i> L.	54	1,2,3,4,(5),6
263	<i>Medicago sativa</i> L.	27	1,2,3,5,6
265	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	18	1,2,3,4,5,6
270	<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC.	21	1,2,3,4,6
77	<i>Oxytropis globiflora</i> Bunge	36	6
395	<i>Oxytropis lapponica</i> (Wahlenb.) J. Gay	17	2,3,6
428	<i>Oxytropis merkensis</i> Bunge	4	6
416	<i>Oxytropis platysema</i> Schrenk	5	6
472	<i>Thermopsis alpina</i> (Pall.) Lebed.	1	3,4,6
26	<i>Thermopsis turkestanica</i> Gand. (= <i>T. lanceolata</i> R.Br. subsp. <i>turkestanica</i> (Gand.) Gubanov)	3	6
260	<i>Trifolium pratense</i> L.	44	1,2,3,4,(5),6
79	<i>Trigonella cancellata</i> Desf.	6	1,2 !
78	<i>Trigonella orthoceras</i> Kar. & Kir	17	1,2,6
357	<i>Vicia angustifolia</i> Reichard	12	1,2,6
285	<i>Vicia cracca</i> L.	6	1,2,3,4,5,6
278	<i>Vicia sativa</i> L.	13	1,2,3,4,5,6
	<i>Vicia sepium</i> L.	1	1,2,3,4,5,6
178	<i>Vicia tenuifolia</i> Roth	20	1,2,3,4,6
<b>Fumariaceae</b>			
475	<i>Corydalis gortschakovii</i> Schrenk	3	6
<b>Gentianaceae</b>			
482	<i>Gentiana algida</i> Pall.	2	3,4,5,6
397	<i>Gentiana karelinii</i> Griseb.	15	3,6
483	<i>Gentiana kaufmanniana</i> Regel & Schmalh.	1	3,6
373	<i>Gentiana kirilowii</i> Turcz. (= <i>Gentiana tianschanica</i> (Rupr.) Soják)	14	6
404	<i>Gentianella azurea</i> (Bunge) Holub	8	3,4,6
362	<i>Gentianella turkestanorum</i> (Gand.) Holub	22	3,6
177	<i>Gentianopsis barbata</i> (Froel.) Ma (= <i>Gentiana barbata</i> Froel.)	4	1,3,4,5,6
421	<i>Lomatogonium carianthiacum</i> (Wulf.) Reichenb.	3	2,3,4,5,6
<b>Geraniaceae</b>			
239	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	8	1,2,3,4,5,6
199	<i>Geranium collinum</i> Steph.	68	1,2,3,6
327	<i>Geranium rectum</i> Trautv.	8	6
<b>Grossulariaceae</b>			
	<i>Ribes janczewskii</i> Pojark.	1	6
321, 322	<i>Ribes meyeri</i> Maxim. (juv.)	5/4	3,6
<b>Hypericaceae</b>			
138	<i>Hypericum perforatum</i> L.	30	1,2,3,4,6

## Fortsetzung Tabelle 4.5 – 04:

Artenliste (mit lfd. Nummer* in den Vegetationstabellen Tab. 4.5 - 02 und Tab. 4.5 - 03)		Häufigkeit (**) bei Vegetations- aufnahmen	Verbreitung (***) nach Czerepanov (1995)
<b>Iridaceae</b>			
218	<i>Iris ruthenica</i> Ker=Gawl.	7	3,4,5,6
211	<i>Iris sogdiana</i> Bunge	6	6
<b>Juncaceae</b>			
506	<i>Juncus articulatus</i> L.	4	1,2,3,4,5,6
516	<i>Juncus compressus</i> Jacq.	1	1,2,3,4,5,6
31	<i>Juncus heptopotamicus</i> V. Krecz. & Gonsch.	1	6
351	<i>Luzula pallidula</i> Kirschner (= <i>L. pallescens</i> auct.)	3	1,2,3,4,5,6
<b>Lamiaceae</b>			
69	<i>Dracocephalum bipinnatum</i> Rupr.	12	6
431	<i>Dracocephalum imberbe</i> Bunge	6	3,4,6
135	<i>Dracocephalum integrifolium</i> Bunge	8	3,6
123	<i>Dracocephalum nodulosum</i> Rupr.	7	6
276	<i>Eisholtzia densa</i> Benth.	18	6
290	<i>Galeopsis bifida</i> Boenn.	5	1,2,3,4,5,6
57, 147	<i>Lagochilus platyacanthus</i> Rupr.	28/1	6
176	<i>Lamium album</i> L.	10	1,2,3,4,5,6
209	<i>Leonurus turkestanicus</i> V. Krecz. & Kuprian.	2	6
	<i>Lycopus europaeus</i> L.	2	1,2,3,4,6
208	<i>Marrubium anisodon</i> C. Koch	1	2,6
153	<i>Mentha arvensis</i> L.	6	1,2,3,4,6
504	<i>Mentha asiatica</i> Boriss.	6	2,3,6
151	<i>Nepeta pannonica</i> L.	6	1,2,3,4,6
139	<i>Origanum vulgare</i> L.	35	1,2,3,4,(5),6
47	<i>Perovskia abrotanoides</i> Kar.	2	6
186	<i>Phlomis alpina</i> (Pall.) Adyl., R. Kam. & Machmedov (= <i>Phlomis alpina</i> Pall.)	8	3,5,6
196	<i>Phlomis oreophila</i> (Kar. & Kir.) Adyl., R. Kam. & Machmedov (= <i>Phlomis oreophila</i> Kar. & Kir.)	42	3,6
198	<i>Phlomis pratensis</i> (Kar. & Kir.) Adyl., R. Kam. & Machmedov (= <i>Phlomis pratensis</i> Kar. & Kir.)	4	6
146	<i>Phlomis speciosa</i> (Rupr.) Adyl., R. Kam. & Machmedov (= <i>Eremostachys speciosa</i> Rupr.)	2	6
179	<i>Prunella vulgaris</i> L.	4	1,2,3,4,5,6
156	<i>Salvia nemorosa</i> L. (= <i>Salvia deserta</i> Schang.)	15	1,2,3,6
	<i>Scutellaria galericulata</i> L.	1	1,2,3,4,5,6
376	<i>Scutellaria oligodonta</i> Juz.	7	6
70	<i>Scutellaria przewalskii</i> Juz.	20	6
120	<i>Thymus incertus</i> Klok.	1	6
121	<i>Thymus marschallianus</i> Willd.	7	1,2,3,(5),6
133	<i>Ziziphora clinopodioides</i> Lam.	20	2,3,4,6
<b>Liliaceae</b>			
485	<i>Lloydia serotina</i> (L.) Reichenb.	1	1,2,3,4,5,6
415	<i>Tulipa heterophylla</i> (Regel) Baker	4	6
<b>Limoniaceae</b>			
59	<i>Acantholimon alatavicum</i> Bunge	13	6
107	<i>Goniolimon orthocladum</i> Rupr.	12	6
4	<i>Limonium hoeltzeri</i> (Regel) Ik.-Gal.	13	6
25	<i>Limonium tianschanicum</i> Lincz.	3	6
<b>Linaceae</b>			
184	<i>Linum olgae</i> Juz.	2	6
131	<i>Linum pallescens</i> Bunge	7	3,6
<b>Malvaceae</b>			
255	<i>Malva neglecta</i> Wallr.	6	1,2,(5),6
295	<i>Malva pusilla</i> Smith	1	1,2,3,4,5,6
283	<i>Malva pusilla/neglecta</i>	2	
<b>Melanthiaceae</b>			
187	<i>Veratrum lobelianum</i> Bernh. (= <i>V. album</i> L. var. <i>lobelianum</i> (Bernh.) Koch)	7	1,2,3,4,5,6
<b>Nitrariaceae</b>			
16	<i>Nitraria sibirica</i> Pall.	5	3,4,6
<b>Onagraceae</b>			
	<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	1	1,2,3,4,5,6
34	<i>Epilobium hirsutum</i> L.	2	1,2,3,6

## 4.5 Vegetation

### Fortsetzung Tabelle 4.5 – 04:

Artenliste (mit lfd. Nummer* in den Vegetationstabellen Tab. 4.5 - 02 und Tab. 4.5 - 03)	Häufigkeit (**) bei Vegetations- aufnahmen	Verbreitung (***) nach Czerepanov (1995)
509 Epilobium palustre L.	3	1,2,3,4,5,6
Epilobium tetragonum L.	1	1,2,3,6
<b>Orchidaceae</b>		
467 Coeloglossum viride (L.) C. Hartm.	1	1,2,3,4,5,6
510 Dactylorhiza umbrosa (Kar. & Kir.) Nevski	2	3,4,6
325 Goodyera repens (L.) R. Br.	7	1,2,3,4,5,6
<b>Papaveraceae</b>		
360 Papaver croceum Lebed.	21	3,4,6
<b>Parnassiaceae</b>		
401 Parnassia laxmannii Pall. ex Schult.	16	3,4,6
513 Parnassia palustris L.	2	1,2,3,4,5,6
<b>Peganaceae</b>		
37 Peganum harmala L.	3	1,2,3,6
<b>Pinaceae</b>		
297, Picea schrenkiana Fisch. & C.A. Mey. (B)	14/6/5	6
298, 299		
<b>Plantaginaceae</b>		
126 Plantago arachnoidea Schrenk	3	6
152 Plantago lanceolata L.	6	1,2,3,(4),(5),6
246 Plantago major L.	35	1,2,3,4,5,6
Plantago minuta Pall.	2	1,2,6
158 Plantago urvillei Opiz	10	1,2,3,4,6
<b>Poaceae</b>		
56 Achnatherum splendens (Trin.) Nevski (= Lasiagrostis splendens (Trin.) Kunth, Stipa splendens Trin.)	56	1,3,4,6
64 Agropyron christatum (L.) Beauv.	57	1,2,3,4,(5),6
457 Agrostis alba	8	
182 Agrostis gigantea Roth	23	1,2,3,4,5,6
Agrostis hissarica Roshev.	1	6
221 Alopecurus pratensis L.	4	1,2,3,4,5,6
Anisantha tectorum (L.) Nevski	6	1,2,3,(5),6
368 Anthoxanthum alpinum A. & D. Löve	8	1,2,3,4,6
149 Arrhenatherum elatius (L.) J. & C. Presl	5	1,2,3,4,(5),6
272 Avena fatua L.	34	1,2,3,4,5,6
190 Avena fatua ssp.	4	
89 Botriochloa ischaemum (L.) Keng (= Andropogon ischaemum L.)	24	2,3,6
340 Brachypodium pinnatum (L.) Beauv.	16	1,2,3,4,6
140 Bromopsis inermis (Leyss.) Holub	9	1,2,3,4,5,6
87 Bromus squarrosus L.	11	1,2,3,(5),6
Calamagrostis arundinacea (L.) Roth	1	1,2,3,4 !
40 Calamagrostis epigeios (L.) Roth (teilweise subsp. macrolepis (Litv.) Tzvel.)	14	
495 Calamagrostis tianschanica Rupr.	2	6
86 Cleistogenes squarrosa (Trin.) Keng	28	1,2,3,4,5,6
258 Dactylis glomerata L.	49	1,2,3,4,5,6
370 Elymus caninus (L.) L. (= Elytrigia canina (L.) Drob., Roegneria canina (L.) Nevski)	12	1,2,3,4,6
371 Elymus curvatiformis (Nevski) Tzvel. (= Agropyron curvatiforme Nevski)	1	6
369 Elymus schrenkianus (Fisch. & C.A. Mey.) Tzvel. (= Roegneria schrenkiana (Fisch. & C.A. Mey.) Nevski)	25	3,4,6
Elymus tianschanigenus Czer.	2	6
493 Elymus tschimganicus (Drob.) Tzvel. (= Roegneria czimganica (Drob.) Nevski)	2	6
241 Elytrigia repens (L.) Nevski	68	1,2,3,4,5,6
11 Eragrostis minor Host	4	1,2,3,4,(5),6
406 Festuca alata (St.-Yves) Roshev.	5	6
511 Festuca arundinacea Schreb.	5	1 !
Festuca gigantea (L.) Vill.	1	1,2,3,4,6
390 Festuca olgae (Regel) Krivot.	1	6
160 Festuca pratensis Huds.	20	1,2,3,4,5,6
377 Festuca rubra L.	6	1,2,3,4,5,6
108 Festuca valesiaca Gaudin	54	1,2,3,4,(5),6
374 Helictotrichon desertorum (Less.) Nevski. (= Avenastrum desertorum (Less.) Podb.)	15	1,3,4,6
294 Helictotrichon pubescens (Huds.) Pilg. (= Avenastrum pubescens (Huds.) Opiz)	3	1,2,3,4,5,6

## Fortsetzung Tabelle 4.5 – 04:

Artenliste (mit lfd. Nummer* in den Vegetationstabellen Tab. 4.5 - 02 und Tab. 4.5 - 03)		Häufigkeit (**) bei Vegetations- aufnahmen	Verbreitung (***) nach Czerepanov (1995)
423	<i>Hierochloa odorata</i> (L.) Beauv.	3	1,2,4,6
418	<i>Hordeum brevisubulatum</i> (Trin.) Link	5	(1),3,4,5,6
269	<i>Hordeum vulgare</i> L.	7	1,2,3,4,5,6
114	<i>Koeleria christata</i> (L.) Pers.	16	1,2,3,4,5,6
	<i>Leymus dasystachys</i> (Trin.) Pilg.	1	3,4,6
32	<i>Leymus multicaulis</i> (Kar. & Kir.) Tzvel.	1	
	<i>Leymus racemosus</i> (Lam.) Tzvel. (= <i>Elymus giganteus</i> Vahl)	1	1,2,3,4,6
347	<i>Melica nutans</i> L.	6	1,2,3,4,5,6
145	<i>Melica transsilvanica</i> Schur	5	1,2,3,4,6
	<i>Milium effusum</i> L.	2	1,2,3,4,5,6
487	<i>Paracolpodium altaicum</i> (Trin.) Tzvel. (= <i>Colpodium altaicum</i> Trin.)	1	3,4,6
452	<i>Phleum alpinum</i> L.	11	1,2,3,4,5,6
129	<i>Phleum phleoides</i> (L.) Karst.	21	1,2,3,4,(5),6
259	<i>Phleum pratense</i> L.	32	1,2,3,4,5,6
501	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	15	1,2,3,4,5,6
432	<i>Poa alpina</i> L.	15	1,2,3,4,5,6
162	<i>Poa angustifolia</i> L.	14	1,2,3,4,5,6
202	<i>Poa annua</i> L.	6	1,2,3,5,6
111	<i>Poa attenuata</i> Trin. (= <i>Poa alberti</i> Regel)	13	3,4,6
469	<i>Poa lipskyi</i> Roshev.	4	6
337	<i>Poa nemoralis</i> L.	18	1,2,3,4,5,6
	<i>Poa palustris</i> L.	1	1,2,3,4,5,6
161	<i>Poa pratensis</i> L.	13	1,2,3,4,5,6
386	<i>Poa relaxa</i> Ovcz.	3	6
201	<i>Poa supina</i> Schrad.	25	1,3,4,(5),6
492	<i>Psathyrostachys kronenburgii</i> (Hack.) Nevski (= <i>Elymus kronenburgii</i> (Hack.) Nikif.)	2	
405	<i>Ptilagrostis mongholica</i> (Turcz. ex Trin.) Griseb.	4	3,4,6
236	<i>Settaria viridis</i> (L.) Beauv.	36	1,2,3,4,5,6
62	<i>Stipa capillata</i> L.	78	1,2,3,4,6
49	<i>Stipa caucasica</i> Schmalh.	16	2,6
491	<i>Stipa glareosa</i> P. Smirn. (= <i>S. caucasica</i> Schmalh. subsp. <i>glareosa</i> (P. Smirn.) Tzvel.)	4	3,4,6
494	<i>Stipa krylovii</i> Roshev	1	3,4,6
	<i>Stipa lessingiana</i> Trin. & Rupr.	2	1,2,3,6
424	<i>Stipa subsessiliflora</i> (Rupr.) Roshev. (= <i>Ptilagrostis subsessiliflora</i> (Rupr.) Roshev.)	4	3,6
462	<i>Trisetum altaicum</i> Roshev.	6	3,4,6
344	<i>Trisetum sibiricum</i> Rupr.	5	1,3,4,5,6
412	<i>Trisetum spicatum</i> (L.) K. Richt.	11	1,3,4,5,6
268	<i>Triticum aestivum</i> L. /( <i>T. durum</i> )	26	1,2,3,4,5,6
<b>Polemoniaceae</b>			
168	<i>Polemonium caucasicum</i> N. Bush.	5	2 !
<b>Polygalaceae</b>			
171	<i>Polygala comosa</i> Schkuhr (= <i>Polygala hybrida</i> DC.)	10	1,2,3,4,5,6
<b>Polygonaceae</b>			
410	<i>Aconogonon songaricum</i> (Schrenk) Hara (= <i>Polygonum songaricum</i> Schrenk)	16	6
	<i>Atraphaxis virgata</i> (Regel) Krasn.	0	3,6
399	<i>Bistorta vivipara</i> (L.) S.F. Gray (= <i>Polygonum viviparum</i> L.)	23	1,2,3,4,5,6
275	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve (= <i>Polygonum convolvulus</i> L.)	32	1,2,3,4,5,6
282	<i>Persicaria maculata</i> (Rafin.) A. & D. Löve (= <i>Polygonum persicaria</i> L.)	7	1,2,3,4,5,6
253	<i>Polygonum aviculare</i> L.	47	1,2,3,4,5,6
365	<i>Rumex acetosa</i> L.	7	1,2,3,4,5,6
249	<i>Rumex paulsenianus</i> Rech. fil.	42	6
<b>Primulaceae</b>			
	<i>Anagallis arvensis</i> L.	0	1,2,6
94	<i>Androsace dasyphylla</i> Bunge	18	3,4,6
440	<i>Androsace lehmanniana</i> Spreng. (= <i>A. bungeana</i> Schischk. & Bobr.)	2	1,2,3,4,5,6
101	<i>Androsace maxima</i> L.	8	1,2,3,4,6
387	<i>Androsace sericea</i> Ovcz.	4	6
453	<i>Cortusa brotheri</i> Pax ex Lipsky	6	6
30	<i>Glaux maritima</i> L.	1	1,2,3,4,5,6
367	<i>Primula algida</i> Adams	16	2 !
	<i>Primula longiscarpa</i> Lebed.	1	1,3,4,6
514	<i>Primula pamirica</i> Fed.	2	6
478	<i>Primula turkestanica</i> (Haage & Schmidt) E.A. White	3	6

## Fortsetzung Tabelle 4.5 – 04:

Artenliste (mit lfd. Nummer* in den Vegetationstabellen Tab. 4.5 - 02 und Tab. 4.5 - 03)		Häufigkeit (**) bei Vegetations- aufnahmen	Verbreitung (***) nach Czerepanov (1995)
<b>Pyrolaceae</b>			
330	<i>Moneses uniflora</i> (L.) A. Gray	1	1,2,3,4,5,6
331	<i>Pyrola rotundifolia</i> L.	1	1,2,3,4,6
<b>Ranunculaceae</b>			
	<i>Aconitum nemorum</i> M. Pop.	1	6
361	<i>Aconitum rotundifolium</i> Kar. & Kir.	14	6
216	<i>Aconitum septentrionale</i> Koelle	15	1,3,4 !
217	<i>Aconitum soongaricum</i> Stapf (= <i>A. alatavicum</i> Worosch.)	4	3,6
333	<i>Anemonastrum protractum</i> (Ulbr.) Holub (= <i>Anemone protracta</i> (Ulbr.) Juz.)	3	6
346	<i>Aquilegia atrovinosa</i> M. Pop. ex Gamajun.	2	6
306, 307	<i>Atragene sibirica</i> L.	12/1	1,3,4,6
392	<i>Callianthemum alatavicum</i> Freyn	1	6
22	<i>Clematis orientalis</i> L.	2	1,2,6
45/46	<i>Clematis songarica</i> Bunge	4/8	6
172	<i>Delphinium turkestanicum</i> Huth	12	6
484	<i>Oxygraphis glacialis</i> (Fisch.) Bunge	1	1,3,4,5,6
385	<i>Pulsatilla campanella</i> Fisch. ex Regel & Til.	4	3,6
411	<i>Ranunculus alberti</i> Regel & Schmalh.	12	6
174	<i>Ranunculus polyanthemus</i> L.	12	1,3,4,5,6
419	<i>Ranunculus popovii</i> Ovcz.	3	6
402	<i>Thalictrum alpinum</i> L.	13	1,2,3,4,5,6
169	<i>Thalictrum minus</i> L.	37	1,2,3,4,5,6
363	<i>Trollius dschungaricus</i> Regel	16	6
403	<i>Trollius lilacinus</i> Bunge	5	3,4,6
<b>Rosaceae</b>			
200	<i>Alchemilla retropilosa</i> Juz.	47	6
	<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.	1/1	6
	<i>Cerasus tianschanica</i> Pojark.	4	6
313	<i>Cotoneaster melanocarpus</i> M. Pop.	1	1,2,3,4,5,6
310	<i>Cotoneaster uniflorus</i> Bunge	7	1,3,4,6
329	<i>Fragaria vesca</i> L.	11	1,2,3,4,6
343	<i>Geum urbanum</i> L.	14	1,2,3,5,6
109	<i>Pentaphylloides parvifolia</i> (Fisch. ex Lehm.) Sojak (= <i>Dasiphora parvifolia</i> (Fisch. ex Lehm.) Juz.)	4	3,4,6
449	<i>Pentaphylloides phyllocalyx</i> (Juz.) Sojak (= <i>Dasiphora phyllocalyx</i> Juz.)	3	6
248	<i>Potentilla anserina</i> L.	5	1,2,3,4,5,6
188	<i>Potentilla asiatica</i> (Th. Wolf) Juz.	6	3(?),4,6
66	<i>Potentilla canescens</i> Bess.	48	1,2,3,4,5,6
474	<i>Potentilla evestita</i> Th. Wolf	2	3,4,6
72	<i>Potentilla moorcroftii</i> Wall. ex Lehm.	50	6
398	<i>Potentilla multifida</i> L. (= <i>P. asiae-mediae</i> Ovcz. & Kocz.)	19	1,2,3,4,5,6
379	<i>Potentilla nervosa</i> Juz.	8	6
110	<i>Potentilla soongarica</i> Bunge	8	3,4,6
281	<i>Potentilla supina</i> L.	5	1,2(?),3,4,5,6
19	<i>Rosa beggeriana</i> Schrenk	1	6
308, 309	<i>Rosa platyacantha</i> Schrenk	22/16	6
342	<i>Rubus saxatilis</i> L.	14	1,2,3,4,5,6
435	<i>Sibbaldia tetrandra</i> Bunge (= <i>Dryadanthe tetrandra</i> (Bunge) Juz.)	3	3,4,6
302, 303	<i>Sorbus tianschanica</i> Rupr.	7/7	6
311, 312	<i>Spirea hypericifolia</i> L.	12/10	1,2,3,4,6
<b>Rubiaceae</b>			
233	<i>Galium aparine</i> L.	8	1,2,3,4,(5),6
164	<i>Galium turkestanicum</i> Pobed.	32	6
	<i>Galium verticillatum</i> Danth.	1	1,2,6
122	<i>Galium verum</i> L.	29	1,2,3,4,5,6
<b>Rutaceae</b>			
	<i>Dictamnus angustifolius</i> G. Don fil. ex Sweet	0	3,6
<b>Salicaceae</b>			
	<i>Populus nigra</i> L.	1	1,2,3,4,5,6
305	<i>Salix iliensis</i> Regel (= <i>S. depressa</i> L. subsp. <i>iliensis</i> (Regel) Hiit.)	4	6
304	<i>Salix tianschanica</i> Regel	1	6
<b>Santalaceae</b>			
354	<i>Thesium alatavicum</i> Kar. & Kir.	2	6



## Fortsetzung Tabelle 4.5 – 04:

Artenliste (mit lfd. Nummer* in den Vegetationstabellen Tab. 4.5 - 02 und Tab. 4.5 - 03)		Häufigkeit (**) bei Vegetations- aufnahmen	Verbreitung (***) nach Czerepanov (1995)
<b>Saxifragaceae</b>			
466	<i>Cryosplenium nudicaule</i> Bunge	2	3,4,6
480	<i>Saxifraga hirculus</i> L.	1	1,2,3,4,5 !
441	<i>Saxifraga sibirica</i> L.	1	1,2,3,4,5,6
<b>Scrophulariaceae</b>			
	<i>Dodartia orientalis</i> L.	3	1,2,3,6
409	<i>Euphrasia drosophylla</i> Juz.	6	6
364	<i>Euphrasia pectinata</i> Ten. (= <i>Euphrasia tatarica</i> Fisch. ex Spreng.)	20	1,2,3,4,6
	<i>Leptorhabdos parviflora</i> (Benth.) Benth.	1	2,6
192	<i>Linaria vulgaris</i> L.	4	1,2,3,4,5,6
155	<i>Pedicularis dolichorhiza</i> Schrenk	11	6
463	<i>Pedicularis oederi</i> Vahl	3	1,3,4,5,6
442	<i>Pedicularis rhinanthoides</i> Schrenk	2	6
150	<i>Rhinanthus songaricus</i> (Sterneck) B. Fedtsch.	13	1,2,3,6
191	<i>Scrophularia incisa</i> Weinm.	3	3,4,6
	<i>Verbascum thapsus</i> L.	1	1,2,3,4,5,6
228	<i>Veronica biloba</i> Schreb.	2	2,3,(5),6
422	<i>Veronica ciliata</i> Fisch.	3	4,6
291	<i>Veronica persica</i> Poir.	4	1,2,(5),6
	<i>Veronica porphyriana</i> Pavl. (= <i>Veronica spicata</i> L. subsp. <i>porphyriana</i> (Pavl.) A. Jelen.)	0	3,6
<b>Solanaceae</b>			
17	<i>Lycium flexicaule</i> Pojark.	2	6
	<i>Solanum dulcamara</i> L.	1/1	1,2,3,(6)
271	<i>Solanum tuberosum</i> L.	2	
<b>Tamaricaceae</b>			
500	<i>Myricaria bracteata</i> Royle (= <i>M. alopecuroides</i> Schrenk)	5	1,2,3,4,6
1	<i>Reamuria kaschgarica</i> Rupr.	16	6
23	<i>Tamarix spec.</i>	1	
<b>Urticaceae</b>			
205	<i>Urtica cannabina</i> L.	8	(1),3,4,(5),6
232	<i>Urtica dioica</i> L.	12	1,2,3,4,5,6
<b>Valerianaceae</b>			
102	<i>Patrinia intermedia</i> (Hornem.) Roem. & Schult.	8	3,6
<b>Violaceae</b>			
456	<i>Viola altaica</i> Ker-Gawl.	9	3,4,6
359	<i>Viola rupestris</i> F.W. Schmidt	5	1,4 !
407	<i>Viola tianschanica</i> Maxim.	6	6
<b>Zygophyllaceae</b>			
3	<i>Zygophyllum rosowii</i> Bunge	14	6
<b>Pteridophyta</b>			
<b>Botrychiaceae</b>			
476	<i>Botrychium lunaria</i> (L.) Sw.	1	1,2,3,4,5,6
<b>Dryopteridaceae</b>			
448	<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott	2	1,2,3,4,6
<b>Lichenes</b>			
	<i>Aspicilia fruticulosa</i>		
	<i>Aspicilia vagans</i>		
	<i>Allocetraria vagans</i>		
	<i>Allocetraria madreporiformis</i>		
<b>Bryophyta</b>			
	<i>Rhytidiadelphus triquetus</i>		
	<i>Brachithetium spec.</i>		
	<i>Plagiochila spec.</i>		
	<i>Thuidium spec.</i>		
	<i>Hypnum spec.</i>		

Die in den Vegetationstabellen mit Nummern angegebenen Naturraumformen werden in Tabelle 4.7-01 bis 4.7-06 (CD) näher charakterisiert. In Kapitel 5.3 werden die Vegetationsformen inklusive Standort in ihrer räumlichen Anordnung dargestellt. Die Pflanzenarten aus den dargestellten Vegetationsaufnahmen werden alphabetisch nach Familien geordnet in Tabelle 4.5-04 (S. 139-149, +CD) aufgelistet. Tabelle 4.5-05 enthält eine nach Pflanzenformationen geordnete Übersicht über vorläufige Vegetationsformen (bzw. Vegetationseinheiten) im Untersuchungsgebiet, mit Angaben zum Vorkommen in den Transekten und zur Naturraumform (NRF-Nr.). Auch wenn aufgrund der begrenzten Arbeitsmöglichkeiten einzelne Einheiten nur durch eine bzw. sehr wenige Aufnahmen belegt werden konnten, so repräsentieren sie doch typische Pflanzenbestände auf typischen Standorten, die in der Regel größere Areale einnehmen. Bei der Ausscheidung der Vegetationsformen sind zusätzliche Beobachtungen und Erfahrungen aus dem Gelände mit eingegangen.

Tabelle 4.5-05: Vegetationsformationen und vorläufige Vegetationsformen im Issyk-Kul-Gebiet in den Transekten (T) 1-6

Vegetationsformationen und vorläufige Vegetationsformen	NRF-Nr.	T
<b>Wüste</b>		
vegetationslose Fläche	3	1
<b>Halbwüste, Gebirgshalbwüste</b>		
<i>Kalidium (cuspidatum)</i> - <i>Reamuria kaschgarica</i> -Zwergstrauch-Halbwüste; Halbwüste mit <i>Artemisia subgen. seriphidium</i> als ehemalige Ackerbrache	1, 1b	1
<i>Nitraria sibirica</i> - <i>Kalidium</i> -Strauch-Halbwüste	4	1
<i>Ephedra intermedia</i> -Zwergstrauch-Halbwüste	8/8a	1
<i>Allium oreoprasum</i> - <i>Convolvulus tragocanthoides</i> - <i>Helianthemum songoricum</i> -(Dornpolster)-Zwergstrauch-Halbwüste	11	1
<i>Reamuria kaschgarica</i> - <i>Helianthemum songoricum</i> -Zwergstrauch-Halbwüste	12	1
<i>Artemisia rhodanata</i> - <i>Reamuria kaschgarica</i> -Zwergstrauch-Gebirgshalbwüste	82	6
<b>Trockensteppe, Gebirgstrockensteppe</b>		
<i>Salsola collina</i> - <i>Artemisia tianschanica</i> - <i>Stipa capillata</i> -Trockensteppe	16, 17 (14)	1
intensiv beweidete <i>Salsola collina</i> - <i>Artemisia tianschanica</i> - <i>Stipa capillata</i> -Trockensteppe mit Dominanz von <i>Neopalassia pectinata</i>	15	1
( <i>Ephedra intermedia</i> )- <i>Artemisia tianschanica</i> - <i>Stipa capillata</i> -Trockensteppe	32	2
<i>Artemisia rhodanata</i> - <i>Stipa krylovii</i> -Zwergstrauch-Gebirgstrockensteppe	83	6
<i>Saussurea leucophylla</i> - <i>Stipa subsessiliflora</i> -Gebirgstrockensteppe	86	6
<b>Steppe, Gebirgssteppe</b>		
( <i>Teloxys aristata</i> - <i>Salsola collina</i> - <i>Stipa capillata</i> -Steppe	20a, 20b	1
ruderalisierte <i>Salsola collina</i> - <i>Stipa capillata</i> -Steppe mit <i>Elytrigia repens</i> und <i>Chenopodium album</i>	21	1
<i>Leontopodium ochroleucum</i> - <i>Stipa capillata</i> -Steppe	22	1
degradierte zwergstrauchreiche <i>Caragana pleiophylla</i> - <i>Stipa capillata</i> -Steppe	34	2
<i>Caragana pleiophylla</i> - <i>Artemisia tianschanica</i> - <i>Stipa capillata</i> -zwergstrauchreiche Steppe	41	3

<i>Artemisia santalinifolia</i> - <i>Caragana pleiophylla</i> - <i>Stipa capillata</i> - zwergrauschreiche Steppe (vereinzelt mit Sträuchern)	42, 46	3
<i>Erigeron pseudoseravschanicus</i> - <i>Dracocephalum nodulosum</i> - <i>Stipa capillata</i> - zwergrauschreiche Steppe (z.T. mit geringem Anteil an <i>Spirea hypericifolia</i> , <i>Rosa platyacantha</i> -Sträuchern)	52	3
reichere <i>Stipa capillata</i> -Steppe mit <i>Salvia nemorosa</i> , <i>Daucus carota</i> , <i>Artemisia dracunculus</i> , <i>Origanum vulgare</i> , <i>Elytrigia repens</i>	35	2
degradierte <i>Stipa capillata</i> -Steppe mit <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Carex turkestanica</i> , <i>Botrichloa ischaemum</i> , <i>Potentilla moorkroftii</i> , <i>Artemisia scoparia</i>	39	3
<i>Androsace sericea</i> - <i>Alfredia nivea</i> - <i>Helictotrichon desertorum</i> -Gebirgssteppe	30, 29, (27)	1
<i>Kobresia humilis</i> - <i>Festuca alata</i> -Gebirgssteppe	74*, 75	5
<i>Saussurea leucophylla</i> - <i>Stipa subsessiliflora</i> - <i>Kobresia capilliformis</i> - Gebirgssteppe	84	6
<hr/>		
Dornpolsterformation		
Dornpolsterformation mit <i>Acantholimon alata</i> , <i>Convolvulus tragacanthoides</i> , <i>Lagochilus platyacanthus</i> (= stark degradierte <i>Salsola collina</i> - <i>Stipa capillata</i> -Steppe)	20c	1
<hr/>		
Wiesensteppe		
<i>Ziziphora clinopodioides</i> - <i>Artemisia dracunculus</i> - <i>Phleum phleoides</i> - Wiesensteppe	68	4
<i>Veratrum lobelianum</i> - <i>Phleum pratense</i> -Wiesensteppe	69	4
<i>Campanula glomerata</i> - <i>Spirea hypericifolia</i> - <i>Elymus caninus</i> -gebüsch- reiche Wiesensteppe	53	3
<hr/>		
Gebirgswiese		
<i>Pedicularis oederi</i> - <i>Allium atrosanguineum</i> - <i>Alchemilla retropilosa</i> - Gebirgswiese	66	1
<hr/>		
Gebirgsrasen		
<i>Parnassia laxmannii</i> - <i>Kobresia capilliformis</i> - <i>Kobresia humilis</i> -Gebirgs- rasen	28	1
<i>Dracocephalum imberbe</i> - <i>Poa alpina</i> -Gebirgsrasen	31	1
<hr/>		
Polsterfleckengebirgstundra		
<i>Smelovskia calycina</i> - <i>Sibbaldia tetrandra</i> - Polsterflecken- Gebirgstundra (mit Wanderflechten in Trockenrissen)	73, 76*	5
<hr/>		
Gebüsch, Kniegebüsch, Gebüschwald, Offenwald, Wald, Forst		
<i>Campanula glomerata</i> - ( <i>Elymus caninus</i> ) - <i>Rosa platyacantha</i> - Ge- büsch	24	1
<i>Rosa platyacantha</i> - Gebüsch (mit <i>Campanula glomerata</i> , ...)	38	2
<i>Berberis sphaerocarpa</i> - Gebüsch	47*	3
<i>Rhodiola linearifolia</i> - ( <i>Erigeron aurantiacus</i> -) <i>Juniperus turkestanica</i> - Kniegebüsch	65	3
gebüschreicher <i>Sorbus tianschanica</i> - <i>Picea schrenkiana</i> - Offenwald (mit <i>Campanula glomerata</i> , <i>Origanum vulgare</i> )	71	4
<i>Juniperus turkestanica</i> - <i>Picea schrenkiana</i> - Gebüschwald	62	3
<i>Myricaria bracteata</i> - <i>Picea schrenkiana</i> - Auen-Gebüschwald	59	3

beweideter <i>Aconitum septentrionale</i> – <i>Alchemilla retropilosa</i> – <i>Picea schrenkiana</i> – Offenwald	60	3
beweideter (hochmontaner) <i>Picea schrenkiana</i> – Offenwald	61	3
<i>Goodyera repens</i> – <i>Rhytidiadelphus triquetus</i> – <i>Picea schrenkiana</i> – Wald	55	3
beweideter <i>Impatiens parviflora</i> – <i>Picea schrenkiana</i> – Wald	57	3
gebüschreicher <i>Picea schrenkiana</i> – Wald mit <i>Sorbus tianschanica</i> , <i>Rosa platyacantha</i> , <i>Spirea hypericifolia</i> , <i>Salix iliensis</i>	56	3
trockener <i>Picea schrenkiana</i> – Forst (fast ohne Unterwuchs) (" <i>Piceetum nudum</i> ")	54	3
<hr/>		
hydromorph geprägte Formationen (Ried, Feuchtwiese, Feuchtweide, Ufer-Staudenflur)		
Seggen-Ried mit <i>Carex orbicularis</i> , <i>Parnassia palustris</i> , <i>Triglochin maritima</i> , <i>Ligularia heterophylla</i> , <i>Geranium collinum</i> , <i>Eleocharis mitracarpa</i> u.a.	19*	1
<i>Phragmites australis</i> – <i>Carex orbicularis</i> – Ried; teilweise Ausbildung mit <i>Phleum pratense</i> (Feuchtwiese)	50	3
Kleinseggen-Ried (mit <i>Carex</i> spp., <i>Parnassia palustris</i> , <i>Primula algida</i> , <i>Ligularia spec.</i> , <i>Alchemilla retropilosa</i> )	72*	4
<i>Pedicularis rhinanthoides</i> – <i>Carex melanantha</i> – Ried	78	5
<i>Leontopodium ochroleucum</i> – <i>Carex melanantha</i> – Überschwemmungs-Rasen/Ried	77*	5
<i>Calamagrostis epigeios</i> – <i>Phragmites australis</i> – <i>Glycyrrhiza glabra</i> – Feuchtwiese	6	1
Gebüschreiche Feuchtwiese mit <i>Carex cf. stenocarpa</i> , <i>Carex orbicularis</i> , <i>Agrostis gigantea</i> , <i>Primula pamirica</i> , <i>Angelica brevicaulis</i> , <i>Polygonum viviparum</i> , <i>Polygonum songoricum</i> , <i>Carum carvi</i> , Sträucher: <i>Rosa fedtschenkoana</i> , <i>Lonicera stanantha</i>	25*	1
Feuchtweide mit <i>Blysmus compressus</i> , <i>Juncus bufonius</i> , <i>Juncus articulatus</i> , <i>Juncus heptapotamicus</i> , <i>Triglochin palustris</i> , <i>Halerpestes sarmentosa</i> , <i>Potentilla anserina</i> , u.a.	9*	1
Feuchtweide	44*	3
<i>Angelica brevicaulis</i> – Ufer-Staudenflur (mit <i>Primula turkestanica</i> ) (am Bachufer)	67	3
<hr/>		
hydromorph geprägte Gebüsche		
<i>Nitraria sibirica</i> – <i>Hippophae rhamnoides</i> – Gebüsch (Übergang)	5	1
<i>Nitraria sibirica</i> – <i>Halimodendron halodendron</i> – Gebüsch mit <i>Phragmites australis</i> , <i>Salsola australis</i> , <i>Thermopsis turkestanica</i>	5a	1
<i>Hippophae rhamnoides</i> – Gebüsch mit <i>Rosa beggeriana</i> und <i>Epilobium hirsutum</i>	10	1
Auengebüsch mit <i>Hippophae rhamnoides</i> und <i>Salix</i> spp.	43*	3
<i>Phragmites australis</i> – <i>Hippophae rhamnoides</i> – Gebüsch	45*	3
Auengebüsch mit <i>Hippophae rhamnoides</i> , <i>Myricaria bracteata</i> , ( <i>Salix</i> spp.), <i>Phragmites australis</i>	51	3
Feuchtweide aus <i>Elytrigia repens</i> , <i>Phragmites australis</i> mit <i>Nitraria sibirica</i> – Gebüsch	7	1
<hr/>		
(Weitere) anthropogene Vegetationsformationen: Äcker, inkl. mehrjähriger Futterkulturen, Ackerbrachen		
Acker mit <i>Artemisia annua</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Medicago lupulina</i> , <i>Cirsium incanum</i> , <i>Avena fatua</i> , <i>Lathyrus tuberosus</i> , u.a.	2	1

Acker mit <i>Brassica juncea</i> , <i>Elsholtzia densa</i> , <i>Pleconax connoidea</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Medicago lupulina</i> , <i>Cirsium incanum</i> , <i>Avena fatua</i> , <i>Lathyrus tuberosus</i> , u.a.	18	1
Acker mit <i>Echium vulgare</i> , <i>Cannabis ruderalis</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Settaria viridis</i> , <i>Avena fatua</i> , <i>Descurainia sophiae</i> u.a.	33	2
Acker mit <i>Echium vulgare</i> , <i>Artemisia vulgaris</i> , <i>Brassica juncea</i> , <i>Cirsium incanum</i> , <i>Chenopodium album</i> , u.a.	37	2
Acker mit <i>Elytrigia repens</i> , <i>Settaria viridis</i> , <i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Cannabis ruderalis</i> , <i>Echium vulgare</i> , <i>Thlaspi arvense</i> , <i>Avena fatua</i> , u.a.	40	3
<hr/>		
Bewässerte (angesäte) Mähwiesen		
bewässerte <i>Dactylis glomerata</i> – Mähwiese mit <i>Salvia nemorosa</i> , <i>Origanum vulgare</i> , u.a.; z.T. Ausbildung mit <i>Arrhenatherum elatius</i>	49	3
<hr/>		
Weiden, Lägerfluren (nicht hydromorph)		
<i>Urtica cannabiana</i> – <i>Poa supina</i> – Weide	58	3
Weide mit <i>Urtica cannabiana</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Berteroa incana</i>	48	3
<i>Poa supina</i> – Weide mit <i>Rumex paulsenianus</i> , <i>Carum carvi</i> , u.a.	70	4
Weide mit <i>Festuca rubra</i> , <i>Cirsium sairamense</i> , <i>Phlomidoides oreophila</i> , <i>Leontopodium ochroleucum</i> , <i>Kobresia humilis</i> , u.a.	26a	1
<i>Urtica cannabiana</i> – Lägerflur	48	3
<i>Alchemilla retropilosa</i> – Lägerflur	63	3
<i>Microgynecium tibeticum</i> – <i>Cirsium sairamense</i> – Lägerflur	26b	1

#### 4.5.4 Zur Anwendbarkeit des Vegetationsformenkonzeptes im Tienschan

Die floristisch-standörtliche Klassifikation nach dem Vegetationsformenkonzept nach KOPP et al. 1982 bietet eine geeignete Grundlage für eine umfassende landschaftsökologische Analyse der Zusammenhänge von Vegetation und Standort und ist geeignet als Grundlage für die Vegetationskartierung und die Bioindikation. Die Klassifikation ist auf zahlreichen Merkmalen aufgebaut und entspricht den Forderungen von GLAVAC (1996: 110) an eine „Mehrzweck-Klassifikation“.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf das Vegetationsformenkonzept im Sinne von KOPP et al. (1982) sowie SUCCOW (1982) welches sich von der vegetationsökologischen Ausrichtung des Vegetationsformenkonzeptes (SCHLÜTER 1981, KOSKA et al. 2001) z.T. unterscheidet. Das Vegetationsformenkonzept ist ein geeignetes Instrument für eine interdisziplinär arbeitende Landschaftsökologie, da hierbei die Vegetation als ökologische Klammer für eine komponentenübergreifende Typisierung des Naturraumes dient und über eine abgestimmte Klassifikation die Zusammenführung der Erkenntnisse der in der Landschaft arbeitenden Einzeldisziplinen umfassend möglich ist. Das Vegetationsformenkonzept kann somit eine wichtige Rolle als Verknüpfungspunkt zwischen abiotischen Fachdisziplinen und der Vegetationskunde spielen, da den aufeinander abgestimmten Klassifikationen der Einzeldisziplinen jeweils umfangreiche Informationen zugeordnet werden können. In der Landschaftsökologie und Geoökologie wurde die Vegetation bisher u.a. auch deshalb oft zu wenig berücksichtigt, weil die Einheiten der dominierenden Pflanzensoziologie nicht befriedigend mit den Klassifikationseinheiten des Standortes (z.B. von Bodenkunde) in Übereinstimmung gebracht werden konnten (siehe LESER 1997). Das Vegetationsformenkonzept ermöglicht weiterhin über einen Standortsvergleich die Zuordnung von naturnaher und daraus hervorgegangener anthropogener abgewandelter Vegetation. Über einen Vergleich der Vegetation gut charakterisierter Standortsformen ist es möglich, abgewandelte Vegetationsausbildungen bei

gleichen Standortsformen einander zuzuordnen (Unterscheidung von Stamm- und Zustandsvegetation nach KOPP et al. 1982) und damit von der Vegetation, die aufgrund anderer Standortbedingungen vorkommt, zu unterscheiden.

Wenn sich bestimmte Standortsunterschiede nicht auf die Vegetation auswirken, können die verschiedenen Standorte mit gleicher Vegetation zu Ökotoptypen zusammengefaßt werden. Dabei wird einer Vegetationsform ein Katalog unterschiedlicher Standortsformen zugeordnet. Für das Untersuchungsgebiet wurden bisher keine Ökotoptypen gebildet, da bei den meisten Aufnahmen die Standortsunterschiede so groß waren, daß sich jeweils auch die Vegetation deutlich unterschied.

Das Vegetationsformenkonzept wurde bisher hauptsächlich in Mitteleuropa innerhalb relativ einheitlicher Klimabereiche angewendet. Die Vegetationsformen wurden dabei jeweils mit regionaler Gültigkeit für enger definierte Klimaräume (Großklimabereiche) ausgeschieden. Die lediglich regionale Gültigkeit von Vegetationsformen beruht auf der Tatsache, daß sich Pflanzenarten unter anderen klimatischen Bedingungen z.T. anders verhalten und auch anders gruppieren können. So kann es nach WALTER & BRECKLE (1991: 122 f.) z.B. vorkommen, daß Pflanzenarten, die in humiden Gebieten nur auf Kalkböden mit hohem pH-Wert vorkommen, in ariden Gebieten Standorte mit saureren Böden, die feuchter sind, bevorzugen. „Arten der ariden Gebiete, die im Schatten wachsen, weil sie dort geringere Transpirationsverluste erleiden, wachsen in humiden Gebieten in vollem Tageslicht usw.“ (WALTER & BRECKLE 1991: 122). Dabei wirkt vor allem das „Gesetz der relativen Standortkonstanz“, nachdem eine Pflanzenart unter anderen Klimabedingungen den Standort so wechselt, daß dadurch die Klimaänderungen möglichst kompensiert werden, und dadurch die Standortbedingungen relativ konstant bleiben (siehe WALTER 1990: 47f.). Weitere Probleme für eine ökologische Gliederung der Vegetation großer Gebiete sind mögliche Herausbildungen von Ökotypen bzw. Ökoklinien (WALTER & BRECKLE 1991: 193-198). Nach DIERSCHKE (1994: 219) wächst „der Zeigerwert vieler Arten mit der Einengung des Bezugsraumes und Vegetationstyps. Je weiter umgekehrt der Betrachtungsrahmen gefaßt ist, desto mehr Arten zeigen eher indifferentes Verhalten gegenüber einem Standortgradienten“. In großräumigen Betrachtungen sind Zeigerwerte einzelner Arten bezogen auf einzelne Faktoren daher kritisch zu sehen. Sie können tatsächlich nur für regionale Bereiche mit einheitlichen Klimabedingungen gültig sein.

Die Schwierigkeit, eine Vegetationsklassifikation großer Gebiete mit einer großen Standortamplitude nach ökologischen Kriterien vorzunehmen, ohne über das Werkzeug einer komponentenübergreifenden Klassifikation zu verfügen, macht auch folgende Aussage deutlich: „Eine Gesamtgliederung der Vegetation großer Gebiete nach ökologischen Kriterien, wie sie gelegentlich gefordert wird, ist bestenfalls denkbar, aber zumindest heute unmöglich. Teilweise noch ungenügende ökologische Kenntnisse sind ein Hindernis, das man allmählich beseitigen könnte. Es mangelt aber auch an festen Kriterien, die eine universelle Klassifizierung ermöglichen könnten. Ökologische Fragestellungen sollten besser in überschaubaren Bereichen mit Hilfe von Gradientenanalysen u.a. beantwortet werden“ (DIERSCHKE 1994: 223 f.).

Ein weiteres Problem für eine übergreifende floristisch-standörtliche Vegetationsgliederung ist das z.T. unterschiedliche Verhalten von Arten in unterschiedlichen Formationen. So kann sich z.B. eine Art im Wald anders verhalten als im Offenland. Arten gruppieren sich auf Acker, Ackerbrache, Weide, Mähwiese unterschiedlich und haben z.T. andere Amplituden bezüglich einzelner Standortfaktoren und unterliegen unterschiedlichen Konkurrenzverhältnissen (KOSKA et al. 2001).

### **Voraussetzungen für die Anwendung des Vegetationsformenkonzeptes unter Hochgebirgsbedingungen im Tienschan und die ökologische Gliederung der Vegetation in Gebieten mit großen klimatischen Gegensätzen**

Wie kann eine übergreifende ökologische Vegetationsklassifikation für ein großes Gebiet mit klimatisch stark differenzierten Bereichen nach dem Vegetationsformenkonzept, welches auf Indikatoreigenschaften von Arten (und Artengruppen) aufbaut, durchgeführt werden?

Im Tienschan erfolgt die Anwendung des Vegetationsformenkonzeptes im Gegensatz zu Mitteleuropa in einem klimatisch sehr heterogenen Raum, was neue Einblicke in die Möglichkeiten einer standortsabhängigen Klassifikation der Vegetation bietet. Aufgrund der ausgeprägten Höhenzonierung und der starken Expositionswirkungen sind auf kurze Entfernungen so große Klimaunterschiede auf die Vegetation und den Standort wirksam, wie sie in Tieflandsgebieten nur über sehr große Entfernungen zwischen unterschiedlichen Klimazonen mit jeweils anderer zonaler Vegetation und Böden vorkommen. Daher ist es schon allein aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht zweckmäßig, Vegetationsformen und Artengruppen nur mit Gültigkeit für die oftmals kleinen, klimatisch einheitlichen Areale auszuscheiden.

Unter folgenden Voraussetzungen ist die Anwendung des Vegetationsformenkonzeptes für eine ökologische (Gesamt-)Gliederung der Vegetation unterschiedlicher Klimabereiche im Tienschan möglich:

1. Bildung von standörtlich begründeten Vegetationsformen über die verschiedenen Großklimabereiche (Höhenstufenklimatypen) hinweg. Die Auswertung der Vegetation erfolgt dabei über das gesamte Standortsspektrum und unter Einbeziehung aller Pflanzenformationen.
2. Es werden keine (festen) Artengruppen gebildet, sondern gleiche Arten können mehrfach kombiniert werden und erhalten dadurch unterschiedliche Indikatorgehalte (→ unterschiedliche Artenkombinationen). Es konnte beobachtet werden, daß sich eine Pflanzenart unter verschiedenen Standortbedingungen jeweils mit mindestens einer anderen Art kombiniert, so daß dadurch i.d.R. eindeutige Indikationsmöglichkeiten gegeben sind.

Mit Hilfe des Vegetationsformenkonzeptes kann bei ausreichender Erfassung der Standortseigenschaften eine Klassifikation der Vegetation nach ökologischen Kriterien vorgenommen werden, auch wenn über viele Arten die ökologischen Kenntnisse bisher ungenügend sind. Durch den Vergleich von Vegetations- und Standortseigenschaften unter Einbeziehung sämtlicher Standorte und Formationen des Untersuchungsgebietes lassen sich umfangreiche Indikatoreigenschaften zu den Arten, Artengruppen bzw. -kombinationen und Vegetationsformen ableiten. In diesem Zusammenhang ist es von Vorteil, wenn die Klassifikation der Vegetationsformen mit einer gut begründeten geostrukturellen Typisierung des Standortes in Übereinstimmung gebracht wird, da den geostrukturellen Standortstypen eine große Anzahl an Merkmalen zugeordnet werden können.

Arten mit einer großen Standortsamplitude kommen mit anderen Arten in der Regel nicht über das gesamte Standortsspektrum gemeinsam vor. Die Arten gruppieren sich immer wieder anders, so daß sich bei verschiedenen Standortbedingungen unterschiedliche Artenkombinationen einer Art ergeben. Diese Erscheinung kann bei der Bioindikation nutzbar gemacht werden. Arten mit einer engeren Standortsamplitude können im Untersuchungsgebiet durchaus feste Artengruppen bilden, wenn sich deren einzelne Arten auf ein gemeinsames Vorkommen beschränken (z.B. bei Bodenvegetation ungestörter Fichtenwälder feuchter Nordhänge in montaner Lage).

Die mögliche Ausbildung von Ökotypen einer Art ist kein Hinderungsgrund für die Vegetationsgliederung und die Bioindikation, auch wenn die Ökotypen nicht als solche erkannt werden. Denn in dem Fall, dass sich unter verschiedenen Standortbedingungen Ökotypen ausbilden, kombinieren sich diese (i.d.R.) auch jeweils mit unterschiedlichen Arten. Dabei haben die verschiedenen Artenkombinationen engere Standortbindungen und spezifischere Indikatorgehalte, als die einzelne Art, die möglicherweise Ökotypen bildet. Arten, die über einen sehr großen Höhenbereich vorkommen und möglicherweise Ökotypen ausbilden, könnten z.B. *Plantago major* und *Ephedra equisetina* sein.

Die gut erkennbaren Zusammenhänge zwischen Vegetation und Standort in den teilweise noch recht naturnahen Regionen des Tienschan sowie die deutlichen Standortunterschiede begünstigen eine ökologische Gliederung der Vegetationsformen in Abstimmung mit den Standortformen. Der Indikationswert der Vegetation beschränkt sich somit nicht auf bestimmte Ökofaktoren innerhalb eng definierter Rahmenbedingungen, sondern ermöglicht auch direkt Aussagen zur Bodenform, Klimaform, u.s.w. .

Bei der Ausscheidung von Vegetationsformen sollten die Anforderungen an die Stärke der floristischen Unterschiede variabel sein. Bei sehr bedeutsamen Standortunterschieden sollte es möglich sein, dass auch dann gesonderte Vegetationsformen ausgeschieden werden können, wenn diese sich nur in wenigen Arten zuverlässig unterscheiden. Das ist besonders bei homogenen, artenarmen Pflanzenbeständen relevant, wo nur noch wenige Arten zur Besetzung ökologischer Nischen vorkommen (z.B. hochalpine Lagen). Bei artenreichen Beständen, die in der Artenzusammensetzung stärker variieren, sollten andererseits strengere floristische Kriterien an die Unterscheidung von Vegetationsformen gelegt werden. Andererseits wirken sich bestimmte Standortunterschiede (unter aktuellen Zustandsbedingungen) nicht differenzierend auf die Vegetation aus, so daß keine gesonderten Vegetationsformen ausgeschieden werden können. Verschiedene Standortformen mit gleicher Vegetation müßten dann zu Ökotoptypen zusammengefaßt werden.

Auch bei wenig Aufnahmematerial hat die Ausscheidung von Vegetationsformen durchaus ihre Berechtigung, wenn sehr deutliche Unterschiede in der Vegetation und in der Standortform vorhanden sind und damit typische, flächenhaft bedeutsame Einheiten erfaßt werden. Dabei werden die Vegetationseinheiten gewissermaßen durch standörtliche Unterschiede „abgesichert“. Das ist bei landschaftsökologischen Untersuchungen im Ausland und insbesondere in schwer erreichbaren Regionen von Bedeutung, wo die Arbeitsmöglichkeiten eingeschränkt sind. Die floristische Variabilität der Vegetationseinheiten ist damit jedoch noch nicht erfaßt.

Bei der praktischen Anwendung der Vegetationsformen im Rahmen von Kartierungen wäre es durchaus denkbar, dass die Erfassung der Vegetation auf wichtige Indikatorarten beschränkt wird. Zuvor ist jedoch eine umfassende Analyse der Artenbestände und ihrer Indikatoreigenschaften notwendig. Neben der Artenzusammensetzung könnten, falls nötig, auch weitere Vegetationsmerkmale wie Artmächtigkeit, Produktivität, Vitalität und Bestandesstruktur zur Differenzierung der Vegetationseinheiten (bzw. Artengruppen) herangezogen werden.

### **Gültigkeitsbereich der Vegetationsformen**

Der Gültigkeitsbereich der Vegetationsformen sollte zunächst durch die Größe des Untersuchungsgebietes vorgegeben werden. Eine Erweiterung des Gültigkeitsbereiches sollte durch stichprobenhafte Überprüfung von Vegetation und Standort weiterer Gebiete überprüft werden und sollte sich dabei geeigneterweise an pflanzengeographischen Arealen



und an Arealen höherer chorischer Ordnung (Meso-, Makrochore) orientieren. So könnten möglicherweise Vegetationsformen mit Gültigkeit für das Issyk-Kul-Becken und den Zentralen Tienschan erarbeitet werden. Die Indikatoreigenschaften von Arten und Artengruppen bzw. -kombinationen können parallel zu den Vegetationsformen für größere Gebiete abgeleitet werden, als auch mit spezifischeren Aussagen für kleinere Areale bzw. für bestimmte ökologische Rahmenbedingungen.

### Weiteres zur Bioindikation

„Indifferente Arten“ gibt es im Untersuchungsgebiet nicht. Jede Pflanzenart hat ein mehr oder weniger breites Standortsspektrum. Es kommt nur auf den Betrachtungsrahmen an und der ist im Untersuchungsgebiet so groß, dass keine der Arten auf dem gesamten betrachteten Standortsspektrum vorkommt. Bei den 320 Vegetationsaufnahmen kamen auch die häufigsten Arten, die in den jeweiligen Vegetationseinheiten mit hoher Stetigkeit vertreten waren, nur bei etwa 1/5 der gesamten Aufnahmen vor. Für eine umfassende Analyse der Indikatoraussagen einer Art, einer Artengruppe bzw. -kombination ist es notwendig, deren gesamtes Standortsspektrum im Untersuchungsgebiet zu erfassen.

Die Indikatoraussagen häufig vorkommender Arten sind dabei keinesfalls trivial. Gerade auch weit verbreitete und häufig vorkommende Arten können zuverlässige Indikatoren für Spannen bestimmter Umweltbedingungen sein und können als gute Indikatoren für räumliche und zeitliche Veränderungen von Klima- und Nutzungsbedingungen dienen. Arten mit geringer Verbreitung haben andere, spezifischere Indikatoreigenschaften. Der Indikatorgehalt nimmt von einzelnen Arten über Artengruppen, bzw. -kombinationen zu gesamten Pflanzenbeständen (Vegetationsformen) zu. Der Indikatorwert von Arten, Artengruppen bzw. -kombinationen hängt daneben von der Stetigkeit ab, mit der sie bei den jeweiligen Standortbedingungen vorkommen.

Zur Differenzierung der Indikatoraussagen von Arten, Artengruppen bzw. -kombinationen können falls nötig auch weitere Vegetationsmerkmale wie Artmächtigkeit, Produktivität, Vitalität, Bestandesstruktur herangezogen werden. Die Bioindikation kann gegebenenfalls durch leicht erfaßbare Standortseigenschaften ergänzt werden falls (ökologisch) bedeutsame Standortsunterschiede nicht durch die Vegetation ausreichend differenziert werden. Die Gültigkeit der Indikatoraussagen entspricht dem geographischen Gültigkeitsbereich der Vegetationsformen. Spezifischere Indikatoraussagen könnten mit Gültigkeit für bestimmte regionale, ökologische und nutzungsbedingte Rahmenbedingungen abgeleitet werden (z.B. für Acker, Weide, ...).

Die Bioindikation bietet die Möglichkeit, mit einfachen Mitteln flächenhaft den ökologischen Zustand der Weideflächen und deren Nutzungspotentiale zu beurteilen, und kann somit wichtige Grundlagen für die Landnutzungsplanung liefern. Die Bioindikation ist ein wichtiges Instrument für das ökologische Monitoring. Zur Ableitung der Indikatorwerte einzelner Arten bzw. Artengruppen bezüglich einzelner Standortfaktoren sind Gradientenanalysen zweckmäßig. Teilweise ist noch eine größere Zahl an Vegetationsaufnahmen notwendig, um genauere und zuverlässigere Aussagen über die Indikatoreigenschaften der Vegetation zu erhalten.

### Beispiel für Indikatoreigenschaften von Artenkombinationen

*Stipa capillata* ist eine häufig vorkommende Art mit einer relativ breiten Standortsamplitude. Die Art *Stipa capillata* hat für sich allein bereits einen bedeutsamen Indikatorgehalt (siehe unten). Es kann jedoch nicht von der *Stipa capillata*-Gruppe gesprochen werden, da sich die Art unter verschiedenen Bedingungen mit unterschiedlichen Arten gruppiert, die sich ge-

gegenseitig ausschließen. Im Untersuchungsgebiet bilden sich z.B. folgende Artenkombinationen aus:

Indikatoraussagen bzw. Vorkommen von verschiedenen Artenkombinationen mit <i>Stipa capillata</i>	
<i>Stipa capillata</i> + <i>Salsola collina</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Höhe 1 950–2 200 m, montanes Trockensteppenklima (bei 200–300 mm jährlichem Niederschlag, ....) im westl. Issyk-Kul-Becken</li> <li>- Heller Kastanosem I (Oberboden mäßig humos, pH<sub>(KCl)</sub> schwach alkalisch, Boden carbonat- und gipshaltig, i.d.R. schwach ausgebildetes Krümelgefüge bzw. Einzelkorngefüge, .....),</li> <li>- bei mäßiger bis starker Beweidung</li> </ul>
<i>Stipa capillata</i> + <i>Caragana pleiophylla</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Höhe 1 600...2 200 m (collines Steppenklima, submontanes Gebüsch-Steppen-Klima, montanes Gebüsch-Steppen-Klima) im mittleren und östlichen Issyk-Kul-Becken, 300...500/700 mm jährl. Niederschläge, bei Niederschlägen von 600-700 mm nur auf südexponierten Hängen,</li> <li>- Dunkler Kastanosem I (mäßig bis stark humoser Oberboden, pH<sub>(KCl)</sub> schwach alkalisch, Boden carbonathaltig, salzfrei bzw. sehr schwach salz-/ gipshaltig, ...), kommt i.d.R. bei schluffreichem, erosionsanfälligen Substrat vor</li> <li>- bei starker bis extrem starker Beweidung in Hanglage, die mit Erosion verbunden ist</li> </ul>
<i>Stipa capillata</i> + <i>Leontopodium ochroleucum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Höhe: 2 400–2 700 m, hochmontanes Gebüsch-Steppen-Klima (bei 400–500 mm jährl. Niederschlägen, Periode &gt;5°C ca. 4–5 Monate lang ) im westl. Issyk-Kul-Becken</li> <li>- Carbonat-Tschernosem I (Oberboden stark bis sehr stark humos, pH<sub>(KCl)</sub> schwach alkalisch)</li> <li>- bei mäßiger bis starker Beweidung ...</li> </ul>
<i>Stipa capillata</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nicht oberhalb 2 700 m im Issyk-Kul-Becken,</li> <li>- bei Niederschlägen zwischen 200...500 mm (bis 700 mm auf südexponiertem Hang)</li> <li>- bei Trockensteppen-, bzw. Steppenvegetation</li> <li>- bei geringer bis starker Beweidung, nicht bei starker Eutrophierung</li> <li>- Periode &gt; 5°C ca. 4...7 Monate lang</li> <li>- bei Hellen Kastanosemen, Dunklen Kastanosemen und Carbonat-Tschernosemen (nicht bei übrigen „zonalen“ Bodentypen)</li> <li>- zeitweise Austrocknung des Bodens im Sommer</li> <li>- pH<sub>(KCl)</sub> schwach alkalisch</li> <li>- Boden i.d.R. carbonathaltig, Gips-Gehalte sind möglich, jedoch keine höheren Gehalte an leicht löslichen Salzen</li> </ul>

In den jeweiligen Pflanzenbeständen befinden sich weitere Arten (-gruppen, -kombinationen) mit hohen Indikatorgehalten die die Aussagen über den Standort und den Nutzungseinfluß weiter spezifizieren können.

## 4.6 Zustandsänderungen von Naturraumeigenschaften

In Kapitel 4.1.10 wurden bereits kurze Ausführungen zu Zustandsänderungen bei Böden und deren Erfassung in Oberbodenzustandsformen gemacht. Ein wichtiges Prinzip des naturraumkundlichen Ansatzes nach KOPP et al. (1982) ist die getrennte Erfassung von stabilen und leicht veränderlichen Naturraumeigenschaften, d.h. von Stamm- und Zustandseigenschaften, die bei der Typisierung der einzelnen Naturraumkomponenten berücksichtigt werden sollen.

Für das Untersuchungsgebiet liegen bisher jedoch keine ausreichenden Informationen für eine sichere Kennzeichnung der Naturraumkomponenten nach Stamm- und Zustandseigenschaften vor. Vereinfachend werden daher die Nutzungsarten und die geschätzten Nutzungsintensitäten sowie z.T. allgemeine Aussagen zur Zustandsform angegeben. Diese lassen bereits eine erste grobe Abschätzung der Naturnähe bzw. Abwandlungsstärke von Komponenteneigenschaften zu. Es ist dabei jedoch zu berücksichtigen, dass über die Nutzungsart und Nutzungsintensität nicht ohne weiteres direkt auf die Stärke der Zustandsänderungen geschlossen werden kann, denn die verschiedenen Naturraumformen unterscheiden sich in ihrer *Sensibilität* gegenüber Nutzungseinflüssen und in der daraus resultierenden Stärke möglicher Zustandsänderungen z.T. erheblich.

Angaben zur Nutzungsart und -intensität, bzw. allgemeine Aussagen zur Zustandsform finden sich in den Tabellen 4.7-01 bis 4.7-06 (CD); in den Vegetationstabelle Tabellen 4.5-02 (CD) und 4.5-03 (CD), sowie in den Höhenstufenzeichnungen der Abbildungen 5.3-01 bis 5.3-17 des Textbandes.

Folgende Nutzungsarten und Nutzungsintensitäten werden anhand aktuell erkennbarer Auswirkungen der Nutzung auf Vegetations- und Standortseigenschaften sowie anhand direkter Informationen zur Nutzung unterschieden:

- keine Nutzung,
- Beweidung, differenziert nach:
  - Zeitpunkt der Weidenutzung (Winterweide, Frühjahrs-/Herbstweide und Sommerweide bzw. Ganzjahresweide),
  - Beweidungsintensität (seltene Beweidung, gelegentliche Beweidung, stellenweise geringe Beweidung, mäßige Beweidung, starke Beweidung, sehr starke Beweidung, extrem starke Beweidung),
  - Dauer der Beweidung (kurzzeitig, ... ständig),
  - Art der Beweidung (Lägerflur in ebener Lage mit Nährstoffeintrag, Durchzugsweide, ...),
- Mähnutzung,
- Ackernutzung,
- Bewässerung (Furchenbewässerung) bei Äckern, Mähwiesen, Weiden,
- Entwässerung (von hydromorphen Standorten),
- Holznutzung, Brennholznutzung,
- Fichtenanpflanzung.

Einschränkend muß angemerkt werden, daß insbesondere bei der Einschätzung der Beweidungsintensität auch subjektive Eindrücke eine Rolle gespielt haben. Weiterhin konnte zwischen aktueller und ehemaliger Beweidungsintensität nicht immer eindeutig unterschieden werden. In den Untersuchungsjahren 1995 - 1997 bzw. im Zeitraum davor kam es zu deutlichen Veränderungen in den Landnutzungsbedingungen. Diese waren gebietsweise mit einer deutlichen Verringerung, z.T. aber auch mit einer deutlichen Erhöhung der Beweidungsintensität verbunden.

tensität verbunden, wobei die aktuellen Vegetations- und Standortseigenschaften teilweise noch nicht eindeutig mit den aktuellen Nutzungsbedingungen übereinstimmen.

Bei weiterführenden Arbeiten sollten sowohl die Nutzungseinflüsse, als auch die Zustandsänderungen der Naturraumeigenschaften differenzierter erfaßt werden, um den Einfluß der Nutzung auf den Naturraum besser beurteilen zu können. Es sollten feste Kriterien für die Erfassung der Beweidungsintensität erarbeitet werden, und zwischen aktueller und ehemaliger Beweidungsintensität besser differenziert werden. Die Zusammenhänge zwischen direktem Einfluß der Beweidung (Anzahl der Tiere pro Fläche, Verweildauer, Weideführung, Art der Weidetiere) und den Zustandsänderungen bei den verschiedenen Naturraumformen (differenziert nach Komponenteneigenschaften) sollten dazu näher untersucht werden. Denn vereinfachend wird als Anhaltspunkt für die Einschätzung der Beweidungsintensität auch weiterhin die Auswirkung der Beweidung auf den Naturraum mit herangezogen werden müssen, da die direkten Beweidungsvorgänge in zeitlicher Dimension an einem konkreten Standort schwer erfaßbar sind.

Da sich die Zustandsänderungen in Abhängigkeit von der Art der Nutzung und den vielfältigen Naturraumeigenschaften auf unterschiedliche Weise äußern, ist für die Kennzeichnung der Zustandsänderungen eine eindimensionale Reihe von Abwandlungsgraden (z.B. natürlich, naturnah, mäßig, stark abgewandelt, ...) nicht ausreichend. Die unterschiedlichen Richtungen der Zustandsänderungen können in ihrer Stärke nicht ohne weiteres miteinander verglichen bzw. gegeneinander aufgerechnet werden.

Die Zustandsänderungen von Naturräumen können sich äußern in:

- Standortsveränderungen: Erosionsgrad, Veränderungen im Humusgehalt, Gefügeveränderungen, Bodenverdichtung, Eutrophierung, Entwässerung, Bewässerung, ...
- Vegetationsveränderungen: Veränderung der Vegetationsstruktur, Vegetationsbedeckung, Artenzusammensetzung, Produktivität.

Die einzelnen Arten der Zustandsänderungen von Standort und Vegetation sollten jeweils in mehreren Stufen (wenigstens 2 Stufen) erfaßt und bei der Typisierung der Naturraumkomponenten berücksichtigt werden. Hierfür liefert die nach Stamm- und Zustandseigenschaften getrennte Komponentenklassifikation nach dem Vorbild von KOPP et al. (1982) das methodische Instrumentarium.

Auch wenn der natürliche Zustand vieler Naturraumformen nicht bekannt ist, ist eine relative Anordnung von Abwandlungsgraden bezogen auf verschiedenen Abwandlungsrichtungen möglich.

## 4.7 Naturraumformen

In den Tabellen 4.7-01...4.7-06 (CD) werden typische, häufig vorkommende Naturraumformen aus den Transekten 1 bis 6 dargestellt. Dabei handelt es sich jedoch nicht um eine vollständige Auflistung. Die topischen Naturraumformen werden zunächst nach Höhenstufenklimatyp und dann nach Relief angeordnet, da diese als ökologische Merkmale die Eigenschaften der anderen Naturraumkomponenten im wesentlichen Maße mitbestimmen. Die Anordnung der Naturraumformen nach Höhenstufenklimatypen ermöglicht bereits einen guten Eindruck über die naturräumliche Zusammensetzung von Höhenstufenmosaiken, die in Kapitel 5 ausführlicher dargestellt werden. Innerhalb der Höhenstufenklimatypen differenzieren sich die Naturraumformen nach Reliefform, Bodenform, reliefbedingter Mesoklimaform (hier stellvertretend mesoklimatische Feuchtestufe), Substratwasserform, Zustandsform und Vegetationsform. Es werden Naturraumformen mit stärkerer und geringerer anthropogener Beeinflussung bzw. Abwandlung dargestellt. Besonders bei Vegetationseigenschaften ist nicht immer geklärt, wie weit diese den Stamm- oder Zustandseigenschaften entsprechen.



## 5 Naturraummosaike

Während in Kapitel 4 die topischen Naturraumkomponenten bzw. Naturraumformen charakterisiert und typisiert wurden, werden in Kapitel 5 die Naturraummosaike bzw. chorischen Naturräume beschrieben. Die chorische Naturraumbeschreibung bzw. Mosaikanalyse hat zum Ziel, die räumliche Anordnung der topischen Bausteine in Mosaiken zu beschreiben und deren Verteilungsgesetzmäßigkeiten zu erfassen (KOPP & SCHWANECKE 1994: 65).

In Kapitel 5.1 werden Zusammenhänge zwischen dem Vorkommen von Bodentypen bzw. Vegetationsformationen und der Höhenstufe, der geographischen Lage, den Niederschlägen und der Exposition (Abb. 5.1-01), bzw. der mesoklimatischen Feuchtestufe (Abb. 5.1-02) dargestellt. Weiterhin wird die expositionsbedingte Substratverteilung analysiert (Abb. 5.1-03). In Kapitel 5.2 werden Prinzipien einer chorischen Höhenstufentypisierung dargestellt und diskutiert. In Kapitel 5.3 wird die naturräumliche Ausstattung unterschiedlicher Höhenstufen in den verschiedenen Transekten näher beschrieben. Der naturräumliche Charakter der Höhenstufen wird im Wesentlichen durch Klimaeigenschaften geprägt, die bereits in Kapitel 4.3 als Klimamosaiktypen (Höhenstufenklimatypen) beschrieben wurden. Eine Auscheidung und Kartierung konkreter chorischer Naturraumareale (*Mosaikareale*) im Sinne von KOPP et al. (1982) erfolgt in dieser Arbeit nicht, es werden aber die entsprechenden Prinzipien in Kapitel 5.4 kurz angedeutet.

Im Rahmen dieser Arbeit wird nur ein Teil des Konzeptes der chorischen Naturraumtypisierung nach KOPP et al. (1982) umgesetzt. Nach diesem Konzept werden die Naturraummosaiktypen analog der topischen Dimension nach Komponenten getrennt als Klimamosaiktypen, Reliefmosaiktypen, Bodenmosaiktypen, Substratwassermosaiktypen, Vegetationsmosaiktypen und zusammengefaßt als Standortsmosaiktypen bzw. Naturraummosaiktypen (inkl. Vegetation) ausgeschieden. Dabei lassen sich Stamm- und Zustandsmosaiktypen unterscheiden. Ökologisch ähnliche Standortsmosaike lassen sich zu Ökochorengruppen zusammenfassen.

## 5.1 Zu Gesetzmäßigkeiten der Bodenverteilung

Die Abbildung 5.1-01 enthält eine Übersicht zur Verbreitung der untersuchten anhydromorphen Bodentypen bzw. -untertypen im Issyk-Kul-Gebiet in Abhängigkeit von der geographischen Lage, der Höhenlage, den Niederschlägen und der Exposition. Die dargestellten Transekte liegen jeweils in einem anderen Höhenstufenfolgetyp, die sich vor allem durch unterschiedliche Niederschlagsverhältnisse in den verschiedenen Höhenstufen auszeichnen.

Die Abbildung zeigt u.a., dass der gleiche Bodentyp (z.B. Normaler Tschernosem) bei höheren Niederschlägen in tieferen Lagen (Transekt 3), bei geringeren Niederschlägen dagegen erst in höheren Lagen vorkommt (Transekt 1). Neben Höhenstufen mit einer relativ homogenen Bodenausstattung, kommen Höhenstufen mit einer stärkeren expositionsbedingten Differenzierung klimaabhängiger Bodentypen vor. Die meisten Bodentypen sind nicht an bestimmte Höhenlagen gebunden, sondern können in Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen bei den verschiedenen Transekten in ganz unterschiedlichen Höhenstufen vorkommen. Innerhalb der einzelnen Transekte ist die Höhenamplitude der einzelnen Bodentypen dagegen stärker begrenzt, da durch die klimatische Höhenstufung die notwendigen Klimabedingungen nur innerhalb begrenzter Höhenbereiche existieren. Innerhalb eines Transektes kann sich die Höhenamplitude bestimmter Bodentypen dadurch vergrößern, daß diese von den Nordhängen in tieferen Lagen auf die Südhänge in höheren Lagen „wandern“ (z.B. „Dunkler Kastanosem“ im Transekt 1).

Die Abbildung 5.1-02 (farbig auf **CD**) enthält eine Übersicht über das Vorkommen der untersuchten anhydromorphen Bodentypen bzw. -untertypen des Issyk-Kul-Gebietes und wichtiger Vegetationsformationen in Abhängigkeit von der Höhe und der geschätzten mesoklimatischen Feuchtestufe (sehr dürr bis sehr feucht; Kap. 4.3.2). Die Lage der Böden in den verschiedenen Transekten wurde farblich markiert. Weiterhin wurden die gerundeten Mittelwerte der Humusvorräte der Bodentypen in 0-40 cm Tiefe angegeben. Außerdem wurden die Verbreitungsschwerpunkte von Vegetationsformationen eingetragen, die mit dem Vorkommen von Bodentypen weitgehend übereinstimmen.

Aus der Abbildung ist die Stärke der expositionsbedingten mesoklimatischen Abweichungen in den jeweiligen Höhenbereichen zu erkennen. Zur stärksten Differenzierung mit 4 mesoklimatischen Feuchtestufen kommt es in Transekt 1 in 2 800 - 3 200 m (trocken /4 ... frisch /7) sowie im Transekt 3 in 2 000-2 200 m (mäßig trocken /5 ... mäßig feucht /8). Höhenstufen, in denen die mesoklimatischen Feuchtestufen sehr dürr, dürr, sehr trocken bzw. feucht und sehr feucht vorkommen, weisen dagegen geringe mesoklimatische Differenzierungen auf.

Die Humusvorräte erhöhen sich bei zunehmender Feuchte im Bereich von sehr dürr bis frisch. Bei mäßig feuchten, feuchten und sehr feuchten Bedingungen verringern sich die Humusvorräte i.d.R. wieder. Die maximalen Humusvorräte kommen bei den Feuchtestufen (mäßig trocken) mäßig frisch und frisch in Höhen zwischen 1 800-3 600 m bei den Bodentypen „Carbonat-Tschernosem“, „Normaler Tschernosem“, „Ausgelaugter Tschernosem“ und „Brauntschernosem“ vor. Innerhalb der einzelnen Transekte ist bis zu einer bestimmten Höhe mit zunehmender Feuchte ein Anstieg der Humusvorräte zu verzeichnen. Im niederschlagsärmeren Transekt 1 (Kara-Koo) steigen die Humusvorräte der Böden bis in die untere alpine Stufe (2 800-3 300 m) an. Dort weisen die „Brauntschernoseme“ in nördlichen Hanglagen die maximalen Humusvorräte auf. Im niederschlagsreicheren Transekt 3 (Tschon-Örykty) werden die maximalen Humusvorräte bereits in der montanen Stufe (2 000-2 400 m) erreicht (auf westexponierten Hängen bei „Ausgelaugtem Tschernosem I“). Auf feuchtebegünstigten Nordhängen sind bereits in dieser Höhe die Humusvorräte deutlich geringer („Saure Braunerde I“).



Höhe (m)	Nieder-schläge (mm)		Nieder-schläge (mm)		Nieder-schläge (mm)		Nieder-schläge (mm)		Nieder-schläge (mm)	
	Nord	Süd	Nord	Süd	Nord	Süd	Nord	Süd	Nord	Süd
4000										
3800										
3600										
3400										
3200										
3000	Braun-tischer-nosem	(Tscher-nosem) bei Ost-Exp.: Kastano-tischer-nosem II								
2800	(Norm.-Tscher-nosem)	Carbonat-Tscher-nosem II								
2600	Normaler Tischer-nosem I-II	(Dunkler Tischer-Kastano-nosem I)								
2400										
2200										
2000										
1800										
1600										
	<b>Transsekt 1: Kara-Koo westliches Issyk-Köl-Becken</b>	<b>Transsekt 2: Bosten nordliches Issyk-Köl-Becken</b>	<b>Transsekt 3: Tschon-Orykty nordöstliches Issyk-Köl-Becken</b>	<b>Transsekt 4: Santasch östliches Issyk-Köl-Becken</b>	<b>Transsekt 5: Arabel-Syrtse Zentraler Tienschan, semiland</b>	<b>Transsekt 6: Ak-Shirak Zentraler Tienschan, arid</b>				

Abb. 5.1 - 1: Vorkommen anhydromorpher Bodentypen in Abhängigkeit von dem Höhenstufenfolgeyp, der Höhe und der Exposition innerhalb des Issyk-Kul-Gebietes

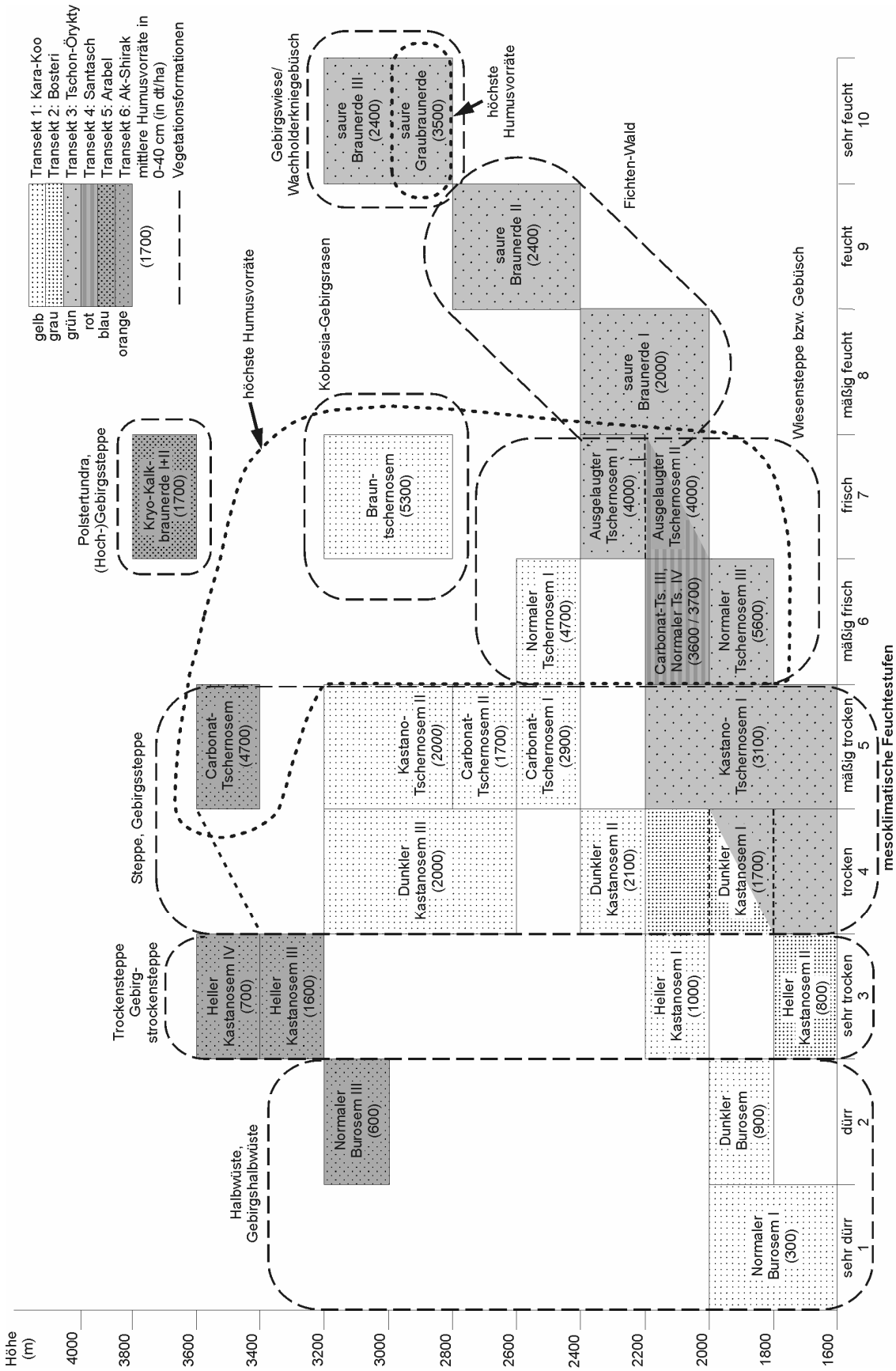


Abbildung 5.1-02: Ökogramm zum Vorkommen anhydromorpher Bodentypen in Abhängigkeit von der Höhe und der geschätzten mesoklimatischen Feuchtestufe, mit Verbreitungsschwerpunkten von Vegetationsformationen (farbig auf CD)

In Tabelle 5.1-01 wird das Vorkommen der Körnungsartengruppen Sand, Lehm und Schluff in Abhängigkeit von der Exposition unter Berücksichtigung sämtlicher Boden(unter)typen dargestellt. Dabei konnte festgestellt werden, dass

- bei Nord-Exposition der überwiegende Teil der Profile (83 %) aus Schluff bestand,
- bei Süd-Exposition der überwiegende Teil der Profile (78 %) dagegen aus Sand bzw. Lehm (Sandlehm) bestand,
- auf Ost- und West-Exposition keine deutlichen Präferenzen bezüglich der Körnung ausgebildet waren.

Diese Befunde bestätigen die Aussagen von STEPANOV (1967, 1975) zur Asymmetrie der Substratverteilung im Tienschan. Im Untersuchungsgebiet tragen die nordexponierten Schattenhänge fast durchgängig eine mehr oder weniger mächtige Lößauflage, während die südexponierten Hänge meist lößfrei sind und i.d.R. einen hohen Sand- und Skelettanteil aufweisen. Ebene Lagen können ebenfalls eine Auflage von Löß bzw. Lößderivaten aufweisen.

Die asymmetrische Substratverteilung an den Hängen kann nach KOWALKOWSKI (mündl. Mitteil. 2002) damit erklärt werden, daß das Lößmaterial gleichmäßig abgelagert wurde, auf sonnenexponierten Südhängen der Boden schneller auftaute und das mit Wasser gesättigte Lößmaterial weggespült wurde. Erst die zurückbleibende Grobkörnung stabilisierte die Oberfläche. Die im Schatten liegenden Nordhänge waren dagegen länger gefroren. Schnee und Wasser konnten oberflächlich verdunsten, bzw. sublimieren, noch während der Boden gefroren war. So kam es zu keinem Wasserabfluß mit Materialtransport. Darüberhinaus setzt die meist geringere Vegetationsbedeckung auf den trockeneren Südhängen der Denudation einen geringeren Widerstand entgegen als die meist höhere Vegetationsbedeckung der feuchtebegünstigten Nordhänge.

Durch die asymmetrische Substratverteilung wird die Wirkung der expositionsbedingten mesoklimatischen Feuchteunterschiede oftmals noch verstärkt. Auf feuchtebegünstigten Nordhängen kommt meistens Schluff mit guter Wasserhaltefähigkeit vor. Auf den mesoklimatisch trockeneren (sonnenseitigen) Südhängen kommt dagegen eher sandiges Substrat, mit einer schlechteren Wasserhaltefähigkeit vor.

Tabelle 5.1-01: Vorkommen der Körnungsartengruppen Sand, Lehm und Schluff in Abhängigkeit von der Exposition bei verschiedenen Boden(unter)typen (nur Berücksichtigung des Feinbodens)

Exposition* Körnungsartengruppe**		Nord			West			Ost			Süd			eben		
		S	L	U	S	L	U	S	L	U	S	L	U	S	L	U
Buroseme	Normaler Burosem I							1						4		2
	stark salzhaltiger Normaler Burosem II													1		
	Normaler Plattengefüge-Burosem III															1
	Bewässerter Acker-Burosem													1		1
	Dunkler Burosem	1			2						1			1		
Kastanoseme	Heller Kastanosem I (z.T. schwach salzhaltig)										1			1		
	Hell-Kastanosem-Pararendzina													2		
	Heller Kastanosem II													1		
	Heller Kastanosem III, mäßig salzhaltig			1												
	Heller Kastanosem IV															1
	Bewässerte Helle Acker-Kastanoseme I+II													4		1
	Dunkler Kastanosem I, (z.T. schwach salzhaltig)				1			2	2	1	1		2			2
	Dunkler Kastanosem II, (z. T. schwach salzhaltig)	1	1								1					1
	Dunkler Kastanosem III									1	1	1	1			
	Bewässerter Dunkler Acker-Kastanosem				1						1			1		2
Tschernoseme	Kastano-Tschernosem I			1						1	2					
	Kastano-Tschernosem II									1						
	Carbonat-Tschernosem I	1		1												1
	Carbonat-Tschernosem II			2												
	Carbonat-Tschernosem III												1			
	Carbonat-Tschernosem IV, mäßig salzhaltig			1												
	Normaler Tschernosem I		1													
	Normaler Tschernosem II		1													
	Normaler Tschernosem III			1												
	Normaler Tschernosem IV												1			
	Ausgelaugter Tschernosem I			1			4			1						
	Ausgelaugter Trockenriß-Tschernosem II			2												1
	Kolluvial-Tschernoseme I+II			2							1			2	1	
	Tschernosem-Ranker			1												
Brauntschernosem			4												1	
Braunerden	Saure Braunerde I			3												
	Saure Braunerde II											1				1
	Saure Braunerde III			2												
	Saure Graubraunerde										1	1				
	Kryo-Kalkbraunerde I			1												
	Kryo-Kalkbraunerde II															1
	Kolluvial-Braunerden I-III												1		1	1
Semi- und hydromorphe Böden ohne Salz													5	1	2	
Salzhaltige semi- und hydromorphe Böden													2		1	
Anzahl der Profile je Exposition und Körnungsartengruppe		2	3	24	3	1	6	3	1	5	6	8	4	19	9	20
<b>prozentualer Anteil der Körnungsartengruppen je Exposition (in</b>		<b>7</b>	<b>10</b>	<b>83</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>60</b>	<b>33</b>	<b>11</b>	<b>56</b>	<b>33</b>	<b>44</b>	<b>22</b>	<b>39</b>	<b>19</b>	<b>42</b>
<b>Verhältnis (Sand + Lehm) : Schluff (in %) bei verschiedenen Expositionen</b>		<b>17 : 83</b>			<b>40 : 60</b>			<b>44 : 56</b>			<b>78 : 22</b>			<b>58 : 42</b>		

\*Exposition bei Hangneigung > 5 ° angegeben, sonst als eben betrachtet.

\*\*S = Sand, L= Lehm (inkl. Sandlehm), U = Schluff

Bei Schichtwechsel < 40 cm u. Fl. wurde das darunter liegende Substrat angegeben, wenn unten bindiger. Bei Schichtwechsel < 40 cm u. Fl. wurde bei einer bindigen Decke das obere Substrat angegeben. Schluffige Substrate sind auf S-Exposition i.d.R. skelettreicher, als auf N-Exposition.

## 5.2 Prinzipien der Höhenstufengliederung

Zur Höhenstufengliederung im Tianschan liegt eine umfangreiche Literatur vor. Auf die Gliederung von Vegetationshöhenstufen beziehen sich u.a. VYKHODTSEV (1956), MOLDORYADOV (1975), ZLOTIN (1975), zitiert in FRANZ (1979), GOLOVKOVA (1979), KENDIRBAEVA (1995). Auf pedologische Höhenstufen bezieht sich vor allem MAMYTOVA (1992). CHUPAKHIN (1964) bildet für den Tianschan Strukturtypen der Landschaftshöhenzonen, die Boden, Vegetation und auch Relief berücksichtigen. Dabei werden für Nord- und Südhänge unterschiedliche Höhenangaben gemacht. MAMYTOVA (1992) stellt Höhenzonierungen der Vegetation, der Böden und Landschaften in unterschiedlichen Regionen Kirgisistans nach verschiedenen Autoren zusammen. VYKHODTSEV (1956) liefert die umfangreichste Übersicht über die Vegetationshöhenstufen in Kirgisistan. Dabei werden nach Nord- und Südhang getrennte Vegetationshöhenstufen für zahlreiche Gebirgsketten im Tianschan zusammengestellt. Auf VYKHODTSEV (1956) beziehen sich zahlreiche Publikationen über die Höhenstufen des Tianschan, wie STANYUKOVICH (1973), WALTER (1974), WALTER & BRECKLE (1994).

Es gibt verschiedene Ansätze zur Höhenstufengliederung in Gebirgen. AGACHANJANC (1985) diskutiert kritisch unterschiedliche Prinzipien der Bestimmung von Höhenstufengrenzen mit Bezug auf die Gebirge Mittelasiens, wobei die Höhenstufengliederung nach der Vegetation im Mittelpunkt steht. Eine Besonderheit der Höhenstufung in den Gebirgen Mittelasiens sind die teilweise sehr starken Expositionsunterschiede zwischen Nord- und Süd-Hang. Dabei können die Unterschiede zwischen den verschiedenen Expositionen innerhalb eines Höhenbereiches weitaus stärker sein als die Unterschiede zwischen gleichen Expositionen weiter auseinander liegender Höhenbereiche. Nach WALTER (1975: 345) sind „... die Expositionsunterschiede dieser Gebirge ... so extrem, dass man die Höhenstufenfolge am Süd- und am Nordhang nicht vergleichen kann“. Daher werden von zahlreichen Autoren (z.B. VYKHODTSEV 1956) gesonderte Höhenstufen für Nord- und Südhänge ausgeschieden.

### **Ansatz einer Gliederung von Höhenstufenmosaik**

Hier soll ein Prinzip der ökologischen Höhenstufengliederung für den Tianschan vorgeschlagen werden, bei der der ausgeprägte Mosaikcharakter der einzelnen Höhenbereiche zur Geltung kommt. Die teilweise sehr großen (gelände-) klimatischen Unterschiede zwischen nord- und südexponierten Hängen werden dabei in einer Höhenstufe zusammengefaßt. Die Höhenstufen werden dabei entsprechend den Prinzipien der geographischen Dimensionen (NEEF 1967, KOPP et al. 1982, LESER 1997) als Choren (Naturraum-Mosaik) aufgefaßt. Die ökologischen Höhenstufen sind klimabedingt und stimmen in ihrer Abgrenzung mit den bereits in Kapitel 4.3.1 dargestellten Höhenstufenklimatypen (Klimamosaiktypen) überein. Dabei zeichnen sich die Klimamosaiktypen durch teilweise sehr starke mesoklimatische Kontraste aus.

Zur Abgrenzung der Höhenstufentypen bzw. Höhenstufenklimatypen werden Vegetation und Boden von möglichst naturnahen Normalstandorten unterschiedlicher Hangexpositionen, vor allem Nord- und Süd-Exposition, zugrunde gelegt. Relief- und bodenwasserbedingte Sonderstandorte werden dabei nicht berücksichtigt. Vegetation und Boden ergänzen sich dabei, so dass die Höhenstufenabtrennungen eindeutiger werden. Vegetation und Boden spiegeln als Indikatoren die mesoklimatischen und ökologischen Bedingungen auf den verschiedenen Expositionen wider, obwohl auch berücksichtigt werden muß, dass einzelne Bodenmerkmale unter früheren Klimabedingungen entstanden sein können und die Vegetation durch Nutzungseinflüsse verändert worden sein können.

## 5.2 Prinzipien der Höhenstufengliederung

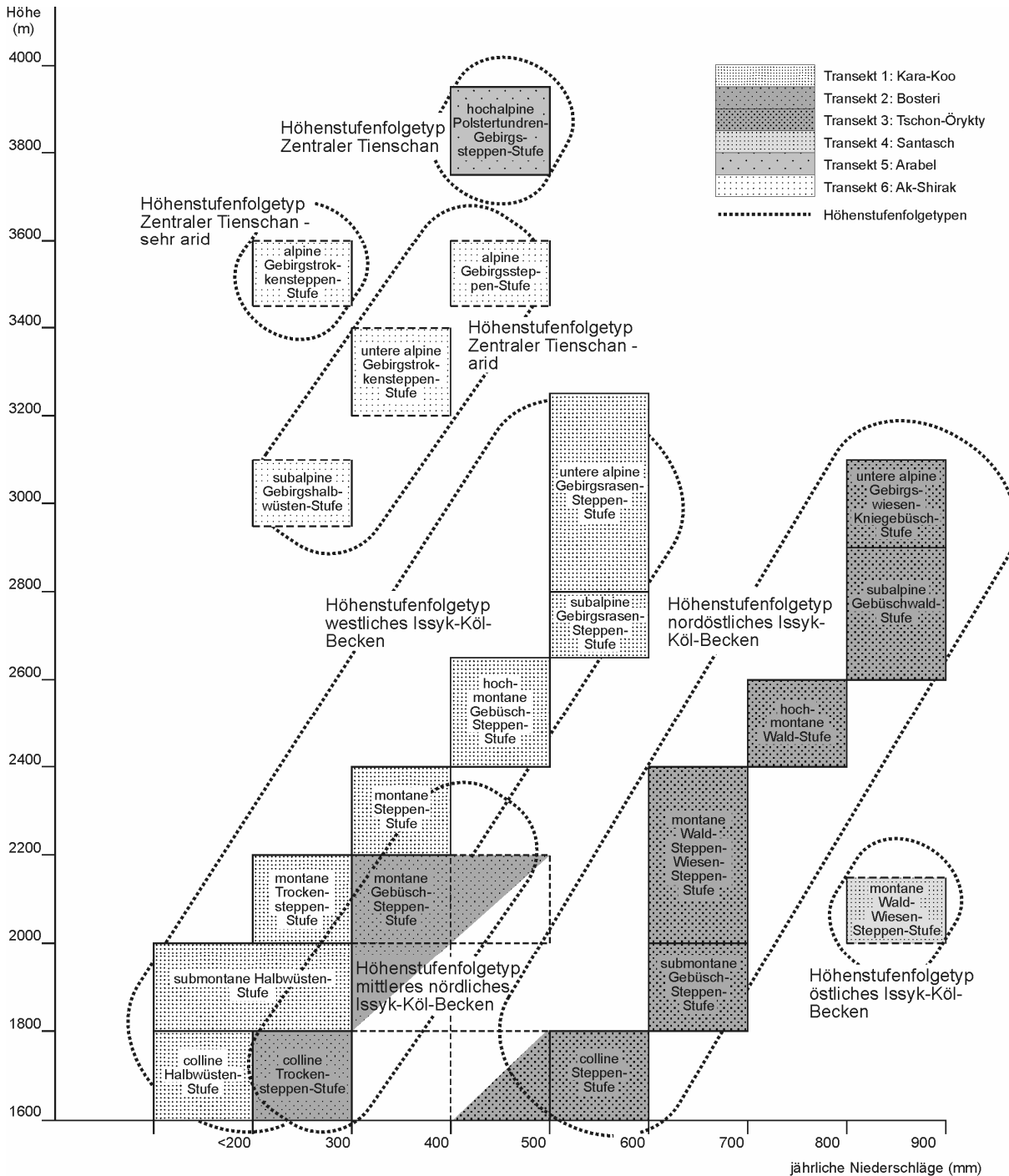


Abbildung 5.2-1: Höhenstufen und Höhenstufenfolgetypen im Untersuchungsgebiet (farbig auf CD).

Im Tianschan bestehen günstige Voraussetzungen, den Mosaikcharakter der Höhenstufen (bzw. Höhenstufenklimatypen) zu erkennen, da bei dem bewegten Relief i.d.R. in jeder Höhenstufe Standorte in Nord- und Süd-Exposition angetroffen werden können. Bei der Abgrenzung der Höhenstufen werden die Verhältnisse auf N- und S-Expositionen gegenüber den "mittleren Verhältnissen" ebener Lage bevorzugt, da nur so der Mosaikcharakter der Höhenstufe erfaßt werden kann. Zudem ist es im Tianschan aufgrund des bewegten Reliefs häufig schwierig, ebene Lagen anzutreffen, die nicht hydromorph, mikroklimatisch, bzw. stärker anthropogen beeinflusst sind (z.B. Talsohlen). Nach STEPANOV (1967) sind Hänge für den Tianschan das "Normale", und ebene Flächen eher die Ausnahme.

Die Höhenstufentypen setzen sich zusammen aus einer Kombination von

1. einem relativen Höhenstufenbegriff (collin, montan subalpin, alpin, usw.) als Maß für die Höhenlage mit Gültigkeit für ein bestimmtes Gebiet (Issyk-Kul-Becken, Nördlicher und Zentraler Tienschan; Tabelle 4.3-02). Geringfügige Abweichungen in den Höhengrenzen und gewisse Unschärfen in der Verwendung der Begriffe lassen sich jedoch nicht vermeiden.
2. den dominierenden Vegetationsformationen naturnaher Normalstandorte bei verschiedenen Expositionen, als Ausdruck für die klimatischen und ökologischen Bedingungen in einer Höhenstufe. Vereinfachend werden nur die Vegetationsformationen angegeben, obwohl auch die Böden bei der Abgrenzung der Höhenstufen berücksichtigt werden. An erster Stelle wird die Vegetation der Nord-Exposition, dann der Süd-Exposition angegeben. Falls notwendig, kann noch die Vegetationsformation der West- bzw. Ost-Exposition genannt werden. Die Berücksichtigung der Vegetationstypen verschiedener Expositionen ermöglicht es, die Stärke der Expositionsunterschiede schon in der Benennung der Höhenstufe zu erkennen. So weist z.B. die montane Steppen-Stufe geringere Expositionsunterschiede als die montane Wald-Steppen-Wiesensteppen-Stufe auf.

Die kombinierte Typisierung der Höhenstufen nach Höhenlage und ökologischem Charakter ist insbesondere bei der großräumigen Betrachtung des Tienschan und bei dem Vergleich unterschiedlicher Höhenstufenfolgetypen von Vorteil. So können z.B. in unterschiedlichen Regionen des Tienschan Halbwüsten-Stufen sowohl in 1 600 m (westliches Issyk-Kul-Becken) als auch in 3 000 m Höhe (Zentraler Tienschan, z.B. Ak-Shirak) vorkommen. Die Bezeichnungen colline Halbwüsten-Stufe bzw. subalpine Halbwüsten-Stufe ermöglichen dabei eine gute Differenzierung. Auch wenn äußere Ähnlichkeiten zwischen den Halbwüsten-Stufen unterschiedlicher Höhenbereiche bestehen, können doch klimatische und somit ökologische Unterschiede zumindest in den Temperaturbedingungen unterstellt werden, auch wenn die Feuchtigkeitslimitierung auf Vegetation und Boden ähnlich wirken. (Zur Charakterisierung der unterschiedlichen Höhenstufenklimatypen siehe Tabelle 4.3-1). Die alleinige Angabe der relativen Höhenstufe (z.B. colline Stufe, ...) gibt den Charakter einer Höhenstufe ebenfalls nur unzureichend wieder, da unter verschiedenen regionalklimatischen Bedingungen im Tienschan im gleichen Höhenbereich (z.B. 1 600–1 800 m) eine colline Halbwüsten-Stufe, eine colline Trockensteppen-Stufe und eine colline Steppen-Stufe vorkommen kann usw (Abbildung 5.2-01).

Die hier dargestellte chorische Höhenstufengliederung unterscheidet sich somit grundlegend von der Höhenstufengliederung von VYKHODTSEV (1956), bei welcher anhand der Vegetation für Nord- und für Südhänge gesonderte Höhenstufen ausgeschieden werden, die sich in der Höhe überschneiden und z.T. kleinflächig miteinander verzahnt sind, wobei sich Probleme bei der Zuordnung der übrigen Expositionen und der Kartierung ergeben. Die dargestellte Höhenstufengliederung entspricht am ehesten den Strukturtypen der Höhenlandschaftszonierung nach CHUPACHIN (1964), allerdings sind diese nicht durch konkrete topische Naturraumeinheiten untermauert. In Abbildung 5.2-01 werden die untersuchten Höhenstufentypen in verschiedenen Bereichen des Issyk-Kul-Beckens und für weitere Bereiche des Zentralen Tienschan dargestellt. Den Höhenstufentypen werden Angaben zur Höhe und zu den jährlichen Niederschlägen zugeordnet. In den verschiedenen Gebieten (Transekten) setzen sich die vertikal angeordneten Höhenstufentypen zu unterschiedlichen Höhenstufenfolgetypen zusammen.

Die Höhenstufen der unterschiedlichen Transekte setzen sich zu verschiedenen Höhenstufenfolgetypen zusammen. Areale, die ähnliche klimabedingte Abfolgen von Höhenstufen (Mikrochoren) aufweisen, können nach KOPP, SUCCOW & JÄGER (2002 in Vorbereitung) und KOPP mündl. Mitteil. (2002) als Klimabezirke (Mesochoren) bezeichnet werden.

Aufgrund der vertikalen Klimagradierten und der damit verbundenen klimabedingten Höhenzonierung von Vegetation und Boden lassen sich sowohl im feuchteren als auch im trockeneren Transekt gut ausgeprägte Höhenstufen unterscheiden. Mit steigender Höhe nehmen die Niederschläge zu. Gleichzeitig verringern sich die Temperaturen.

Innerhalb der jeweiligen Höhenstufen kann es zu teilweise starken expositionsbedingten mesoklimatischen Abweichungen kommen. Dabei sind die ökologischen Auswirkungen der Expositionsunterschiede auf Vegetation und Boden in den verschiedenen Höhenstufen unterschiedlich groß. Unter sehr trockenen Bedingungen sind die Expositionsunterschiede gering. So sind Halbwüstenstufen recht homogen. Die Exposition hat hier nur einen geringen Einfluß auf Vegetation und Standort, da auch die beschatteten Hänge trocken sind. Dort, wo es wiederum sehr feucht ist und häufige Bewölkung anzutreffen ist, treten die Expositionsunterschiede ebenfalls zurück (z.B. hochmontane Fichtenwald-Stufe). Große Expositionsunterschiede gibt es dagegen bei mittleren Feuchtebedingungen, da wo Feuchtigkeit (aber auch Temperaturen) ökologische Schwellenwerte erreichen, wie z.B. bei der sehr heterogenen montanen Wald-Steppen-Wiesensteppen-Stufe.

Bei den hier dargestellten Höhenstufen wird davon ausgegangen, dass diese weitgehend den natürlichen Höhenstufen entsprechen. Gewisse Verschiebungen bei der Wald-/Baumgrenze sind denkbar. Bei starker anthropogener Überprägung ganzer Höhenstufen müßten den anthropogen bedingten Höhenstufen natürliche/naturnahe Höhenstufen gegenübergestellt werden.

Bei der Gebüsch-Steppen-Stufe ist das Gebüsch als Vorstufe des Fichten-Waldes (*Berberis*, *Spirea*, *Sorbus*, *Rosa*, *Lonicera*) gemeint und nicht das Gebüsch hydromorpher Standorte (*Hippophae*, *Salix spp.*).

Die expositionsbedingten mesoklimatischen Feuchteunterschiede werden oftmals noch durch die asymmetrische Verteilung von Bodensubstraten verstärkt. Auf feuchtebegünstigten N-Hängen kommt häufig Schluff mit guter Wasserhaltefähigkeit, auf stärker sonnenbeschienenen Süd-Hängen i.d.R. stärker sandiges und skelettreiches Substrat mit schlechterer Wasserhaltefähigkeit vor.

Die Stärke der expositionsbedingten Heterogenität innerhalb der einzelnen Höhenstufen kann über die Analyse der Naturraumausstattung bei nord- und südexponierten Hängen ermittelt werden. Dabei sind besonders aussagekräftig:

- Differenzierung der mesoklimatischen Feuchtestufen (Kapitel 4.3.1 und 4.3.2),
- Differenzierung der Vegetationsformationen,
- Ähnlichkeit der Artenzusammensetzung auf Nord- und Süd-Hang (Erfassung entsprechend RICHTER et al. 1999),
- Differenzierung der klimabedingten Bodentypen,
- Differenzierung der Bodensubstrate.

Die Höhenstufen sind als Mosaiktypen kartierbar, obwohl bei einer Kartierung chorischer Naturraummosaik zusätzlich die Relief- und Bodenwasserbedingungen berücksichtigt werden sollten. Dabei können je Höhenstufe mehrere Naturraumareale kartiert werden, andererseits können aber bei einheitlichem Relief auch unterschiedliche Höhenstufen in einem Areal zusammengefaßt werden (Kapitel 5.4).













### 5.3 Beschreibung der Höhenstufen

Die Abbildung 5.2-01 lieferte bereits einen Überblick über die Höhenstufen der untersuchten Transekte<sup>19</sup>. Diese sollen im Folgenden näher charakterisiert werden. Die einzelnen Höhenstufen werden dabei nach Transekten geordnet dargestellt. Die Darstellung beginnt jeweils bei der untersten Höhenstufe. Schwerpunkte der Höhenstufendarstellungen bilden die Zeichnungen (Abbildungen 5.3-01 bis 5.3-17), in der wichtige topische Naturraumformen in ihrer jeweiligen Lage dargestellt und in tabellarischer Form typologisch charakterisiert werden. Im Anhang befinden sich Fotos aus den verschiedenen Höhenstufen (Foto 5.3-01 bis Foto 5.3-74). Weiterhin werden einige ergänzende Bemerkungen zu den Höhenstufenmosaiken gemacht. Im Mittelpunkt steht dabei die Darstellung von Vegetation und Boden unter den jeweiligen geländeklimatischen Bedingungen unterschiedlicher Expositionen. Die jeweiligen Höhenstufenklimatypen wurden bereits in Kapitel 4.3, insbesondere in Tabelle 4.3-01 näher gekennzeichnet. Das Reliefmosaik und die geologischen Bedingungen werden hier nicht dargestellt oder allenfalls gestreift. Aussagen zur ökologischen Funktionsfähigkeit und zur Nutzung werden nur gelegentlich angeführt. Diese sind nach dem Verfahren der Naturraumerkundung entsprechend KOPP et al. (1982) Inhalt der Arbeitsstufen Funktionsbetrachtung und Nutzungsinterpretation.

Die durchgehende Numerierung der Naturraumformen (NRF-Nr.) soll die Orientierung erleichtern. Die Nummern der Naturraumformen werden bei den Höhenstufenzeichnungen (Abb. 5.3-01 bis 5.3-17), in der Tabelle der Naturraumformen (Tab. 4.7-01 **CD**), in den Vegetationstabellen (Tab. 4.5-02 **CD**, Tab. 4.5-03 **CD**), und bei den Fotos (Foto 5.3-01 bis Foto 5.3-74 **CD**) angegeben.

Legende für die Abbildungen 5.3-1 bis 5.3-17

	Sand		organisches Material
	Sandlehm, lehmiger Sand		Steine, Skelett
	Schluff (Schlufflehm)		Kolluvium
	grusiger Sand		Dauerfrost
	Schutt		Grundwasser

Bei der Nutzung werden folgende Abkürzungen gebraucht: **W** = Winterweide, **F** = Frühjahrsweide, **S** = Sommerweide, **H** = Herbstweide.

<sup>19</sup> Die Lage der Transekte kann der Abbildung 2.1-04 **CD** in Kapitel 2.1 entnommen werden. Die Lage der einzelnen Bodenprofile kann den Abbildungen 3.2-01 bis 3.2-06 **CD** entnommen werden.

## 5.3.1 Höhenstufen im Transekt 1: Kara-Koo

Der Transekt 1 liegt im niederschlagsarmen südwestlichen Issyk-Kul-Becken an der Nordabdachung des Terskey-Alatau, welcher bereits zum Zentralen bzw. Inneren Tienschan gezählt wird. Das Höhenstufenprofil<sup>20</sup> ist waldfrei. Die landschaftsökologischen Untersuchungen wurden in einer Höhe von 1 600–bis ca. 3 300 m vorgenommen. Der Transekt erstreckt sich etwa über eine Länge von 30 km. Die jährlichen Niederschläge betragen nach Angaben von Atlas Kirgizskoy SSR (1987) in den unteren Bereichen <200 mm und steigen zu den oberen Bereichen auf 500–600 mm an. Die unteren Bereiche weisen mittlere Julitemperaturen von 16–18 °C und mittlere Januartemperaturen von –2 bis –4 °C auf. Der Winter ist in den unteren Lagen weitgehend schneefrei (Schneedecke von < 10 Tagen im Jahr (bei < 10 cm Mächtigkeit)). Die oberen Bereiche weisen mittlere Julitemperaturen von 6–8 °C und mittlere Januartemperaturen von –10 bis –12 °C auf und eine Schneedecke von 150–200 Tagen im Jahr (bei 20–40 cm Mächtigkeit). Während in den unteren Stufen (colline, submontane und montane Stufe) die expositionsbedingten Unterschiede (mesoklimatischer Kontrast) gering sind, nehmen ab der hochmontanen Stufe die Expositionsgegensätze deutlich zu (mesoklimatischer Kontrast mäßig bis sehr stark). Im Gebiet kommen Flüsse mit und ohne Gletscherspeisung vor. Im Transekt 1 wurden 54 Bodenprofile und 145 Vegetationsaufnahmen mit insgesamt 314 Arten aufgenommen. Die untersuchten Höhenstufen des Transektes 1 werden in den Abbildungen 5.3–01 bis 5.3–06 dargestellt.

Die colline Halbwüsten- Stufe (Abb. 5.3–01; Foto 5.3–01 bis 5.3–06 **CD**) liegt in einer Höhe von 1 600–1 800 m und grenzt an das Ufer des Issyk-Kul-Sees. Die typische Vegetationsform dieser Höhenstufe ist eine *Kalidium–Reamuria kaschgarica*-Zwergstrauch-Halbwüste mit einer Deckung von 10–15 % auf „Normalem Burosem I“. Die Vegetationsverteilung ist diffus. Diese Zwergstrauch-Halbwüste ist artenarm. Auf 100 m<sup>2</sup> sind 5–10 Arten anzutreffen; dazu gehören *Kalidium cuspidatum*, *Kalidium schrenkianum*, *Sympegma regelii*, *Zygophyllum rosovii*, *Limonium hoeltzeri*, u.a. Die Produktivität ist sehr gering und beträgt ca. 1–2 dt/ha. Aufgrund der großen Trockenheit sind die naturräumlichen Unterschiede zwischen Nord und Südexposition gering. In geschützten Hangbereichen (evtl. mit seltenem Zulaufwasser) waren vereinzelt zusätzlich *Stipa caucasica* und *Krascheninnikovia ceratoides* anzutreffen. Die „Normalen Buroseme I“ sind gipshaltig, aber nicht stark salzhaltig. Die Böden aus Schluffmaterial bilden an der Oberfläche eine Schluffkruste, die einen gewissen Schutz vor Winderosion darstellt. Diese Oberflächenkruste ist jedoch mechanisch (durch Viehtritt, Befahren) leicht zu zerstören, was die Winderosion stark fördert. Sandige und stärker skeletthaltige Halbwüstenböden sind weniger erosionsanfällig. Relief und substratbedingte Sonderstandorte stellen die stark zerrackelten sog. „badlands“ dar, die sich aus ebenen Lagen heraus erheben und aus stark salzhaltigen tertiären schluffhaltigen Sedimenten (mit gelegentlichen Steinbändern) bestehen (Foto 5.3–05 **CD**). In Hanglage war das Substrat wenige Zentimeter unterhalb der Oberfläche extrem stark verhärtet (Syrosem mit Siliziumverhärtung, siehe Kap. 4.1.2.4.1). In Hanglage kann sich keine diffus verteilte Halbwüstenvegetation mehr halten. Die Vegetation beschränkt sich auf begünstigte Standorte in Senkenlagen und Unterhangbereiche. Somit haben wir es hier mit einer substrat- und reliefbedingten Wüste zu tun.

Jüngere Seesedimente (Nr. 1–5 in Abb. 5.3–01), die vor allem aus sandigem Substrat bestehen und in unterschiedlichem Maße durch Grundwasser geprägt werden, sind unter dem ariden collinen Halbwüsten-Klima durch aufsteigenden Bodenwasserstrom in unterschiedlich

<sup>20</sup> Dieser Transekt entspricht weitgehend dem waldfreien Höhenstufenprofil von ABRAMOV (1949) im Einzugsgebiet des Flusses Ükök im Zentralen Tienschan im Kotschkorka-Tal, worauf sich auch WALTER (1975) und WALTER & BRECKLE (1994) beziehen.

starkem Maße versalzen. Bei mittlerem und hohen Grundwasserstand kommt es zum kapillaren Aufstieg und zur Salzanreicherung im Boden („Gley-Solonchak“, „Tiefgley-Kalksalzrohboden“). Hier finden sich verschiedene Gebüschformationen und Feuchtwiesen bzw. Feuchtweiden. Nur in unmittelbarer Ufernähe befindet sich ein salzfreier Sandboden mit hohem Grundwasserstand mit Sanddorn-Gebüsch (*Hippophae rhamnoides*). Ein lateraler Bodenwasserstrom verhindert offensichtlich eine Versalzung des Bodens. Der Boden des direkt am Issyk-Kul-Ufer befindlichen Sanddorn-Gebüschs (Nr. 1 in Zeichnung) ist jedoch nicht versalzen. Die typische *Ephedra intermedia*-Strauch-Halbwüste kommt in der Regel auf salzfreien bzw. salzarmen gut durchlässigen sandigen und skeletthaltigen Substraten mit schwacher Grundwasserbeeinflussung vor. Hier ist der Grundwasserstand für einen kapillaren Aufstieg und eine Versalzung des Bodens offensichtlich zu tief.

Schwach geneigte Verebnungsflächen (Nr. 9 in Abb. 5.3-01) werden zum großen Teil ackerbaulich genutzt (Bewässerungsfeldbau mit Furchenbewässerung). Skelettreiche bzw. nicht bewässerbare Standorte werden dagegen als Weide genutzt. Nicht versalzene hydromorphe Standorte (Nr. 8 in Abb. 5.3-1) werden ganzjährig als Intensivweide genutzt.

Die submontanen Halbwüsten-Stufe (Abb. 5.3-02; Foto 5.3-07 und 5.3-08 alle **CD**) liegt in einer Höhe von 1 800–1 950 m. Hier können bereits artenreichere Halbwüsten mit einer höheren Vegetationsbedeckung (40 %) angetroffen werden (*Allium oreoprasum*-*Convolvulus tragocanthoides*-*Helianthemum songoricum*-Dornpolster-Zwergstrauch-Halbwüste) auf „Dunklem Burosem“ (Substrat Kalksandskelett, gipshaltig). Neben einigen Pflanzen der tieferliegenden Halbwüsten-Bereiche (*Reamuria kaschgarica*, *Zygophyllum rosovii*, *Limonium hoeltzeri*, aber kein *Kalidium cuspidatum*, *K. schrenkianum* mehr) kommen folgende Arten vor: *Brachanthemum titovii*, *Krascheninnikovia ceratoides*, *Lagochilium platyacanthus*, *Convolvulus tragocanthoides*, *Acantholimon alatavicum*, *Caragana aurantiaca*. Vereinzelt sind die Gräser *Stipa caucasica*, *Agropyron christatum*, *Stipa lessingiana* anzutreffen. Bei den skelettreichen gipshaltigen Sedimenten bilden sich oberflächlich Deflationspflaster aus, die weitere Erosion einschränken.

Die montane Trockensteppen-Stufe (Abb. 5.3-03; Foto 5.3-09 bis 5.3-13 alle **CD**) liegt in einer Höhe von 1 950–2 200 m. Die dominierende Vegetationsform ist die *Salsola collina*-*Artemisia tianschanica*-*Stipa capillata*-Trockensteppe mit einer Deckung von 35–55 %, die auf mäßig gipshaltigem „Hellem Kastanosem I“ anzutreffen ist. Gegenüber der Halbwüste erhöht sich der Anteil an Gräsern. Es kommen *Stipa capillata* und *Festuca valesiaca* neu hinzu, aber auch *Artemisia tianschanica* und Leguminosen wie *Oxytropis globiflora* und *Astragalus chomutovii*. Weitere Arten sind: *Orostachys thyrsiflora*, *Allium weschnjakovii*, *Lagochilium platyacanthus*, *Achnatherum splendens*, *Lappula microcarpa*, *Meniucus linifolius*, *Botrichloa ischaemum*, *Ajania fastigiata*, u.a. In dieser Höhenstufe befindet sich ein größeres Talbecken (Nr. 4, 5, 6 in Abb. 5.3-03) mit einer nach Norden schwach geneigten Oberfläche auf einem fluvioglazialen Schotterkörper, der z.T. mit einer geringmächtigen Schluffauflage bedeckt ist. Teilweise befinden sich an der Oberfläche Schwemmfächer, bzw. Flußschotterflächen. Auf Böden mit schluffhaltigem Substrat wird Bewässerungsfeldbau betrieben. Die verkürzte Vegetationsperiode schränkt das Spektrum landwirtschaftlicher Kulturen ein. Sommerweizen kann nur noch mit einem gewissen Risiko angebaut werden. Die Ackerflächen sind ideal für Futterbau. Sämtliche Ackerböden wiesen Carbonate bis zur Oberfläche auf. Hier führte die Bewässerung noch zu keiner Entkalkung.

Die montane Steppen-Stufe (Abb. 5.3-04; Foto 5.3-14 bis 5.3-17 alle **CD**) liegt in einer Höhe von 2 200–2 400 m. Die dominierende Vegetationsform ist *Teloxys aristata*-*Salsola collina*-*Stipa capillata*-Steppe mit einem Degradationsgrad 45–65 % auf „Dunklem Kastanosem II“ (z.T. gipshaltig in unteren Profilmereichen). Charakteristisch ist ein hoher Anteil von stickstoff-

bindenden Leguminosen wie *Oxytropis globiflora*, *Hedysarum songoricum*, *Astragalus borodini*. Während *Teloxys aristata* (*Chenopodiaceae*) als Therophyt in einem Jahr sehr stark vertreten war, war die Art in einem anderen Jahr nur vereinzelt anzutreffen. *Artemisia tianschanica* kommt mit einem geringeren Anteil als in der Trockensteppe vor. In der stark beweideten, kurz gehaltenen Steppe sind große Bütle von *Achnatherum splendens*, einem hochwüchsigen hartblättrigen Gras, welches durch Beweidung gefördert wird, physiognomisch besonders auffällig. Bei sehr starker Beweidungsintensität und Erosion im Hangbereich wird die Steppe durch Dornpolsterformationen aus *Acantholimon alatavicum*, *Convolvulus tragocanthoides*, *Lagochilius platyacanthus* ersetzt (Nr. 2 in Abb. 5.3-04, Foto 5.3-16 **CD**).

Die Expositionsunterschiede zwischen Nord- und Südhängen sind gering bis mäßig. Die Trockenheit ist auch auf beschatteten Nordhängen noch weitgehend für Vegetation und Boden bestimmend, auch wenn es gewisse Unterschiede in der Artenzusammensetzung von Nord- und Südhang gibt. Die Böden auf Nord- und Südhang sind noch jeweils dem Dunklen Kastanosem II zuzurechnen. In dieser Höhenstufe ist jedoch bereits eine expositionsbedingte Differenzierung des Substrates und der Lagengipshaltiger Horizonte festzustellen.

Die hochmontanen Gebüsch-Steppen-Stufe (Abb. 5.3-05; Foto 5.3-18 bis 5.3-21 alle **CD**) liegt in 2 400–2 650 m Höhe. Die dominierende Vegetationsform ebener und schwach geneigter Bereiche verschiedener Expositionen ist eine *Leontopodium ochroleucum*-*Stipa capillata*-Steppe (Nr. 1 in Abb. 5.3-05) mit Deckungsgraden von 80 % auf „Carbonat-Tschernosem I“. Hier mischen sich Steppenarten der unteren Lagen, wie *Stipa capillata* mit alpinen Arten wie *Leontopodium ochroleucum*. Gleichzeitig befindet sich hier das höchste Vorkommen von *Stipa capillata*. Weitere Arten sind *Bupleurum tianschanicum*, *Potentilla moorkroftii* (in tieferen Lagen vorkommend), *Kobresia humilis*, *Oxytropis lapponica* (in höheren Lagen vorkommend). Diese Bereiche werden als Frühjahrs- und Herbstweiden genutzt. Im Sommer kommt es noch zu einer trockenheitsbedingten Vegetationspause. Es ist davon auszugehen, dass auf humusreichen „Carbonat-Tschernosemen“ die geringe aktuelle Produktivität der Steppe von 3–5 dt/ha das Ergebnis langjähriger starker Beweidung ist. Anzunehmen ist, dass die Standorte unter naturnahen Bedingungen ein deutlich höheres Ertragspotential aufweisen (vgl. ISAKOV 1975:164-166). Der „Carbonat-Tschernosem I“ weist einen humusreichen Oberboden mit lockerem Gefüge auf. Während die Beweidung nur zu geringen Erosionsschäden führte, kam es häufiger vor, dass sich Autospuren in den Boden eindrückten und Angriffspunkte für die linienhafte Erosion bilden.

In dieser Höhenstufe nehmen die Expositionsunterschiede zu, so daß an stärker geneigten, feuchtebegünstigten Nordhängen (>30°) Gebüsch aus *Rosa platyacantha*, *Lonicera karelinii*, *Cotoneaster uniflorus*, *Spirea hypericifolia* mit einer Gesamtdeckung von fast 100 % vorkommen (Vegetationsform: *Campanula glomerata*-*Elymus caninus*-*Rosa platyacantha*-Gebüsch). Der entsprechende Boden ist ein „Normaler Tschernosem I“. Dieses Gebüsch kann als ökologische Vorstufe zum noch stärker feuchtebedürftigen Tianschanfichtenwald (*Picea schrenkiana*) angesehen werden. Es ist davon auszugehen, daß in diesem Höhenprofil kein Waldwachstum möglich ist, da die notwendigen Niederschlagsmengen nicht bzw. erst in einer größeren Höhe erreicht werden, wo es für Waldwachstum bereits zu kalt ist. In dem Transekt wurden weder die für Tianschanfichtenwald typischen „Sauren Braunerden“ noch „Ausgelaugte Tschernoseme“ angetroffen. Im oberen Bereich der Höhenstufe geht bei geringer nordexponierter Neigung die Steppe in eine Wiesensteppe über, mit Zunahme mesophilen Arten wie *Phlomis oreophila* auf „Normalem Tschernosem II“ (Nr. 3 in Abbildung 5.3-05).

Die subalpine Gebirgsrasen-Steppen-Stufe (Abb. 5.3-06 unten; Foto 5.3-22 und 5.3-23 alle **CD**) liegt in 2 650–2 800 m Höhe. Dieser Bereich wird intensiv als Sommerweide genutzt. Die Expositionsunterschiede zwischen Nord- und Süd-Hang sind deutlich ausgeprägt. In Nord-

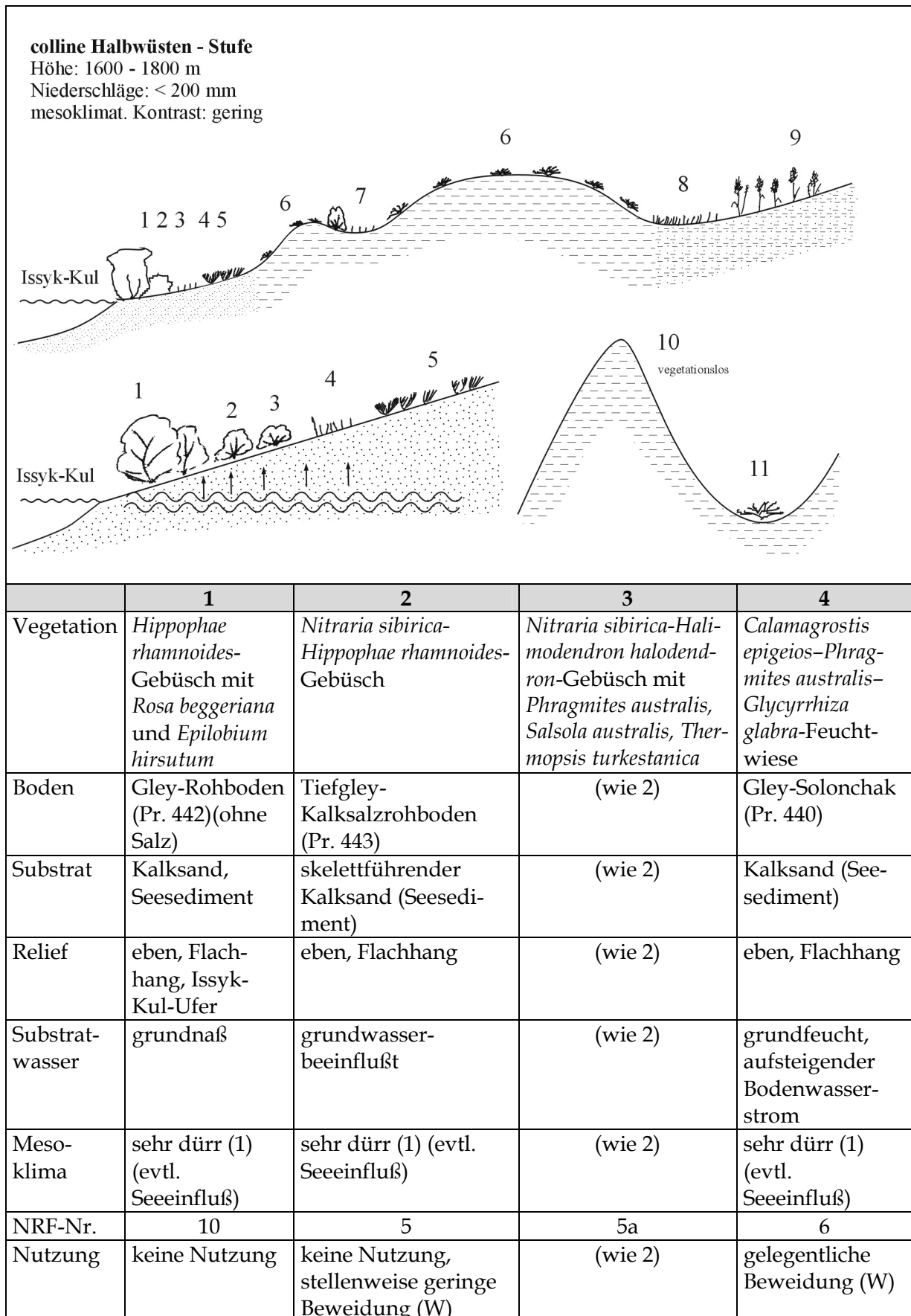
exposition und in ebener Lage ist eine Weide mit *Festuca rubra*, *Cirsium sairamense*, *Phlomis oreophila*, *Leontopodium ochroleucum*, *Kobresia humilis*, und weiterhin *Potentilla multifida*, *Geranium collinum*, *Bistorta vivipara*, u.a. auf „Kalkschluff-Carbonat-Tschernosem II“ bzw. „Kolluvial-Tschernosem“ anzutreffen. In Südexposition befindet sich dagegen eine Gebirgssteppe auf „Dunklem Carbonat-Kastanosem“ (Kalksandskelett) mit *Trisetum spicatum*, *Kobresia humilis*, *Bupleurum tianschanicum* u.a. In dieser Höhenstufe wurden keine Gebüsche mehr angetroffen. Eine hohe Erosionsgefahr besteht durch zusammenlaufendes Oberflächenabflußwasser nach Starkniederschlägen. Im schluffreichen Boden haben sich zahlreiche erosive Kerben von 1...3 m Tiefe gebildet. Vermutlich wurden diese durch Fahrspuren, unsachgerecht angelegte Wassergräben zur Versorgung der Sommerlagerplätze und Überweidung verstärkt bzw. ausgelöst.

Die untere alpine Gebirgsrasen-Steppen-Stufe (Abb. 5.3-06 oben; Foto 5.3-24 **CD** und 5.3-25 **CD**) liegt in 2 800-ca. 3 200/3 300 m Höhe. Diese Höhenstufe ist durch sehr starke mesoklimatische Expositionsgegensätze bei Vegetation und Boden geprägt. Auf nordexponierten, feuchtebegünstigten Hängen ist ein *Parnassia laxmannii*-*Kobresia capilliformis*-*Kobresia humilis*-Gebirgsrasen mit einer Deckung von 98-100 % auf „Brauntschernosem“ (Substrat: Schluff) mit Humusgehalten von über 20 % im Oberboden anzutreffen. Weitere Arten auf N-Hang sind: *Phlomis oreophila*, *Geranium collinum*, *Alchemilla retropilosa*, *Papaver croceum*, *Aconitum rotundifolium*, *Gentianella turkestanica*, *Elymus schrenkianus*, *Helictotrichon desertorum*, *Leontopodium ochroleucum*, *Oxytropis lapponica*, *Gentiana karelinii*, *Potentilla multifida*, *Bistorta vivipara*, u.a. Auf 100 m<sup>2</sup> waren 23-41 Arten anzutreffen. Auf südexponierten Hängen ist eine *Androsace sericea*-*Alfredia nivea*-*Helictotrichon desertorum*-Gebirgssteppe mit einer Deckung von 70-80 % auf „Dunklem Carbonat-Kastanosem“ (Substrat: Kalksandskelett) anzutreffen. Weitere Arten sind hier *Eremogone meyeri*, *Carex alexeenkoana*, *Kobresia humilis*, *Geranium collinum*, *Phlomis oreophila*, *Pyrethrum karelinii*, *Leontopodium ochroleucum*. An Gräsern kommen *Helictotrichon desertorum*, *Trisetum spicatum*, *Elymus schrenkianus*, *Festuca olgae* vor. Auffällig war der geringere Anteil von Gräsern an der Deckung gegenüber tieferliegenden Steppen. Die südexponierte Gebirgssteppe ist mit 22-26 Arten je 100 m<sup>2</sup> artenärmer als der nordexponierte Gebirgsrasen. Auf Nord- und Südhang unterscheidet sich die Artenzusammensetzung der Vegetation deutlich. Von den 73 Arten, die insgesamt auf Nord- und Südhang vorkamen, kamen nur 15 Arten auf Nord- und Südhang gemeinsam vor. 45 Arten wurden nur auf Nordhang angetroffen, 13 Arten nur auf Südhang. Der Nordhang war mit insgesamt 60 Pflanzenarten artenreicher, als der Südhang mit 28 Arten. Die Pflanzenbestände von Nord- und Süd-Hang wiesen nur eine Ähnlichkeit von 20,5 % auf (berechnet nach RICHTER et al. 1999).

Die in Abb. 5.3-06 dargestellte Moräne, (Nr. 4 u. 5 in Abb. 5.3-06) trägt auf der nordexponierten Seite eine 70-100 cm mächtige Lößauflage (Lößderivat), während die südexponierte Seite bis an die Oberfläche sand- und skelettreich ist. Auf der nordexponierten Seite sind bereits Anzeichen von Solifluktion zu erkennen (Rasenpolygone, „schwimmende Steine“). Bei Starkregen führen die Bäche/Flüsse große Mengen an erodierter Bodenfracht, die vor allem von Südexponierten Hängen mit geringer Vegetationsbedeckung stammen. Durch Beweidung verursachte Degradationserscheinungen waren vor allem auf südexponierten Hängen zu sehen (Viehangeln, verringerte Vegetationsbedeckung, Bodenerosion). Südhänge werden bevorzugt beweidet, da hier die stärkere Einstrahlung zur stärkeren und früheren Erwärmung und zur früheren Vegetationsentwicklung führt. Die starke Verringerung der Tierzahlen in den letzten Jahren führte zu einer teilweisen Regeneration der Vegetation der Südhänge. Das Gebiet wird im unteren Bereich ca. 4 Monate (Mitte/Ende Mai bis Anfang/Mitte September) als Sommerweide genutzt. Die zur Sommerbeweidung geeigneten Flächen reichen aus Reliefgründen nur bis in eine Höhe von etwa 3 300 m. Darüber befinden sich Schutthalden und Fels.

In den alpinen Lagen (>3 300 m) (ohne Abbildung) dominierten Fels und Schutthalden. Die Vegetationsgrenze ist jedoch noch nicht erreicht. In den unteren Bereichen kommen an Standorten mit geringer Neigung und Feinboden Gebirgsrasen mit *Poa alpina*, *Dracocephalum imberbe*, *Sibbaldia tetrandra*, *Pyrethrum karelinii*, *Lomatocarpa albomarginata* u.a. hochalpine Arten vor. Die Gipfellagen des Terskey-Alatau gehen in diesem Bereich bis etwa 4 500 m Höhe (siehe Foto 5.3–26 CD).

Abbildung 5.3-01: Colline Halbwüsten-Stufe im Transekt 1



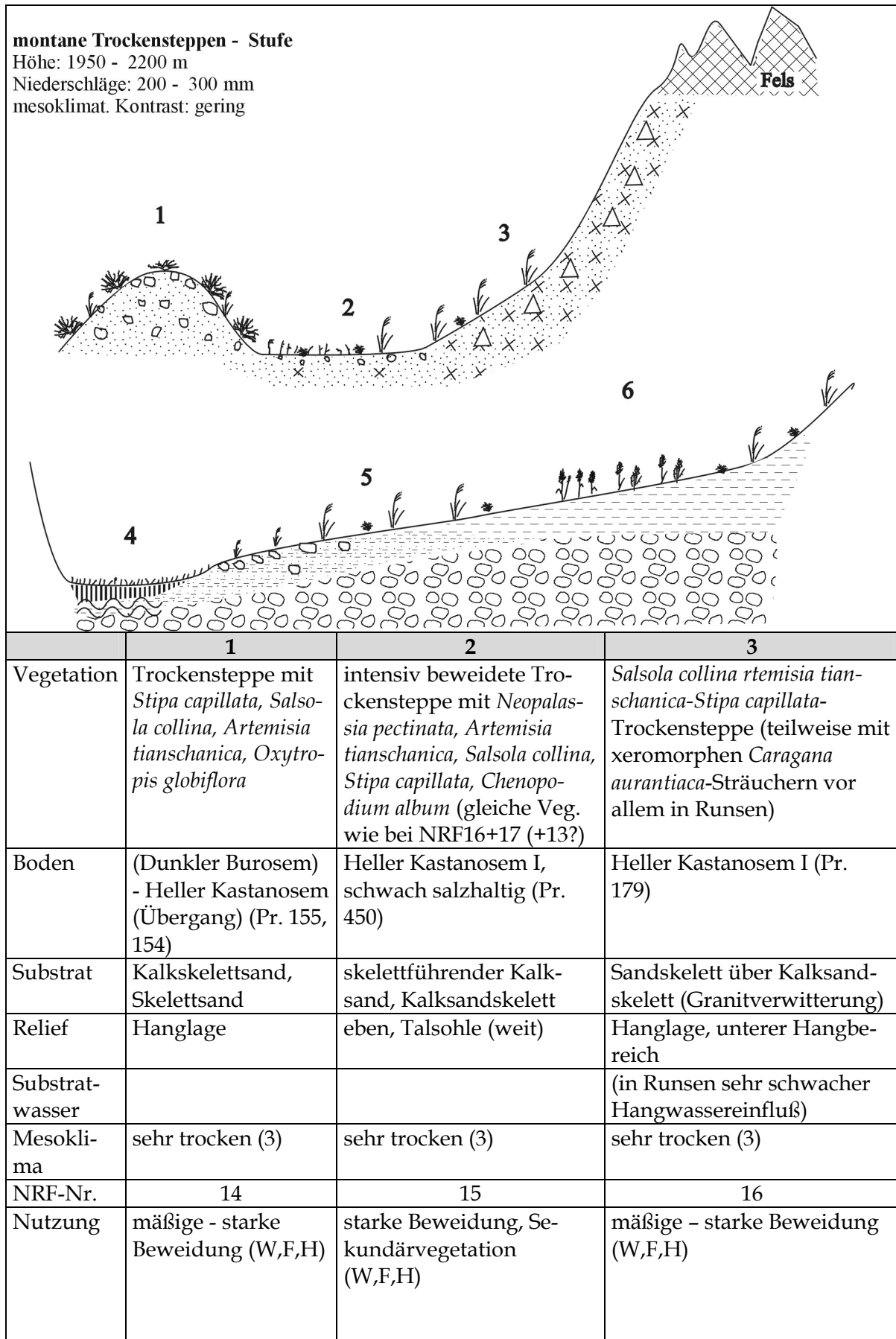
	5	6	7	8
Vegetation	<i>Ephedra intermedia</i> -Halbwüste	<i>Kalidium (cuspidatum)</i> - <i>Reamuria kaschgarica</i> -Zwergstrauch-Halbwüste (1); in Hanglage (1a) höherer Anteil an <i>Stipa caucasica</i> ; ehemalige Ackerbrache (1b) mit <i>Artemisia subgen. seriphidium</i>	Feuchtweide aus <i>Elytrigia repens</i> , <i>Phragmites australis</i> mit <i>Nitraria sibirica</i> -Gebüsch	Feuchtweide mit <i>Blysmus compressus</i> , <i>Juncus bufonius</i> , <i>Juncus articulatus</i> , <i>Juncus heptapotamicus</i> , <i>Triglochin palustris</i> , <i>Halerpestes sarmentosa</i> , <i>Potentilla anserina</i> , u.a.
Boden:	Tiefgley-Kalkrohboden (Pr. 463), Tiefgley-Pararendzina (Pr. 441)	Normaler Burosem I (Pr. 193, 194, 437, 445, 438, 446, (439Ackerbrache))	Gley-Solonchak (Pr. 444)	Graugley (Pr. 195)
Substrat	Skelettführender Kalksand (Seesediment)	Kalkschluff Kalkskelett	Flacher Kalkschluff über Kalksand (Seesediment)	Kalkschluff
Relief	eben, Flachhang	hügelig, eben, leicht geneigt, alle Expositionen	Senkenlage in HW-Hügeln	schwach geneigter Flachhang, Weitlage, vor GW-stauendem Höhenzug
Substratwasser	schwach grundwasserbeeinflusst	bei 1b: früher kurzzeitige Bewässerung	grundnaß, aufsteigender Bodenwasserstrom	grundnaß
Mesoklima	sehr dürr (1) (evtl. Seeinfluß)	sehr dürr (1)	sehr dürr (1)	sehr dürr (1)
NRF-Nr.	8/8a	1, 1a, 1b	7	9
Nutzung	mäßige Beweidung (W)	gelegentliche Beweidung (W)	starke Beweidung, (W,F,S,H)	sehr starke Beweidung (W, F, S, H)
	9		10	11
Vegetation	Acker mit <i>Artemisia annua</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Medicago lupulina</i> , <i>Cirsium incanum</i> , <i>Avena fatua</i> , <i>Lathyrus tuberosus</i> , u.a.		vegetationslos	<i>Nitraria sibirica</i> - <i>Kalidium</i> -Strauch-Halbwüste
Boden:	Bewässerter Acker-Burosem (Pr. 196, 153)		Syrosem, stark salzhaltig, Siliziumverhärtung (Pr. 448)	Kolluvial-Burosem II, stark salzhaltiger (Pr. 449)
Substrat:	Kalksandlehme, Kalkschluff		Kalkschluff aus stark salzhaltigen tertiären Sedimenten	Kolluvium aus stark salzhaltigen tertiären Sedimenten
Relief:	schwach geneigter Flachhang, Weitlage		Steilhang, alle Expositionen, badlands	Senkenlage in badlands
Substratwasser:	Furchenbewässerung		Ablaufregime	selten episodischer Hangwasserzufluß
Mesoklima:	sehr dürr (1)		sehr dürr (1)	sehr dürr (1)
NRF-Nr.:	2		3	4
Nutzung:	Bewässerungsfeldbau		keine Nutzung	gelegentliche Beweidung (W)



Abbildung 5.3-02: Submontane Halbwüsten-Stufe im Transekt 1

<b>submontane Halbwüsten - Stufe</b> Höhe: 1800 - 1950 m Niederschläge: ca. 200 mm mesoklimat. Kontrast: gering			
	1	2	3
Vegetation	<i>Allium oreoprasum</i> - <i>Convolvulus trago-</i> <i>canthoides</i> - <i>Heliant-</i> <i>hemum songoricum</i> - (Dornpolster-) Zwerg- strauch-Halbwüste	<i>Reamuria kaschgarica</i> - <i>Helianthemum songoricum</i> - Zwergstrauch-Halbwüste	degradierte Trockensteppe mit <i>Salsola collina</i> , <i>Neopalas-</i> <i>sia pectinata</i> , <i>Botrichloa</i> <i>ischaemum</i> , <i>Artemisia tian-</i> <i>schanica</i>
Boden	Dunkler Burosem (Pr. 152, 447)	Normaler Burosem I (Pr. 446)	Dunkler Burosem (Pr. 151)
Substrat	Skelettkalksand ... Skelett (Geröll), gips- haltig	Kalksandskelett, gipshal- tig, Deflationspflaster	Skelettkalksand, gips- haltig
Relief	Steilhang, schwächer geneigt, verschiedene Expositionen	windexponierte Kuppe	Talsole (weit)
Substrat- wasser			
Mesokli- ma	dürr (2)	sehr dürr (1)	dürr (2)
NRF-Nr.	11	12	13
Nutzung	mäßige Beweidung (W)	mäßige Beweidung (W)	starke Beweidung, (ehe- mals sehr stark), Sekun- därvegetation (W) (evtl. F,H)

Abbildung 5.3-03: Montane Trockensteppen-Stufe im Transekt 1



	4	5	6
Vegetation	Moorkomplex, unter anderem kommen vor: Seggen-Ried/Feuchtwiese mit <i>Carex orbicularis</i> , <i>Parnassia palustris</i> , <i>Triglochin maritima</i> , <i>Ligularia heterophylla</i> , <i>Geranium collinum</i> , <i>Eleocharis mitracarpa</i> u.a.	<i>Salsola collina</i> - <i>Artemisia tianschanica</i> - <i>Stipa capillata</i> -Trockensteppe	Acker mit <i>Brassica juncea</i> , <i>Elsholtzia densa</i> , <i>Pleconax connoidea</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Medicago lupulina</i> , <i>Cirsium incanum</i> , <i>Avena fatua</i> , <i>Lathyrus tuberosus</i> , u.a. (z.T. bewässerte Brache)
Boden	Niedermoor-Gley (Pr. 164)	Heller Kastanosem I (Pr. 163)	Bewässerter Heller Acker-Kastanosem I (Pr. 177, 178, 162, 176)
Substrat	Kalkantorf, Kalksand, Kalkschluff	Schluff; Sandlehm/Sand; Skelett (Geröll)	Schluff; Sandlehm/Sand;
Relief	Flachhang, GW-Stau durch vorgelagerten Höhenzug	eben, Flachhang	eben, Flachhang
Substratwasser	grundnaß		Furchenbewässerung
Mesoklima	sehr trocken (3)	sehr trocken (3)	sehr trocken (3)
NRF-Nr.	19*	17	18
Nutzung	Mähnutzung	starke Beweidung (W,F,H)	Bewässerungsfeldbau

Abbildung 5.3-04: Montane Steppen-Stufe im Transekt 1

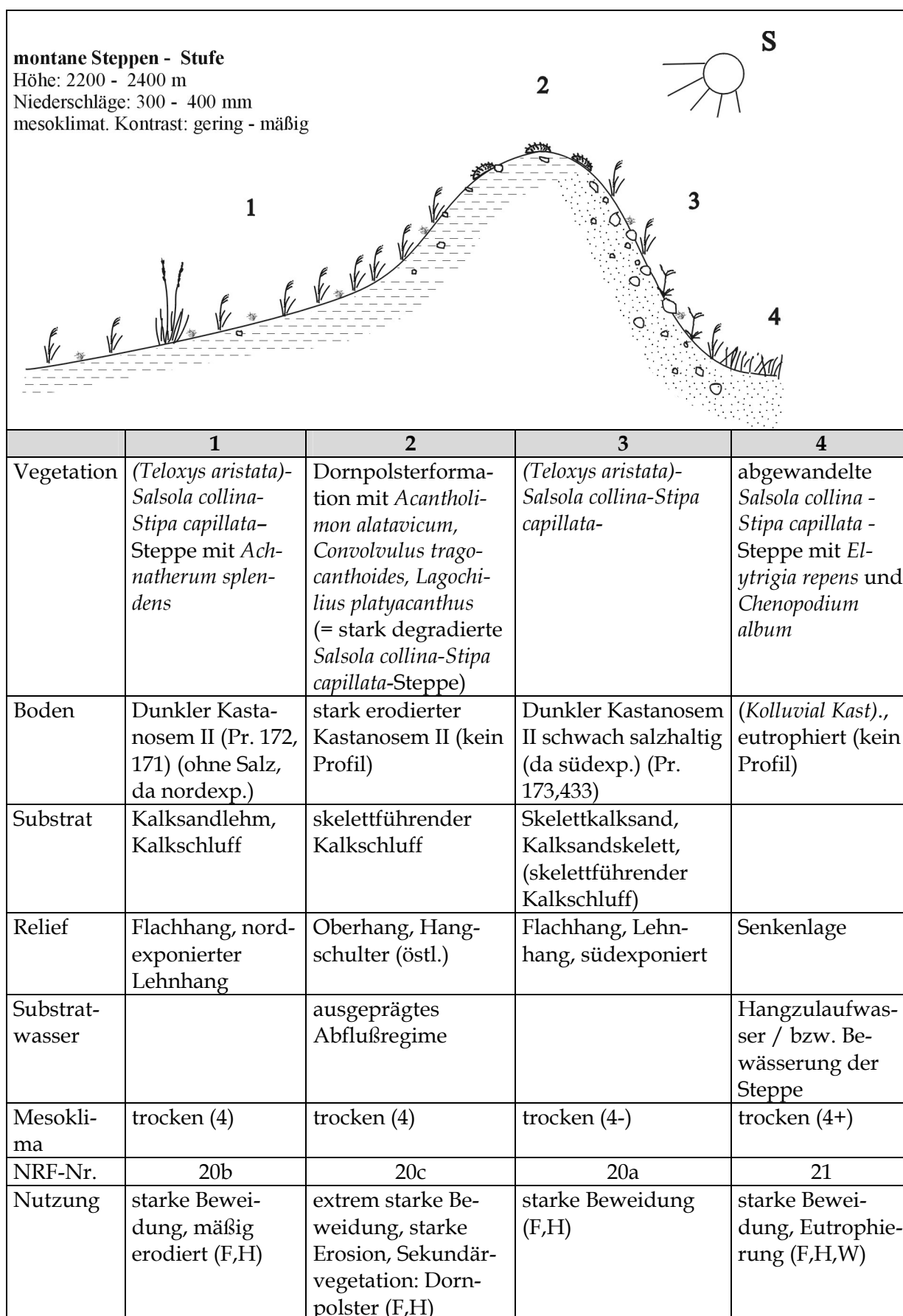


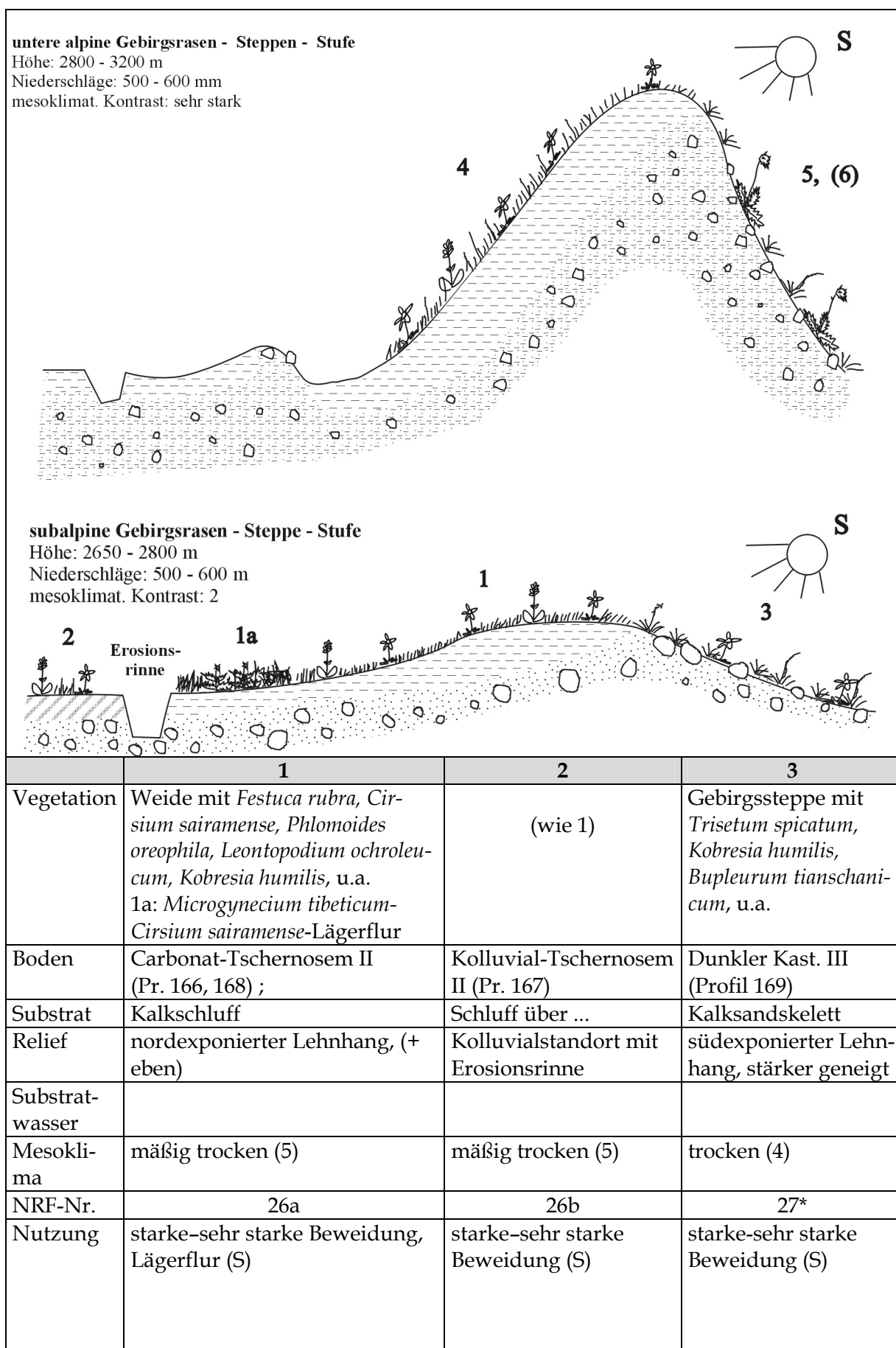
Abbildung 5.3-05: Hochmontane Gebüsch-Steppen-Stufe im Transekt 1

<b>hochmontane Gebüsch - Steppen - Stufe</b> Höhe: 2400 - 2650 m Niederschläge: 400 - 500 mm mesoklimat. Kontrast: mäßig (-stark)				
	1	2	3	4
Vegetation	<i>Leontopodium ochroleucum-Stipa capillata</i> -Steppe (mit <i>Kobresia humilis</i> und <i>Festuca valesiaca</i> )	<i>Campanula glomerata</i> -( <i>Elymus caninus</i> )- <i>Rosa platyacantha</i> -Gebüsch	<i>Leontopodium ochroleucum-Stipa capillata</i> -Steppe, Übergang zur "Wiesensteppe" (mit <i>Phlomooides oreophila</i> , ...)	Ried/Feuchtwiese mit <i>Carex cf. steno-carpa</i> , <i>Carex orbicularis</i> , <i>Agrostis gigantea</i> , <i>Primula pamirica</i> , <i>Angelica brevicaulis</i> , <i>Polygonum viviparum</i> , <i>P. songoricum</i> , <i>Carum carvi</i> , Sträucher: <i>Rosa fedtschenkoana</i> , <i>Lonicera stenantha</i>
Boden	Carbonat-Tschernosem I (Pr. 431, 170); (Pr. 174 als Übergang zu Kastano-Tschernosem)	Normaler Tschernosem I (Pr. 430)	Normaler Tschernosem II (Pr. 429)	Hangmoorkomplex
Substrat	Kalksandlehm, Kalkschluff (skelettführend)	Sandlehm (skelettführend)	Kalksandlehm (skelettführend)	
Relief	nordexponierter Flach-, Lehn- und schwach geneigter Steilhang	nordexponierter Steilhang	stärker geneigter Lehnhang, nordexponiert (Übergang)	Nieschenlage an nordexponiertem Hang

5.3.1 Höhenstufen in Transekt 1

Substrat- wasser				grundsumpfig, per- manenter Hangwas- sereinfluß (Speisung durch Fließgewässer)
Mesokli- ma	mäßig trocken (5)	mäßig frisch (6), schattenseitig	mäßig trocken - mäßig frisch (5 - 6)	mäßig frisch (6), schattenseitig
NRF-Nr.	22	24	23	25*
Nutzung	(mäßige)-starke Beweidung (F,H)	gelegentliche Beweidung (F,H)	mäßige Bewei- dung (F,H)	mäßige-starke Bewei- dung (F,S,H)

Abbildung 5.3-06: Subalpine und untere alpine Gebirgsrasen-Steppen-Stufen im Transekt 1




## 5.3.1 Höhenstufen in Transekt 1


	4	5	6
Vegetation	<i>Parnassia laxmannii</i> – <i>Kobresia capilliformis</i> – <i>Kobresia humilis</i> –Gebirgsrasen	<i>Androsace sericea</i> – <i>Alfredia nivea</i> – <i>Helictotrichon desertorum</i> –Gebirgssteppe	( <i>Androsace sericea</i> ) – <i>Alfredia nivea</i> – <i>Helictotrichon desertorum</i> –Gebirgssteppe
Boden	Brauntschernosem (Pr. 156, 160, 161, 428, 165, 164a)	Dunkler Kastanosem III (Pr. 159, 432, 158)	Kastano-Tschernosem II (Pr. 157)
Substrat	Schluff über Kalkschluff über Moränenschutt	Kalkschluffskelett, Kalksandlehmskelett	Kalkschluff, Kalksand
Relief	nordexponierter Steilhang, Hangterasse auf Nordhang, ebene Bereiche, Unterhang	südexponierter Steilhang	ostexponierter Steilhang
Substratwasser			
Mesoklima	frisch (7), schattenseitig	trocken (4), sonnseitig	mäßig trocken (5), halbsonnseitig
NRF-Nr.	28	30	29
Nutzung	mäßige Beweidung (S)	mäßige-starke Beweidung (S)	(mäßige)-starke Beweidung (S)



## 5.3.2 Höhenstufen im Transekt 2: Bosteri

Der Transekt 2 liegt im mittleren Bereich des nördlichen Issyk-Kul-Beckens an der Südabdachung des Kungey-Alatau. Der Transekt liegt an der klimatischen Verbreitungsgrenze des Tien-Schan-Fichtenwaldes. Der Fichtenwald ist ab der hochmontanen Stufe anzutreffen, ist jedoch noch nicht so gut ausgebildet, wie in Transekt 3. Die höher gelegenen Bereiche mit Wald im Transekt 2 werden durch ENGELKE (1997) abgehandelt. Im folgenden werden nur die colline und die montane Höhenstufe des Transektes 2 vorgestellt.

Die colline Trockensteppen-Stufe (Abb. 5.3-07; Foto 5.3-27 ) liegt in 1 600–1 800/2 000 m Höhe. In dieser Stufe dominiert eine *Stipa capillata*-Trockensteppe auf „Hellem Kastanosem II“. Die Expositionsgegensätze sind gering. Größere Flächen werden durch Bewässerungsfeldbau genutzt. In Ufernähe sind zahlreiche künstliche Baumpflanzungen (*Ulmus* spec. u.a.) anzutreffen, die bewässert werden bzw. wurden. Im natürlichen Zustand sind die anhydromorphen Standorte baumfrei.

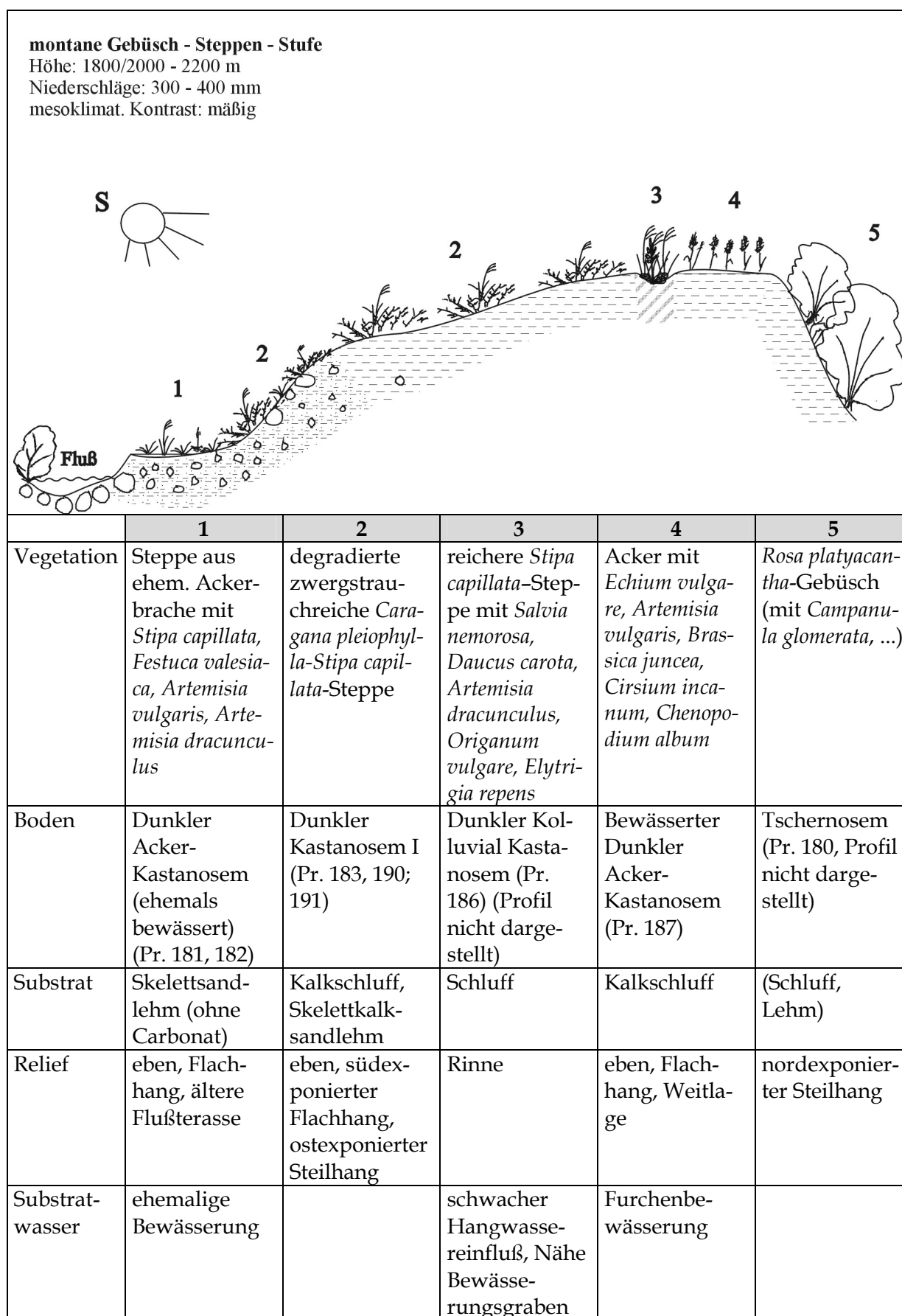
Die montane Steppen-Stufe (Abb. 5.3-08; Foto 5.3-28 ) liegt in 1 800/2 000–2 200 m Höhe. In dieser Höhenstufe dominiert eine zwergstrauchreiche *Caragana pleiophylla*-*Stipa capillata*-Steppe auf „Dunklem Kastanosem I“. Nur auf steileren Nordhängen findet sich eine Gebüschvegetation (*Rosa platyacantha*-Gebüsch mit *Campanula glomerata*, u.a.) auf Tschernosemen.

Die ehemals extrem intensive Beweidung führte in Verbindung mit der weitgehenden Zerstörung der ehemaligen Vegetationsdecke (*Stipa capillata*-Steppe) und starker Erosion zu einer dauerhaften Etablierung des vom Vieh weitgehend gemiedenen Zwergstrauches *Caragana pleiophylla*. *Caragana pleiophylla* tritt als Weidepflanze schwerpunktmäßig im Areal des „Dunklen Kastanosem I“ auf. Das massenhafte Auftreten von *Caragana* trägt zur Stabilisierung der Oberfläche und deutlichen Einschränkung der Erosion bei. Im Schutz der *Caragana pleiophylla*-Zwergsträucher wachsen einzelne Steppenpflanzen. Die entsprechenden Weideflächen haben jedoch nur einen geringen wirtschaftlichen Wert. Zu Sowjetzeiten gab es zahlreiche (erfolglose) Versuche, *Caragana* mit chemischen u.a. Methoden zu bekämpfen (ISAKOV 1975: 265-266). Diese Höhenstufe wird noch durch Bewässerungsfeldbau (Getreide) genutzt.

Abbildung 5.3–07: Colline Trockensteppen–Stufe im Transekt 2

colline Trockensteppen - Stufe		
Höhe: 1600 - 1800/2000 m		
Niederschläge: 200 - 300 mm		
mesoklimat. Kontrast: gering		
	1	2
Vegetation	<i>(Ephedra intermedia)</i> – <i>Artemisia tianschanica</i> – <i>Stipa capillata</i> – Trockensteppen (ohne <i>Salsola collina</i> !)	Getreide-Acker mit <i>Echium vulgare</i> , <i>Cannabis ruderalis</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Setaria viridis</i> , <i>Avena fatua</i> , <i>Descurainia sophiae</i> bzw. Futterbau oder Ackerbrache
Boden	Heller Kastanosem II (Pr. 185)	Heller Acker-Kastanosem II (Pr. 184)
Substrat	Skelettführender Kalksand	Skelettführender Sand ... Sandlehm
Relief	eben, Flachhang, Weitlage	eben, Flachhang, Weitlage
Substratwasser		Furchenbewässerung
Mesoklima	Sehr trocken (3)	sehr trocken (3)
NRF-Nr.	32	33
Nutzung	starke Beweidung (W)	Bewässerungsfeldbau

Abbildung 5.3-08: Montane Gebüsch-Steppen-Stufe im Transekt 2





Meso- klima	trocken (4)	trocken (4)	trocken (4+)	trocken (4)	mäßig trocken -mäßig frisch (5 - 6)
NRF-Nr.	36	34	35	37	38
Nutzung:	mäßige - starke Bewei- dung (F,H)	gegenwärtig mäßige Be- weidung, ehemals ex- trem intensive Beweidung, die mit Erosi- on und dauer- hafter Etablie- rung von <i>Caragana</i> <i>pleiophylla</i> - Zwergsträu- chern verbun- den war (F,H)	mäßige Be- weidung (F,H)	Bewässe- rungsfeldbau (F,H)	gelegentliche Beweidung



### 5.3.3 Höhenstufen im Transekt 3: Tschön-Örykty

Der Transekt 3 liegt im relativ niederschlagsreichen nordöstlichen Bereich des Issyk-Kul-Beckens an der Südabdachung des Kungey-Alatau, welcher zum Nördlichen Tianschan gezählt wird. Die landschaftsökologischen Untersuchungen wurden in einer Höhe von 1 600–3 100 m vorgenommen. Das untersuchte Talsystem des Flusses Tschon-Örykty ist ein Trogtal mit mehreren Seitentälern und erstreckt sich in Süd-Nord-Richtung vom Ufer des Issyk-Kul-Sees in 1 600 m Höhe bis zu den Kammlagen in etwa 3 800 m über eine Länge von etwa 19 km. Die Talsohle wurde durch Hangrutschungen/Kolluvium teilweise verengt. Der Hauptfluß hat sein Bett stellenweise einige Meter tiefer in die Talsohle eingeschnitten. Der Hauptfluß des Tales, der Tschon-Örykty, wird durch Schneeschmelz- und Regenwasser gespeist (nicht durch Gletscherschmelzwasser). Das Höhenprofil besitzt eine untere und eine obere Waldgrenze.

Die jährlichen Niederschläge betragen nach Angaben von ATLAS KIRGIZSKOY SSR (1987) in den unteren Bereichen ca. 500–600 mm und steigen zu den oberen Bereichen auf 800–900 mm an. Die Niederschlagsangaben erscheinen für die unteren Bereiche aufgrund der dort vorkommenden Steppenvegetation und der Steppenböden (Dunkle Kastanoseme) etwas hoch. Die unteren Bereiche weisen mittlere Julitemperaturen von 16–18 °C und mittlere Januar-temperaturen von –6 bis –8 °C auf und eine Schneedecke von 50–100 Tagen im Jahr (von 20–40 cm Mächtigkeit). Die oberen Bereiche weisen mittlere Julitemperaturen von 8–10 °C und mittlere Januar-temperaturen von –10 bis –12 °C auf und einer Schneedecke von 150–200 Tagen im Jahr (von 40–60 cm Mächtigkeit). Starke Expositionswirkungen führen in einzelnen Höhenstufen zu großen mesoklimatischen Unterschieden zwischen Nord- und Südhängen.

Im Transekt 3 wurden 43 Bodenprofile und 103 Vegetationsaufnahmen mit 364 Arten aufgenommen. Die untersuchten Höhenstufen des Transektes 3 werden in den Abbildungen 5.3-09 bis 5.3-14 dargestellt.

Die colline Steppen-Stufe (Abb. 5.3-09; Foto 5.3-29  bis 5.3-33 ) liegt in 1 600–1 800 m Höhe und grenzt an das Nordufer des Issyk-Kul-Sees. In dieser Stufe dominiert auf süd-, ost- und westexponierten Hängen eine stark beweidete zwergstrauchreiche *Caragana pleiophylla*-*Artemisia tianschanica*-*Stipa capillata*-Steppe auf „Dunklem Kastanosem I“ mit sand- und skelettreichem Substrat. Die Vegetationsbedeckung beträgt 40–50 %. In nordexponierter Lage kommt eine etwas reichere zwergstrauchreiche *Artemisia santalinifolia*-*Caragana pleiophylla*-*Stipa capillata*-Steppe mit einzelnen *Berberis spaerocarpa*-Sträuchern auf „Kalkschluff-Kastano-Tschernosem I“ vor. Zwischen Nord- und Südhängen sind bereits mäßige mesoklimatische Expositionsunterschiede erkennbar. Ebene Lagen werden - soweit es das Substrat erlaubt - durch Bewässerungsfeldbau genutzt. Durch die Bewässerung kommt es zu einer Kalkauswaschung der „Dunklen Acker-Kastanoseme“. Feldbau wird im verbreiterten Talaustritt aktuell bis zu einer Höhe von 1 760 m betrieben. Im Uferbereich des Issyk-Kul-Sees befinden sich auf grundwasserbeherrschten Sandrohböden *Sanddorn-Schilf*-Gebüsch mit Wuchshöhen von 4–5 m (Nr. 1 in Abb. 5.3-09). Es schließen sich grundwassergeprägte Bereiche an (Anmoorgley, Humusgley), die als Feuchtweiden intensiv genutzt werden. Diese Flächen haben sich durch Entwässerung und Moorschwund aus ehemaligen Moorstandorten entwickelt. Durch unwirksam werdende Dränierung kommt es allmählich zu einer Wiedervernässung.

Die submontane Gebüsch-Steppen-Stufe (Abb. 5.3-10; Foto 5.3-34  und 5.3-35 ) liegt in 1 800–2 000 m Höhe. Die Expositionsunterschiede zwischen Nord- und Südhängen sind stark. In Südexposition kommt eine zwergstrauchreiche *Artemisia santalinifolia*-*Caragana*

*pleiophylla-Stipa capillata*-Steppe mit einer Deckung von 65–75% auf „Dunklem Kastanosem I“ (aus sand- und skelettreichem Substrat) vor. Die südexponierten Hänge werden i.d.R. stark beweidet und sind erodiert. Teilweise fallen schon von weitem große runde „Flecken“ aus niedrigen *Juniperus pseudosabina*-Sträuchern auf, die insbesondere an erodierten Steppenstandorten vorkommen. Auf feuchtebegünstigten Nordhängen kommt ein *Berberis sphaerocarpa*-Gebüsch auf „Normalem Tschernosem III“ mit dem Substrat Schluff vor.

Die montane Fichtenwald-Steppen-Wiesensteppen-Stufe (Abb. 5.3–11; Foto5.3–36 CD bis 5.3–44 CD) liegt in 2 000–2 400 m Höhe. In dieser Stufe bestehen die größten Expositionsunterschiede innerhalb des Höhenprofils, was auch in der Bezeichnung der Höhenstufe mit drei unterschiedlichen (klimabedingten, zonalen) Vegetationsformationen zum Ausdruck kommt. Die jährlichen Niederschläge betragen hier etwa 600–700 mm.

Auf nordexponierten Hängen sind die Feuchteverhältnisse bereits so günstig, dass ein *Goodyera repens-Rhytidiadelphus triquetus-Picea schrenkiana*-Wald vorkommt. Die Bodenvegetation mit einer dichten Moosschicht (*Rhytidiadelphus triquetus*, *Brachythetium*-, *Plagiochila*-, *Thuidium*-, *Hypnum*-Arten) zeigt ein feuchtes Bestandesklima an. Die Bodendeckung beträgt 100 %. Hier finden sich zahlreiche boreale Arten wie *Goodyera repens* und *Pyrolaceen* wie *Pyrola rotundifolia* und *Moneses uniflora*. Weitere Arten sind: *Cicerbyta azurea*, *Aulacospermum symplex*, *Geranium rectum*, u.a. Der Boden unter dem moosreichen Tianschanfichtenwald ist eine „Saure Braunerde I“ aus Schluff über (tiefem Skelett), mit  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werten zwischen 4 und 5. Stärker aufgelichtete Wälder haben einen höheren Gebüschanteil, welcher sich aus vor allem folgenden Arten zusammensetzt: *Sorbus tianschanica*, *Lonicera altmannii*, *Rosa platyacantha* (*Rosa* durch Beweidung stärker gefördert). Ein charakteristischer Weidezeiger im Waldbereich ist *Aconitum septentrionale*.

Auf südexponierten Hängen befindet sich dagegen eine zwergstrauchreiche *Erigeron pseudo-seraoschanicus-Dracocephalum nodulosum-Stipa capillata*-Steppe. Die Vegetationbedeckung beträgt 90%. Vereinzelt sind niedrige trockenheitsresistentere *Spirea hypericifolia*-Sträucher anzutreffen. *Caragana pleiophylla* kommt hier nicht mehr vor. Der dazugehörige Boden ist ein „Kastano-Tschernosem I“ mit bis zu 10 % Humus im Oberboden, Entkalkung bis 30 cm (Substrat: i.d.R. Kalksand- und Schlufflehm). Ostexponierte Hänge ähneln den südexponierten Hängen.

Die westexponierten Hänge nehmen eine „Zwischenstellung“ zwischen Nord- und Südhang ein. Hier kommt eine reiche Wiesensteppe mit Gebüsch (Vegetationsform: gebüschreiche *Campanula glomerata-Spirea hypericifolia-Elymus caninus*-Wiesensteppe) mit einer Deckung von 100 % vor. Wichtige Arten sind *Campanula glomerata*, *Codonopsis clematidea*, *Delphinium turkestanicum*, *Galium verum*. Als Gras kommt vor allem *Elymus caninus* vor (kein *Stipa*). Der Gebüschanteil beträgt 15–35 %. Wichtige Büsche sind *Spirea hypericifolia*, *Berberis sphaerocarpa*, *Rosa platyacantha*, *Cotoneaster melanocarpa*, *C. uniflorus*. Der Boden ist ein „Ausgelaugter Schluff-Tschernosem I“ (luvic chernozem) mit tiefer Entkalkung, Tonverlagerung,  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -Werten unter 6 und einem mächtigen Humushorizont. Auf diesen westexponierten Standorten wurden teilweise Fichtenforsten angelegt. Auf „Ausgelaugtem Tschernosem“ kommt in westexponierter Lage der Tianschan-Fichtenwald bereits an seine Trockengrenze. Dem Wald fehlt hier im Gegensatz zum nordexponierten Wald die Bodenvegetation (*Piceetum nudum*). Hier nutzt die Baumschicht den Wasservorrat des Bodens vollständig für sich aus, so daß für die Bodenvegetation nichts mehr übrig bleibt (WALTER & BRECKLE 1994: 342).

Die expositionsabhängige Anordnung der klimabedingten Bodentypen „Saure Braunerde“, „Ausgelaugter Tschernosem“ und „Kastano-Tschernosem“ in der Höhenstufe bekräftigt die Annahme, dass auch die Anordnung der Vegetationstypen im wesentlichen durch expositionsbedingte Klimaunterschiede bestimmt wird und nicht vorrangig anthropogen bedingt ist.

So kann sich entlang von Hangrücken zwischen der nordexponierten und der südexponierten Seite eine natürliche Waldgrenze ausbilden. Der „Kastano-Tschernosem“ auf Südhang ist ein typischer Steppen-Boden, während die „Saure Braunerde I“ deutlich feuchtere Bedingungen anzeigt und in dieser Höhenstufe nur unter Wald bzw. Waldersatzvegetation vorkommt. Die großen Expositionsunterschiede können damit erklärt werden, dass Feuchte- und Temperaturbedingungen ökologische Schwellenwerte erreichen. Auf beschattetem N-Hang begünstigen die ausgeglichenen Feuchte- und Temperaturbedingungen das Waldwachstum. Schnee und Feuchtigkeit halten sich länger. Unter Fichtenwald wurde im Untersuchungsgebiet jedoch in keinem Fall Dauerfrost gefunden. Auf Südhängen kann sich bei starker direkter Sonneneinstrahlung und Erwärmung die Schneedecke nur kurze Zeit halten. Der Feuchtigkeitsvorrat im Boden ist geringer. Die Trockenheit und die auf Südhängen häufigen Frostwechselbedingungen zwischen Erwärmung am Tag und nächtlicher Abkühlung behindern das Baumwachstum. Ost- und West-Hänge nehmen bezüglich der Sonnenexposition eine Zwischenstellung zwischen Nord- und Süd-Hang ein. Dennoch ähneln Ost-Hänge mehr den Süd-Hängen, da bei ihnen die Sonnenstrahlung bereits früh am Morgen auftreffen, und der nächtliche Tau schnell verdunstet. Dagegen nehmen West-Hänge auch ökologisch eine Zwischenstellung zwischen Nord- und Süd-Hängen ein. Westhänge werden erst im Laufe des Tages von der Sonnenstrahlung erreicht. Der Tau ist länger vegetationswirksam. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, daß die Niederschläge häufig mit Westwinden verbunden sind, und daher stärker auf Westhängen als auf Ost-Hängen zur Wirkung kommen.

Das Foto 5.3-38 **CD** zeigt den natürlichen Waldrand entlang eines Hangrückens zwischen einem nordexponierten Tienschanfichten-Wald (*Picea schrenkiana*) und einer südexponierten Steppe in der montanen Fichtenwald-Steppen-Wiesensteppen-Stufe.

Tabelle 5.3-01: Höhengrenzen des Vorkommens der Tienschan-Fichte (*Picea schrenkiana*) und von Wachholder (*Juniperus turkestanica*) in m

	Transekt 3: Tschon- Örykty (Kungey-Alatau)	Kungey-Alatau (WALTER & BRECKLE 1994: 338)
Obere Waldgrenze ( <i>Picea schrenkiana</i> )	2 700	2 850
Obergrenze <i>Picea schrenkiana</i>	2 900–3 000	3 100
Obergrenze <i>Juniperus turkestanica</i> - Kniegehölz	3 100–3 200	3 250
untere Grenze <i>Juniperus turkestanica</i>	(2 340), viel ab 2 550	
untere Grenze <i>Picea schrenkiana</i> -Wald	2 000 auf N-Hang (ab 2 400 auf allen Expo- sitionen)	

Die hochmontane Fichtenwald-Stufe (Abb. 5.3-12; Foto 5.3-45 **CD** bis 5.3-48 **CD**) liegt in einer Höhe von 2 400–2 600 m. Die Expositionsgegensätze treten hier zurück, wofür teilweise auch die geschützte Lage des relativ engen Tales verantwortlich ist. Die klimatischen Feuchtebedingungen verbessern sich für Tienschanfichten immer mehr, so dass diese nicht mehr auf Nordhänge beschränkt sind, sondern auch auf West- und Osthängen und sogar auf leicht geneigten Südhängen und an steilen Felshängen vorkommen. Stark geneigte Südhänge wurden in dieser Stufe nicht angetroffen. Aufgrund der größeren Bewölkungshäufigkeit hat sich der Anteil der direkten Sonnenstrahlung verringert, so dass diese nicht mehr so stark differenzierend auf das Höhenstufenmosaik wirken kann. Die Tienschanfichten weisen in der Stufe häufig einen schlanken Wuchs auf und bilden i.d.R. offene Bestände. Der typische Boden ist eine „Saure Braunerde“ ( $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  um 4). Fichten kommen aber auch auf grobem

Flußschotter vor. Hier sind bereits erste subalpine/alpine Arten wie *Poa alpina*, *Phleum alpinum* anzutreffen. Durch Beweidung werden besonders gefördert: *Aconitum septentrionale*, *Rosa platyacantha*, *Alchemilla retropilosa*, *Rumex paulsenianus*.

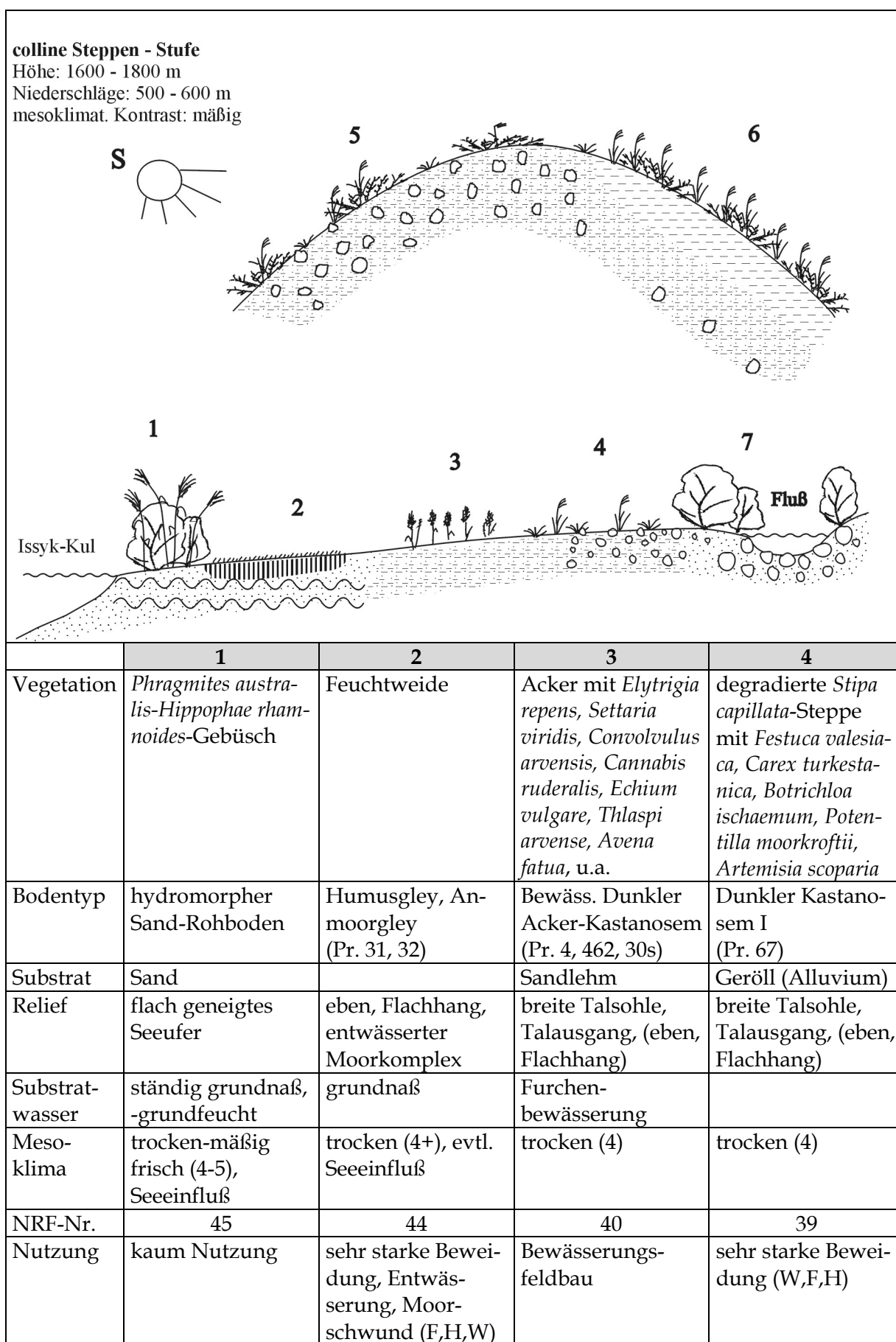
Die subalpine (Fichten-Wacholder-) Gebüschwald-Stufe (Abb. 5.3-12; Foto 5.3-49 CD bis 5.3-52 CD) liegt in einer Höhe von 2 600–2 900 m. Die Expositionsunterschiede sind gering. Charakteristisch für diese Höhenstufe ist ein *Juniperus turkestanica*-*Picea schrenkiana*-Gebüschwald. Die Fichten bilden keine geschlossenen Bestände. Nach oben hin nehmen Wacholdergebüsche immer stärker zu und erreichen Höhen von 3–4 m. Fichten kommen dann nur noch vereinzelt bzw. in kleinen Gruppen innerhalb der Wacholdergebüsche vor. Die letzten Fichten in Baumform waren bis ca. 2 900 m anzutreffen. Die freien Bereiche zwischen den Bäumen und Sträuchern werden beweidet. Durch Beweidung werden besonders gefördert: *Alchemilla retropilosa*, *Rumex paulsenianus*, *Poa supina*. Der Boden ist eine „Saure Braunerde“.

Die untere alpine Gebirgswiesen-Kniegebüsch-Stufe (Abb. 5.3-12; Foto 5.3-53 CD und 5.3-54 CD) befindet sich in einer Höhe von 2 900 m bis >3 100 m. In dieser Höhenstufe kommt es wiederum zu einer deutlichen expositionsbedingten Differenzierung der Vegetation und der Böden. Auf Nordhängen ist eine krautreiche *Pedicularis oederi*-*Allium atosanguineum*-*Alchemilla retropilosa*-Gebirgswiese auf „Saurer Braunerde III“ (aus Schluff) verbreitet. Auf sonnenexponierten Südhängen findet man dagegen ein kniehohes Wacholdergebüsch (*Rhodiola-linearifolia*-*Erigeron aurantiacus*-*Juniperus turkestanica*-Kniegebüsch) auf „Saurer Graubraunerde“ (aus Skelettsandlehm). In dieser Höhenstufe scheinen das geringe Wärmeangebot und die Kürze der Vegetationsperiode die limitierenden Faktoren für das Wachstum von Gehölzen (*Juniperus turkestanica*) zu sein und nicht das Feuchteangebot. Daher kommt Wacholder fast nur noch auf stärker erwärmten Südhängen vor. Die Expositionsunterschiede sind aber auch kleinflächig wirksam. So kam es auf einem ansonsten gehölzfreien Nordhang vor, daß an der Oberfläche liegende große Steine und Felsblöcke an ihrer südwärts gerichteten Seite kleinflächig niedrige Wacholdersträucher aufwiesen, in einem Fall sogar eine Krüppelform der Tienschanfichte in 3 000 m. Auf der Südseite großer Steine und Blöcke führt die Sonneneinstrahlung zu stärkerer Erwärmung, früherem Abschmelzen der Schneedecke und einer Verlängerung der Vegetationsperiode und ermöglicht so noch das Wachstum von Wacholder. Im Vergleich wiesen die Sommerweidegebiete im Transekt 3 deutlich geringere Erosionserscheinungen auf als im Transekt 1.

Die alpinen Lagen (> 3 300 m Höhe) werden in diesem Gebiet vor allem durch Schutthalden und Fels geprägt. Die Vegetationsbedeckung ist gering. Die natürliche Vegetationsgrenze wird hier aber noch nicht erreicht. Diese Bereiche werden nicht mehr als Sommerweide genutzt.

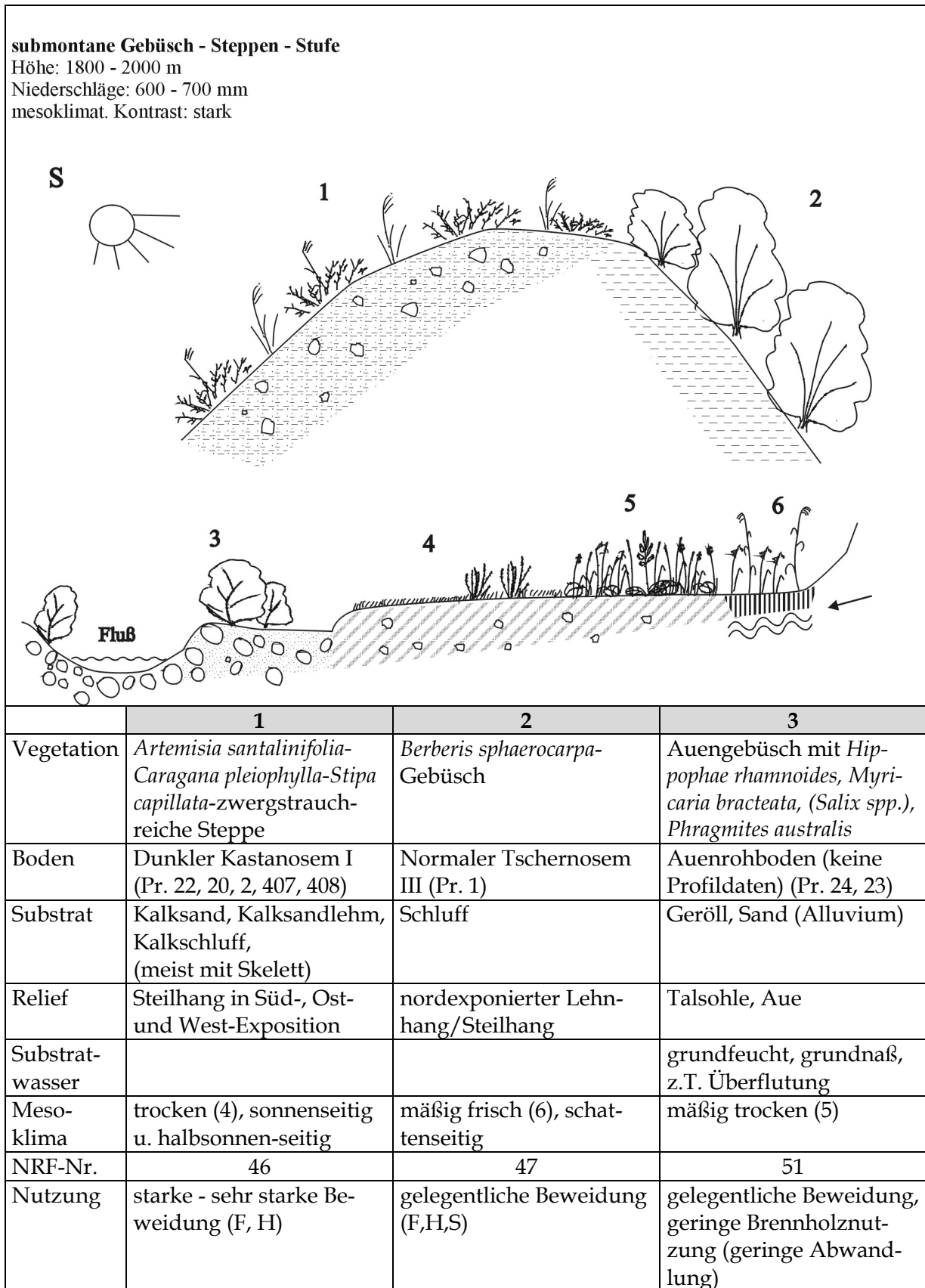


Abbildung 5.3-09: Colline Steppen-Stufe im Transekt 3



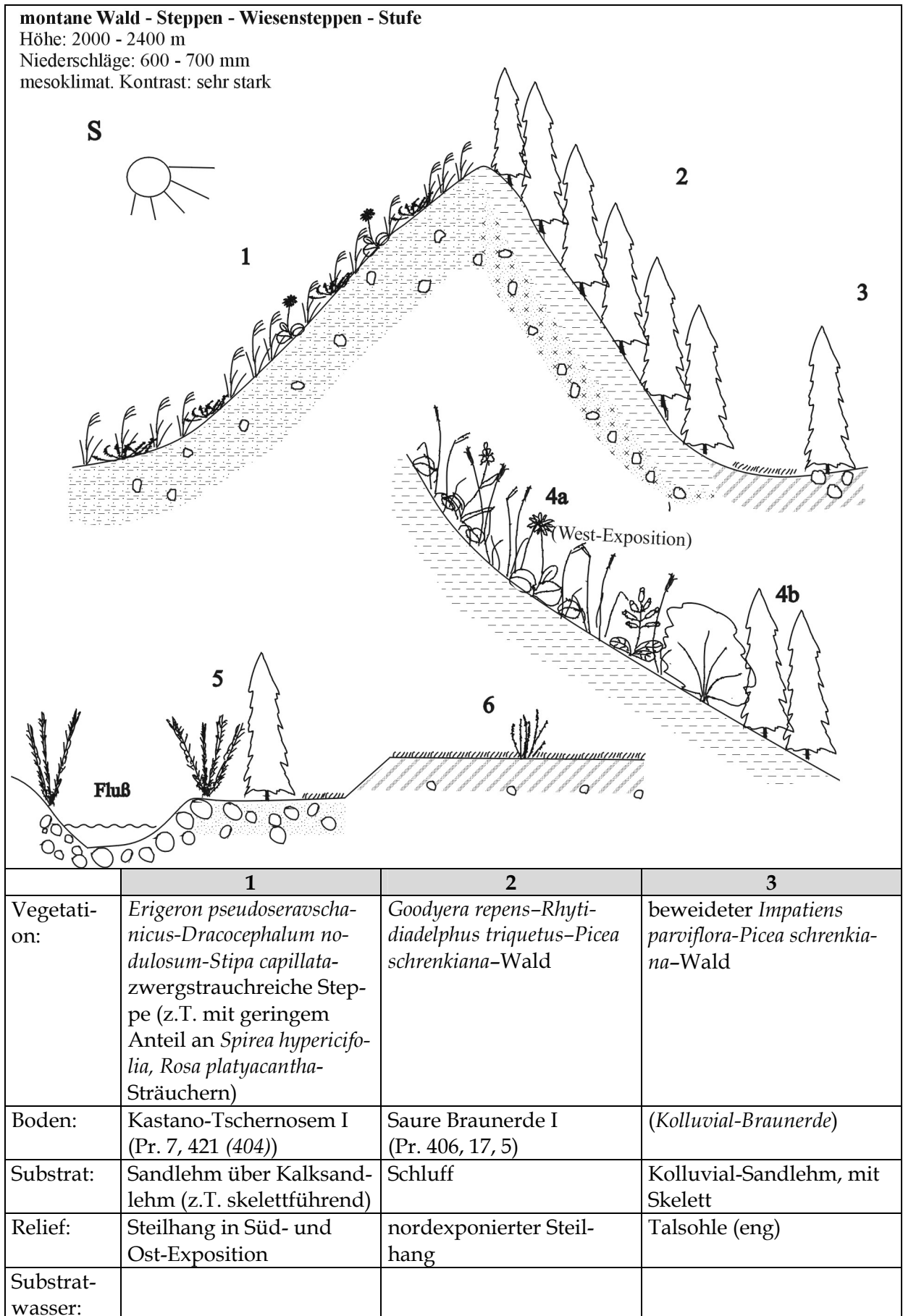
	5	6	7
Vegetation	<i>Caragana pleiophylla</i> - <i>Artemisia tianschanica</i> - <i>Stipa capillata</i> -zwer- strauchreiche Steppe	<i>Artemisia santalinifolia</i> - <i>Caragana pleiophylla</i> - <i>Stipa</i> <i>capillata</i> -zwergrausch- reiche Steppe mit einzelnen <i>Berberis sphaerocarpa</i> - Sträuchern	Auengebüsch mit <i>Hip- pophae rhamnoides</i> und <i>Salix spp.</i>
Bodentyp	Dunkler Kastanosem I (Pr. 68, 403)	Kastano-Tschernosem I (Pr. 69)	Auen-Rohboden (kein Profil)
Substrat	Kalkskelett, (Kalk-) Sandskelett	Kalkschluff	(Geröll, Sand alluvial)
Relief	Steilhang in Süd-, Ost- und West-Exposition	nordexponierter Steilhang	Aue
Substrat- wasser			grundfeucht, grundnaß, z.T. Überflut.
Mesokli- ma	trocken (4)	schattenseitig, mäßig tro- cken (5)	trocken (4)
NRF-Nr.	41	42	43
Nutzung	sehr starke Beweidung verbunden mit starker Erosion und degradier- ter Vegetation (F,H,W)	mäßige - starke Beweidung (F,H)	gelegentliche Bewei- dung

Abbildung 5.3-10: Submontane Gebüsch-Steppen-Stufe im Transekt 3



	4	5	6
Vegetation	Weide mit <i>Urtica cannabiana</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Berteroa incana</i> ; <i>Urtica cannabiana</i> -Lägerflur	bewässerte <i>Dactylis glomerata</i> -Mähwiese mit <i>Salvia nemorosa</i> , <i>Origanum vulgare</i> , u.a.; z.T. Ausbildung mit <i>Arrhenatherum elatius</i>	<i>Phragmites australis</i> - <i>Carex orbicularis</i> -Ried; teilweise Ausbildung mit <i>Phleum pratense</i> (Feuchtwiese)
Boden	Kolluvial-Tschernosem I (Pr. 74, 409 Weide; Pr. 401 Lägerflur)	Kolluvial-Tschernosem I (Pr. 18, 410)	Torf -Ried/-Fenried (keine Profil-Daten)
Substrat	Kolluvial-Sandskelett, Kolluvial-(Skelett) - Schluff,	kolluvialer Sandlehm, kolluvialer Kalkschluff (skeletthaltig)	
Relief	Talsole (enger)	Talsole (weiter)	Talsole, Moorbereiche
Substratwasser	(evtl. geringer Hangwassereinfluß)	Furchenbewässerung	grundsumpfig, grundnaß (Quell- / Durchströmungsmoor)
Mesoklima	mäßig trocken (5)	mäßig trocken (5-)	mäßig trocken (5)
NRF-Nr.	48	49	50
Nutzung	sehr starke Beweidung, Eutrophierung/Lägerflur (ohne Erosion) (F,H,S)	bewässerte Mähwiese	Mähnutzung

Abbildung 5.3-11: Montane Wald-Steppen-Wiesensteppen-Stufe im Transekt 3



Mesoklima:	mäßig trocken (5), sonnenseitig	mäßig feucht (8), schattenseitig	frisch (7)
NRF-Nr.:	52	55	57
Nutzung:	mäßige Beweidung, (geringe Abwandlung) (S)	naturnah, gegenwärtig keine Holznutzung	mäßige - starke Beweidung, Baumbestand erhalten geblieben (S)

	4a	4b	5	6
Vegetation	<i>Campanula glomerata-Spirea hypericifolia-Elymus caninus</i> -gebüschreiche Wiesensteppe	trockener <i>Picea schrenkiana</i> -Forst (fast ohne Unterwuchs) (" <i>Piceetum nudum</i> ")	<i>Myricaria bracteata-Picea schrenkiana</i> - (Auen-) Gebüschwald	<i>Urtica cannabiana-Poa supina</i> -Weide
Boden	Ausgelaugter Tschernosem I (unter Wiesensteppe) (Pr. 411, 66, ...)	Ausgelaugter Tschernosem I (mit Humusaufgabe) (Pr. 8, 36, 14)	Auenboden	Kolluvial-Braunerde (Pr. 35) (z.T. Kolluvial-Tschernosem in Talsohle in Abhängigkeit von Lage zu benachbarten Hängen)
Substrat	Schluff	Schluff	(Geröll, Sand, Alluvium)	Kolluvial-Sandlehm
Relief	westexponierter Steilhang	westexponierter Steilhang, nordostexp. stärker geneigter Leihhang	Talsole, Aue	Talsole
Substratwasser			grundfeucht, grundnaß, z.T. Überflutung	
Mesoklima	frisch (7), halbschattig	frisch (7), halbschattig	frisch (7)	mäßig frisch - frisch (6 - 7)
NRF-Nr.	53	54	59	58
Nutzung	geringe Beweidung (naturnah) (S)	Fichtenanpflanzung, dadurch Oberbodenveränderung und stärkerer Wasserentzug	gelegentlich Beweidung (S)	sehr starke Beweidung, ehemaliger Fichtenbestand durch sekundäre Weidevegetation verdrängt, keine Erosion (S)

Abbildung 5.3-12: Hochmontane Wald-Stufe

**hochmontane Wald - Stufe**  
 Höhe: 2400 - 2600 m  
 Niederschläge: 700 - 800 mm  
 mesoklimat. Kontrast: gering (in geschützter Lage)

	1	2	3
Vegetation	beweideter <i>Aconitum septentrionale</i> - <i>Alchemilla retropilosa</i> - <i>Picea schrenkiana</i> -Offenwald	beweideter <i>Picea schrenkiana</i> Offenwald	Fichten am Felshang
Boden	Saure Braunerde II (Pr. 62)	Auen-Rohboden (kein Profil)	
Substrat	Schluff	(Geröll, Sand, Alluvium)	
Relief	südexponierter Flachhang, Lehnhang, (geschützte Lage)	Talsole, Aue	
Substratwasser		grundfeucht, grundnaß, z.T. Überflutung	
Mesoklima:	feucht (9)	feucht (9)	
NRF-Nr.	60	61	
Nutzung	mäßige - starke Beweidung, Fichtenbestand zum großen Teil erhalten geblieben, dazwischen abgeweidete Vegetation (kaum Verjüngung) (S)	mäßige Beweidung, Durchzugsweide (S)	

Abbildung 5.3-13: Subalpine-Gebüschwald-Stufe

**subalpine (Fichten-Wacholder) Gebüschwald Stufe**  
 Höhe: 2600 - 2900 m  
 Niederschläge: 800 - 900 mm  
 mesoklimat. Kontrast: gering (-mäßig)

	1	2	3
Vegetation	<i>Juniperus turkestanica</i> - <i>Picea schrenkiana</i> -Ge- büschwald (mit <i>Erigeron</i> <i>aurantiacus</i> , <i>Cortusa brot-</i> <i>heri</i> , ab 2 550 m Zunahme des Wacholder-, Abnah- me des Fichtenanteils)	<i>Alchemilla retropilosa</i> - Lägerflur	
Boden	Saure Braunerde II (Pr. 71)	Saure Kolluvial- Braunerde, podsoliert (durch Beweidung?) (Pr. 10)	Auen-Rohboden
Substrat	Skelettsandlehm	kolluvialer Schluff	Geröll, Grobsand
Relief	südexponierter Lehn- hang	Talsole, Weitlage (loka- le Senkenlage)	Talsole, Aue
Substrat- wasser			grundfeucht, z.T. Über- flutung
Meso- klima	feucht (9) subalpines ( <i>Fichten-Wacholder</i> )- Gebüschwald-Klima 2 600-2 900 m (TÖ6b)	feucht (9)	feucht (9)
NRF-Nr.	62	63	64
Nutzung	starke Beweidung (Baum- und Strauchbest- and zum großen Teil erhalten geblieben) (kaum Verjüngung) (S)	Lägerflur, Eutrophie- rung, Bodenverdichtung (S)	mäßige Beweidung (S)



Abbildung 5.3-14: Untere alpine Gebirgswiesen-Kniegebüsch-Stufe

untere alpine Gebirgswiesen - Kniegebüsch - Stufe			
Höhe: 2900 - 3100 ... m			
Niederschläge: 800 - 900 mm			
mesoklimat. Kontrast: mäßig			
	1	2	3
Vegetation	<i>Rhodiola linearifolia</i> -( <i>Eri-geron aurantiacus</i> -) <i>Junipe-rus turkestanica</i> -Knie-gebüsch	<i>Pedicularis oederi</i> - <i>Allium atrosanguineum</i> - <i>Alche-milla retropilosa</i> -Gebirgs-wiese	<i>Angelica brevicaulis</i> -Ufer-Staudenflur (mit <i>Primula turkestanica</i> )
Boden	Saure Graubraunerde (Pr. 412, 60)	Saure Braunerde III (Pr. 9, 420)	Auen-Rohboden
Substrat	Skelettsandlehm, skelett-führender Sand	Schluff	Geröll, Sand (Alluvium)
Relief	südexponierter Steilhang	nordexponierter Steil-hang	engere Talsohle, Aue (Flußuferbereich)
Substrat-wasser			grundfeucht, grundnaß, z.T. Überflutung
Meso-klima	sehr feucht (10), sonnen-seitig	sehr feucht (10), schat-tenseitig	sehr feucht (10)
NRF-Nr.	65	66	67
Nutzung	geringe ... starke Bewei-dung (z.T. schwer zu-gänglich) (S)	mäßige Beweidung (S)	mäßige Beweidung (S)

## 5.3.4 Höhenstufen im Transekt 4: Santasch

Das Transekt 4 liegt im östlichen Bereich des Issyk-Kul-Beckens. Es ist der Bereich mit den höchsten Niederschlägen innerhalb des Issyk-Kul-Beckens. Im Transekt 4 wurde nur die montane Höhenstufe in 2 000–2 100 m NN untersucht. Bereits in dieser Höhe betragen die mittleren jährlichen Niederschläge 800–900 mm. Der Winter ist sehr schneereich mit einer mittleren Schneedeckenhöhe von 80–100 cm. Das Gebiet weist innerhalb des gesamten Issyk-Kul-Gebietes die mit Abstand meisten Nebeltage (>50 Tage Nebel im Jahr) auf (Klimaangaben nach Atlas Kirgizskoy SSR 1987).

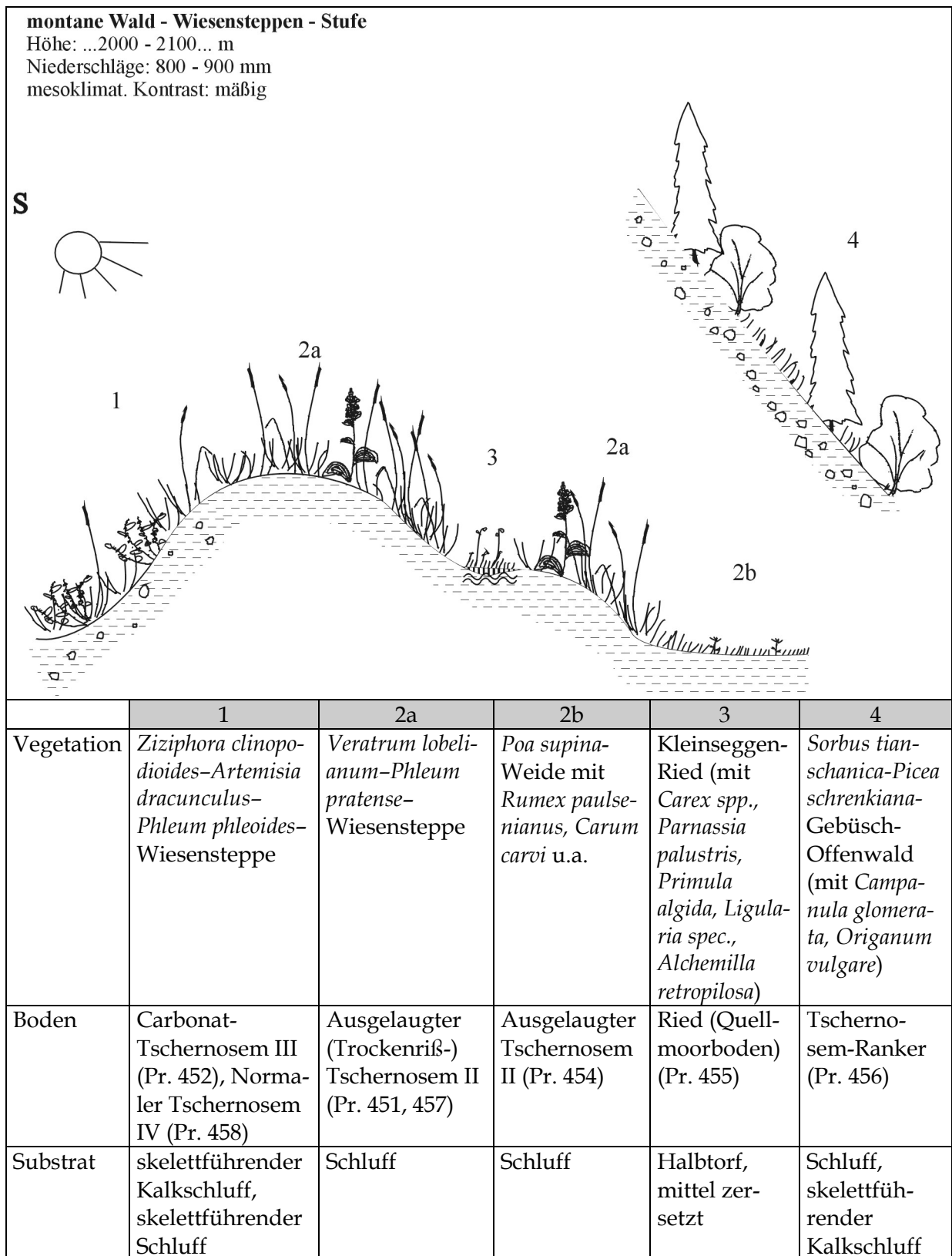
Der Höhenbereich von 2 000–2 100 m wurde der montanen Wald–Wiesensteppen–Stufe (Abb. 5.3–15; Foto 5.3–55 bis 5.3–58 **CD**) zugeordnet. Wiesensteppe ist die dominierende Vegetationsform in fast allen Expositionslagen. Nur auf steil geneigten Nordhängen kommt ein Gebüsch–Offenwald (auf Tschernosem-Ranker) vor. Im Bodenmosaik ist unter Berücksichtigung aller Expositionen nur das Spektrum von „Carbonat-Tschernosem“, „Normalem Tschernosem“ und „Ausgelaugtem (Trockenriß-) Tschernosem“ bzw. „Tschernosem-Ranker“ sowie hydromorphe Böden anzutreffen. Die Expositionsgesätze sind hier nicht so stark ausgeprägt wie in der montanen Wald–Steppen–Wiesensteppen–Stufe im Transekt 3. Es fehlen sowohl „Kastanosem“ bzw. „Kastano-Tschernosem“ auf Südhang als auch „Saure Braunerden“ auf nordexponierten Steilhängen.

In ebener Lage und auf leicht geneigten Nordhängen kommt eine *Veratrum lobelianum-Phleum pratense*-Wiesensteppe auf „Ausgelaugtem (Trockenriß-) Tschernosem II“ vor. Die sehr stark ausgeprägte Ton- und Humusverlagerung entlang von Trockenrissen beim „Ausgelaugten (Trockenriß-)Tschernosem II“ deutet auf einen ausgeprägten Wechsel in den Feuchtebedingungen mit starker Durchfeuchtung und zeitweise tiefer Austrocknung mit Bildung von Trockenrissen hin.

Die Südhänge tragen ebenfalls eine Wiesensteppe, allerdings mit z.T. abweichender Artenzusammensetzung (*Ziziphora clinopodioides-Artemisia dracunculus-Phleum phleoides*-Wiesensteppe) auf „Carbonat-Tschernosem III“ bzw. „Normalem Tschernosem IV“. Bei den südexponierten „Tschernosemen“ steht Carbonat höher an und es fehlt die Ton- und Humusverlagerung.

In dem niederschlagsreichen Gebiet kommt es in mittleren und unteren Hangbereichen immer wieder zu kleinen Bodenwasseraustritten mit der Bildung kleiner Quellmoor-/Hangmoorbereiche. Offensichtlich tritt hier Wasser aus, das in den durchlässigen und locker gelagerten „Tschernosemen“ des Bodenmosaiks zuvor als Niederschlagswasser versickert war und lateral transportiert wurde.

Abbildung 5.3-15: Montane Wald-Wiesensteppen-Stufe.



Relief	südexponierter Lehnhang, südexponierter Steilhang	nordexponierter Lehnhang + Flachhang, offene Lage	nordexponierter Flachhang + Lehnhang	Quellbereich in mittlerer Lehnhanglage, kleine Nische (offene Lage)	nordexponierter Steilhang
Substratwasser		(bei Profil 451 zeitweise Stauwasser im Unterboden (ab 120 cm Oxidations-Reduktions-Flecken)		grundnaß, grundsumpfig, quellig	
Mesoklima	mäßig frisch (6)	frisch (7)	frisch (7)	frisch (7)	frisch (7+)
NRF-Nr.	68	69	70	72*	71
Nutzung	Beweidung im Herbst ? (H?)	( <i>natürliche</i> ) Mähwiese (Beweidung im Herbst?), (ehemals stärkere Beweidung?)	sehr starke Beweidung, Eutrophierung, (Ersatzvegetation) (S,H)	mäßige Beweidung (H?)	zur Zeit keine Nutzung, Boden erodiert (vermutlich nach früherer Abholzung)

## 5.3.5 Höhenstufen im Transekt 5: Arabelsu

Der Transekt 5 liegt in der Syrte Arabel, einem breiten Hochtal in einer Höhe von 3 750 m. Begrenzt wird das Hochtal durch den nördlich gelegenen Terskey-Alatau und die südlich gelegene Kette Dschetymbel, deren Gipfel bis in Höhen von etwa 4 500 m NN ansteigen. Die Kargletscher und Schneefelder reichen bis etwa 4 000 m NN herunter.

Der Höhenbereich von 3 750–3 900 m NN wurde als „hochalpine Polstertundren-Gebirgssteppen-Stufe“ (Abb. 5.3–16; Foto 5.3–59 bis 5.3–68 **CD**) bezeichnet. Die jährlichen Niederschläge betragen hier ca. 400–500 mm (Angaben nach Atlas Kirgizskoy SSR 1987). Die durchschnittliche mittlere Jahrestemperatur beträgt an der benachbarten meteorologischen Station „Tienschan“ (Höhe 3 614 m NN)  $-7,7^{\circ}\text{C}$  (Angabe nach RYAZANTSEV 1965). Auch im Sommer gibt es täglich Nachtfröste. Alle Niederschläge fallen als Schnee. Über die Arabel-Syrte liegen aus den 50er Jahren Ergebnisse landschaftkundlich-typologischer Untersuchungen vor (BAIGUTTIEV et al. 1958).

Das Hochtal ist 2 Monate (Juli und August) als Sommerweide nutzbar. Dauerfrost kommt je nach Exposition und Vegetationsbedeckung ab einer Bodentiefe von 40 cm bis  $>2$  m vor. Im Bereich des Transektes wurden in 3 750 ... 4 000 m Höhe insgesamt 106 Gefäßpflanzenarten (MROTZEK 1996) und zusätzlich 3 Arten von Wanderflechten gefunden.

Große Flächen des Hochtales werden von einer „Polsterflecken-Gebirgstundra“ (*Smelovskia calycina-Sibbaldia tetrandra*-Polsterfleckentundra) eingenommen. Die niedrigen Polster werden aus *Sibbaldia tetrandra* gebildet. Die Polster weisen teilweise ein hohes Alter auf. Sie wachsen konzentrisch nach außen und sterben innen ab. So bilden die Polster z.T. Kreise von mehreren Metern Durchmesser. Nicht von Polstern bedeckte Bodenflächen weisen polygonartige Trockenrisse von wenigen Zentimetern Tiefe auf (Foto 5.3–63 **CD** und 5.3–64 **CD**). Im Schutz der Trockenrisse gedeihen Wanderflechten (*Aspicilia fruticulosa*, *Aspicilia vagans*, *Alloctraria madreporiformis*)<sup>21</sup> aber auch Einzelpflanzen von *Saussurea leucophylla*, *Erigeron heterochaeta*, sowie *Kobresia humilis*, *Trisetum spicatum*, *Festuca valesiaca*, *Poa alpina*, *Oxygraphis glacialis*, *Oxytropis* spp..

In den Trockenrissen genießen die Pflanzen und Flechten Schutz vor Wind. Außerdem werden die Pflanzen in den Rissen durch kapillaren Wasseraufstieg versorgt, was an der verkrusteten Oberfläche mit Plattengefüge nicht gegeben ist. Die Deckung der Polsterflecken-Gebirgstundra liegt bei 10–80 % (je nach Bezugsrahmen). Die windexponierten und z.T. schattigen Standorte werden weniger erwärmt und unterliegen einem starken Kältestreß.

Auf geschützten, stärker sonnenbeschienenen und erwärmten Standorten kommt eine *Kobresia humilis-Festuca alata*- (Hoch-)Gebirgssteppe mit einer Deckung von 70–95 % vor. Weitere Arten sind *Leontopodium ochroleucum*, *Kobresia capilliformis* u.a. Auf ehemaligen Lägerfluren dominiert *Poa supina*.

Über dem stauenden Dauerfrostkörper führen Grund-, Stau-, und Hangwasser zu zahlreichen Moorbildungen und zu anderen hydromorphen Standorten mit Seggenrieden. Die dominante Art hydromorpher Standorte ist *Carex melanantha*. Entlang von Gletscherflüssen gibt es Bereiche, die im Sommer einer täglichen Überflutung ausgesetzt sind. Die höchsten Wasserstände werden nachmittags erreicht, wenn die starke Sonneneinstrahlung auf den

<sup>21</sup> Die Flechten wurden durch Frau Dr. B. Litterski, Botanisches Institut, Universität Greifswald bestimmt.

Gletschern zur maximalen Bildung von Schmelzwasser führt. Bei der abendlichen Abkühlung gehen die Wasserstände allmählich zurück. An bewölkten Tagen sind die Schmelzwassermengen deutlich geringer und es werden nur kleinere Bereiche der Aue überflutet. Die Gletscherflüsse führen eine hohe Stofffracht (Gletschertrübe, Schluff) die auf den Auenflächen zur Sedimentation führt. Unter den *Leontopodium ochroleucum*-*Carex melanantha*-Überschwemmungsrassen erhalten sich torfartige Strukturen, die durch die Schluffsedimentation „verdünnt“ werden.


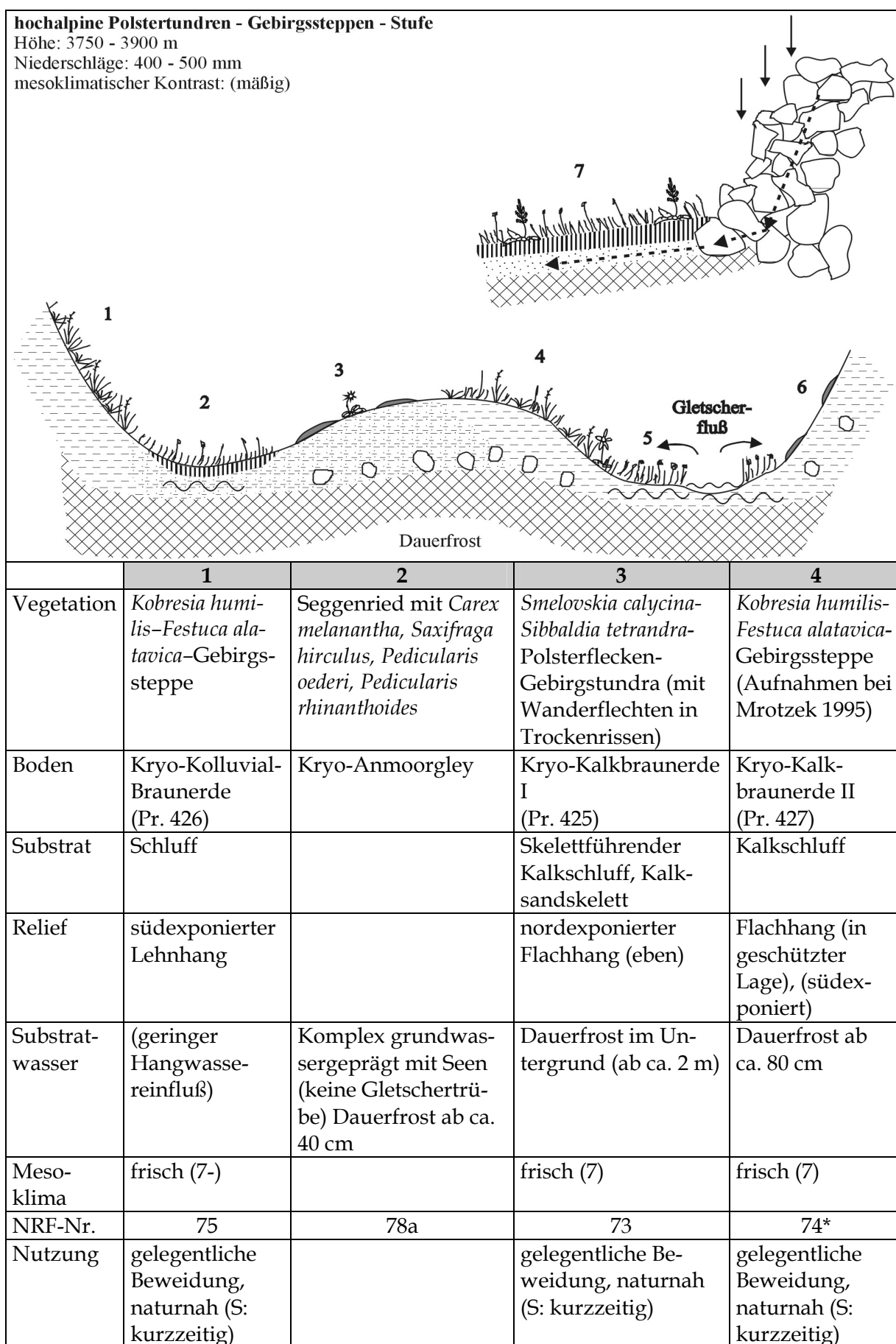
Die subnivalen Bereiche (Foto 5.3-69 ) sind durch Schutt- und Blockhalden mit stellenweise Feinerdeansammlungen und fleckenhafter Vegetationsbedeckung geprägt.


Abbildung 5.3-16: Hochalpine Polstertundren-Gebirgssteppen-Stufe im Transekt 5.



	5	6	7
Vegetation	<i>Leontopodium ochroleucum</i> – <i>Carex melanantha</i> -Überschwemmungs-Rasen (Deckung: 75-95 %, weitere Arten: <i>Festuca valesiaca</i> , u.a.) (Aufn. bei Mrotzek 1995)	<i>Sibbaldia tetrandra</i> -Polsterflecken-Gebirgstundra (mit Solifluktionsstreifen)	<i>Pedicularis rhinanthoides</i> - <i>Carex melanantha</i> -Ried
Boden	Kryo-(Auen-)Gley	kein Profil (Kryo-KalkBrE I)	Kryo-Anmoor (Pr. 424)
Substrat	Kalkschluff mit torfartigen Strukturen (Kalkantorf)	(Kalkschluff, Kalksandlehm)	Sandlehm (dünne Torfdecke)
Relief	Auenbereich, weite Tallage	nordexponierter Lehn- und Steilhang	Flachhang am Fuß einer hohen jungen Seitenmoräne aus grobem Schutt
Substratwasser	grundsumpfig, im Sommer tägliche Überflutung durch Gletscherfluß mit hohem Schwebstoffanteil (Gletschertrübe)		grundsumpfig, Durchströmungsregime über Dauerfrost in 40 - 70 cm Tiefe
Mesoklima	frisch (7+)	frisch (7)	frisch (7+)
NRF-Nr.	77*	76*	78
Nutzung	keine/gelegentliche Beweidung, naturnah (S: kurzzeitig)	fast keine Beweidung, naturnah (S: kurzzeitig)	seit längerer Zeit keine Beweidung mehr (S: kurzzeitig)



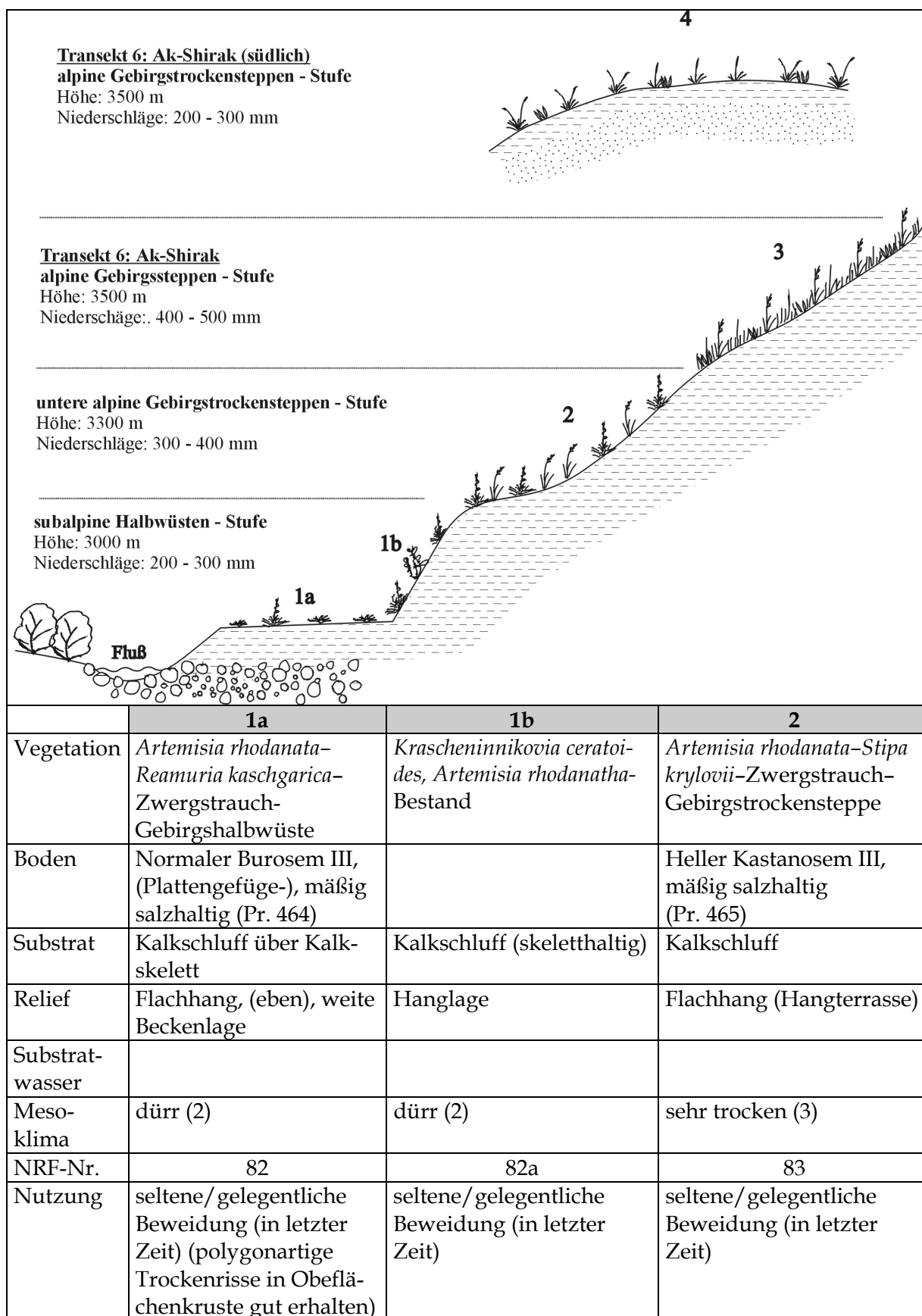
## 5.3.6 Höhenstufen im Transekt 6: Ak-Shirak

Transekt 6 befindet sich in der Nähe des Ak-Shirak-Massivs und liegt in den aridesten Bereichen des Zentralen Tienschan. Es wurde ein Höhenbereich von ca. 3 000–3 550 m untersucht. In 3 000 m Höhe liegen die Jahresniederschläge bei 200–300 mm, in 3 500 m bei 400–500 mm (Atlas Kirgizskoy SSR 1987). Die untersuchten Höhenstufen des Transektes 6 werden in der Abbildung 5.3-17 und in den Fotos 5.3-71 bis 5.3-74  dargestellt.

Entlang eines Höhenprofils in einem Seitental des Irtasch-Flusses östlich des Ak-Shirak-Massivs wurde eine „subalpine Halbwüsten-Stufe“, eine „untere alpine Gebirgstrockensteppe-Stufe“ und eine „alpine Gebirgssteppen-Stufe“ unterschieden. In der „subalpinen Gebirgshalbwüsten-Stufe“ (3 000 m NN) dominiert eine *Artemisia rhodanata*-*Reaumuria kashgarica*-Zwergstrauch-Halbwüste auf salzhaltigem „Normalem Burosem III“. Im Bereich der Flußauen kommen folgende Sträucher vor: *Salix caesia* Vill. (Kirgis. Flora), *Salix wildhelmsia* Bieb., *Comarum salesoviana* (Steph.) Aschers. & Graebn. sowie *Clematis tangutica* (Maxim.) Korsh. In der unteren alpinen Gebirgstrockensteppe-Stufe (3 300 m NN) kommt eine *Artemisia rhodanatha*-*Stipa krylovii*-Zwergstrauch-Gebirgstrockensteppe auf salzhaltigem „Hellem Kastanosem III“ vor. Die alpine Gebirgssteppen-Stufe (3 500 m) wird von einer *Saussurea leucophylla*-*Stipa subsessiliflora*-*Kobresia capilliformis*-Gebirgssteppe auf salzhaltigem „Carbonat-Tschernosem IV“ beherrscht. Oberhalb von 3 700 m ähnelten die Vegetationsverhältnisse denjenigen von Transekt 5.

In südöstlicher Richtung vom Ak-Shirak Massiv befindet sich in 3 500 m Höhe bei 200–300 mm Niederschlag eine „alpine Gebirgstrockensteppen-Stufe“ mit *Saussurea leucophylla*-*Stipa subsessiliflora*-Gebirgstrockensteppe auf „Hellem Kastanosem IV“ vor.

Abbildung 5.3-17: Subalpine, untere alpine und alpine Höhenstufen im Transekt 6.



	<b>3</b>	<b>4</b>
Vegetation	<i>Saussurea leucophylla</i> – <i>Stipa subsessiliflora</i> – <i>Kobresia capilliformis</i> –Gebirgssteppe	<i>Saussurea leucophylla</i> – <i>Stipa subsessiliflora</i> –Gebirgstrockensteppe
Boden	Carbonat-Tschernosem IV, mäßig salzhaltig (Pr. 466)	Heller Kastanosem IV, (Plattengefüge-) (Pr. 467)
Substrat	Kalkschluff	Flacher Kalkschluff über Sand
Relief	eben, Flachhang	eben, Flachhang, Weitlage
Substratwasser		
Mesoklima	mäßig trocken (5)	sehr trocken (3)
NRF-Nr.	84	86
Nutzung	seltene/gelegentliche Beweidung (in letzter Zeit)	seltene/gelegentliche Beweidung (in letzter Zeit) (polygonartige Trockenrisse in Obeflächenkruste gut erhalten)

## 5.4 Zur Charakterisierung und Kartierung von chorischen Naturraum-Arealen

Eine Ausgliederung und Kartierung konkreter chorischer Naturraumareale (Naturraummosaik-Areale) im Sinne von KOPP et al. (1982), die im Untersuchungsgebiet nach Reliefmosaik, Höhenstufe und Gestein zu differenzieren wären, wird im Rahmen dieser Arbeit nicht dargestellt. Auch wenn die Kartierung chorischer bzw. topischer Naturraumareale ein entscheidendes Instrument der Naturraumerkundung ist, sollen im Rahmen dieser Arbeit zunächst nur typologischen Grundlagen für die Anwendung der Naturraumerkundung im Issyk-Kul-Gebiet dargestellt werden.

Die chorischen Naturraum-Areale wären zunächst ohne die Einführung von Ordnungsstufen (wie Mikro-, Meso-, Makrochoren) nach einheitlichen Strukturmerkmalen auszugliedern. Dabei stehen an erster Stelle das Reliefmosaik, dann die Höhenstufe (Höhenstufenklima) und dann das Gestein. Insbesondere beim Reliefmosaik sollten Informationen über die Relief-, bzw. Landschaftsgenese einfließen. So können in Abhängigkeit vom Relief und Gestein je Höhenstufe mehrere chorische Naturraum-Areale ausgegliedert werden, andererseits aber auch bei einheitlichem Relief (z.B. an einem gleichmäßig ansteigenden Hang) benachbarte Höhenstufen zu einem Areal zusammengefaßt werden.

Es ist anzustreben, dass einheitliche Areale mit möglichst hoher relativer Homogenität ausgegliedert werden. Aufgrund des bewegten Reliefs können teilweise aber auch sehr heterogene Areale auftreten. Die chorischen Räume werden inhaltlich abgegrenzt. Die Grenzen sollten aber möglichst auch im Gelände erkennbar sein. Bei der Abgrenzung der Areale sind schließlich auch pragmatische Gesichtspunkte ausschlaggebend, die nicht zuletzt auch durch den Kartenmaßstab vorgegeben werden. Ein Kartenmaßstab von 1:50 000 bzw. 1:100 000 wird als zweckmäßig erachtet.

Bei der Kartierung von chorischen Naturraum-Arealen kommt es zu deutlich geringeren Informationsverlusten, als bei dem sonst üblichen Generalisieren bei der Erstellung mittel- und kleinmaßstäbiger Karten. Das ist von besonderer Bedeutung bei den z. T. kleinflächig sehr heterogenen Naturräumen im Tienschan.

Die chorischen Naturraum-Areale sind individuell zu beschreiben. Eine Typisierung ist dabei nicht erforderlich. Die Areale sind nach Flächenanteilen typischer Naturraumformen sowie der charakteristischen Anordnung der Tope bzw. Naturraumkomplexe zu charakterisieren.

Das Gewässernetz ist als chorentypisches Element bei der Charakterisierung der chorischen Räume ebenfalls von Bedeutung (KOPP mündl. Mitteil. 2002 und KOPP, SUCCOW & JÄGER 2002 in Vorb.). Dabei sind insbesondere Dichte und Lage des Gewässernetzes und die Art der Flußspeisung von Bedeutung. Im Tienschan wird zwischen der Speisung vorwiegend durch Gletscherschmelzwasser, Schneeschmelzwasser, Regenwasser bzw. den verschiedenen Kombinationen unterschieden (FRANZ 1973). Die Einbeziehung des Gewässernetzes dient nicht nur der Charakterisierung der Auenstandorte, sondern auch der Charakterisierung der Reliefstruktur und der Nutzungsinterpretation, insbesondere für den Bewässerungsfeldbau.

Mit den thematischen Karten<sup>22</sup> zu den natürlichen Ressourcen von Kirgisistan im Maßstab 1:500 000 liegt ein wertvolles Material für die Ausgliederung und Charakterisierung von chorischen Naturraumarealen vor. Es gibt u.a. Karten zu folgenden Themen: Natürliche Futtergrundlagen, Geologische Formationen, Ingenieur-Geologie, Geomorphologie, Seismotektonik, Lawinen, Schneedecke, Böden, Bodenerosion, Boden-Melioration, Grundwasser, Oberflächenwasser, Vegetation, Wälder, Landschaften, Landnutzung, Naturschutz und Zoogeographie.

---

<sup>22</sup> Glavnoe Upravlenie Geodezii i Kartografii pri Sovete Ministrov SSSR (1981...1989): Prirodnye Resursy Kirgizskoy SSR. [Hauptverwaltung für Geodesie und Kartographie beim Ministerrat der UdSSR (1981...1989): Natürliche Ressourcen der Kirgisischen SSR]. Thematische Kartensätze zu je 10 Blättern, z.T. mit 1-2 zusätzlichen Legendenblättern, Maßstab 1:500 000. (siehe Kartenverzeichnis).



## 6 Zustandsänderungen durch Beweidung und Weidetragfähigkeit

Die Analyse der Zustandsänderungen durch Beweidung und der damit verbundenen Prozesse wird nach dem naturraumkundlichen Konzept von KOPP et al. (1982) in die II. Arbeitsstufe – die Funktionsbetrachtung – eingeordnet. Die Analyse der Weidetragfähigkeit entspricht der III. Arbeitsstufe, der zweigspezifischen Nutzungsinterpretation der Naturraumeigenschaften für die Weidenutzung.

Die Charakterisierung der in den Kapiteln 4 und 5 ausgeschiedenen topischen und chorischen Naturraumeinheiten (I. Arbeitsstufe) bezüglich ihrer Zustandsänderungen durch Beweidung und ihrer Weidetragfähigkeit würde den Rahmen vorliegender Arbeit jedoch überschreiten. Im Folgenden werden daher lediglich allgemeine Auswirkungen der Beweidung auf den Naturraum und wichtige Einflußfaktoren beschrieben, sowie Prinzipien für die Ermittlung der Weidetragfähigkeit angedeutet.

### Zustandsänderungen durch Beweidung

Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Steppenökosysteme im Tienschan während ihrer Entwicklung an die natürliche Beweidung durch Wildtierbestände, wie Wildschafe und Steinböcke, adaptiert haben, wobei sich Wechselbeziehungen zwischen Weidetieren und Pflanzenbeständen herausbildeten, die die dynamische Stabilität der Steppenökosysteme sicherten (RABOTNOV 1995: 186). Weiterhin ist anzunehmen, dass die natürliche Beweidungsintensität durch Wildtiere im Allgemeinen relativ gering war, stellenweise und zeitweise aber durchaus auch hoch gewesen sein kann.

Zu einer großflächig intensiven Beweidung kam es im Tienschan offenbar jedoch erst durch die starke Förderung domestizierter Weidetiere, wobei die Wildtierbestände stark dezimiert bzw. zurückgedrängt wurden. Insbesondere zu Zeiten der Sowjetunion kam es in Kirgisistan durch einen sehr hohen Besatz an Schafen zu starken Überlastungen und zu vielfältigen Degradationserscheinungen von Weideökosystemen. Die maximalen Tierzahlen wurden Ende der 1980er und Anfang der 1990er Jahre erreicht (Abbildung 2.8–01 in Kapitel 2.8). Allein die Zahl der Schafe verfünffachte sich im Issyk-Kul-Gebiet von 360 000 Schafen im Jahr 1869 auf 1,9 Mio im Jahre 1991. Nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion sank aufgrund akuter wirtschaftlicher Probleme die Anzahl der Schafe im Issyk-Kul-Gebiet wiederum um 70 % auf 580 000 im Jahr 1997, so dass sich die Weidegebiete z.T. erholen konnten. Die Hirten beabsichtigen in Zukunft jedoch eine deutliche Erhöhung der Tierbestände (ASYKULOV 2002; GOTTSCHLING 2002b,c).

Die Zustandsänderungen durch Beweidung können vielfältiger Art sein (RABOTNOV 1995: 186–190). Die Auswirkungen der Beweidung sind sowohl abhängig von der Beweidungsintensität, von der Art der Weidetiere und der Weideführung als auch von den Naturraumeigenschaften. Die Beweidung kann durch die Belastung (=Zahl von Weidetieren pro Flächeneinheit innerhalb der gesamten Weidezeit eines Jahres) und der Viehbestandsdichte (= Zahl von Weidetieren, die pro Flächeneinheit gleichzeitig geweidet werden, i.d.R. bezogen auf einen Tag) charakterisiert werden (RABOTNOV 1995: 186 und ISAKOV 1975).

Stärkere Beweidung führt u.a. zu einer deutlichen Abnahme der Produktivität der Weiden. Das belegen u.a. weidekundliche Untersuchungen aus den 70-er Jahren in der damaligen Kirgisischen SSR. Nach ISAKOV (1975: 164–166) ist der Weideertrag bei Steppen und Wiesensteppen nur bis zu einer 40%igen Abweidung der oberirdischen Biomasse stabil geblieben. Bei einer 50%igen Abweidung begann bereits eine leichte Abnahme der Produktionskraft. Bei einer Abweidung von 76% haben sich bereits in den Folgejahren (1.–3. Jahr) die oberirdi-

sche Phytomasse um 21% und die Wurzelbiomasse um 53% (!) vermindert. Bei einer längerfristig starken Beweidung ist eine wesentlich stärkere Reduzierung der Produktivität und der Regenerationsfähigkeit der Vegetation anzunehmen. Langfristige intensive Beweidung führt so zu einer Diskrepanz zwischen der natürlichen Produktionskraft des Standortes und des tatsächlichen Pflanzenaufwuchses. Es ist davon auszugehen, dass bei einem Großteil der Weidestandorte des Issyk-Kul-Gebietes die natürliche Produktionskraft deutlich höher ist als es der derzeitige Pflanzenaufwuchs vermuten läßt. Das bestätigen auch vielfache Berichte von kirgisischen Hirten, die besagen, dass die Pflanzenbestände früher deutlich höher waren als heute. Derartige Zustandsänderungen sind nicht immer deutlich, da das Regenerationspotential der Weiden bereits erheblich geschwächt sein kann, wenn noch keine deutlichen Erosionserscheinungen auftreten und kaum auffällige Weidezeiger wachsen. In vielen Fällen kann eine Erholung der Weiden wieder schnell zur Erhöhung der Erträge führen. So kann sich nach MAMYTOV (1996:84) der Ertrag von Wiesensteppen nach nur einem Jahr Erholung bereits deutlich erhöhen. Bei starken Zustandsänderungen (Degradationserscheinungen) der Vegetation und des Standortes kann deren Regeneration und die Erhöhung der Produktivität jedoch deutlich länger dauern, was auch in starkem Maße von den naturräumlichen Bedingungen abhängt.

In RABOTNOV (1995: 186–191) werden allgemeine Prozesse der Weidedegradation und deren Auswirkungen auf Vegetation und Standort beschrieben. KOZHEVNIKOVA & TRULEVICH (1971) unterscheiden 7 Stadien der Weidedisgression für einen Trockensteppentyp im Issyk-Kul-Becken nach den Auswirkungen der Beweidung auf Wuchsverhalten der Pflanzen, Artenzusammensetzung und Vegetationsbedeckung. SOBOLEV (1972) unterscheidet für 44 Vegetationseinheiten im Issyk-Kul-Becken, die nach Standorts- und Vegetationsmerkmalen ausgeschieden wurden, jeweils einen naturnahen Zustand, eine mäßige und eine starke Weidedisgression.

Ein wesentliches Prinzip der Erfassung von Zustandsänderungen durch Beweidung ist der Vergleich der Zustandseigenschaften von Vegetation und Standort bei unterschiedlich intensiv beweideten und abgewandelten Naturräumen bei jeweils gleichen Stamm-Standortsformen. Eine Zuordnung unterschiedlich stark abgewandelter Weidetypen, die auseinander hervorgegangen sind, ist somit über den Vergleich von schwer veränderbaren Stamm-Standortseigenschaften (Bodentyp, Substrat, Relief, Höhenstufe, Exposition, Hangneigung, Klima, z.T. Substratwasser, ...) möglich. So lassen sich Abwandlungsreihen der Zustandsformen von Vegetation und Standort zu den jeweiligen Stamm-Naturraumformen bilden. Mit diesem Verfahren kann differenziert werden, ob Vegetationsunterschiede anthropogen (durch Beweidung) bedingt sind oder aufgrund von naturräumlichen Unterschieden bestehen. Über die Analyse der jeweiligen Artenzusammensetzung bei unterschiedlichen Abwandlungsgraden lassen sich Indikatoreigenschaften der Vegetation zu Art und Ausmaß der Zustandsänderungen ableiten (Bioindikation).

Toleranz bzw. Sensibilität von Naturräumen gegenüber Beweidung hängen in starkem Maße von den Standorts- und Vegetationseigenschaften ab. Dabei wirkt sich Beweidung nicht nur auf die Vegetation, sondern direkt und indirekt auch auf die Standortseigenschaften aus. Abbildung 6.1-01 demonstriert für Hanglagen die möglichen Auswirkungen der Beweidung auf Vegetation und Standort, welche jeweils unter vielfältigen Wechselbeziehungen zueinander stehen. Abbildung 6.1-02 zeigt entsprechende Auswirkungen der Beweidung in Tallagen.



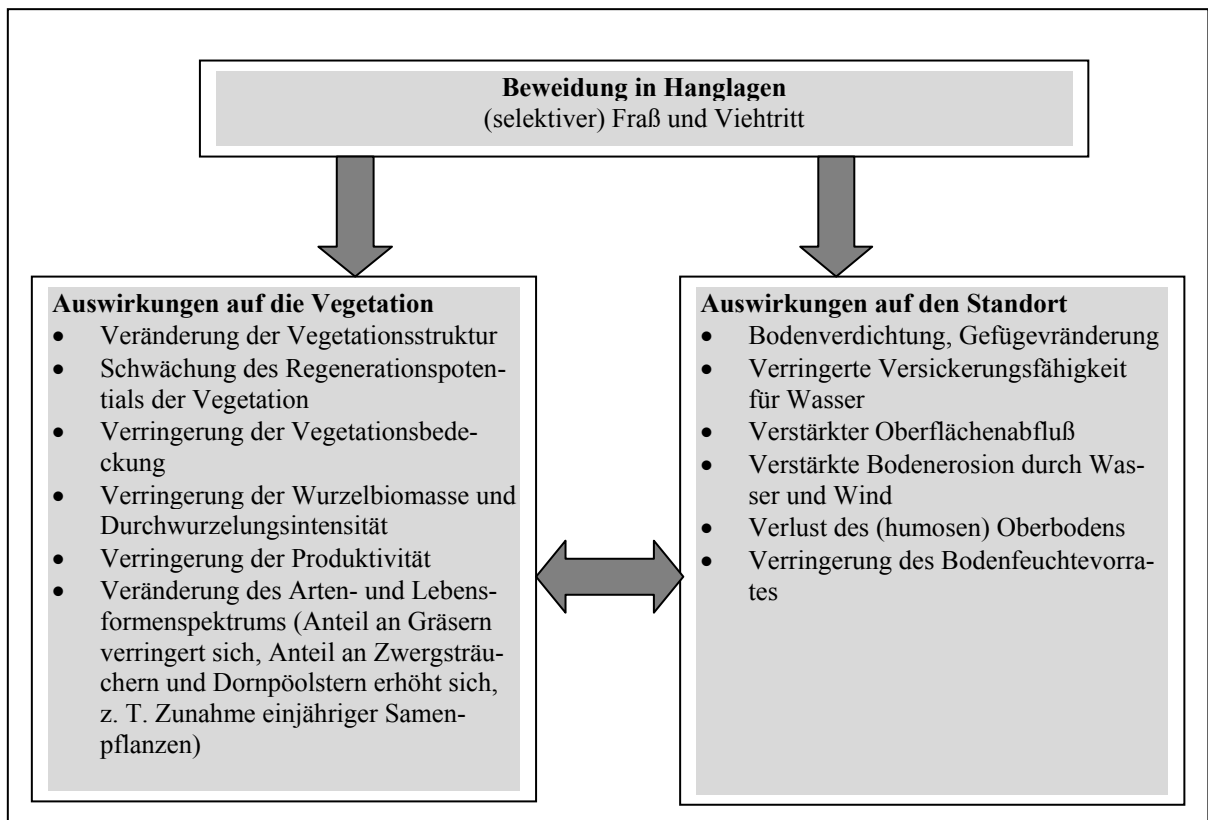


Abbildung 6-01: Mögliche Auswirkungen der Beweidung auf Vegetations- und Standortseigenschaften in Hanglagen

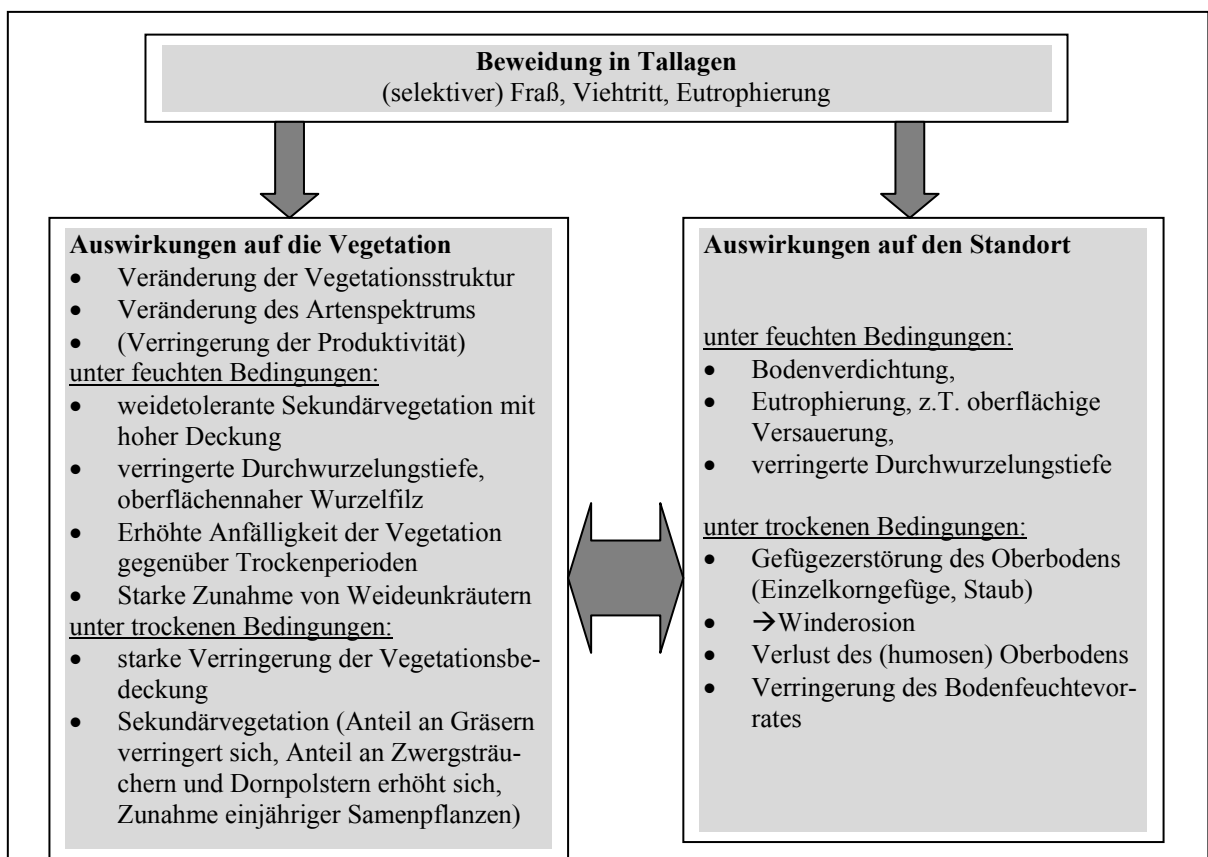


Abbildung 6-02: Mögliche Auswirkungen der Beweidung auf Vegetations- und Standortseigenschaften in Tallagen

Während intensive Beweidung in Hanglagen schneller zu Schädigung der Vegetationsdecke und zur Bodenerosion führen, sind Tallagen weniger erosionsanfällig. Dabei sind sonnenbeschienene Südhänge i.d.R. stärker erosionsgefährdet als nordexponierte Hänge. Die stark beweideten mesoklimatisch und hydrologisch begünstigten Talsohlen sind oft nährstoffangereichert und tragen häufig weidetolerante Vegetation, die vom Vieh gerne gefressen wird (z.B. *Poa supina*, *P. annua*), können aber mit einer massiven Zunahme von Weideunkräutern reagieren, insbesondere wenn die Beweidungsintensität plötzlich nachläßt (z.B. *Urtica cannabiana*).

Die Beweidung wirkt sich über unterschiedliche Mechanismen auf das Artenspektrum der Vegetation aus. Sie wirkt sich direkt auf den Pflanzenbestand aus, aber auch indirekt über Standortsveränderungen wie Erosion, Schaffung von offenen Bodenstandorten, Bodenverdichtung, Veränderungen im Bodenwasserhaushalt, Nährstoffanreicherung, u.a. So werden einige Weideunkräuter, wie *Caragana pleiophylla* (Kameldorn) erst gefördert, wenn durch Beweidung offene Bodenstellen entstehen. Je nach Höhenstufe und je nach Standortbedingungen unterscheiden sich die Beweidungszeiger. So kommt z.B. *Aconitum septentrionale* als Weidezeiger hauptsächlich auf potentiellen Fichtenwaldstandorten vor.

Die Auswirkungen der Beweidung auf die Bodenverdichtung sind u.a. abhängig von Bodenfeuchtezustand und der aktuellen Witterung. Wenn der Boden stark durchnäßt ist, z.B. nach Schneeschmelze oder nach starken Regenfällen, ist das Bodengefüge labil und der Boden leicht verdichtbar. Dann führt Beweidung verstärkt zu Bodenverdichtung, Aufreißen der Vegetationsdecke und Erosion. Abgetrocknete Böden sind gegenüber Viehtritt dagegen deutlich widerstandsfähiger. Das gilt vor allem für schluffreiche Böden (Löß), die im Untersuchungsgebiet weit verbreitet sind. Insbesondere schluffreiche Böden weisen bei hoher Wassersättigung eine geringe Gefügestabilität auf und neigen zur Verdichtung (AG Boden 1994: 326, PESCI & RICHTER 1996). Schluffreiche Böden neigen bei geringer Vegetationsbedeckung zur Krustenbildung an der Oberfläche (FREI & PEYER 1991:175), was einen schnellen Oberflächenabfluß bewirkt. Die Schluffkrusten bewirken andererseits aber auch einen gewissen Schutz vor Winderosion solange die leicht zu zerstörenden Krusten durch das Vieh nicht zertreten werden.

Bei weiterführenden Arbeiten sollten die konkreten Naturraumeinheiten nach Art und Ausmaß der möglichen Zustandsänderungen in Abhängigkeit von Beweidungsintensität und Weidemanagement charakterisiert werden. Die jeweiligen Zustandsänderungen von Vegetations- und Standortseigenschaften sind dabei in ökologisch relevanten Stufen zu erfassen (Artenzusammensetzung, Vegetationsbedeckung, Erosionsgrad, Produktivität, Bodenverdichtung, u.a.). Über den Vergleich der Beweidungsintensität und den Abwandlungsgrad sowie der Bewertung der damit verbundenen Veränderungen der ökologischen Funktionstüchtigkeit können Aussagen zur Sensibilität der Naturraumeinheiten gegenüber Beweidung abgeleitet werden.

Die Auswirkungen der Beweidung sind auch in chorischer Ebene zu analysieren. Dazu gehören u.a. die Auswirkungen der Beweidung auf den Landschaftswasserhaushalt. Auswirkungen intensiver Beweidung auf den Landschaftswasserhaushalt können sich äußern in: geringerem Wasserrückhalt durch Vegetation und Boden, verstärktem Oberflächenabfluß, verstärkter Erosion und Sedimentfracht der Flüsse, verstärktes Hochwasser nach Niederschlägen, Wassermangel in regenarmen Perioden, was auch mit Problemen für den Bewässerungsfeldbau verbunden ist. Die Rolle der Gebirgsweiden wird in diesem Zusammenhang häufig unterschätzt. In der Literatur werden vor allem die hydrologischen Schutzfunktionen der Gebirgswälder hervorgehoben (GAN 1961, MATVEEV 1992). Der ökologische Zustand

großflächiger Gebirgsweidegebiete hat aber ebenfalls eine große Bedeutung für den Landschaftswasserhaushalt.

### **Zur Weidetragfähigkeit**

Die Weidetragfähigkeit liefert ein Maß für eine ökologisch und ökonomisch nachhaltige Beweidungsintensität bei verschiedenen Weidetypen bzw. Naturraumeinheiten. Dabei ist anzugeben, wie viele Tiere bei einem bestimmten Weidemanagement pro Flächeneinheit gehalten werden können. Kriterien für eine nachhaltige Beweidung sind Erhaltung der Produktivität und der Futterqualität der Weiden und Erhalt der Funktionen der Weidegebiete vor allem für Erosionsschutz und Landschaftswasserhaushalt.

Mit Kenntnis der Weidetragfähigkeit der verschiedenen Naturraumeinheiten eines Gebietes lassen sich Weidepotentialanalysen der verfügbaren Weideflächen durchführen und die vertraglichen Zahlen an Weidetieren bzw. den Bedarf an zusätzlichem Futter ermitteln sowie Weidemanagementpläne erarbeiten. So besteht im Issyk-Kul-Gebiet häufig die Situation, daß die Sommerweiden noch Futterreserven aufweisen, während die Winter-, Frühjahrs- und Herbstweiden bereits stark überlastet sind.

Bei der Ermittlung der Weidetragfähigkeit sind zu berücksichtigen:

- Angaben zur natürlichen Futterkapazität (Produktivität der Weiden, Futterqualität, jährliche witterungsbedingte Produktivitätsschwankungen),
- die Sensibilität von Vegetation und Standort gegenüber Zustandsänderungen durch Beweidung und deren Regenerationspotential
- die Bedeutung der beweideten Naturräume für Erosionsschutz, Landschaftswasserhaushalt und Biodiversität.

In der kirgisischen Literatur finden sich umfangreiche Angaben zur Phytomassenproduktivität und zum Futterwert zahlreicher Weidetypen, sowie teilweise zu jährlichen witterungsbedingten Produktivitätsschwankungen. Wichtige Grundlagen sind vor allem die Ertrags- handbücher der Weiden und Mähwiesen der Kirgisischen SSR (VYKHODTSEV et al. 1970, POPOVA et al. 1972, POPOVA et. al. 1975) sowie ISAKOV (1975). Bei KALASHNIKOV et al. (1985) finden sich ausführliche Angaben zum Futterbedarf der verschiedenen Weidetierarten und -rassen. Weiterhin liegen für das Issyk-Kul-Gebiet großmaßstäbige geobotanische und bodenkundliche Karten der Weideflächen vom Institut Kirgizgiprosem im Maßstab 1:25 000 vor. Die kirgisischen Weidetypen sind jedoch lediglich nach floristischen Gesichtspunkten (nach Dominanzbeständen) ausgegliedert worden und nicht in Abstimmung mit den Standortbedingungen. Durch den fehlenden Standortsbezug und die unvollständigen Angaben zur Artenzusammensetzung der Vegetation können hieraus nur in geringem Umfang Aussagen zur Sensibilität der Weidetypen gegenüber Beweidung abgeleitet werden.

Über den Vergleich der ausgeschiedenen Naturraumeinheiten mit den Einheiten der kirgisischen Klassifikationssysteme von Boden und Vegetation (Kapitel 4.1.8 und 4.5) können Informationen zu Standort und Vegetation zusammengebracht werden.

Unter Berücksichtigung der Vegetations- und Standortseigenschaften ist zu ermitteln bzw. abzuschätzen, wieviel Prozent der jährlich aufwachsenden oberirdischen Biomasse durch Beweidung nachhaltig abgeschöpft werden kann, wobei Werte zwischen 0 und 80 % anzunehmen sind. Unter Berücksichtigung der Futterkapazität der Weiden und dem prozentualen nutzbaren Anteil kann die Viehbestandsdichte ermittelt werden. Die Angaben zur Weidetragfähigkeit sind durch die Erfassung aktueller Viehbestandsdichten und den Zustand der Weiden sowie Erfahrungswerten von Hirten zu überprüfen und zu eichen.

Nach vorläufigen Erhebungen liegt die Belastbarkeit der verschiedenen Weidetypen im Issyk-Kul-Gebiet in Größenordnungen zwischen 0,05 Schafen pro ha ( bei 20 ha Halbwüsten-Weideland pro Schaf im Jahr) bis 7 Schafen pro ha (bei produktiven, intensiv nutzbaren Feuchtweiden in ebener Lage, wo auch bei starker und häufiger Beweidung kaum Degradationsprozesse zu beobachten sind).

### Zum Weidemanagement

Schätzungen von „Ministerstvo okhrany okruzhayushchey sredy KR“ & GTZ (1999) gehen davon aus, dass auf den Sommerweiden im Issyk-Kul-Oblast 765 000 Schafe, 133 000 Rinder, und 75 000 Pferde gehalten werden können, „... ohne dass ökologische Schäden verursacht werden“. Das wäre eine Zunahme um 25–50%, von den geringen Tierbeständen im Jahre 1998 ausgehend (Abbildung 2.8–01 in Kapitel 2.8). Diese Schätzungen beziehen sich auf das Futterangebot der Sommerweiden. Um diese Tierzahlen halten zu können ist eine Zufütterung notwendig, da das Futterangebot der häufig bereits degradierten Winter-, Frühjahrs- und Herbstweiden deutlich geringer ist.

Die Gesamt-tierzahlen im Issyk-Kul-Oblast sagen jedoch noch nicht viel über die verträglichen Tierzahlen auf lokaler und regionaler Ebene aus. Einige Gebiete können stark überlastet sein, während andere Gebiete kaum beweidet werden. Die verträglichen Tierzahlen sollten daher auf lokaler Ebene im Rahmen partizipativer Landnutzungsplanung festgelegt werden. Grundlage dafür können Angaben zur verfügbaren Futtermenge, zur Weidetragfähigkeit der jeweils verfügbaren Weideflächen, Angaben zur Sensibilität von Naturräumen gegenüber der Beweidung und deren ökologischen Funktionen sowie Erfahrungswerte der Hirten sein.

Zur angepassten Weideführung wurden zu Sowjetzeiten umfangreiche wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt, wobei auch betont wird, dass ausgearbeitete Weidemanagementpläne kaum umsetzbar sind, wenn die jahrhundertealten Erfahrungen der Kirgisen dabei nicht berücksichtigt werden (ISAKOV 1975). Nachdem die Weidewirtschaft während der Sowjetunion planmäßig durch die Kolchosen und Sowchosen gelenkt wurde und eine gezielte Weideführung durch entsprechende Vorschriften geregelt wurde, ist es nun wichtig, die Eigenverantwortlichkeit der Hirten gegenüber ihren Weidegründen wieder zu fördern. Dabei sollte an traditionelles Wissen angeknüpft und beim Weidemanagement u.a. folgendes berücksichtigt werden:

- Verringerung des Nutzungsdrucks auf die Winter-, Frühjahrs- und Herbstweiden.
- Mit dem Vieh nicht zu lange an einem Lagerplatz verbleiben. Die Hirten sollten in Abhängigkeit von den Tierzahlen während des Sommers mehrmals die Lagerplätze wechseln, um Degradation an einem Platz zu vermeiden, während andere Flächen ungenutzt bleiben.
- Erneute Erschließung weiter entfernt liegender Sommerweidegebiete, um die ortsnahe Sommerweidegebiete nicht zu überlasten.
- Einhaltung der Auf- und Abtriebsfristen. Zur Vermeidung von Schäden durch Viehtritt sollten die Sommerweiden nach der Schneeschmelze nicht zu früh aufgesucht werden. Erst wenn die Böden etwas abgetrocknet sind, sind die Weiden deutlich widerstandsfähiger gegenüber Viehtritt. Somit kann ein frühzeitigeres Aufsuchen der Sommerweidegebiete keine Lösung zur Schonung der Winter- und Frühjahrsweiden sein.
- Gemischte Beweidung. Herstellung eines ausgewogenen Verhältnisses von Schafen, (Ziegen), Pferden und Rindern, um einseitige Förderung von Weideunkräutern zu vermeiden. So können sich bei einseitiger Schafbeweidung Weideunkräuter ausbreiten (z.B. *Alchemilla retropilosa* in montaner und subalpiner Stufe im östlichen Issyk-Kul-Becken), die von Pferden noch gefressen werden. Traditionell war bei den kirgi-

sischen Nomaden der Anteil an Pferden gegenüber Schafen deutlich höher als zu Sowjetzeiten.

- Hanglagen sollten nicht als tägliche Durchzugsstrecken zum Erreichen der Weideflächen genutzt werden, und sollten nach starken Niederschlägen gemieden werden.
- Besonders bei Winter-, Frühjahrs- und Herbstweiden: Meidung steilerer Hanglagen, Nutzung in größeren Zeitabständen, späterer Austrieb.
- Es sollte vermieden werden, bisher intensiv beweidete Talsohlen plötzlich aus der Nutzung herausfallen zu lassen. Das kann zur massiven Zunahme von Weideunkräutern führen.
- die Förderung robuster alter Tierrassen, die an die Hochgebirgsbedingungen besser angepasst sind (z.B. Kirgisches Rauwolliges Fettsteißschaf).
- Förderung des Futterbaus zur Schonung der Winter-, Frühjahrs- und Herbst-Weiden und empfindlicher Hangbereiche.

Die Etablierung von Landnutzungssystemen mit einer Kombination von Ackerbau, Futterbau und Tierhaltung/Weidewirtschaft bietet günstige Möglichkeiten, die Landnutzungspotentiale der verschiedenen Naturräume optimal zu nutzen. Die verschiedenen Landnutzungsfomen können sich auf vielfältige Weise gegenseitig positiv beeinflussen bzw. ergänzen. Dabei nimmt der Futterbau eine wichtige Vermittlerrolle zwischen Ackerbau und Tierhaltung ein. Futteranbau spielt im Ackerbau eine wichtige Rolle für die Fruchtfolgegestaltung und ist von Bedeutung für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Um die Futterpflanzen sinnvoll verwerten zu können, ist Tierhaltung notwendig. Zusätzliches Tierfutter kann zur gezielten Schonung der eng begrenzten, häufig degradierten Winter-, Herbst- und Frühjahrsweiden genutzt werden. Der Winterfutterbau ermöglicht erhöhte Tierbestände, mit denen die umfangreichen Futterreserven der Sommerweiden besser erschlossen werden können. Die eng begrenzten Futterreserven der Winter-, Herbst- und Frühjahrsweiden sind sonst der limitierende Faktor für die Größe der Tierbestände. Andererseits besteht aber auch die Gefahr, dass intensiver Futterbau eine sehr starke Erhöhung der Tierbestände ermöglicht und eine Übernutzung der Weiden bewirken kann. Günstig für die Entwicklung kombinierter Landnutzungssysteme ist der Umstand, dass es im Issyk-Kul-Gebiet keine strenge Trennung von Tierhaltern und Ackerbauern gibt.



## 7 Zusammenfassung

In Kirgisistan wurde 1998 das Biosphärenreservat Issyk-Kul mit einer Größe von 43 144 km<sup>2</sup> auf 20% der Landesfläche eingerichtet. Das Hochgebirgs-Biosphärenreservat liegt im Osten Kirgisistans und nimmt das Issyk-Kul-Becken mit dem Issyk-Kul-See im Zentrum sowie weite Teile des Zentralen Tienschan ein. Im Norden grenzt das Gebiet an Kasachstan und im Süden an China. In Zeiten großer wirtschaftlicher und sozialer Probleme werden mit dem Biosphärenreservat große Hoffnungen auf eine Wiederbelebung und Stabilisierung der nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion stark geschwächten Landnutzung verbunden. Bei der Förderung ökologisch nachhaltiger Landnutzungsformen und einer umweltgerechten Landnutzungsplanung sind neben den sozioökonomischen Rahmenbedingungen die Eigenschaften der Naturräume und deren Nutzungspotentiale in ihrer räumlichen Verbreitung zu berücksichtigen.

Die vorliegende Arbeit liefert einen Beitrag zur Charakterisierung und Typisierung der Naturräume des Biosphärenreservates Issyk-Kul. Boden, Relief, Substratwasser, Klima und Vegetation werden nach den naturraumkundlichen Prinzipien von KOPP et al. (1982) als Bestandteil komplexer Naturraumformen in der topischen Ebene typisiert, wobei die Typisierungen der einzelnen Naturraumkomponenten weitgehend aufeinander abgestimmt werden. Es werden vor allem ökologisch relevante Merkmale berücksichtigt, die eine spätere Interpretation der Naturraumeinheiten bezüglich ökologischer Funktionsfähigkeit und Nutzungseigenschaften ermöglichen. Außerdem wird die räumliche Anordnung von Naturraumeigenschaften analysiert. Schließlich werden Höhenstufentypen ausgegliedert und charakterisiert (chorische Ebene). Mit vorliegender Arbeit werden typologische Grundlagen für eine komponentenübergreifende Naturraumkartierung im Biosphärenreservat Issyk-Kul erarbeitet.

Die landschaftsökologischen Untersuchungen wurden an 6 Transekten entlang von Höhenprofilen in klimatisch unterschiedlichen Bereichen des Biosphärenreservates Issyk-Kul durchgeführt. Dabei wurden Höhenbereiche zwischen 1 606 bis 3 900 m NN berücksichtigt. Es wurde eine große Vielfalt an unterschiedlichen Naturräumen erfaßt, die von Halbwüsten, Trockensteppen, Steppen, Wiesensteppen, Fichtenwald in den unteren und mittleren Lagen bis zu Gebirgsweiden, Gebirgsrasen, Gebirgssteppen, Gebirgshalbwüsten in den subalpinen und alpinen Lagen und Polsterflecken-Gebirgstundra in den hochalpinen Lagen reichen.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden 120 Bodenprofile beschrieben, von denen 494 Bodenproben auf C-organisch (Humusgehalt), C/N-Verhältnis, pH<sub>(KCl)</sub>, pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>, Carbonatgehalt, Leitfähigkeit, zum Teil auf Korngrößenzusammensetzung und effektive Kationenaustauschkapazität untersucht wurden. Weiterhin wurden 320 Vegetationsaufnahmen angefertigt, von denen 293 Aufnahmen mit 563 Gefäßpflanzenarten in Vegetationstabellen dargestellt werden.

Die Böden des Untersuchungsgebietes werden als Bodenformen (KOPP et al. 1982) typisiert, die sich aus genetischem Bodentyp als charakteristische Horizontfolgekombination und aus dem Substratfolgetyp zusammensetzen. Es werden die Bodentypen „Syrosem“, „Normaler Burosem“, „Dunkler Burosem“, „Heller Kastanosem“, „Dunkler Kastanosem“, „Carbonat-Tschernosem“, „Normaler Tschernosem“, „Ausgelaugter Tschernosem“, „Brauntschernosem“, „Saure Braunerde“, „Saure Graubraunerde“, „Kryo-Kalkbraunerde“ sowie „Bewässerter Acker-Burosem“, „Bewässerter Heller Acker-Kastanosem“, „Bewässerter Dunkler Acker-Kastanosem“ mit insgesamt 39 Untertypen ausgegliedert und jeweils charakterisiert. Weiterhin werden verschiedene kolluviale, erodierte sowie (salzhaltige bzw. salzfreie) semihydro-

morphe und hydromorphe Bodentypen ausgegliedert. Die Untertypen werden zunächst durch römische Ziffern gekennzeichnet. Die Untertypen weisen z.T. geringere Unterschiede in den Bodenmerkmalen, aber deutliche Unterschiede in der Vegetationswirksamkeit und im Vorkommen (regionaler Schwerpunkt, Höhenlage, Exposition) auf. Die meisten Bodenprofile werden mit Farbfoto dargestellt.

Die Profile werden weiterhin nach der Kirgisischen Bodenklassifikation (MAMYTOV et al. 1974), die vor allem auf dem geographischen Prinzip beruht und in der Arbeit ausführlich dargestellt wird, sowie nach der FAO-Klassifikation angesprochen. Ein Vergleich der Boden(unter)typen mit den Einheiten der Kirgisischen Bodenklassifikation zeigt, dass einige kirgisische Bodentypen sehr heterogene Gruppen sind. So können z.B. den „subalpinen Wiesensteppen-Gebirgs-Böden“ Untertypen von „Dunklen Kastanosemen“, „Carbonat-Tschernosemen“ und „Sauren Graubraunerden“ zugeordnet werden. Den „subalpinen Wiesen-Gebirgs-Böden“ können Untertypen von „Kastano-Tschernosemen“, „Normalen Tschernosemen“, „Brauntschernosemen“ und „Sauren Braunerden“ zugeordnet werden. Hinter den „Tschernosemartigen Gebirgs-Waldböden“ verbergen sich „Ausgelaugte Tschernoseme“ bzw. „Saure Braunerden“. Den „Humusreichen Gebirgs-Tschernosemen“ können „Kastano-Tschernosem“, „Carbonat-Tschernosem“, „Normaler Tschernosem“ und „Ausgelaugter Tschernosem“ zugeordnet werden. Die Parallelisierung der Klassifikationseinheiten kann als Grundlage für die ökologische Interpretation großmaßstäbiger Bodenkarten in Kirgisistan und deren Einbeziehung in die landschaftsökologischen Analysen dienen.

„Buroseme“ und „Kastanoseme“ wurden sowohl in Kombination mit sandigen, lehmigen als auch mit schluffigen Substraten mit unterschiedlichen Skelettgehalten angetroffen. Dagegen kamen die meisten „Tschernoseme“, die „Brauntschernoseme“ und die meisten „Braunerden“ nur in Kombination mit schluffigem Substrat vor. Bei letzteren fallen die Verteilungsgesetzmäßigkeiten von Bodentyp und Substrat zusammen.

Vergleichende Untersuchungen mit naturnahen Böden zeigen eine unterschiedliche Reaktion verschiedener Bodentypen auf Bewässerungsfeldbau. Bei „Normalen Burosemen“ führt Bewässerungsfeldbau zu einer starken Erhöhung der Oberbodenhumusgehalte und Humusvorräte, bei „Hellen Kastanosemen“ dagegen nur zu einer geringen Erhöhung. „Dunkle Kastanoseme“ reagieren sogar mit einer geringen Abnahme der Humusgehalte und -vorräte auf Bewässerungsfeldbau. Versalzung der Böden durch Bewässerung spielte bei der dominierenden Form der Furchenbewässerung nur eine geringe Rolle.

Das Klima ist neben dem Relief der wichtigste differenzierende Faktor bei der Ausbildung der Naturraumeigenschaften im Untersuchungsgebiet. Die Gliederung des Klimas erfolgt in Klimabezirke mit gleichartigen Abfolgen von Höhenstufen (Höhenstufenfolgetypen), in Höhenstufenklimatypen (=Klimamosaik) und in Klimaformen in der topischen Ebene, die als reliefbedingte mesoklimatische Abweichungen vom Höhenstufenklimatyp charakterisiert werden. In den untersuchten Transekten werden 21 Höhenstufenklimatypen unterschieden, die in 6 verschiedenen Klimabezirken liegen. Die Höhenstufenklimatypen werden anhand der Auswirkungen des Klimas auf Vegetation und Boden unter Berücksichtigung der verschiedenen Expositionen innerhalb eines Höhenbereiches ausgegliedert. Den Höhenstufenklimatypen werden Klimadaten aus der kirgisischen Literatur bzw. Klimakarten zugeordnet, die die mittleren Verhältnisse im Klimamosaik charakterisieren. Dabei handelt es sich i.d.R. um Klimawerte, die von kirgisischen Klimatologen aus dem vorhandenen Netz von Klimastationen auf die Gebirgsbereiche in ihrer räumlichen Verteilung extrapoliert wurden. Charakteristisch für das Klima im Untersuchungsgebiet sind die teilweise sehr starken Expositionsunterschiede zwischen sonnenexponiertem Südhang und schattigem Nordhang. So können die expositionsbedingten mesoklimatischen Unterschiede innerhalb eines Höhenberei-



ches deutlich stärker sein als die Klimaunterschiede zwischen benachbarten Höhenstufen(klimatypen) bei gleicher Exposition. Die Stärke der expositionsbedingten mesoklimatischen Kontraste wird in 4 Stufen (gering ... sehr stark) anhand der Auswirkungen auf Vegetation und Boden erfaßt. Sowohl unter sehr trockenen als auch unter sehr feuchten (und geschützten) Bedingungen sind die expositionsbedingten Klimaunterschiede gering (z.B. collines Halbwüstenklima, collines Steppenklima, hochmontanes Waldklima). Unter mittleren Feuchtebedingungen sind die expositionsbedingten Klimaunterschiede dagegen deutlich stärker, was zu unterschiedlichen klimabedingten Vegetationsformationen bei verschiedenen Expositionen führt (z.B. montanes Gebüsch-Steppen-Klima, montanes Wald-Steppen-Wiesensteppen-Klima).

Die Vegetation wird in Abstimmung mit den Standortsbedingungen in 75 vorläufige Vegetationsformen gegliedert. Dabei wird auch ein Überblick über die Vegetationsformationen im Untersuchungsgebiet gegeben. In zwei großen Vegetationstabellen werden die Vegetationsaufnahmen nach BRAUN-BLANQUET nach Standortseigenschaften geordnet dargestellt. Pflanzenarten mit ähnlichen Verbreitungsschwerpunkten sind provisorisch gruppiert. Es werden die Anwendbarkeit des Vegetationsformenkonzeptes nach KOPP et al. (1982) für eine ökologische Gliederung der Vegetation des klimatisch sehr heterogenen Untersuchungsgebietes und die Potentiale der Bioindikation diskutiert. Das Vegetationsformenkonzept ermöglicht im Unterschied zu der in Kirgisistan verbreiteten Dominanzmethode eine gute ökologische Feingliederung der Vegetation. Über die Analyse der Indikatoreigenschaften einzelner Pflanzenarten bzw. Artenkombinationen und den Vergleich mit kirgisischen Klassifikationseinheiten ist eine teilweise Parallelisierung von Klassifikationseinheiten und die teilweise Erschließung der in Kirgisistan vorliegenden geobotanischen Kartierungsergebnisse und der Ergebnisse weidekundlicher Untersuchungen für die landschaftsökologische Auswertung möglich.

In den 6 untersuchten Transekten werden insgesamt 86 Naturraumformen ausgeschieden, die nach Klimaform (Höhenstufenklimatyp mit mesoklimatischer Abweichung), Reliefform, Bodenform, Substratwasserform, Nutzung/Zustandsform und Vegetationsform charakterisiert werden. Die räumliche Anordnung der verschiedenen Naturraumeinheiten wird vor allem durch die großklimatische Lage, die Höhenstufe, die Exposition und die Relieflage beeinflußt.

Im Untersuchungsgebiet ist eine deutliche expositionsbedingte Asymmetrie in der Substratverteilung der Böden festzustellen. Der Großteil der Nordhänge weist Schluffauflagen aus Löß bzw. Lößderivaten von wenigen Dezimetern bis über einen Meter Mächtigkeit auf, während auf Südhängen sandreiche und skeletthaltige Substrate dominieren. Auf nordexponierten Hängen weisen über 80 % der Profile Schluff als dominierendes Substrat auf, während auf Südhängen bei fast 80 % der Profile der Feinboden aus Sand bzw. (Sand)lehm besteht. Bei ost- und westexponierten Hängen sowie in ebener Lage sind die Verhältnisse zwischen Schluff und Sand bzw. (Sand)lehm ausgeglichener. Durch die asymmetrische Substratverteilung werden die Wirkungen klimatischer Expositionsunterschiede oftmals noch verstärkt. Während auf klimatisch feuchtebegünstigten Nordhängen Schluff mit einer guten Wasserspeicherfähigkeit dominiert, kommen auf den klimatisch trockeneren Südhängen vor allem sandreiche Substrate mit schlechter Wasserspeicherfähigkeit vor.

Die Naturraummosaik werden in Form von Höhenstufentypen charakterisiert und typisiert. Die Typisierung der Höhenstufen berücksichtigt deren Mosaikcharakter und bezieht die teilweise großen Expositionsunterschiede zwischen Nord- und Südhang innerhalb eines Höhenbereiches mit ein. Parallel zu den Höhenstufenklimatypen werden 21 Höhenstufentypen ausgeschieden, die in ihrer Naturraumausstattung in der jeweiligen räumlichen Anord-

nung beschrieben und in Zeichnungen und Fotos dargestellt werden. Hydromorphe Standorte werden in die Darstellungen zum Teil mit einbezogen. Dieser Ansatz der Höhenstufengliederung unterscheidet sich deutlich von der für den Tienschan bisher verwendeten Höhenstufengliederung nach VYKHODTSEV (1956), bei der für Nord- und Südhänge gesonderte Höhenstufen ausgeschieden werden.

Die Höhenstufentypen ordnen sich in 6 verschiedenen Höhenstufenfolgetypen an, die in jeweils unterschiedlichen Klimabezirken innerhalb des Biosphärenreservates Issyk-Kul liegen. So kommt z.B. in Höhenbereichen zwischen 1 600 bis 3 200 m NN im südwestlichen Issyk-Kul-Becken bei trockenem Klima eine waldfreie Höhenstufenabfolge mit Halbwüsten, Trockensteppen, Steppen, kleinflächigem Gebüsch, Gebirgssteppe und Gebirgsrasen vor. Im nordöstlichen Issyk-Kul-Becken kommt bei feuchtem Klima eine Höhenstufenabfolge mit einer Fichtenwaldstufe vor. Diese weist eine untere Waldgrenze bei 2 000 m NN und eine obere Waldgrenze bei 3 000 m NN auf.

Art und Ausmaß möglicher Zustandsänderungen der Naturräume durch Beweidung werden allgemein beschrieben. Neben Beweidungsintensität und Weidemanagement hängen diese in starkem Maße von den naturräumlichen Bedingungen ab. Allgemein ist von einer großflächigen Überprägung der Vegetation durch Beweidung auszugehen. Starke Zustandsänderungen durch Beweidung kommen vor allem bei den tiefer gelegenen Winter-, Frühjahrs- und Herbstweiden vor, während die höhergelegenen Sommerweiden weniger stark abgewandelt sind. Abschließend werden Möglichkeiten dargestellt, wie die Merkmale der ausgeschiedenen Naturraumeinheiten bezüglich der Weidetragfähigkeit interpretiert werden können.

## 8 Quellenverzeichnis

### 8.1 Literaturverzeichnis

- ABRAMOV, T. G. (1949): Nekotorye dannye stacionarnykh nablyudeniy v bassejny reki Ukok Kochkorskogo rayona Kirgizskoy SSR. [Einige Ergebnisse der stationären Beobachtungen im Einzugsgebiet des Flusses Ukok im Kochkorka-Kreis der Kirgisischen SSR] Trudy Leningradskogo obshchestva estestvopitateley [Arbeiten der Leningrader Gesellschaft der Naturforscher], Bd. 69, Ausg. 3, S. 32 – 62.
- AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung . Hrsg.: BGR u. Geologische Landesämter der Bundesrepublik Deutschland, 4. Aufl., Hannover
- AGACHANJANC, O. E. (1985): Ein ökologischer Ansatz zur Höhengliederung des Pamir Alai. In: Petermanns Geogr. Mitt. 129, S. 17 – 23.
- ALAILY, F. (1996): Carbonate, Gips und lösliche Salze (2.1.4.3.). In: BLUME, H.-P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FISCHER, W. R., FREDE, H.-G., HORN, R., & K. STAHR (Hrsg.) (1996, ...): Handbuch der Bodenkunde. Landsberg/Lech: ecomed. – Losebl.-Ausg., 1. Erg. Lfg. 12/96, S. 1 – 8.
- ALAILY, F. (2000): Carbonate und Salze (2.1.5.5). In: BLUME, H.-P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FISCHER, W. R., FREDE, H.-G., HORN, R., & K. STAHR (Hrsg.) (1996, ...): Handbuch der Bodenkunde 8. Erg. Lfg. 6/2000, S. 1 – 12.
- ALTERMANN, M. & D. KÜHN (1998): Systematik der Bodenbildenden Substrate. In: Systematik der Böden und der Bodenbildenden Substrate Deutschlands. Arbeitskreis für Bodensystematik der DBG, Mitteil. d. DBG, 86, S. 135 – 180.
- ASYKULOV, T. (2002): Sotsialno-ekonomicheskije i prirodnye usloviya vostochnogo Kyrghyzstana i voprosy razvitiya Biosfernoy Territorii Ysyk-Köl. [Sozioökonomische und naturräumliche Bedingungen des östlichen Kirgisistans und Fragen der Entwicklung des Biosphärenterritoriums Issyk-Kul]. Dissertation an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Deutschland.
- ATLAS KIRGIZSKOY SSR (1987) [Atlas der Kirgisischen SSR], Teil 1, Moskau.
- AZYKOVA, E. K. & P. P. VTOROV (Hrsg.) (1973): Struktura i dinamika komponentov prirody Tyan-Shanya. [Struktur und Dynamik von Naturkomponenten des Tienschans]. Frunze: Ilim.
- AZYKOVA, E. K. (1973): Landshaftnaya Karta Issyk-Kul'skoy vpadiny. [Landschaftskarte des Issyk-Kul-Beckens]. In: Struktura i Dinamika Komponentov prirody Tyan-Shanya [Struktur und Dynamik der Naturkomponenten des Tien-Schans], Frunze, Ilim, S. 45 – 53.
- BAIGUTTIEV, S. B.; GROSDETSKIY, N. A. & I. P. CHALAYA (1958): Opyt landshaftnogo tipologicheskogo kartirovaniya arabelskikh syrtoy Vnutrennego Tyan-Shanya. - In: Trudy otdela geografii.
- BAILLY, F. (1997): FAO/Unesco (1997): Soil Map of the World, Revised Legend, 1988, with corrections and updates, 1997. [FAO/Unesco Bodenkarte der Welt, Revidierte Legende, 1988, mit Korrekturen und Aktualisierungen 1997, übersetzt 1997]. zweisprachiges Computerprogramm: FAOSOIL Version 2, 1997, translated and compiled by F.Bailly, 1997.
- BAILLY, F.; MUELLER, K.; NIEDER, R.; & H.-G. SCHÖN (Hrsg.) (1998): Bezugsgrundlagen der Boden-Resourcen der Erde (WRB). =deutsche Übersetzung von ISSS, ISRIC, FAO: World Reference Base for Soil Ressources FAO, World Soil Resources Reports 84, Rome, 1998.
- BÄUMLER, R. & W. ZECH (1999): Bodengenetische Untersuchungen zur Rekonstruktion der pleistozänen und holozänen Vergletscherung im Hissar-Gebirge (Usbekistan) und

- Kichik Alay-Gebirge (Kirgisien). – In: Geosciences in High Asia. Proceedings of a symposium held in Dushanbe (10/11 October 1998) on occasion of the 70<sup>th</sup> anniversary of the German-Soviet Alai-Pamir expedition in 1928, ed. by W. Zech and Academy of Sciences of Republic of Tadjikistan, Dushanbe, Bayreuther Bodenkundliche Berichte, Bd. 65, Bayreuth, S. 127 – 184.
- BÄUMLER, R. & W. ZECH (2000): Soil development as an indicator of the Pleistocene and Holocene landscape history in Western Tian Shan and Nepal. Proceedings of the High Asia Symposium, Marburg 1997.
- BÄUMLER, R. (2001): Vergleichende bodenkundliche Untersuchungen in Hochasien und Kamtschatka: Böden als Zeugen der quartären Landschafts- und Klimageschichte. (Relief, Boden, Paläoklima; Bd. 16) Berlin, Stuttgart: Borntraeger.
- BECHER, H. H. (2000): Gefüge (2.6.2). In: BLUME, H.-P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FISCHER, W. R., FREDE, H.-G., HORN, R., & K. STAHR (Hrsg.) (1996, ...). 8. Erg. Lfg. 6/2000, S. 1 – 4.
- BECHER, H. H. (2000): Gefüge / Morphologie (2.6.2.1). In: BLUME, H.-P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FISCHER, W. R., FREDE, H.-G., HORN, R., & K. STAHR (Hrsg.) (1996, ...). 8. Erg. Lfg. 6/2000, S. 1 – 20.
- BERG, L. S. (1959): Die geographischen Zonen der Sowjetunion. Bd. II, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- BEUTELL, I. (1997): Natur- und Wirtschaftsraum des Dorfes Kara-Suu im geplanten Biosphärenreservat „Tengir-Too“ in Kirgisistan. Diplomarbeit an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Deutschland
- BILLWITZ, K. (1997): Allgemeine Bodengeographie. In: HENDL, M., LIEDTKE, H.: Lehrbuch der allgemeinen physischen Geographie. Gotha, Perthes.
- BIRECKI, M.; KULLMANN, A.; REVUT, I. B. & A. A. RODE (1968): Untersuchungsmethoden des Bodenstrukturzustandes. Internationale Bodenkundl. Gesell., Kommission I (Bodenphysik), Mittel- und Osteuropäische Arbeitsgruppe, Berlin, Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- BLAGOOBRAZOV, V. A. (1965): Tyan-Shanskaya fisiko-geograficheskaya stantsiya. [Die physisch-geographische Tienschan-Station], Frunze: Ilim.
- BLUME, H.-P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FISCHER, W. R., FREDE, H.-G., HORN, R., & K. STAHR (Hrsg.) (1996 ff.): Handbuch der Bodenkunde. Landsberg/Lech: ecomed. – Losebl.-Ausg. Grundwerk 1996
- BLÜTHGEN, J. & W. WEISCHET (1980): Allgemeine Klimageographie. (Lehrbuch der allgemeinen Geographie, Bd. 2), Berlin, New York: de Gruyter.
- BÖHNER, J. & H. SCHRÖDER (1999): Zur aktuellen Klimamorphologie des Tienschan. Petermanns Geogr. Mitt., **143** (1), Gotha, S. 17 – 32.
- BONDARAEV, L. G. (1982): On the Late Pleistocene Glaciation of Tian Shan. In: Development of the USSR Nature during Late Pleistocene and Holocene Times. Nauka, Moscow, S. 59 – 63, (in Russian).
- BORBUGULOV, M. (Hrsg.) (1991): Issyk-Kul, Naryn Entsiklopediya. [Enzyklopädie Issyk-Kul und Naryn]. Glavnaya redaktsiya Kirgizskoy Sovetskoy Entsiklopedii, Frunze.
- BREBURDA, J. (1987): Bodengeographie der borealen und kontinentalen Gebiete Eurasiens. Giessener Abhandlungen zur Agrar- und Wirtschaftsforschung des europäischen Ostens, Bd. 148.
- BYKOV, B. A. (1969): Pastbishcha i senokosy Kazakhstana. [Die Weiden und Mähwiesen Kasachstans]. Alma-Ata: Nauka.
- CHECHEV, L. S. (1971): Tipy elovykh lesov severnoy Kirgizii. [Fichtenwald-Typen des nördlichen Kirgisiens]. akademiya Nauk Kirg. SSR., Inst. Biologii, Otdel Lesa. Frunze: Ilim, 103 S.
- CHUPAKHIN, V. M. (1964): Fizicheskaya geografiya Tyan-Shanya. [Physische Geographie des Tien-Shan]. Verlag der AdW der Kasachischen SSR, Alma-Ata.

- CZEREPAKOV, S. K. (1995) Sosudistye rasteniya rossii i sopredelnykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR). [Gefäßpflanzen Russlands und benachbarter Länder (in den Grenzen der ehemaligen UdSSR)]. St. Peterburg, mir i semya-95. (English Language Edition: Cambridge University Press, 1995).
- CZEREPAKOV, S. K. (1995): Sosudistye rasteniya rossii i sopredelnykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR). [Gefäßpflanzen Russlands und benachbarter Länder (in den Grenzen der ehemaligen UdSSR)]. St. Peterburg, mir i semya-95. (English Language Edition: Cambridge University Press, 1995).
- DIECKMANN, OLAF (1997): Groß- und mittelmaßstäbige Naturraumkarten von Mecklenburg-Vorpommern. Zur Erfassung und Kennzeichnung von topischen und chorischen Naturraumeinheiten. Greifswalder Geographische Arbeiten **14**, S. 87 – 100.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie: Grundlagen und Methoden. Stuttgart: Ulmer.
- DÖMPKE, S. & M. SUCCOW (Hrsg.) (1998): Cultural Landscapes and Nature Conservation in Northern Eurasia. Proceedings of the Wörlitz Symposium, March 20 - 23, 1998. Edited by Naturschutzbund (NABU) Deutschland in cooperation with The Nature Conservation Bureau and AIDEnvironment. Bonn.
- DUMITRU, T. A., ZHOU, D., CHANG, E., GRAHAM, S. A., HENDRIX, M. S., SOBEL, E. R. & A. R. CARROLL (2000): Uplift, Exhumation, and Deformation in the Chinese Tian Shan. Special Paper, Geological Society of America, in press.
- EGOROV, V. V.; FRIEDLAND, V. M.; IVANOVA, E. N.; ROZOV, N. N.; NOSIN, V. A. & T. A. FRIEV (1987): Classification and Diagnostics of Soils of the USSR. Russian Translation Series 42, Rotterdam, A. A. Balkema. (= engl. Übersetzung von Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR (1977). Kolos Publishers, Moscow).
- EHWALD, E. (1991): Bodenhorizonte und bodensystematische Einheiten Mitteleuropas im internationalen Vergleich. – In: Peterm. Geogr. Mitt. Gotha, 1, mit 2 Tafelbeilagen.
- ELLENBERG, H. & D. MUELLER-DOMBOIS (1967): Tentative physiognomic-ecological classification of plant formations of the earth. Ber. Geobot. Inst. ETH Stift. Rübel, Zürich 37, S. 21 – 55.
- ENGELKE, T. (1997): Landschaftsökologische Kennzeichnung zweier benachbarter Täler (Kok-Bulak, Tschetki-Dolon-Ata) an der Südabdachung des Kungej Alatau im Zentralen Tienschan. Diplomarbeit an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Deutschland.
- EVDOKIMOVA, T. I. & N. O. KOVALEVA (1995a): K voprosu o genezisa gornolugovykh i gornolugovostepnykh chernosemovidnykh pochv Tyan-Shanya. [Zur Frage über die Genese der tschernosemähnlichen Gebirgswiesen- und Gebirgswiesensteppen-Böden des Tienschan]. Vestn. Mosk. un.-ta. Ser. 17, Pochvovedenie, 3, S. 15 – 23.
- EVDOKIMOVA, T. I. & N. O. KOVALEVA (1995b): On the Genesis of Mountain Meadow and Mountain Steppe-Meadow Chernosem-Like Soils of Tien Shan. Moscow University Soil Science Bulletin, Vol. 50, No. 3, Allerton Press, Inc., S. 11 – 18.
- FAO (1990): Guidelines for Soil Description. 3<sup>rd</sup> ed. (revised). Soil Resources, Management and Conservation Service, Land and Water Development Division, FAO, Rome.
- FAO/Unesco (1997): Soil Map of the World, Revised Legend, 1988, with corrections and updates.
- Flora Kirgizskoy SSR (1952 – 1965) [Flora der Kirgisischen SSR] Bd. 1 – 11, Frunze.
- FRANZ, H. (1979): Ökologie der Hochgebirge. Stuttgart. Ulmer.
- FRANZ, H.-J. (1973): Physische Geographie der Sowjetunion. VEB Hermann Haack, Geogr.-Kartogr. Anstalt Gotha/Leipzig.
- FREL, E. & K. PEYER (1991): Boden-Agrarpedologie: Eigenschaften, Entstehung, Verbreitung, Klassierung, Kartierung des Bodens und Nutzung im Pflanzenbau. 2. vollst. überarb. Aufl., Bern: Haupt.
- FREY, W. & R. LÖSCH (1998): Lehrbuch der Geobotanik: Pflanzen und Vegetation in Raum und Zeit. Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm: Fischer.

- FRIEDRICHSEN, M. (1903): Über Land und Leute der russischen Kolonisationsgebiete des Generalgouvernements Turkestan. G. Z.
- FRIEDRICHSEN, M. (1904): Ergebnisse einer Forschungsreise in den zentralen Tianschan etc., Mitt. g. Ges. XX., Hamburg
- GAN, N. P. (1983): Geobotanicheskie issledovaniya basseynov rek Ak-Su i Arashana. [Geobot. Forschung in den Becken der Flüsse Ak-Su und Araschan] Frunze, Ilim, 89 S.
- GAN, P. A. (1961): Rol gornyykh lesov v oroshaemom zemledelii Kirgizii. [Die Rolle der Gebirgswälder für den Bewässerungsfeldbau Kirgisiens]. Frunze, Landwirtschaftsministerium der Kirg. SSR, 5 S.
- GAN, P. A. (1982): Lesnoy fond Kirgizii za poslednie 50 let i ego sovremennoe sostoyanie. [Die Wälder von Kirgisien in den letzten 50 Jahren und ihr aktueller Zustand]. In: Problemy osvoeniya gor [Probleme der Gebirgsserschließung], Izd. AN Kirg. SSR, Frunze.
- GANSSEN, R. (1972): Bodengeographie mit besonderer Berücksichtigung der Böden Mitteleuropas. Stuttgart, Koehler Verlag.
- GLAVAC, V. (1996): Vegetationsökologie: Grundfragen, Aufgaben, Methoden. unter Mitwirkung von W. Hakes. Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm: Fischer.
- GOLOVKOVA, A. G. (1979): Botaniko-geograficheskoe rayonirovanie Tyan-Shanya i Alaya Kirgizii. [Botanisch-geographische Raionierung des Tianschan und des Alai in Kirgisien]. Frunze: Izd. KGU, S. 9 - 22.
- GOLOVKOVA, A. G. (1990): Rastitelnost Kirgizii - ratsionalnoe ispolzovanie i okhrana. [Vegetation Kirgisiens - Rationelle Nutzung und Schutz]. Frunze, Ilim, 453 S.
- GOLOVKOVA, A. G.; CHUBAROVA, A. V. (1987): Kormovye rasteniya Kirgizii. [Futterpflanzen Kirgisiens]. Frunze, Verlag Kyrgyzstan, 87 S.
- GOTTSCHLING, H. (2002a): Naturraumkunde und Naturschutz in außereuropäischen Landschaften. In: Landesforstanstalt und EMAU Greifswald (Hrsg.): Vortragsband zum Festkolloquium anlässlich des 80. Geburtstages von Dr. habil. D. Kopp und des 60. Geburtstages von Prof. Dr. M. Succow am 20. April 2001, Landesforstanstalt Eberswalde, S. 235 - 242.
- GOTTSCHLING, H. (2002b): Umweltgerechte Landnutzung im Biosphärenreservat Issyk-Kul - Beiträge aus landschaftsökologischer und sozioökonomischer Sicht. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH und Tropenökologisches Begleitprogramm (TÖB), Eschborn, Heidelberg: Kasperek-Verlag, 55 S.
- GOTTSCHLING, H. (2002c): Ekologicheskii orientirovannoe zemlepolzovanie na Biosfernoy Territorii „Ysyk-Köl“ - Obsor landshaftno-ekologicheskikh i sotsialno-ekonomicheskikh predposylok. [Umweltgerechte Landnutzung im Biosphärenreservat „Issyk-Köl“ - Übersicht über landschaftsökologische und sozio-ökonomische Grundlagen]. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH und Tropenökologisches Begleitprogramm (TÖB), Bishkek, 55 S.
- GROSSWALD, M.G.; KUHLE, M. & J. L. FASTOOK (1994): Würm Glaciation of Lake Issyk-Kul Area, Tian Shan Mts.: A Case Study in Glacial History of Central Asia. *GeoJournal* 33.2/3, S. 273 - 310.
- GTZ (2001): Investment-Handbuch Tourismus. Investitionsvorschläge für eine nachhaltige Tourismusentwicklung in der Issyk-Kul Region (Kirgistan). - GTZ, Eschborn.
- HAASE, G. (1978): Struktur und Gliederung der Pedosphäre in der regionischen Dimension. Beiträge zur Geographie, Bd. 29, Supplementband, Akademie-Verlag, Berlin
- HAASE, G. (1983): Beiträge zur Bodengeographie der Mongolischen Volksrepublik. In: BARTHEL, H., BRUNNER, H. & G. HAASE: Physisch-geographische Studien in Asien. Bd. 1, *Studia Geografica*, 34, Brno, S. 231 - 367.
- HEINICKE, TH. (1999): Die Moorbildung des Alabasch-Konur-Olön-Tales im Biosphärenterritorium Issyk-Köl in Kirgisistan. Eine landschaftsökologische und sozioökonomische Analyse. Diplomarb. Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Deutschland.

- HÜNNINGHAUS, A. (2001): Management von Biosphärenreservaten in Transformationsländern - dargestellt am Beispiel des Biosphärenreservates Issyk-Köl in Kirgistan. Dissertation an der Fakultät für Geowissenschaften der Ruhr-Universität Bochum.
- Indeksy i opredeleniya pochvennykh gorizontov (1982). [Indexe und Bestimmung der Bodenhorizonte]. *Pochvovedenie*, 12, Moskva, S. 122 - 130.
- IONOV, R. N. (1991): Vysokotravnye luga Kirgizskogo khrebta. [Hochstaudenwiesen der Kirgisischen Kette]. Bishkek, 213 S.
- ISAKOV, K. (1959): Rastitelnost Basseyna reki Chon-Kemin. [Vegetation des Beckens des Chon-Kemin-Flusses]. Frunze, AN Kirg. SSR, 269 S.
- ISAKOV, K. I. (1975): Pastbishcha i senokosy Kirgizskoy SSR - klassifikazia, ispolzovanie, melioratsiya i intensivikatsiya. [Weiden und Mähwiesen der Kirgisischen SSR - Klassifikation, Nutzung, Melioration, Intensivierung]. Frunze, Kirgistan, 343 S.
- KALASHNIKOV, A. O.; KLEYMENOV, H. I.; BAKANOV, V. N. et. al. (1985): Normy i ratsiony kormlenia selskokhozyaistvennykh zhivotnykh: Spravochnoe posobie. [Normen und Rationen für die Ernährung Landwirtschaftlicher Tiere: Ein Nachschlagewerk]. Moskau, Agropromisdat, 352 pp.
- KALESNIK, S. V. (Hrsg.) (1968): Entsiklopedicheskiy slovar geograficheskikh terminov. [Enzyklopädisches Wörterbuch geographischer Begriffe]. Moskva: Sovetskaya Entsiklopediya.
- KENDIRBARVA, A. ZH. (1995): Poyasnaya struktura rastitelnosti severnogo makrosklona Kirgizskogo Khrebta. [Zonale Struktur der Vegetation des nördlichen Abhanges der Kirgisischen Kette]. *Vestn. Mosk. Universiteta., Ser. 5, Geografiya*, Nr. 2, S. 58 - 63.
- Kirgizgiprozem (1978): Metodicheskie ukazania po provedeniyu geobotanicheskogo obsledovaniya estestvennykh kormovykh ugodyi Kirgizskoy SSR. [Methodische Anleitung zur Durchführung geobotanischer Erkundungen der natürlichen Futtergrundlagen der Kirgisischen SSR]. Ministerstvo Selskogo Khozyaystva Kirgizskoy SSR + Kirgizskiy Gosudarstvennyy Proektnyy Institut po Zemleustroystvu „Kirgizgiprozem“, Frunze, 52 S.
- Klassifikatsii senokosov i pastbishch po prirodnym zonam SSSR (1984) [Klassifikation der Mähwiesen und Weiden in den Naturzonen der UdSSR] : Moskva, (ältere Auflage: 1976).
- KNAPP, H. D. (1997): Internationaler Naturschutz. Phantom oder Notwendigkeit?. S. 11 - 46 In: Erdmann, K.-H. (Hrsg.): Internationaler Naturschutz. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York
- KOCHERGA, F. K. (1966): Gornomeliorativnye raboty v Sredney Azii i Yuzhnom Kazakhstane. [Gebirgsmeliorationsarbeiten in Mittelasien und Süd-Kasachstan]. Moskva: Lesnaya promyshlennost.
- KOCKSCH, H. (1999): Der südwestliche Uferbereich des Issyk-Köl-Sees in Kirgisistan - eine landschaftsökologische Zustandsanalyse. Diplomarbeit an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Deutschland.
- KOPP, D. & M. SUCCOW (1996): Die mittelmaßstäbige Naturraumkarte als Grundlage für eine ökologiegerechte Landnutzung. In: Buchwald, K. & W. Engelhardt: Umweltschutz, Grundlagen und Praxis. Handbuch in 17 Bänden, Bd. 2, Bonn: Economica.
- KOPP, D. & W. SCHWANECKE (1994): Standörtlich-naturräumliche Grundlagen ökologiegerechter Forstwirtschaft: Grundzüge von Verfahren und Ergebnissen der forstlichen Standortserkundung in den fünf ostdeutschen Bundesländern. Berlin: Dt. Landwirtschaftsverlag.
- KOPP, D. (1969): Der standörtliche Weiserwert der Waldbodenvegetation im nordostdeutschen Tiefland. *Wiss. Z., Techn. Univ. Dresden* 18, S. 329 - 340.
- KOPP, D. (1995): Zur Weiterentwicklung der Bodenklassifikation in Deutschland. *Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges.* 76, II, S. 1093-1096.

- KOPP, D. (1998): Zusammenwirken von Standort und Vegetation bei der Erkundung des Zustandswandels von Waldnaturräumen im nordostdeutschen Tiefland. Vortr. Arb. gem. forstl. Standorts- und Vegetationskunde. 12. Folge, Wolfenbüttel.
- KOPP, D. (2001): Methode und Stand der Naturraumerkundung im Nordostdeutschen Tiefland nach dem von der forstlichen Standortserkundung ausgehenden Verfahren. Weiterentwicklung von Schutzgebietssystemen auf naturräumlicher Grundlage in Brandenburg. Landesumweltamt Brandenburg, Studien und Tagungsberichte Bd. 32.
- KOPP, D., JÄGER, K.-D. & M. SUCCOW (1982): Naturräumliche Grundlagen der Landnutzung am Beispiel des Tieflandes der DDR. – 339 S. u. Anlagenbd., Akademie-Verlag, Berlin.
- KOPP, D., SUCCOW, M. & K.-D. JÄGER (2002): Naturräumliche Grundlagen ökologiegerechter Landnutzung am Beispiel des nordmitteleuropäischen Tieflandes. 2. völlig neu bearb. Aufl. (in Vorbereitung).
- KOROVIN, E. P. (1961/62): Rastitelnost Sredney Azii i Yuzhnogo Kasakhstana - Kniga I+II. [Die Vegetation Mittelasiens und Süd-Kasachstans]. Bd. I, 425 S., Bd. II, 577 S., Tashkent, Verlag der AdW der Usbekischen SSR.
- KOSKA, I., SUCCOW, M. & U. CLAUSNITZER (2001): Vegetation als Komponente landschaftsökologischer Naturraumkennzeichnung. In: SUCCOW, M. & H. JOOSTEN (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. Stuttgart: Schweizerbart, S. 112 – 128.
- KOVALEVA, N. O. & T. J. EVDOKIMOVA (1997): Holocene soils of the Kirgizskii Ridge in the Tian Shan mountains. *Eurasian Soil Science* 30 (9), S. 950 – 956.
- KOWALKOWSKI, A. & L. STARKEL (1984): Altitudinal belts of geomorphic processes in the southern Khangai Mts (Mongolia). *Studia geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 18, Krakow, S. 95 – 116.
- KOWALKOWSKI, A. (1980): The Structure of Altitudinal Zonation of Soils in the Donoin Dzun-Nuruu Massif, Khangai Mts (Mongolia). *Geographia Polonica* 43, S. 111 – 123.
- KOWALKOWSKI, A. (1989): Genese der Braunerden und Schwarzerden nach Untersuchungen in der Mongolischen VR und in der VR Polen. *Petermanns Geogr. Mitt.* 133 (1), Gotha, S. 7 – 22.
- KOZHEVNIKOVA, N. D. & N. V. TRULEVICH (1971): Sukhie stepi vnutrennego Tyan-Shanya – Vliyanie vypasa na rastitelnost i vozrastnoy sostav populyatsiy osnovnykh rasteniy. [Trockensteppen des Inneren Tienschan – Einfluß der Beweidung auf die Vegetation und die Altersstruktur der Populationen wichtiger Pflanzen]. Frunze: Ilim, 209 S.
- KUNTZE, H., ROESCHMANN, G. & G. SCHWERDTFEGGER (1994): *Bodenkunde*. 5. neubearb. u. erw. Aufl., Stuttgart: Ulmer.
- LADYGINA, G. M., RACHOVSKAYA, E. I. & I.N. SAFRONOVA (eds.) (1995): Vegetation map of Kazakhstan and Middle Asia (desert region) Maßstab 1: 2.500.000 und Botanical-geographic subdivision. Maßstab 1: 15.000.000, Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences u.a. (3 Blätter)
- Landesforstanstalt und EMAU Greifswald (Hrsg.) (2002): Vortragsband zum Festkolloquium anlässlich des 80. Geburtstages von Dr. habil. D. Kopp und des 60. Geburtstages von Prof. Dr. M. Succow am 20. April 2001, Landesforstanstalt Eberswalde
- LEBEDEVA, L. P. (1984): Dinamika i produktivnost subalpiyskikh lugov severnogo makrosklona Kirgizskogo khrebta. [Dynamik und Produktivität subalpiner Wiesen des Nordabhanges der Kirgisischen Kette]. Frunze, Ilim, 368 S.
- LESER, H. & H.-J. KLINK (1988): Handbuch und Kartieranleitung Geoökologische Karte 1:25 000 (KA GÖK 25). FDL, Bd. 228, Trier. 349 S.
- LESER, H. (1997): *Landschaftsökologie: Ansatz, Modelle, Methoden, Anwendung*. Mit einem Beitrag zum Prozess-Korrelations-Systemmodell von TH. MOSIMANN. 4., neubearb. Aufl., Stuttgart: Ulmer.
- LESER, H. (Hrsg.) (1997): *DIERCKE-Wörterbuch Allgemeine Geographie*. München, Braunschweig: Deutscher Taschenbuchverlag und Westermann.



- LIEBEROTH, I.; KOPP, D. & W. SCHWANECKE (1991): Zur Klassifikation der Mineralböden bei der land- und forstwirtschaftlichen Standortskartierung. *Petermanns Geogr. Mitt.* (3) S. 153 - 163.
- LOUIS, H. & K. FISCHER (1979): *Allgemeine Geomorphologie*. 4. erw. u. ern. Aufl. Berlin - New York.
- MAMYTOV, A. M. (1963): *Pochvy tsentralnogo Tyan-Shanya*. [Die Böden des Zentralen Tianschan]. Frunze, Verlag der Akademie der Kirgisischen SSR, 557pp.
- MAMYTOV, A. M. (1982): *Pochvy gor sredney Azii i yuzhnogo Kazakhstana*. [Böden der Gebirge Mittelasiens und Südkasachstans]. Frunze, Ilim, 249 S.
- MAMYTOV, A. M. (1987): *Pochvy gor sredney Azii i yuzhnogo Kazakhstana*. [Böden der Gebirge Mittelasiens und Südkasachstans]. Frunze, Ilim, 310 S.
- MAMYTOV, A. M. (1996): *Pochvennye resursy i voprosy zemelnogo kadastra Kyrgyzskoy Respubliki*. [Bodenressourcen und Fragen des Bodenkatasters der Kirgisischen Republik]. Bischkek, Verlag Kirgistan, 239 S.
- MAMYTOV, A. M., ASHIRAKHMANOV, SH. A. & G. D. OSADOCHIY (1977): *Ukasaniya po klassifikatsii, sistematike i diagnostike polugidromorfnykh i gidromorfnykh pochv Kirgizskoy SSR*. [Hinweise zur Klassifikation und Diagnostik semihydromorpher und hydromorpher Böden der Kirgisischen SSR]. AN Kirg. SSR, Ministerstvo Selskogo Khozyaystva Kirg. SSR, Kirg. Nauchno-Issledovatel'skiy Institut Pochvovedeniya, Frunze.
- MAMYTOV, A. M., OPENLENDER, I. V., DZHUNUSHBAEV, A., ASHIRAKHMANOV, SH., CYKHACHV, A. G., ESENBAEV, K., VORONOV, S. I., DENISOV, V. I. (1974): *Pochvy Kirgizskoy SSR*. [Böden der Kirgisischen SSR]. Frunze, Ilim, 419 S.
- MAMYTOV, A. M.; ASHIRAKHMANOV, SH. A.; VORONOV, S. I.; MAMYTOVA, D. A.; LI, YU. A.; ESENBAEV, K. E. (1995): *Sistematischeskiy spisok pochv Kyrgyzskoy Respubliki*. [Systematische Liste der Böden der Kirgisischen Republik], Bischkek, Verlag Ilim, 77 S.
- MAMYTOV, A. M.; MAMYTOVA, G. A. (1988): *Pochvy Issyk-Kul'skoy kotloviny i privileyushchey k ney territorii*. [Böden des Issyk-Kul-Beckens und angrenzender Gebiete], Frunze, Verlag Ilim, 192 pp
- MAMYTOVA, D. A. (1992): *Prirodno-selskokhozyaystvennoe rayonirovanie Kyrgyzstana*. [Natürliche-landwirtschaftliche Zonierung Kirgisistans]. Bishkek: Ilim, 90 S.
- MASING, V. (1991): Die Entwicklung der Vegetationskunde in der Sowjetunion. *Phytocoenologia* 19 (4), S. 479 - 495.
- MATVEEV, P. N. (1992): *Gidrologicheskieskie i zashchitnye funktsii orekhovo-plodovykh lesov*. [Hydrologische und Schutzfunktionen der Walnuß-Wildobst-Wälder]. In: Gan, P. A. (ed.): *Orekhovo-plodovye lesa yuga Kyrgyzstana* [Walnuß-Wildobst-Wälder Süd-Kirgisistans]. Bishkek, Ilim, S. 96 - 150.
- MEINERS, S. (1996): Zur rezenten historischen und postglazialen Vergletscherung an ausgewählten Beispielen des Tien Shan und des NW-Karakorum. *GeoAktuell Forschungsarbeiten* 2, 191.
- MERZBACHER, G. (1913): *Physiogeographie des Tianschan*. G. Z.
- Methodenhandbuch Geologisches Landesamt Mecklenburg-Vorpommern (1998): *Austauschkapazitäten*. Bearbeiter Persicke, Schwerin, PV01-1 - PV01-4.
- Metodicheskieskie ukazaniya po laboratornym issledovaniyam pochv v Giprozemakh (1984) [Methodische Anleitungen für Laboruntersuchungen an Böden in den GIPROSEM]. Ministerstvo Selskogo Khozyaystva SSR - Glavnoe upravlenie zemlepolzovaniya i Zemleustroystva Gostydarstvennyy HII Zemelnykh Resursov, Mytishi.
- MEUSEL, H., JÄGER, E. U. WEINERT, E. (1965): *Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora*. Jena.
- Ministerstvo okhrany okruzhayushchey sredy KR & GTZ (1999): *Osnovnye napravleniya ekologicheskii orientirovannogo planirovaniya zemlepolzovaniya na Biosfernoy terri-*

- torii „Ysyk-Köl“. [Main trends in environmental development. Land use planning in the Issyk-Kul Biosphere Reserve, Bishkek].
- MINISTRY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION OF KYRGYZ REPUBLIC (1998): Biodiversity Strategy and Action Plan. National Report. Bishkek, translated from the original Russian version, 60 S.
- Ministry of Environmental Protection of Kyrgyz Republic and German Society on Technical Cooperation (GTZ) (1999): Main Trends in Environmental Development LanduseMinistry of Environmental Protection Planning in the Issyk-Kul Biosphere Reserve. Bishkek, Eschborn, 182 S.
- MOLDORYADOV, A. (1975): Rastitelnost. [Vegetation]. In: Sezonnaya dinamika stepnykh, lugostepnykh i lugovykh soobshchestv severnogo makrosklona Kirgizskogo Ala-Too. [Saisonale Dynamik von Steppen-, Wiesensteppen- und Wiesengesellschaften des nördlichen Abhangs des Kirgisischen Alatau]. Frunze: Ilim, S. 28 – 45.
- MROTZEK, A. (1996): Landschaftsprofil der Arabelcu-Syrte in der alpinen und nivalen Zone des Zentralen Tienschan. Projektbericht für den Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft. Angefertigt an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Deutschland.
- MÜLLER, F.-V., JANZEN, J. (1997): Die ländliche Mongolei heute – Mobile Tierhaltung von der Kollektiv- zur Privatwirtschaft. Geographische Rundschau, (49), H. 5, S. 272 – 278.
- MÜLLER, G. (Hrsg.) (1980) Bodenkunde. Berlin.
- Munsell Soil Color Charts (1994): revised edition. Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation, New Windsor.
- NATSIONALNYY STATISTICHESKIY KOMITET KYRGYZSKOY RESPUBLIKI [Statistisches Nationalkomitee der Kirgisischen Republik] (1998): Demograficheskiy Ezhegodnik Kyrgyzskoy Respubliki 1997. [Demographisches Jahrbuch der Kirgisischen Republik 1997], Bischkek 272 S.
- NEEF, E. (1967): Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre. VEB Haack Gotha, 153 S.
- NEUNHÄUSER, P., ABBENTHEREN, B., BERG, C., DJAMGYRCHIEV, D., KALMAKOVA, S., LÜTZENKIRCHEN, M., VON DER OHE, S. & J. WELLER (1996): Möglichkeiten partizipativer Landnutzungsplanung – untersucht im Rahmen des geplanten Biosphärenreservats ‚Tengir Too‘/Kirgistan. Schriftenreihe des Seminars für Ländliche Entwicklung Nr. S 177, Humboldt-Universität Berlin, (erschienen: 2002).
- NIKITINA, E. V. (1962): Flora i rastitelnost pastbishch i senokosov khrebta Kirgizkiy Alatau. (=Flora und Vegetation der Weide und Mähwiesen des Kirgisischen Alatau) Frunze, Ilim, 283 S.
- NIKITINA, E. V. (ed.) (1975): Sezonnaya dinamika stepnykh, lugostepnykh i lugovykh soobshchestv severnogo makrosklona Kirgizskogo Ala-Too. [Saisonale Dynamik von Steppen-, Wiesensteppen- und Wiesen Gesellschaften des Nordabhangs des Kirgisischen Alatau]. Frunze, Ilim, 240 S.
- Opredelitel rasteniy Sredney Azii (1968, 1971, 1972, 1974) [Bestimmungsschlüssel der Pflanzen Mittelasiens], Bd. 1 – 4, Taschkent.
- ORUSBAEVA, B. O. (Hrsg.) (1982): Entsiklopediya Kirgizskoy SSR. [Enzyklopädie der Kirgisischen SSR]. Frunze.
- PESCI, M. & G. RICHTER (1996): Löss: Herkunft – Gliederung – Landschaften. Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband 98. – Berlin, Stuttgart: Borntraeger.
- PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE UND UMWELT (1998): Leitlinien für eine umweltgerechte Entwicklungsplanung im Gebiet des vorgesehenen Biosphärenreservates Issyk-Köl. Bischkek und Hannover.
- PÖLKING, A. (1998): Leitlinien für eine umweltgerechte Entwicklungsplanung im Gebiet des vorgesehenen Biosphärenterritoriums „Issyk-Kul“: Studie Landnutzungsplanung, im

- Auftrag der Planungsgruppe Ökologie und Umwelt Hannover für die Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Unveröffentlichter Bericht.
- POPOVA, L. I. (1963): Sezonnaya dinamika rasvitiya osnovnykh fitotsenozov verkhnarynskikh syrtoov Tyan-Shanya. [Saisonale Dynamik der Entwicklung der wichtigsten Phytozönosen der oberen Naryn-Syrten des Tien-Schans]. Frunze, Akademiya Nauk Kirg. SSR, 108 S.
- POPOVA, L. I., IONOV, R. N., LEBEDEVA, L. P., KORNEVA, I. G., CHERNOGUBOV, F. V., SHIKHOTOV, V. M. (1972): Spravochnik po urozhaynosti pastbishch i senokosov Kirgizskoy SSR [Ertragshandbuch der Weiden und Mähwiesen der Kirgisischen SSR]. Bd. II, Frunze, Ilim, 219 S.
- POPOVA, L. I., IONOV, R. N., LEBEDEVA, L. P., KORNEVA, I. G., CHERNOGUBOV, F. V., SHIKHOTOV, V. M. (1975): Spravochnik po urozhaynosti pastbishch i senokosov Kirgizskoy SSR [Ertragshandbuch der Weiden und Mähwiesen der Kirgisischen SSR]. Bd. III, Frunze, Ilim, 396 S.
- PRINZ, G. (1909): Die Vergletscherung des nördlichen Teiles des zentralen Tianschengebirges. Mitt. k. k. g. Ges.
- RABOTNOV, T. A. (1995): Phytozönologie: Struktur und Dynamik natürlicher Ökosysteme. Aus dem Russ. von A. Netschaev, Überarb. des dt. Textes W. Larcher..., Stuttgart: Ulmer.
- RICHTER, M. (2001): Vegetationszonen der Erde. Gotha, Stuttgart: Klett-Perthes.
- RICHTER, M., PFEIFER, H. & T. FICKERT (1999): Differences in exposure and altitudinal limits as climatic indicators in a profile from western Himalaya to Tian Shan. Erdkunde, Bd. 53, H. 2, S. 89 – 107 mit 5 Beilagen.
- RICKETTS, R.D.; JOHNSON, T.C., BROWN, E.T., RASMUSSEN, K.A., ROMANOVSKY, V.V. (2001): The Holocene paleolimnology of Lake Issyk-Kul, Kyrgyzstan: trace element and stable isotope composition of ostracodes. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 176, Elsevier, S. 207 – 227.
- ROWELL, D. L. (1997): Bodenkunde: Untersuchungsmethoden und ihre Anwendung. aus dem Englischen übers. von M. Börsch-Supan, Berlin u.a.: Springer.
- ROZOV, N. N. & E. I. IVANOVA (1967): Klassifikatsiya pochv SSSR – Geneticheskaya kharakteristika i diagnostika osnovnykh podrazdeleniy. [Klassifikation der Böden der UdSSR – Genetische Charakterisierung und Diagnostik der grundlegenden Einheiten]. Pochvovedenie, 3, S. 12 – 22.
- RYAZANTSEV, Z. A. (1965): Klimat Kirgizskoy SSR. [Das Klima der Kirgisischen SSR]. Frunze: Ilim, 289 S.
- SÄNGER-VON OEPEN, NACK, T., NIXDORF, J. & B. MENKE (1993): Vorstellung der SrCl<sub>2</sub>-Methode nach *Bach* zur Bestimmung der effektiven Kationenaustauschkapazität und Vergleich mit der NH<sub>4</sub>Cl-Methode. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 156, Weinheim, 311 – 316.
- SCHAAF, TH. (1997): Der Beitrag der UNESCO zur Förderung des Internationalen Naturschutzes, S. 47 – 59 In: Erdmann, K.-H. (Hrsg.): Internationaler Naturschutz. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York
- SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H.-P., BRÜMMER, G., HARTGE, K. H. & U. SCHWERDTMANN (1998): Scheffer/Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde. 14. neu bearb. u. erw. Aufl. Stuttgart: Enke.
- SCHLICHTING, E., BLUME, H.-P. & STAHR, K. (1995): Bodenkundliches Praktikum: Eine Einführung in pedologisches Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land- und Forstwirte und für Geowissenschaftler. 2. Neubearb. Aufl., Berlin, Wien u.a., Blackwell Wiss.-Verl. (Pareys Studentexte; 81).
- SCHLÜTER, H. (1981): Geobotanisch-vegetationsökologische Grundlagen der Naturraumerkundung und -kartierung. Petermanns Geogr. Mitt. 125 (2), S: 73 – 82.

- SCHOLZ, F. (1999): Nomadismus ist tot – Mobile Tierhaltung als zeitgemäße Nutzungsform der kargen Weiden des Altweltlichen Trockengürtels. *Geogr. Rundschau* 51, H. 5, S. 248 - 255
- SCHRÖDER, H. (1992): Aktive Blockgletscher im zentralen Teil des Nördlichen Tienschan. *Petermanns Geogr. Mitt.*, 136 (2+3), Gotha, S. 109 - 119.
- SCHRÖDER, H. (1995): Zur geomorphologischen Höhenstufung des Transili- und Kungej-Alatau im Nördlichen Tienschan (Kasachstan/Kirgistan). *Forsch. Ber. d. Deutschen Alpenvereins* 7, München, 30 S.
- SCHRÖDER, H., GUNJA, A. U. FICKERT, T. (1996): Vergleichende Periglazialgeomorphologie im zentralen Teil des nördlichen Tienschan. *Mitt. d. Fränk. Geogr. Gesellsch.*, Bd. 43, Erlangen, S. 275 - 300.
- SCHROEDER, D. (1992): *Bodenkunde in Stichworten*. 5. rev. u. erw. Aufl. von W. E. H. Blum, Berlin, Stuttgart: Hirth in der Gebr.-Borntraeger-Verl.-Buchhandl.
- SCHROEDER, F.-G. (1998): *Lehrbuch der Pflanzengeographie*. Wiesbaden: Quelle und Meyer.
- SCHULTZ, J. (1995): *Die Ökozonen der Erde: Die ökologische Gliederung der Geosphäre*. 2. überarb. Aufl., Stuttgart: Ulmer.
- SCHULZE, G. & D. KOPP (1995): *Anleitung für die forstliche Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland*. Teile A, B, C. (=SEA 95), Hrsg. zuständ. Minist. der Länder Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Sachsen.
- SCHWANECKE, W. (1970): *Richtlinien für die Bildung und Kartierung der Standortseinheiten im Hügelland und Mittelgebirge der DDR*. VEB Forstprojektierung, Potsdam, (unveröffentlicht).
- SCHWANECKE, W., HEYMANN, G. & D. SCHWANECKE (1982): *Verfahren der Forstlichen Standortskartierung in der Sozialistischen Republik Vietnam*. VEB Forstprojektierung Potsdam (unveröffentlicht).
- SEMENOV-TYAN-SHANSKIY (1946): *Puteshestvie v Tyan-Shan v 1856 - 1857*. (Reise in den Tien-Schan von 1856 - 1857) Moskva
- SHARASHOVA, V. S. (1967): *Struktura i ritmika travostoev melkodernovinnykh stepey i lugostepey Tyan-Shanya*. [Struktur und Rhythmus des Bestands von kleinbultigen Steppen und Wiesensteppen des Tien-Schans]. Frunze, Ilim, 307 S.
- SHNITNIKOV, A. V. (1979): *Issyk-Kul - priroda, okhrana i perspektivy ispolzovaniya ozera*. [Der Issyk-Kul - seine Natur, sein Schutz und Perspektiven der Nutzung des Sees]. Frunze: Ilim. 85 S.
- SOBOLEV, L. N. (1972): *Ocherk rastitelnosti Issyk-Kul'skoy-kotloviny*. [Abriß der Vegetation des Issyk-Kul-Beckens], Frunze, Ilim, 107 S.
- SPECHT, R. (2000): *Biosphärenreservate*. In: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit: *Naturschutz in Entwicklungsländern: Neue Ansätze für den Erhalt der biologischen Vielfalt*. GTZ/BfN, Kasperek.
- STANYUKOVICH, K. V. (1973): *Rastitelnost gor SSSR - botaniko-geograficheskiy ocherk*. [Die Vegetation der Gebirge der UdSSR - Ein botanisch-geographischer Abriss]. Donish, Dushanbe, 412 S.
- STEPANOV, I. N. (1967): *Ob asimmetrichnom razvitii pochv na sklonakh severnoy i yuzhnoy ekspozitsiy v zapadnom Tyan-Shane*. [Über die asymmetrische Entwicklung der Böden auf Hängen nördlicher und südlicher Exposition im westlichen Tienschan]. *Pochvovedenie*, 2, S. 25 - 33.
- STEPANOV, I. N. (1975): *Ekologo-geograficheskiy analiz pochvennogo pokrova Sredney Azii*. [Ökologisch-geographische Analyse der Bodendecke Mittelasiens]. Nauka, Moskau.
- SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (Hrsg.) (2001): *Landschaftökologische Moorkunde*. Bearb. von 33 Fachwissenschaftlern, 2. völlig neu bearb. Aufl., Stuttgart, Schweizerbart.
- SUCCOW, M. (1982): *Topische und chorische Naturraumtypen der Moore*. In: KOPP, D., JÄGER, K.-D. & M. SUCCOW (1982): *Naturräumliche Grundlagen der Landnutzung am Bei-*

- spiel des Tieflandes der DDR. – 339 S. u. Anlagenbd., Akademie-Verlag, Berlin. S. 138 – 183.
- SUCCOW, M. (1988): Landschaftsökologische Moorkunde. Gustav Fischer Verlag, Jena, 340 S.
- SUCCOW, M. (1990): Die Mittelasiatischen Hochgebirge. In: Hochgebirge der Erde und ihre Pflanzen- und Tierwelt. Autorekollktiv unter Leitung von KLOTZ, G., Leipzig, Jena, Berlin: Urania, 187 – 204.
- TAPPONIER, P. & P. MOLNAR (1979): Active faulting and Cenozoic tectonics of the Tien Shan, Mongolia and Baikal Regions. – Jour. Of Geophysical Research 84, B7, S. 3425-3459.
- The New Encyclopaedia Britannica (1997): Languages of the World, In: Macropaedia Knowledge in Depth, Volume 22, Encyclopaedia Britannica, Inc., Chicago, S. 572 – 796.
- TOKTOSUNOV, K. (1998): The Biosphere Territory and Regional Development in the Issyk-Kul of Kyrgyzstan. In: DÖMPKE, S. & M. SUCCOW (Hrsg.): Cultural Landscapes and Nature Conservation in Northern Eurasia. Proceedings of the Wörlitz Symposium, March 20 - 23, 1998. Edited by Naturschutzbund (NABU) Deutschland in cooperation with The Nature Conservation Bureau and AIDEnvironment. Bonn, 200 – 206.
- TROLL, C. (1941): Studien zur vergleichenden Geographie der Hochgebirge der Erde. Ber. Ges. d. Freunde und Förderer d. Univ. Bonn, S. 49 – 69.
- TSEKANOV, A. S. (1987): Rastitelnost vysokogoriy Vnutrennego Tyan-Shanya i eyo ismeneniya pod vosdeystviem antropogennykh faktorov. [Hochgebirgsvegetation des Inneren Tienschan und ihre Veränderungen unter dem Einfluß anthropogener Faktoren]. Frunze, Ilim, 362 S.
- VAN REEUWIJK, L. P. (1995): Procedures for Soil Analysis. 5<sup>th</sup> ed. ISRIC Technical Paper 9, Wageningen, Netherlands.
- VOLOBUEV, V. R. (1963): Ekologiya pochv. [Ökologie der Böden]. Baku.
- VYKHODTSEV, I. V. (1956): Vertikalnaya poynasnost rastitelnosti v Kirgizii (Tyan-Shan i Altay). [Die vertikale Zonierung der Vegetation in Kirgisien (Tien-Schan und Altai)]. Akad. Wiss. UdSSR, Moskau.
- VYKHODTSEV, I. V. (1976): Rastitelnost Tyan-Shane-Alayskogo gornogo sooruzheniya. [Die Vegetation des Tienschan- und Alai-Gebirgssysteme]. Frunze, Ilim, 216 S.
- VYKHODTSEV, I. V., NIKITINA, E. V., POPOVA, L. I., SHARASHOVA, V. S., KORNEVA, I. G., LEBEDEVA, L. N., IONOV, P. I., SHIKHOTOV, V. M., CHERNOGUBOV, F. V., BAZHETSKAYA, A. A. (1970): Spravochnik po urozhaynosti pastbishch i senokosov Kirgizskoy SSR [Ertragshandbuch der Weiden und Mähwiesen der Kirgisischen SSR]. Bd. I, Frunze, Ilim, 141 S.
- WALTER, H. & E. O. BOX (1983): The Orobionomes of Middle Asia. In: West, Neil. E.
- WALTER, H. & S.-W. BRECKLE (1991): Ökologie der Erde: Geo-Biosphäre. Bd. 1. Ökologische Grundlagen in globaler Sicht. 2., bearb. Aufl. Stuttgart: Fischer.
- WALTER, H. & S.-W. BRECKLE (1994): Ökologie der Erde – Spezielle Ökologie der gemässigten und arktischen Zonen Euro-Nordasiens. Fischer, Stuttgart, Jena.
- WALTER, H. (1974): Die Vegetation Osteuropas, Nord- und Zentralasiens. Vegetationsmonographien der einzelnen Großräume. Bd. VII, Fischer, Stuttgart.
- WALTER, H. (1975): Über ökologische Beziehungen zwischen Steppenpflanzen und alpinen Elementen. Flora 164, 339 – 346.
- WALTER, H. (1990): Vegetation und Klimazonen: Grundriß der globalen Ökologie. 6., verb. Aufl., Stuttgart: Ulmer.
- WEISCHET, W. & W. ENDLICHER (2000): Regionale Klimatologie, Teil 2: Die Alte Welt – Europa, Afrika, Asien. Teubner Studienbücher der Geographie. Stuttgart: Teubner.
- WILHELMY, H. (1974): Klimageomorphologie in Stichworten. Geomorphologie in Stichwörtern – Teil IV. Beiträge zur Allgemeinen Geographie, Hirth.
- WILHELMY, H. (1990): Geomorphologie in Stichworten – II. Exogene Morphodynamik. Abtragung – Verwitterung – Tal- und Flächenbildung. 5. überarb. Aufl. von B. Bauer u. H. Fischer, Unterägeri: Hirth.

- WILMANN, O. (1998): Ökologische Pflanzensoziologie - Eine Einführung in die Vegetation Mitteleuropas. 6. neu bearb. Aufl., Wiesbaden: Quelle und Meyer.
- WRB (1998) = World Reference Base for Soil Resources, siehe BAILLY et al. (1998)
- ZEMMRICH, A. (1997): Naturräumliche Kennzeichnung des Nordufers eines Hochgebirgssees im Zentralen Tienschan. Diplomarbeit an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Deutschland.
- ZEPP, H. & M. J. MÜLLER (Hrsg.) (1999): Landschaftsökologische Erfassungsstandards - Ein Methodenbuch. Forschungen zur Deutschen Landeskunde, Bd. 244, Bearbeitet vom Arbeitskreis Geoökologische Kartierung und Leistungsvermögen des Landschaftshaushaltes der Deutschen Akademie für Landeskunde. Flensburg, Deutsche Akademie für Landeskunde, Selbstverlag.
- ZEPP, H. (1999): Bodenwasser und Grundwasser. In: ZEPP, H. & M. J. MÜLLER (Hrsg.) (1999): Landschaftsökologische Erfassungsstandards - Ein Methodenbuch. Forschungen zur Deutschen Landeskunde, Bd. 244, Bearbeitet vom Arbeitskreis Geoökologische Kartierung und Leistungsvermögen des Landschaftshaushaltes der Deutschen Akademie für Landeskunde. Flensburg, Deutsche Akademie für Landeskunde, Selbstverlag, S. 129 - 167.
- ZLOTIN, R. I. (1975): Leben im Hochgebirge. Untersuchungen der Organisation der Hochgebirgssysteme des Tienschan. (Russisch), Moskau, 238 S.

### Mündliche Mitteilungen

- KOPP, D. Dr. habil., Tews-Woos, Deutschland.
- KOWALKOWSKI, A., Prof. Dr. em., Pädagogische Hochschule Kielce, Polen.
- OSMONOV, A. O., Prof., Fakultät für Geographie und Ökologie der Nationalen Universität Bischkek, Kirgisistan.

## 8.2 Kartenverzeichnis

- ATLAS KIRGIZSKOY SSR (1987) [Atlas der Kirgisischen SSR], Teil 1, Moskau.
- Glavnoe Upravlenie Geodezii i Kartografii pri Sovete Ministrov SSSR (1981...1989): Prirodnye Resursy Kirgizskoy SSR. [Hauptverwaltung für Geodesie und Kartographie beim Ministerrat der UdSSR (1981...1989): Natürliche Ressourcen der Kirgisischen SSR]. Thematische Kartensätze zu je 10 Blättern, z.T. mit 1-2 zusätzlichen Legendenblättern, Maßstab 1:500 000.
- Estestvennye Kormovye Ugodya [Natürliche Futtergrundlagen] (1981-1989)
  - Geologicheskie Formatsii [Geologische Formationen] (1981-1988)
  - Geomorphologiya [Geomorphologie] (1981-1989)
  - Inzhenernaya Geologiya [Ingenieur-Geologie] (1981-1989)
  - Ispolzovanie Zemel [Landnutzung] (1981-1987)
  - Landshafty [Landschaften] (1981-1988)
  - Laviny [Lawinen] (1983-1985)
  - Lesa [Wälder] (1983-1985)
  - Okhrana Prirody [Naturschutz] (1981-1989)
  - Pochvennaya Eroziya [Bodenerosion] (1981-1987)
  - Pochvenno-Meliorativnogo [Boden-Melioration] (1981-1988)
  - Pochvy [Böden] (1983-1986)
  - Podzemnye Vody [Grundwasser] (1982-1989)
  - Poverkhnostnye Vody [Oberflächenwasser] (1983-1985)
  - Rastitelnost [Vegetation] (1981-1988)
  - Seysmotektonika [Seismotektonik] (1988)
  - Snezhnyy Pokrov [Schneedecke] (1983-1986)
  - Zoogeograficheskaya [Zoogeographie] (1988)

Topographische Karte der Kirgisischen SSR im Maßstab 1:100 000

- Kartenblatt K-43-47 (Grigorievka), Ausgabe 1986
- Kartenblatt K-43-48 (Ananevo), Ausgabe 1986
- Kartenblatt K-43-59 (Cholpon-Ata), Ausgabe 1986
- Kartenblatt K-43-70 (Bokombaevskoe), Ausgabe 1962
- Kartenblatt K-43-84 (per. Barskaun), Ausgabe 1970
- Kartenblatt K-44-38 (Sovchosa Santasch), Ausgabe 1973
- Kartenblatt K-44-39 (Karkara), Ausgabe 1991

Topographische Karten der Kirgisischen SSR im Maßstab 1:200 000

- Kartenblatt K-44-XIX (Uchkoshkon), Ausgabe 1971

Geobotanische Karten des Kirgizgiprozems im Issyk-Kul-Oblast

Gosudarstvennyy Agropromyshlennyy Komitet Kirgizskoy SSR – Proektnyy Institut „Kirgizgiprozem“ (1986): Materialy geobotanicheskogo obsledovaniya estestvennykh kormovykh ugodyy kolkhoza im. Karla Marksa Tonskogo rayona Issyk-Kulskoy oblasti Kirgizskoy SSR, mit geobotanischen Karten im Maßstab 1:25 000, Frunze.

Ministerstvo Selskogo Khozyaystva Kirgizskoy SSR – Proektnyy Institut „Kirgizgiprozem“ (1985a): Materialy geobotanicheskogo obsledovaniya estestvennykh kormovykh ugodyy Gosplemkonezavod No. 54 Issyk-Kulskogo rayona Issyk-Kulskoy oblasti Kirgizskoy SSR, mit geobotanischen Karten im Maßstab 1:25 000, Frunze.

Ministerstvo Selskogo Khozyaystva Kirgizskoy SSR – Proektnyy Institut „Kirgizgiprozem“ (1985b): Materialy geobotanicheskogo obsledovaniya estestvennykh kormovykh ugodyy sovkhoza „Uryukty“ Issyk-Kulskogo rayona Issyk-Kulskoy oblasti Kirgizskoy SSR, mit geobotanischen Karten im Maßstab 1:25 000, Frunze.

Bodenkundliche Karten des Kirgizgiprozems im Issyk-Kul-Oblast

Gosudarstvennyy Agropromyshlennyy Komitet Kirgizskoy SSR – Gosudarstvennyy proektnyy institut po zemleustroystvu „Kirgizgiprozem“ (1986): Pochvy sovkhoza „Uryukty“ Issyk-Kulskogo rayona Issyk-Kulskoy oblasti i rekomendatsii po ikh uluchsheniyu, mit Bodenkarten im Maßstab 1:25 000 und 1:10 000, Frunze.

Gosudarstvennyy Agropromyshlennyy Komitet Kirgizskoy SSR – Kirgizskiy gosudarstvennyy proektnyy institut po zemleustroystvu „Kirgizgiprozem“ (1986): Pochvy Gosplemkonezavoda No. 54 Issyk-Kulskogo rayona i rekomenduemye meropriyatiya po ikh uluchsheniyu, mit Bodenkarten im Maßstab 1:25 000 und 1:10 000, Frunze.

Ministerstvo selskogo khozyaystva i prodovolstviya Kirgizskoy Respubliki – Kirgizskiy gosudarstvennyy proizvodstvenno-nauchnyy tsentr zemelnykh resursov i zemleustroystva „Kyrgyzmamzherresurstary“ (1994): Pochvy proizvodstvenno-kooperativnogo obedineniya „Bar-Bulak“ i obedineniy krestyanskikh khozyaystv „Don-Talaa“, „Ala-Basch“ Tonskogo rayona i rekomendatsii po ikh uluchsheniyu, mit Bodenkarten im Maßstab 1:25 000 und 1:10 000, Bishkek.

Weitere Kartengrundlagen:

Microsoft Encarta World Atlas 1998

Physische Karte von Russland 1:16 000 000

Karte von Kirgisistan: (Quelle:

[http://www.lib.utexas.edu/maps/commonwealth/kyrgystan\\_rel96.jpg](http://www.lib.utexas.edu/maps/commonwealth/kyrgystan_rel96.jpg))

**Anhang (als CD-ROM beigelegt)**

<b>Tabellen</b>		<b>Dateityp</b>
Tabelle 3.2-01	Koordinaten der Bodenprofile	xls
Tabelle 4.1-19	Benennung der Einzelprofile nach Bodenformen, Kirgisischer Bodenklassifikation und FAO (geordnet nach Bodentypen).	xls
Tabelle 4.1-20	Benennung der Einzelprofile nach Bodenformen, Kirgisischer Bodenklassifikation und FAO (geordnet nach Profilvernummern).	xls
Tabelle 4.1-21	Profilsprache der untersuchten Böden im Issyk-Kul-Gebiet	xls
Tabelle 4.1-22	Analysendaten der untersuchten Bodenprofile im Issyk-Kul-Gebiet.	xls
Tabelle 4.1-36	Vergleich der ausgeschiedenen Boden(unter)typen mit der kirgisischen Bodenklassifikation	xls
Tabelle 4.1-37	Bodenformen als Kombination von Boden(unter)typ und Substratfolgetyp	xls
Tabelle 4.3-01	Höhenstufenklimatypen in den Untersuchungsgebieten im Issyk-Kul-Gebiet	doc
Tabelle 4.5-02	Vegetationstabelle der niederschlagsärmeren Transekte 1, 5, 6 im südwestlichen Issyk-Kul-Becken und Zentralen Tien-schan.	xls
Tabelle 4.5-03	Vegetationstabelle der niederschlagsreicheren Transekte 2, 3 und 4 im nördlichen und östlichen Issyk-Kul-Becken.	xls
Tabelle 4.5-04	Liste der Pflanzenarten im Issyk-Kul-Gebiet aus den Vegetationsaufnahmen der Transekte 1, 2, 3, 4, 5, 6.	doc
Tabelle 4.7-01 bis Tabelle 4.7-06	Naturraumformen in den Transekten 1-6	xls

<b>Abbildungen</b>		<b>Dateityp</b>
Abbildung 2.1-01	Die mittelasiatischen Gebirge und Lage des Untersuchungsgebietes innerhalb des Nördlichen und Zentralen Tianschan mit dem Issyk-Kul-See	jpg
Abbildung 2.1-02	Kirgisistan mit Lage des Biosphärenreservates Issyk-Kul	jpg
Abbildung 2.1-03	Lage des Biosphärenreservates Issyk-Kul mit den im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Transekten 1 - 6 sowie weiteren Transekten A -G, die im Rahmen landschaftsökologischer Untersuchungen der Universität Greifswald bearbeitet wurden	jpg
Abbildung 2.3-01	Karte der mittleren jährlichen Niederschläge von Kirgisistan und Diagramme der Jahresgänge der mittleren monatlichen Niederschlagsmengen von Januar - Dezember	jpg
Abbildung 3.2-01	Lage der Bodenprofile im Transekt 1: Kara-Koo	pdf
Abbildung 3.2-02	Lage der Bodenprofile im Transekt 2: Bosteri	pdf
Abbildung 3.2-03	Lage der Bodenprofile im Transekt 3: Tschon-Örykty	pdf
Abbildung 3.2-04	Lage der Bodenprofile im Transekt 4: Santasch	pdf
Abbildung 3.2-05	Lage der Bodenprofile im Transekt 5: Arabel-Syrte	pdf
Abbildung 3.2-06	Lage der Bodenprofile im Transekt 6: Ak-Shirak	pdf
Abbildung 4.1-10	Humusvorrat in 0-20 cm von Böden im Issyk-Kul-Gebiet	doc



Abbildung 4.1-11	Humusvorrat in 0-40 cm von Böden im Issyk-Kul-Gebiet	doc
Abbildung 5.1-02	Ökogramm zum Vorkommen anhydromorpher Bodentypen in Abhängigkeit von der Höhe und der geschätzten mesoklimatischen Feuchtestufe, mit Verbreitungsschwerpunkten von Vegetationsformationen	doc
Abbildung 5.2-01	Höhenstufen und Höhenstufenfolgetypen im Untersuchungsgebiet	doc

---

---

**Fotos**

---

Foto 4.1-001 bis Foto 4.1-106	Fotos der Bodenprofile	pdf
Foto 5.3-01 bis Foto 5.3-74	Landschaftsfotos aus einzelnen Höhenstufen	pdf

---