

Die geoökologischen Folgewirkungen der Steppenumbrüche in den 50er Jahren in Westsibirien

**Ein Beitrag für zukünftige Nutzungskonzepte unter besonderer
Berücksichtigung der Winderosion**

Dissertation

Zur Erlangung des akademischen Grades

doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

vorgelegt der

**Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät
(mathematisch-naturwissenschaftlicher Bereich)
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg**

von

Hansgeorg Tobias Meinel

geb. am 24. Juli 1970 in Leipzig

Gutachter:

- 1. Prof. Dr. M. Frühauf**
- 2. Prof. Dr. V.V. Rudsky**
- 3. Prof. Dr. K. Billwitz**

Halle (Saale), 28.10. 2002

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Frühauf, der diese Arbeit anregte, mich wissenschaftlich betreute und im gesamten Forschungsprozess kritisch begleitete. Nicht zuletzt und besonders danke ich Herrn Prof. Dr. Frühauf auch für hilfreiche Unterstützung zur wissenschaftlichen Umsetzung des Themas während gemeinsamer Feldaufenthalte im Untersuchungsgebiet.

Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr. V.V. Rudsky von der Staatlichen Altaiuniversität Barnaul für seine unverzichtbare Hilfe in der Organisation der Feldarbeit, bei der schwierigen Beschaffung von Daten- und Kartenmaterial und für die kooperative Vermittlung zahlreicher Ansprechpartner.

Sehr herzlich möchte ich mich bei Dr. V.J. Areviev bedanken, der mich vor allem bei den nicht unproblematischen Feldarbeiten unermüdlich unterstützte und mir immer wieder die Schönheit des Naturraumes Steppe vor Augen führte.

Sehr herzlich danke ich auch Herrn Jens von Barga von der GTZ in Schumanowka, der die Einrichtung und Betreuung des Versuchsfeldes erst ermöglichte.

Nicht zuletzt schulde ich ebenfalls Herrn Dr. H. C. Treutler, vom Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, Abteilung Umweltradioaktivität und Isotope, einen herzlichen Dank für die Durchführung der zahlreichen Cäsiumanalysen.

An dieser Stelle denke ich auch dankbar an die Unterstützung meiner Untersuchungen durch viele Farmer und Wissenschaftler in Sibirien und die Kolleginnen und Kollegen des Institutes für Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Halle, Juni 2002

Inhalt

Danksagung	I
Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	II
Abkürzungsverzeichnis	III
1 Problemstellung und Zielsetzung	1
2 Einleitung	3
2.1 Anthropogene Einflüsse auf das Steppenökosystem	3
2.1.1 Das „Dust bowl“- Syndrom als globales Umweltproblem	3
2.1.2 Bodendegradation in semiariden Ökosystemen	6
2.1.2.1 Winderosion	6
2.1.2.2 Wassererosion	8
2.1.2.3 Versalzungserscheinungen	9
2.1.3 Geschichte und Hintergründe der Neulandaktion	11
2.1.4 Die Phase der Intensivierung	14
2.1.5 Heutige Situation der russischen Landwirtschaft	14
2.2 Untersuchungsgebiet Kulundasteppe	16
2.2.1 Auswahl des Untersuchungsgebietes	16
2.2.2 Naturräumliche Einordnung	18
2.2.3 Geologie	18
2.2.4 Klima und Vegetation	20
2.2.5 Boden	21
2.2.6 Besiedlung der Kulundasteppe	24
3 Methoden	25
3.1 Geländemethoden	25
3.1.1 Auswahl der Standorte	27
3.1.2 Cäsium137 als Tracer	30
3.1.3 Profilansprache und Probennahme	31
3.1.4 Bodenfeuchtemessung	31
3.1.5 Geländekartierung	31
3.1.6 Erhebung aktueller Klimadaten	32
3.2 Labormethoden	32
3.2.1 Bodenparameter	32
3.2.2 Nährstoffe	34
3.2.3 Cäsium137	34
3.3 Anlage des Versuchsfeldes	35

4	Die agrarwirtschaftliche Inwertsetzung (Neulandaktion) im Untersuchungsgebiet und ihre geoökologischen Folgen	37
4.1	Formen und Dimension der agrarwirtschaftlichen Inwertsetzung	37
4.2	Erscheinungsformen und Intensitäten von Bodenschädigungen	41
4.2.1	Winderosion	41
4.2.1.1	Veränderungen des Profilaufbaus und der Bodeneigenschaften	41
4.2.1.2	Deflationsräume	42
4.2.1.3	Akkumulationsräume	49
4.2.1.4	Wirkung von Windschutzstreifen	52
4.2.1.5	Regionale Erscheinungsformen der Winderosion	57
4.2.2	Wassererosion	61
4.2.3	Versalzungstendenzen	66
4.2.3.1	Natürliche Rahmenbedingungen	66
4.2.3.2	Regenfeldbau	68
4.2.3.3	Bewässerungsfeldbau	69
5	Das Wirkungsgefüge "Klima/ Bodennutzung/ Bodendegradation/ landwirtschaftlicher Ertrag	76
5.1	Zusammenhang zwischen Bearbeitungsform, Bodenfeuchte und Bodenerosion	76
5.2	Ertragsentwicklung seit der Neulandaktion	78
5.2.1	Klimatische und pedologische Faktoren	78
5.2.2	Auswirkungen der Bodendegradation	82
5.2.3	Nutzungsbedingte Faktoren	86
6	Sozioökonomische Folgen der Ertragsentwicklung	90
6.1	Bevölkerungsentwicklung in den Neulandgebieten	90
6.2	Die gegenwärtige Situation der deutschstämmigen Bevölkerung	92
6.3	Ökonomische Aspekte der landwirtschaftlichen Nutzung	97
7	Ableitung von Empfehlungen für zukünftige Nutzungskonzeptionen	101
7.1	Minimumfaktor Bodenfeuchte	101
7.2	Trockensteppe	109
7.3	Typische Steppe	112
7.4	Waldsteppe	117
7.5	Bewässerungsfeldbau	118
8	Zusammenfassende Thesen	119
9	Literatur- und Quellenverzeichnis	122
10	Anhang	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Staubsturm in Oklahoma in den 30er Jahren des vergangenen Jahrhunderts	3
Abbildung 2.2:	Erosionsauslösende Schwellenwerte der Windgeschwindigkeit	6
Abbildung 2.3:	Schematische Darstellung Vorgänge der Winderosion	7
Abbildung 2.4:	Umbruch natürlicher Steppe 1954 in der Kulundasteppe	11
Abbildung 2.5:	Durchschnittlicher Hektarertrag (Sommerweizen) in der Russischen Föderation	15
Abbildung 2.6:	Klimadiagramm von Slavgorod	20
Abbildung 3.1:	Stipa pennata auf unbearbeitetem Tschernosem	27
Abbildung 3.2:	Überlagerter „fossiler“ Ah- Referenzhorizont in einer Windschutzanlage	28
Abbildung 3.3:	Bewässerung mittels Rundregner	29
Abbildung 3.4:	Versuchsschema der Anlage „Schumanowka“	35
Abbildung 3.5:	Ausgangssituation (Stoppeln) auf dem Versuchsfeld „Schumanowka“	36
Abbildung 4.1:	CaTs2 Tiefenverteilung Cäsium 137	42
Abbildung 4.2:	CaTs1 Tiefenverteilung Cäsium 137	42
Abbildung 4.3:	Degradierter südlicher Tschernosem (CaTs 02)	43
Abbildung 4.4:	Unbearbeiteter südlicher Tschernosem (CaTs 01)	43
Abbildung 4.5:	Vergleich Humusgehalte CaTs1/CaTs2	43
Abbildung 4.6:	Selektiver Korngrößenverlust im Ap eines bearbeiteten Tschernosem (CaTS2)	44
Abbildung 4.7:	¹³⁷ Cs-Aktivitätsverteilung am Profil DNR 07	45
Abbildung 4.8:	Fossiler Ah-Horizont unter Sandakkumulation (DNR 07)	45
Abbildung 4.9:	Humusgehalte der Ap-Horizonte im Testgebiet DNR (Grishkowka)	47
Abbildung 4.10:	Testgebiet Grischkowka (DNR)	47
Abbildung 4.11:	Korngrößenverteilung der Ap-Horizonte im Testgebiet Grischkowka (DNR)	48
Abbildung 4.12:	Winderosionsereignis am 24.05.1999	49
Abbildung 4.13:	Überlagerung von Weizenkeimlingen	49
Abbildung 4.14:	Korngrößenverteilung der Akkumulation am Standort DNR 10	50
Abbildung 4.15:	Eintrag von äolisch transportiertem Material in einen Windschutzstreifen	50
Abbildung 4.16:	Akkumulation am Straßenrand	51
Abbildung 4.17:	Mehrreihiger Windschutzstreifen	52
Abbildung 4.18:	Humusgehalt im Ap- Horizont in Abhängigkeit zum Abstand zur Windschutzanlage (Testgebiet Kulunda)	53
Abbildung 4.19:	Schematisches Profil durch eine Windschutzanlage	54
Abbildung 4.20:	Schneeakkumulation im Leebereich einer Windschutzanlage	55
Abbildung 4.21:	Lee der Windschutzanlage zum Aussaattermin (20.05.2001)	55
Abbildung 4.22:	Stark geschädigter heller Kastanosem	59
Abbildung 4.23:	Rillenerosion (Akkumulationsbereich)	62
Abbildung 4.24:	Grabenerosion bei ackerbaulicher Nutzung des Oberhanges	62
Abbildung 4.25:	Aktuelle Ovragebildung	63
Abbildung 4.26:	Aktuelle Akkumulation	63
Abbildung 4.27:	Blockschema schmelzwasserbedingte Schluchtenerosion	64
Abbildung 4.28:	Ovragebildung in unmittelbarer Nähe einer Windschutzanlage	64
Abbildung 4.29:	Salzpfanne in der zentralen Kulundasteppe	66
Abbildung 4.30:	Profilgrabung zur Feststellung der Bodenfeuchte im Unterboden	67
Abbildung 4.31:	EC südliches Tschernosem	68
Abbildung 4.32:	EC heller Kastanosem	68
Abbildung 4.33:	Bewässerung durch Berieselung	70
Abbildung 4.34:	Tiefenverteilung der EC und Kalziumkarbonats (unbewässerter südlichen Tschernosem)	71
Abbildung 4.35:	Tiefenverteilung der EC und Kalziumkarbonats (bewässerter südlichen Tschernosem)	72
Abbildung 4.36:	Tiefenverteilung der EC und Kalziumkarbonats (unbewässerter dunkler Kastanosem)	73
Abbildung 4.37:	Tiefenverteilung der EC und Kalziumkarbonats (bewässerter dunkler Kastanosem)	74

Abbildung 5.1:	Entwicklung der Hektarerträge im Rajon Bajewo	78
Abbildung 5.2:	Niederschlagsverteilung Rajon Bajewo (Waldsteppe)	79
Abbildung 5.3:	Entwicklung der Hektarerträge im Rajon Slavgorod (Trockensteppe)	80
Abbildung 5.4:	Überlagerte Weizenkeimlinge	84
Abbildung 5.5:	Verbrennen von Stroh des Vorjahres	85
Abbildung 5.6:	Hektarerträge/ Jahresniederschläge/ Humusgehalt im Oberboden (Kolchosa Grischkowka)	86
Abbildung 5.7:	Sommerweizenerträge der Kolchosa Grischkowka	87
Abbildung 5.8:	Entwicklung der Sommerweizenerträge im Altai- Krai im letzten Jahrhundert	89
Abbildung 7.1:	Pflanzenverfügbare Bodenfeuchte im agrarökologischen Wirkungsgefüge	101
Abbildung 7.2:	Anordnung des Versuchsfeldes „Schumanowka“ in den Vegetationsperioden 2000 und 2001	103
Abbildung 7.3:	Bodenfeuchtedynamik im Jahr 2000 auf dem Versuchsfeld „Schumanowka“	105
Abbildung 7.4:	Bodenfeuchteangebot zur Aussaat	106
Abbildung 7.5:	Hektarerträge Sommerweizen auf dem Versuchsfeld „Schumanowka“	107
Abbildung 7.6:	Korrelation der monatlichen Niederschläge mit den Hektarerträgen seit 1954 (Rajon Slavgorod)	108
Abbildung 7.7:	Periodizität der Niederschläge in den Rajonen Uglovskoje und Bajewo	111

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Non-effect-level (NEL) der Salzkonzentration der Bodenlösung (elektrische Leitfähigkeit im Sättigungsextrakt) und relative Produktivität ausgewählter Pflanzen	10
Tabelle 2.2:	Verteilung der Neulandflächen in der UdSSR	12
Tabelle 3.1:	Vergleich der Korngrößenfraktionen (russische und deutsche Nomenklatur)	33
Tabelle 6.1:	Anteil der deutschstämmigen Bevölkerung	92
Tabelle 6.2:	Zu- und Abwanderung in den Dörfern des DNR Halbstadt 1995	95
Tabelle 6.3:	Wirtschaftlichkeit der Weizenproduktion in der Kulundasteppe	98
Tabelle 7.1:	Wirtschaftlichkeit der Trockenbrache	114
Tabelle 7.2:	Empfehlungen zur Ackerbaukonzeption (typische Steppe)	117

Kartenverzeichnis

Karte 2.1:	Hauptzielgebiete der Neulandaktion	13
Karte 2.2:	Naturräumliche Gliederung Eurasiens	17
Karte 2.3:	Naturräume im Untersuchungsgebiet	19
Karte 2.4:	Bodenkarte Kulundasteppe	22
Karte 3.1:	Untersuchungsgebiet und Testgebiete	26
Karte 4.1:	Zuwachs der Ackerfläche während der Neulandaktion in der Kulundasteppe	38
Karte 4.2:	Flächenhafte Dimension der Bodenschäden	60
Karte 5.1:	Niederschläge und Erträge in der Kulundasteppe	81
Karte 6.1:	Die Wirtschaftlichkeit des Weizenanbaus in der Kulundasteppe	100

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AAS	Atomabsorptionsspektrometer
bzw.	beziehungsweise
BS	Bewässerung Schumanowka
Ca	Kalzium
ca.	Zirka
CaTS	Catena Tschernosem
CAL	Calzium-Azetat-Lactat
CaCl ₂	Kalziumchlorid
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlendioxid
Cs ¹³⁷	Cäsium 137
DNR	Deutschnationaler Rajon
dz	Doppelzentner (100 kg)
EC	elektrische Leitfähigkeit
EGH	Entwicklungsgesellschaft Halbstadt
elektr.	elektrisch
EW	Einwohner
GUS	Gemeinschaft unabhängiger Staaten
gU	Grobschluff
ha	Hektar
K	Kalium
Kap.	Kapitel
kg	Kilogramm
km	Kilometer
km ²	Quadratkilometer
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
mm	Millimeter
Mio.	Million
mS	Millisiemens
Na	Natrium
NaCl ₂	Natriumchlorid
Na ₂ SO ₄	Natriumsulfat
NEL	Non-effekt-level
NS	Niederschlag
org.	organisch
r	Radius
RUR	Russische Rubel
russ.	russisch
SW	Südwest
Tab.	Tabelle
TDR	Time-domain-reflectrometer
UFZ	Umweltforschungszentrum
Vf	Versuchsfläche
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel

1 Problemstellung und Zielsetzung

Starkes Bevölkerungswachstum in den Entwicklungsländern und expansives Wirtschaftswachstum in den Industrienationen führten in den letzten Jahrzehnten und bis heute anhaltend zu einer weltweit zunehmenden Beanspruchung und irreversiblen Schädigung der natürlichen Ressourcen. Als eines der Kernprobleme in dieser krisenhaften Entwicklung wurde 1992 in der Agenda 21 der erhöhte Druck auf die begrenzten Bodenressourcen herausgestellt (UNCED 1992).

Bereits zu Beginn des vergangenen Jahrhunderts wurden im Zuge der Industrialisierung der Landwirtschaft in den nordamerikanischen Great Plains großflächig bisher natürliche bzw. weidewirtschaftlich genutzte Grasländer in Ackerland umgenutzt (WINDHORST 1991). Eine Phase außergewöhnlich feuchter Jahre ließen die Farmer hoffen, auch in den semiariden Steppen dauerhaft hohe und stabile Erträge erwirtschaften zu können. In den dreißiger Jahren kam es jedoch zu beträchtlichen Winderosionsereignissen, den „*black blizzards*“, welche zur Entstehung des „*Dust bowl*“ führten. Durch die großflächigen, irreversiblen Bodenschäden verloren zehntausende Farmer ihre Existenz (HOPPE 1998).

Diese Entwicklungen boten Anlass, den Bodenabtrag durch Winderosion erstmals als ernstzunehmende Form der Bodendegradation wissenschaftlich in ihrem Wirkungsgefüge zu untersuchen (BAGNOLD 1937, BENNETT 1939). Unter dem Eindruck der „*dirty thirties*“ gewann die Ressource Boden an Bedeutung und Präventivmaßnahmen gegen Winderosion (*strip farming*, *minimum-tillage*-Verfahren) wurden eingeführt.

Vor dem Hintergrund der bis heute anhaltenden Wind- und Wassererosion in den Great Plains beschäftigen sich eine Vielzahl von Untersuchungen mit dieser Form der Bodendegradation. Im Mittelpunkt dieser Arbeiten stehen die Analyse und Bewertung der erosiven Prozesse und Versalzungstendenzen als Folge der Konversion von Grasland zu Ackerflächen in semiariden Gebieten (KOSTROWSKI 1959, BREBURDA 1966, WOODRUFF 1972, HUDSON 1987, DEMIN 1993, WBGU 1994, HOPPE 1998, RICHTER 1998). Darüber hinaus liegen zahlreiche Arbeiten zu Bodenschutzmaßnahmen unter den entsprechenden Standortbedingungen vor (HUDSON 1987, MORGAN 1986, FRYREAR 1990).

Nach dem 2. Weltkrieg wurden in den ebenfalls semiariden südrussischen Steppengebieten 42 Mio. ha bisher unberührter Steppenboden in Ackerfläche umgenutzt (EULE 1962, BRESHNEW 1978). Die Regierung der UdSSR verfolgte damit das Ziel, durch die Erweiterung der landwirtschaftlichen Nutzfläche zum einen die starke Importabhängigkeit in bezug auf die Getreideversorgung zu reduzieren und zum anderen den verstärkten Maisanbau in den traditionellen Getreideanbaugebieten der Ukraine zu substituieren (WEIN 1983). Von dieser als „*Neulandaktion*“, (russ. „*Celina*“) bekannt gewordenen agrarischen Inwertsetzung waren hauptsächlich Steppengebiete des südlichen Uralvorlandes, Kasachstans und Südsibiriens betroffen (ROSTANKOWSKI 1979).

Die beträchtliche räumliche Dimension des Eingriffs in das fragile Steppenökosystem lässt ähnliche Folgewirkungen wie bei der unter vergleichbaren pedologischen und klimatischen Verhältnissen durchgeführten Konversion der natürlichen Steppen in Ackerland in den nordamerikanischen Great Plains erwarten.

Zu den geökologischen aber auch sozioökonomischen Folgewirkungen dieser Landnutzungsänderung im südrussischen Steppengürtel liegen in der nationalen und internationalen Literatur erst wenige Ergebnisse vor. Es existieren lediglich vereinzelte Berichte über Winderosionsereignisse in Kasachstan (EULE 1962, PENKAITIS 1995). Speziell für die südsibirischen Steppen als heute größtes Weizenanbaugebiet der Russischen Föderation gibt es in bezug auf das Wirkungsgefüge „ackerbauliche Nutzung/ Bodenerosion/ Landwirtschaftlicher Ertrag“ vor dem Hintergrund der Neulandaktion kaum Informationen.

Das Altaivorland, als Teil der südsibirischen Steppen, ist ein Siedlungsgebiet deutschstämmiger Bevölkerung in der Russischen Föderation. Allein in der Kulundasteppe, dem konkreten Untersuchungsgebiet (Altai Krai), lebten 1989 127.731 Deutschstämmige (MALINOWSKI 1995). In diesem Kontext kommt der Ermittlung des derzeitigen und zukünftigen Nutzungspotentials der Kulundasteppe besondere Bedeutung zu.

Aus dieser knappen Problemskizze leiten sich für die vorliegende Arbeit fünf grundsätzlich Fragestellungen ab:

- 1. In welcher Form und Dimension wurde die Konversion von Grasland zu Ackerfläche in der Kulundasteppe umgesetzt und in welcher Art und Intensität erfolgte seitdem die Bodennutzung?**
- 2. Welche Folgen der Umnutzung treten hinsichtlich der Erscheinungsformen von Winderosion, Wassererosion und Versalzungstendenzen mit welcher Intensität und räumlichen Verteilung auf?**
- 3. Wie gestaltet sich das Wirkungsgefüge „Klima/ Bodennutzung/ Bodendegradation/ landwirtschaftlicher Ertrag“ seit der Neulandaktion?**
- 4. Welche sozioökonomischen Folgen ergeben sich aus den agrarökologischen Verhältnissen?**
- 5. Welches aktuelles Nutzungspotential besitzt das Untersuchungsgebiet und welche Empfehlungen lassen sich für die landwirtschaftliche Praxis ableiten?**

2 Einleitung

2.1 Anthropogene Einflüsse auf das Steppenökosystem

2.1.1 Das „Dust-Bowl-Syndrom“ als globales Umweltproblem

Der Begriff „Dust-Bowl“ wurde in den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts in Nordamerika geprägt und beschreibt ursprünglich „eine von Staubstürmen durchzogene, trockene Landschaft“ (WBGU 1994). Damit verbindet man vor allem die Winderosionsereignissen besonders in den Jahren 1930 und 1936 in den semiariden Prärien der Great plains (PETERSEN 1993).

Schon in den 20er Jahren wurden ehemals nur beweidete Flächen im Bereich des Übergangs von Steppe zu Trockensteppe (Jahresniederschlag von ca. 350 mm) umgebrochen und hauptsächlich mit Weizen bebaut (FRYREAR 1990, KLOHN 2000). Gründe hierfür waren der steigende Bevölkerungs- und Nutzungsdruck in dieser Zeit, sowie durch niederschlagsreiche Jahre ausgelöster Optimismus hinsichtlich des langjährigen Nutzungspotentials der trockenen Steppen.

Die technischen Voraussetzungen zur Bearbeitung sehr großer Schläge war gegeben und die Farmer, die meist aus den feuchteren, östlicheren Präriegebieten einwanderten, bearbeiteten die Böden in den Trockengebieten ebenfalls mit dem Wendepflug. Schon zu dieser Zeit war die Methode der Trockenbrache bekannt. Die Niederschläge des Brachejahres werden für die kommende Vegetationszeit im Boden gespeichert. Voraussetzung für diese Technik ist, dass möglichst wenige Unkräuter dem Boden Wasser entziehen. So wurde die Schwarzbrache zur Unkrautbeseitigung mehrmals bearbeitet (WINDHORST 1991, BENGELSDORF 1997).

Diese Bearbeitungsform in Kombination mit Dürren und starken Winden führte in den Great plains, beginnend mit den o.g. ersten Ereignissen in den dreißiger Jahren, periodisch zu erheblichen Bodenverlusten. Besonders in den Bundesstaaten Kansas, Colorado, Texas und Oklahoma traten die „Schwarzen Stürme“ auf (siehe Abb. 2.1). Schätzungen gehen von 5.5 Mio ha vernichtetem Ackerland aus (KLOHN 2000).



Abb. 2.1 Staubsturm in Oklahoma in den 30er Jahren des vergangenen Jahrhunderts (Quelle: VOGELER 2001)

Vor dem Hintergrund dieser Ereignisse wurde 1933 der „Soil Conservation Service“ gegründet. Ziel dieser Einrichtung war und ist es, die Beziehungen zwischen Landnutzung, Bodenabtrag und landwirtschaftlichem Ertrag zu untersuchen. Zwar erbrachten die universitären Forschungen und der Fortschritt in der Landtechnik neue Erosionsschutzmaßnahmen, aber weitere Bodenverluste durch Winderosion besonders in den Jahren 1950, 1970, 1981 und 1988 konnten nicht verhindert werden (SPÄTH 1980, HOPPE 1998). Grund für die mangelnde Umsetzung der Erosionsprävention sind die notwendigen hohen Investitionen für die Farmer, wie die Anlage von Windschutzhecken oder der Kauf von Direktsaatmaschinen. Die wirtschaftlich schwierige Situation wird schon darin deutlich, dass die Landwirte oft die im Frühjahr benötigten Herbizide kreditieren müssen und sie mit der herbstlichen Ernte bezahlen (Petersen 1993). Insgesamt wirkt dieser wirtschaftlich kaum zu bewältigende Aufwand einer konservierenden Bodenbearbeitung entgegen.

Diese Problemsituation ist anhaltend: Selbst heute, in Zeiten zunehmender Akzeptanz von „konservierender Bodenbearbeitung“ und „nachhaltiger Landwirtschaft“ werden in den hochentwickelten USA nicht konsequent „*strip farming*“ oder „*no tillage*“-Verfahren angewendet (KLOHN & WINDHORST 2000).

Möchte man konsequenten Bodenschutz in ackerbaulich genutzten semiariden Gebieten erreichen, stellt sich zunächst die Frage nach der Grenze des Regenfeldbaus. Diese Grenze wurde bisher meist nach ökonomischen Gesichtspunkten festgelegt. Konnte man im langjährigen Mittel Gewinne erwirtschaften wurden die Böden auch bearbeitet.

Demgegenüber steht die ökologische Grenze des Regen- bzw. Trockenfeldbaus. Diese Linie trennt Gebiete, in denen mit modernen Ackerbaukonzeptionen und Bodenschutzmaßnahmen bodenkonservierende Landwirtschaft praktiziert werden kann von solchen Arealen, in denen durch ackerbaulich Nutzung irreversible Bodenschäden zu erwarten sind (ANDREAE 1974, SPÄTH 1980, BULLER 1982).

Dem Problemzusammenhang landwirtschaftliche Nutzung und Bodendegradation widmet sich zunehmend auch die deutsche Politik in ihrer globalen Verantwortung für die Erhaltung der natürlichen Ressourcen. Bereits im 1994 vom „Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderung“ (WBGU) vorgestellten Jahresgutachten „*Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden*“ wird zur Betrachtung und Kategorisierung der globalen Bodendegradation ein Syndromkonzept angewendet (WBGU 1994).

Dabei ist hervorzuheben, dass dort unter dem Begriff „Dust-Bowl-Syndrom“ nicht mehr nur die winderosiven Prozesse in semiariden Klimaten infolge von ackerbaulicher Nutzung verstanden werden, sondern alle den Boden betreffenden Schädigungen infolge von industrieller Landwirtschaft. Erst diese Betrachtungsweise eröffnet realistische Perspektiven für die Erstellung nachhaltiger Landnutzungskonzepte.

Unter „industrieller Landwirtschaft“ versteht man hierbei, „auf den verfügbaren Flächen den größtmöglichen kurzfristigen Gewinn zu erzielen“ (WBGU 1994 S.158). Haupteigenschaften dieser Form der Landwirtschaft sind neben Massentierhaltung, intensive Bewässerung, hoher Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden, auch die Monokultivierung leistungsfähiger Pflanzensorten.

Als **Hauptsymptome** des „Dust – Bowl – Syndroms“ werden folgende Bodenschädigungen genannt (WBGU 1994):

- Hohe Anfälligkeit gegenüber Wind- und Wassererosion infolge der beträchtlichen Expositionszeiten des umgepflügten Bodens sowie geringe Gliederung der Agrarlandschaft
- Destabilisierung der Grasnarbe und nachfolgende Erosion durch Überbesatz und Überweidung
- Fertilitätsverlust durch Tiefpflügen, Beseitigung der Ernteabfälle und monotone Fruchtfolgen
- Reduktion der Bodendrainage infolge der Verdichtung durch schwere Landmaschinen
- Chemische Bodenbelastung durch Überdüngung und Kontamination.

Diese Hauptsymptome treffen vorbehaltlos auch heute noch auf die klassischen Dust-Bowl-Gebiete Nordamerikas zu (HUDSON 1987, BOARDMAN 1990, HOPPE 1998).

Betrachtet man klimatisch ähnliche und landwirtschaftlich vergleichbar intensiv genutzte Gebiete, sind diese Symptome ebenfalls zu erwarten. Die semiariden Steppen in Südrussland und Kasachstan unterliegen ebenfalls seit 50 Jahren einer intensiven ackerbaulichen Nutzung. Dieser Steppengürtel weist im Gegensatz zu den *Great plains* eine breitenkreisparallele Niederschlags- und Bodenzonierung auf. Das bodenkundliche Inventar mit Tschernosemen und Kastanosemen (vgl. Kap.2.2.5), sowie Niederschläge von weniger als 500 mm sind aber durchaus vergleichbar (GORSCHENIN 1955).

2.1.2 Bodendegradation in semiariden Ökosystemen

Dem Syndromkonzept folgend liegt das Hauptaugenmerk der vorliegenden Arbeit auf der Untersuchung des Hauptsymptoms **Winderosion**. Darüber hinaus werden die ebenfalls im Untersuchungsgebiet erwarteten Symptome **Wassererosion** und **Versalzungstendenz** erhoben und bewertet.

2.1.2.1 Winderosion

Winderosive Prozesse werden in Vorgänge der Deflation und der Akkumulation unterschieden.

Die Deflation in den Abtragungsgebieten wird durch die Übertragung der kinetischen Energie der Luft auf Bodenpartikel ausgelöst. Dabei wurden unterschiedliche Schwellenwerte für die auslösende Wirkung der Windgeschwindigkeiten in Abhängigkeit der Textur ermittelt. CHEPIL&WOODRUFF 1955 geben folgende Schwellenwerte an:

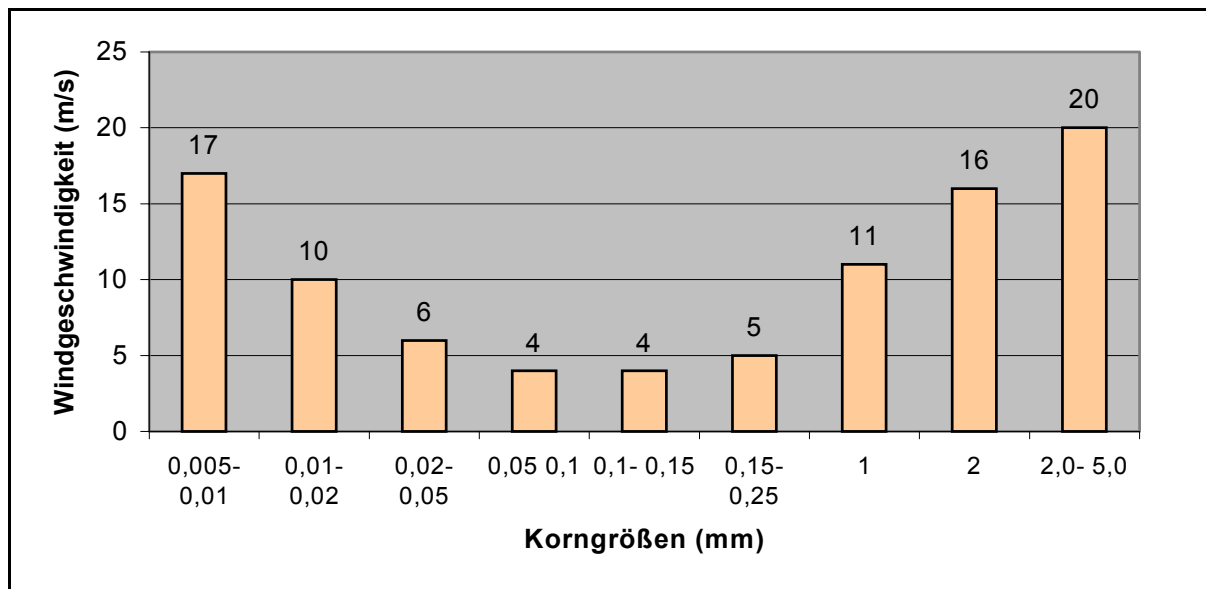


Abb. 2.2 Erosionsauslösende Schwellenwerte der Windgeschwindigkeit

Deutlich zu erkennen ist die leichte Erodierbarkeit etwa der Fraktionen Grobschluff und Feinsand. Diese Fraktionen liegen zum einen meist im Einzelkorngefüge vor und zum anderen sind sie noch leicht genug, ausgeweht zu werden. Damit sind Böden mit überwiegendem Anteil dieser Korngrößenfraktionen besonders winderosionsanfällig.

Ein weiterer Faktor der Winderosion ist die **Erosivität des Klimas**. Häufig auftretende Starkwinde und Stürme sind natürlich winderosionsfördernd. Darüber hinaus besitzen die Niederschläge eine steuernde Funktion (MORGAN 1986). Feuchte Bodenpartikel sind aufgrund ihres höheren Gewichtes und der höheren Kohäsion weniger winderosionsanfällig. Besonders die leichten Humuspartikel sind sehr leicht erodierbar, sobald sie trocken vorliegen (FRYREAR 1990).

Ein positiv die Deflation beeinflussender Faktor ist das Vorhandensein von **Vegetation**. Sie vermindert die Windgeschwindigkeiten in Bodennähe und ein gut

ausgeprägtes Wurzelsystem bindet die Bodenpartikel. Darüber hinaus vermag eine Vegetationsdecke in Bewegung geratene Bodenpartikel wieder zu bremsen. Besonders in Hinsicht auf die ackerbauliche Nutzung kommen deshalb bei der Wahl der Aussattermine und der Bodenbearbeitung den Phasen hoher Erosivität der Witterung eine wesentliche Bedeutung zu (BOARDMANN 1990).

Darüber hinaus beeinflusst die **Rauhigkeit** des Geländes und der Bodenoberfläche das Auftreten von Deflation. Die Geländerauhigkeit, welche sich durch die Oberflächenform ergibt (windexponierte und windabgewandte Standorte), ist in den intensiv landwirtschaftlich genutzten semiariden Grasländern aufgrund des geringen Reliefs von untergeordneter Bedeutung. Dagegen spielt die Rauhigkeit der Bodenoberfläche die wesentliche Rolle. Am erosionsanfälligsten ist hierbei eine glatte, krümelige Oberfläche. Ackerfurchen quer zur Hauptwindrichtung vermögen bereits kriechend Bodenmaterial aufzuhalten (HASSENPFUG 1998).

Dem Faktor Rauhigkeit kommt bei Präventivmaßnahmen gegen die Winderosion die zentrale Rolle zu. Die Rauhigkeit der Oberfläche stellt neben der Vegetationsdecke den einzigen beeinflussbaren Faktor der Winderosion dar.

Aus dem Bodengefüge herausgelöste Bodenpartikel bilden bei ausreichender Feldlänge eine Bodenlawine aus (HASSENPFUG 1998). Springende Teilchen lösen bei ihrem Aufprall weitere Partikel heraus. Es werden folgende Formen des Sedimenttransportes unterschieden:

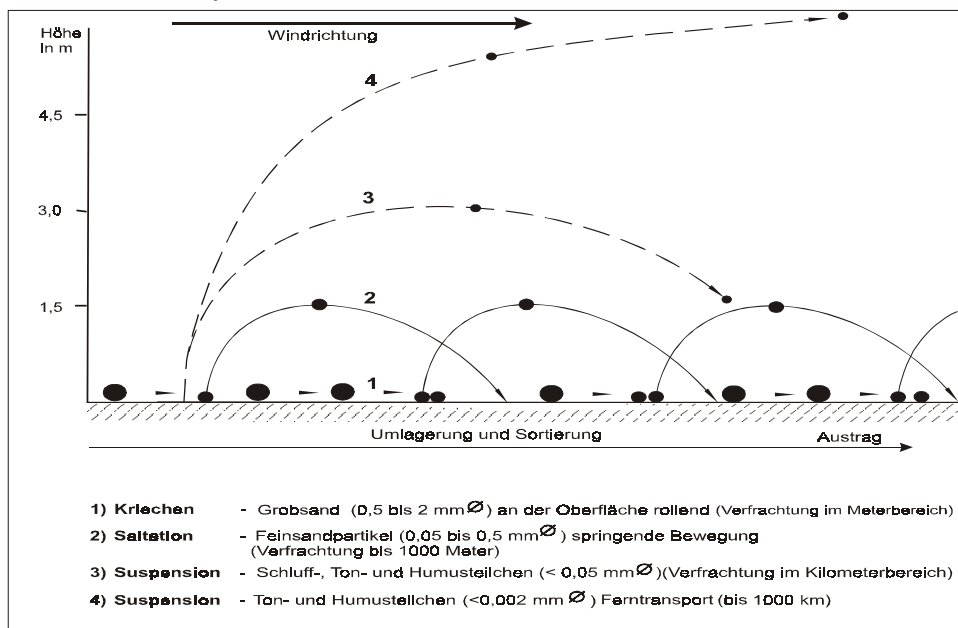


Abb. 2.3: Schematische Darstellung der Vorgänge der Winderosion (verändert nach HASSENPFUG 1998 und SCHWERDTFEGER 1982)

Während die Feinsand- und Grobsandpartikel in Form von Saltation bzw. in kriechender Bewegung nur bis zum Feldrand transportiert werden, gehen die in Suspension transportierten Schluff-, Ton- und Humuspartikel dem Schlag verloren.

Folge von Deflation ist hauptsächlich der Verlust der feineren Bodenpartikel und von Humusbestandteilen einschließlich der gebundenen Nährstoffe. Kennzeichnend ist die Verarmung der Böden und die Abnahme des A-Horizontes. Bei skeletthaltigen Böden können sich durch die selektive Auswehung des Feinbodens Steinpflaster entwickeln (MORGAN 1986). Ebenfalls werden durch Windschliff aufgegangene Saaten beschädigt und Wurzeln freigelegt (SCHWERDTFEGGER 1982).

Die Sedimentation in den Akkumulationsräumen ist in Ablagerungen der einzelnen Transportformen zu unterscheiden. Räumlich abgrenzbar ist nur die Sedimentation der durch Saltation transportierten Partikel. Sie bilden am Feldrand bzw. in Windschutzanlagen Sandakkumulationen. Das kriechend bewegte Grobsandmaterial verbleibt auf den Schlägen diffus verteilt. Die Akkumulation des in Suspension transportierten feinen Materials ist kaum nachzuvollziehen, da es über Kilometer weit transportiert wird (HASSENPFUG 1998).

Schadwirkungen durch Sedimentation winderosiv transportierten Materials sind besonders durch Überlagerung von Kulturpflanzen zu erwarten. Aber auch Akkumulationen in Gräben, Hecken und Straßen verursachen Schäden. In ökologischer Hinsicht ist besonders der Eintrag von Nährstoffen in Gewässer und die Verwehung von bodengebundenen Schadstoffen gefährlich (SCHEFFER et al 1992).

Zur Problematik des Schutzes vor Bodenverwehungen liegen eine Vielzahl von Arbeiten vor (MORGAN 1986, HASSENPFUG 1998, HUDSON 1987, WOODRUFF 1972). Im allgemeinen werden die Schutzmaßnahmen in Flurbereinigungsverfahren und betriebliche Maßnahmen unterschieden. Die überbetriebliche Flurbereinigung verfolgt das Ziel, mit gezielten Pflanzungen von Windschutzanlagen zum einen die Feldlängen zu begrenzen und zum anderen die Rauigkeit der Geländeoberfläche zu erhöhen. Damit werden die bodennahen Windgeschwindigkeiten mit dem Ergebnis verminderter Erosionsanfälligkeit und Evaporation der Böden herabgesetzt (HASSENPFUG 1998).

Innerbetriebliche Möglichkeiten bestehen in Form der Schaffung einer möglichst ständigen Vegetationsdecke, im Mulchen und in Zwischensaaten. Moderne Verfahren, wie Minimalbodenbearbeitung und Direktsaatverfahren, verfolgen das Ziel, durch Stabilisierung der Bodenaggregate und Erhöhung der Bodenfeuchte im Oberboden der Winderosion entgegenzuwirken (KAHNT 1976, UNGER 1990, TEBRÜGGE & DREIER 1994).

2.1.2.2 Wassererosion

Bei der Betrachtung der Bodenerosion durch Wasser werden die Teilprozesse Ablösung, Transport und Ablagerung unterschieden. Für die Prozesse Ablösung und Transport sind Regen und/oder Abfluss vonnöten. Reicht die Energie des fließenden Wassers nicht mehr aus kommt es zur Akkumulation.

Bei der Ablösung ist der wichtigste Prozess das Zerspritzen des Bodens durch Regentropfen („splash“). Die Intensität des „splash“ ist abhängig vom Bedeckungsgrad und der Beschaffenheit der Bodenoberfläche, sowie der Intensität der Niederschläge (MORGAN 1986).

Fließendes Wasser verursacht ebenfalls Partikelablösung. Dabei kann Wasser **flächenhaften Abtrag** einer relativ gleichmäßig dicken Bodenschicht bewirken. Demgegenüber treten häufig auch lineare Formen der Erosion auf. In schmalen Abflussbahnen fließendes Wasser führt zur **Rillenerosion**. Bei weiterer Konzentration des Abflusses kommt es zur **Rinnenerosion** (bis 30 cm Tiefe). In Geländemulden am Hang mit größeren Einzugsgebieten tritt teilweise **Grabenerosion** (*gully erosion, russ. ovrugi*) auf. Diese Formen können mehrere Meter breit und tief werden (MORGAN 1986, AUERSWALD 1998).

Das abgelöste und transportierte Bodenmaterial wird bei nachlassender Fließenergie des Wassers abgelagert. Bei ausreichender Transportenergie wird das Material nicht selten in den Vorflutern bzw. nachfolgenden Standgewässern akkumuliert (RICHTER 1998).

Erosionsbeeinflussende Faktoren sind die Neigung der Fläche, die Erodibilität des Bodens, die Erosivität des Niederschlages und die Art der Pflanzendecke (MORGAN 1986).

Aus der Verschiedenheit von Einflussfaktoren auf die Wassererosion ergeben sich vielfältige Schutzmaßnahmen. Angaben dazu finden sich beispielsweise in den Arbeiten von MORGAN 1986, HUDSON 1987, DEMIN 1993, MOSIMANN 1998, RICHTER 1998.

2.1.2.3 Versalzungserscheinungen

Unter Versalzung versteht man die Akkumulation von wasserlöslichen Salzen im Boden (SCHEFFER et al 1992). Grundsätzlich werden natürlich und anthropogen induzierte Anreicherungsprozesse unterschieden.

Natürliche Salzakkumulationen in semiariden Klimaten können durch atmogenen Eintrag von Salzen ausgelöst werden. Als Staub oder im Niederschlagswasser gelöste Salze (Tagwasserversalzung) können eine Erhöhung der Salinität im Oberboden verursachen, sofern die Niederschläge nicht ausreichen, um die leichtlöslichen Salze wie in humiden Klimaten schnell in tiefere Horizonte zu verlagern. Ebenfalls kommt es in Senken aufgrund von Salzanreicherung des Hangwassers zu Salzakkumulationen (HORN 1992).

Die zweite Möglichkeit der natürlichen Versalzung ist die Grundwasserversalzung. In ariden und semiariden Gebieten ist das Grundwasser meist bereits salzangereichert. Die gelösten Salze werden mit aufsteigendem Kapillarwasser transportiert und fallen nach ihrer Löslichkeit vertikal differenziert aus. Die aus dieser Erscheinung resultierenden Solontschake und Solonetze finden sich aufgrund des hohen Grundwasserstandes in der Nähe von (meist abflusslosen) Seen und Fließgewässern. Wird vom Grundwasser die Bodenoberfläche erreicht, kommt es zur

Ausbildung von Salzkrusten (ROWELL 1995). In semiariden Klimaten treten Versalzungserscheinungen auch an Flussläufen auf. Die periodischen Gewässer führen zwar nicht salzhaltiges Wasser, aber die hohe Verdunstung führt zu Salzakkumulationen im Uferbereich.

Anthropogen induzierte Versalzung erfolgt hauptsächlich durch Bewässerungsfeldbau. Dabei können unangepasste Bewässerungsmethoden (Berieselung), ungeeignetes Bewässerungswasser, –mengen und -zeiten auslösend sein. Besonders in semiariden und ariden Klimazonen wird während der Beregnung bereits sehr viel kondensiert und nur ein Teil des (nun salzangereicherten) Bewässerungswassers erreicht den Boden (ACHTNICH 1980). In Trockenklimaten werden zumeist Flusswasser oder fossile Grundwasservorräte als Bewässerungswasser genutzt. Primär scheint dieses Wasser zur Bewässerung geeignet (ca. 0,1 % Salze), doch die langjährige Bewässerungspraxis führt nicht nur zur Salzanreicherung, sondern auch im Wasser natürlich vorkommende Stoffe (z.B. Selen) können im Boden akkumuliert werden und eine Schädigung an den Kulturen verursachen (SCHEFFER et al 1992).

Eine weitere, relativ neue Form der Versalzung tritt in landwirtschaftlich intensiv genutzten semiariden Steppen bzw. Prärien auf. Die Methoden des Trockenfeldbaus mit dem Ziel der Erhöhung des Bodenfeuchteangebotes für die Kulturen können bei langjähriger Praxis einen Anstieg der Grundwasserflur verursachen (HOPPE 1998). Verstärkter kapillarer Aufstieg verursacht anschließend eine „quasi-natürliche“ Bodenversalzung mit der Folge von Ertragseinbußen.

Kulturpflanzen weisen eine unterschiedliche Salztoleranz auf. Während z.B. bei Bohnen bereits ab 1 mS im Sättigungsextrakt Ertragseinbußen auftreten, ist Gerste bis 8 mS salztolerant (SCHEFFER et al 1992). Einen Überblick über die Salztoleranz wichtiger Kulturpflanzen in Trockengebieten gibt Tabelle 2.1.

Tab. 2.1: Non-effect-level (NEL) der Salzkonzentration der Bodenlösung (elektr. Leitfähigkeit im Sättigungsextrakt) und relative Produktivität ausgewählter Pflanzen (SCHEFFER et al 1992, S. 384)

Pflanze	NEL (mS)	Relative Produktivität in % bei EC in mS					
		1	4	8	12	15	24
Bohne	1,0	100	43	0	0	0	0
Mais	1,8	100	84	54	24	3	0
Luzerne	2,0	100	85	56	27	5	0
Hirse	4,8	100	100	78	50	29	0
Weizen	6,0	100	100	86	57	36	0
Zuckerr.	7,0	100	100	94	71	53	0
Gerste	8,0	100	100	100	80	65	20

2.1.3 Geschichte und Hintergründe der Neulandaktion

Nach dem zweiten Weltkrieg war die Versorgungslage in der UdSSR besonders in Hinsicht auf das Getreideangebot äußerst angespannt. Die Erträge betragen durchschnittlich 9 dz/ha und der benötigten Getreidemenge von 32 Mio. t standen 31 Mio. t produziertes Getreide gegenüber (BRESHNEW 1978). Das Defizit wurde über Importe ausgeglichen, was eine politisch unerwünschte Abhängigkeit von den Getreideproduzenten Kanada und den USA zur Folge hatte.

Zunächst wurde die Möglichkeit der Intensivierung des Getreideanbaus auf den vorhandenen Flächen erwogen. Doch die erforderliche Menge an Mineraldünger konnte die überaus kriegsgeschwächte Industrie nicht aufbringen (GEORGIEW 1955). Weiterhin mussten die Flächen in den klassischen Weizenanbaugebieten der Ukraine, auf denen jetzt verstärkt Mais angebaut wurde, ausgeglichen werden.

Um dieser Situation zu entkommen, wurde 1954 von der Führung der Kommunistischen Partei die Ausweitung der Getreideanbaufläche in Richtung auf die Trockengebiete des Landes beschlossen (WEIN 1980). Diese Maßnahme wurde als „Neulandaktion“ („*celina*“) bekannt.



Abb.2.4: Umbruch natürlicher Steppe 1954 in der Kulundasteppe (Foto: GEORGIEW 1955, S. 47)

Trotz der relativ einfachen Inkulturnahme der Steppen und Trockensteppen – sie mussten lediglich gepflügt werden – stellte die Neulandaktion eine gewaltige Aufgabe dar. Zunächst wurden Bodenkundler und Landvermesser in die Neulandgebiete

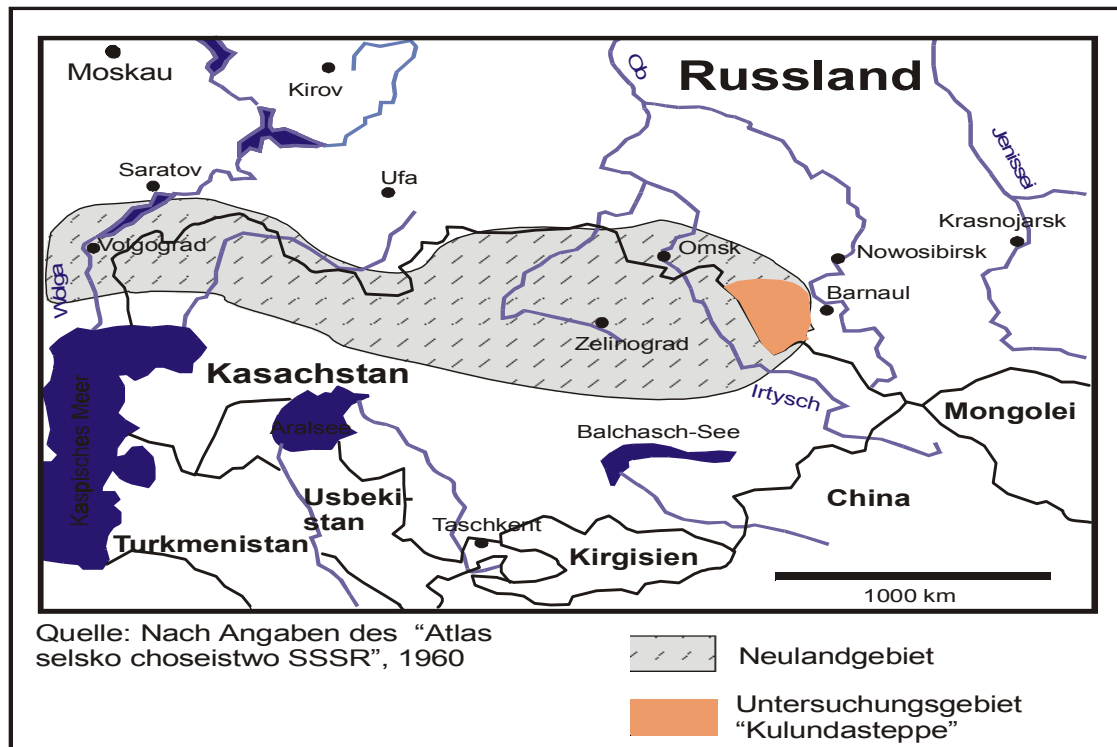
geschickt, um Flächen festzustellen, die zum Getreideanbau geeignet schienen. Gleichzeitig wurden Arbeitsgruppen gebildet und mit einfachster Ausrüstung in die Neulandgebiete entsandt. Zeltlager inmitten der Steppe bildeten die Zentren der üblicherweise 25.000 bis 30.000 ha großen Betriebseinheiten (WEIN 1980). Bereits im April 1954, zwei Monate nach dem Beschluss der Neulandkampagne, wurde mit dem Pflügen der Schläge und der Aussaat begonnen. Im ersten Jahr der Neulandaktion wurden 17,2 Mio. ha bisher unberührte Steppe umgebrochen (GEORGIEW 1955). Bis zum Jahr 1960 wurde die Erweiterung der Anbaufläche in den Steppen und Trockensteppen weitergeführt. In Südrussland und Kasachstan wurden insgesamt 41,8 Mio. ha Neuland unter den Pflug genommen (EULE 1962, WEIN 1983). Der größte Teil der Neulandflächen mit 25,5 Mio. ha entfallen dabei auf Kasachstan.

Zweitgrößtes Neulandgebiet war mit 6,2 Mio. ha das südwestsibirische Steppengebiet (vgl. Tab.2.2). Hier befindet sich das Untersuchungsgebiet der Arbeit; die „Kulundasteppe“ (vgl. Karte 2.1/2.2).

Tabelle.2.2: Verteilung der Neulandflächen in der UdSSR (EULE 1962, S. 115)

<i>Neulandregion</i>	<i>Umbruchfläche in Mio. ha</i>
<i>Kasachstan</i>	25,5
<i>Wolgagebiet</i>	1,5
<i>Ural</i>	4,5
<i>Westsibirien</i>	6,2
<i>Ostsibirien</i>	4,2
<i>Gesamte Sowjetunion</i>	41,8

Naturräumlich betrachtet war das Zielgebiet der Neulandaktion war der eurasische Steppengürtel im Bereich der Jahresisohyete um 300 mm mit südlichen Tschernosemen und Kastanosemen (ROSTANKOWSKI 1979). Diese Trockensteppen zeichnen sich nicht nur durch Mangel sondern auch durch Unbeständigkeit der Niederschläge aus. Die Niederschläge fallen in diesen hochkontinentalen Steppen hauptsächlich im Sommer als Konvektionsregen (GUGS 1977). Während der Vegetationsphase der Hauptanbaufrucht fallen nach ROSTANKOWSKI 1979 nur 140 mm Niederschlag im langjährigen Mittel. Aufgrund der hohen Temperaturen im Sommer übersteigt die potentielle Verdunstung jedoch bei weitem den Niederschlag (GUGS 1977).



Karte 2.1: Hauptzielgebiete der Neulandaktion

Diese agrometeorologischen Eckdaten lassen bereits in Hinsicht auf das Auftreten von Dürren und damit hohen Ernteverlusten und einer erheblichen Variabilität der Erträge ein großes Risiko vermuten. Niederschlagsmengen um 300 mm pro Jahr werden in den Great plains bereits als Dürre bezeichnet (SPÄTH 1980), im Neulandgebiet der UdSSR sind diese Niederschläge jedoch das langjährige Mittel (vgl. Kap. 2.2.1).

Ein weiteres Risiko, das bei dem Beschluss über die Neulandaktion bereits absehbar gewesen ist, war die hohe Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Winderosion. Eine Reihe von Faktoren führte schon in den ersten Jahren der Neulandaktion zu erosionsfördernden Begleitumständen:

- Anbau von Weizen, mehrjährig hintereinander zur Planerfüllung
- Anwendung von althergebrachten Bodenbearbeitungsmethoden (Streichblechpflug!)
- Häufiges Auftreten von Trockenwinden („suchovej“, vgl. Kap. 2.2.4) in der Vegetationsperiode (ROSTANKOWSKI 1979)
- Keine Windschutzanlagen
- Bearbeitung erosionsanfälliger „leichter“ Böden

Bereits 1956 traten in den Neulandgebieten verheerende Staubstürme auf (KOSTROWSKI 1959). Jährlich wurden 187.500 ha Neuland durch Winderosion so weit geschädigt, dass ackerbauliche Nutzung nicht mehr möglich war. Bis 1963 waren 13 Mio. ha, das heißt über 30% der gesamten Neulandfläche durch Winderosion geschädigt und erbrachten nur noch geringe Erträge (WEIN 1983).

Vor dem Hintergrund dieser Negativentwicklung im Neulandgebiet war die Regierung erneut zum Handeln gezwungen: 1964 wurde der Übergang zur Intensivierung der Landwirtschaft beschlossen.

2.1.4 Die Phase der Intensivierung

Eine Intensivierung in der ackerbaulichen Nutzung der Neulandgebiete wurde von 1965 bis 1980 durchgeführt. Das Programm war ein umfangreicher, den sozialen und technischen Bereich betreffender Plan zur Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion in den landwirtschaftlich genutzten Gebieten. Die Kapitalzufuhr auf das bisher vernachlässigte Land unterteilte sich in sozialpolitische und agrartechnische Maßnahmen (ROSTANKOWSKI 1979).

Die sozialpolitischen Veränderungen waren die Schaffung von Infrastruktur und Versorgungseinrichtungen zur Verbesserung der Lebensverhältnisse. Weiterhin wurden materielle Anreize für die Landarbeiter geschaffen (PENKAITIS 1995).

Die agrartechnischen Maßnahmen waren vom Begriff „Industrialisierung der Landwirtschaft“ geprägt. Die Fuhrparks der Kolchosen und Sowchosen wurden mit neuer Technik versorgt und neue Ausbildungsmöglichkeiten wurden geschaffen. Auch wurde in den Neulandgebieten Mineräldüngereinsatz eingeführt (WEIN 1983).

Darüber hinaus wurden während der Intensivierungskampagne Bewässerungsflächen etabliert. In den Steppengebieten des Neulandes können als Bewässerungswasser meist nur fossile Grundwasservorräte genutzt werden. Bewässerte Kulturen waren Hackfrüchte und mehrjährige Gräser zur Verbesserung der Grundfuttermittellieferung (BREBURDA 1976).

Größte Bedeutung für das Neulandgebiet hatte diese Produktionsintensivierung in bezug auf Erosionsschutzmaßnahmen. Planmäßig wurden Windschutzstreifen gepflanzt. Die Schutzpflanzungen erfolgten im rechten Winkel zur Hauptwindrichtung in Abständen von etwa 500 m. Die Länge der Schläge beträgt bis zu 2 km.

Weitergehende Vorschläge zur Intensivierung der Erosionsschutzmaßnahmen wurden jedoch bis heute nicht umgesetzt. Die „Malzew-Methode“ (pfluglose, nichtwendende Bodenbearbeitung) mittels flachscheidender Kultivatoren sollte zwar in der landwirtschaftlich genutzten Trockensteppe eingeführt werden, aber trotzdem werden bis heute von den Agronomen oftmals noch Streichblechpflüge eingesetzt (KASTANOW 1976). Vorschläge wie Stoppelmanagement und Mulchsaat, sowie Einhaltung der Bracheperioden wurden nicht befolgt. Auch deshalb konnte das Problem der Bodenerosion nicht gelöst werden. Fortschreitende Bodenverluste durch Winderosion beeinträchtigen die Landwirtschaft und das Ökosystem bis heute (PENKAITIS 1995).

2.1.5 Heutige Situation der russischen Landwirtschaft

Nach der Auflösung der UdSSR entstanden grundlegend neue Bedingungen in der russischen Landwirtschaft. Erstmals durften per Gesetz natürliche Personen ein von den Regionalverwaltungen festgelegtes Kontingent an Boden erwerben oder pachten

(PENKAITIS 1995). Die meisten ehemaligen Kolchosen und Sowchosen wurden in privatrechtliche Betriebsformen umgewandelt. Unter den gegebenen Bedingungen erfolgte die Transformation oft formal, ohne einschneidende Veränderungen in der Personal- und Organisationsstruktur vorzunehmen. Die Vorsitzenden der Betriebe wurden meist übernommen und die lokalen Behörden erteilen weiterhin den landwirtschaftlichen Produzenten Verkaufs- und Produktionsauflagen (PENKAITIS 1995).

Bis 1994 entstanden neben den aus den ehemaligen Staatsbetrieben (Kolchosen und Sowchosen) hervorgegangenen Betrieben 279.195 private Bauernbetriebe, die jedoch nur 1,9% der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Russischen Föderation bewirtschafteten (PENKAITIS 1995)

Die Schwierigkeiten des Transformationsprozesses zeigen sich auch darin, dass bereits jeder 10. privat wirtschaftende Bauer (russ. „Ferner“) aufgeben musste. Dafür sind neben agroklimatischen Gründen vor allem veraltete Landtechnik und ein überaus harter Konkurrenzkampf verantwortlich.

Die mit der „Perestroika“ erlangten Informationsmöglichkeiten in bezug auf moderne Ackerbaukonzeptionen in Kombination mit neu gegründeten Privatbetrieben ließen eine Erhöhung der Hektarerträge erhoffen. Wie aus der Abbildung 2.5 allerdings hervorgeht, nahmen die Hektarerträge im Maßstab der Russischen Föderation nach der „Perestroika“ ab.

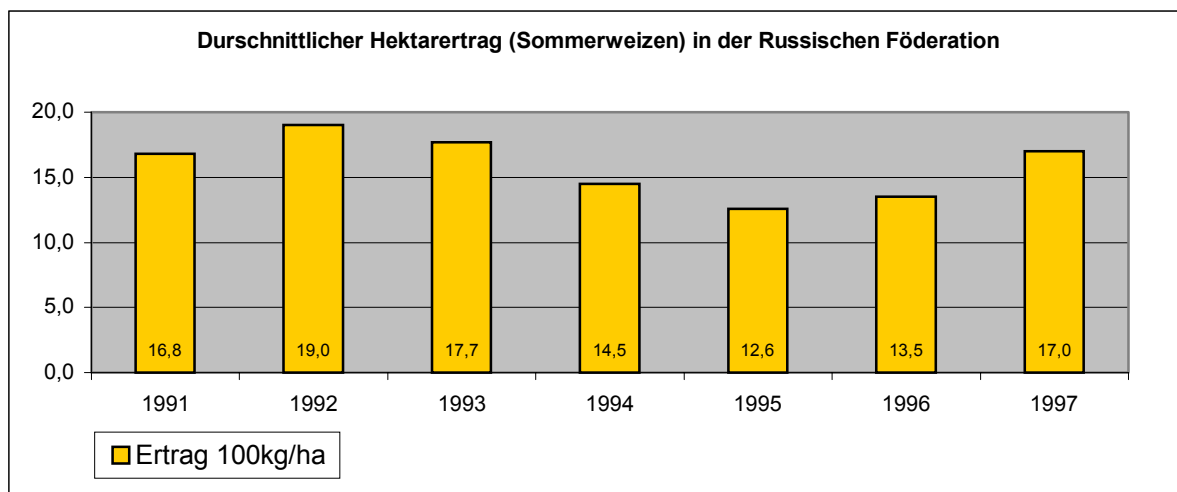


Abb. 2.5: Durchschnittlicher Hektarertrag (Sommerweizen) in der Russischen Föderation (ARIS 2001)

Vor dem Hintergrund der anhaltend labilen wirtschaftlichen und politischen Lage ist der kurzfristige Gewinn in der Landwirtschaft das einzig angestrebte Ergebnis. Arbeitskräfte und die Ressourcen Produktionsmittel und Boden werden mit dem Ziel eines möglichst raschen und hohen Profits ausgebeutet.

Gerade in dem sehr fragilen Steppenökosystem, wie dem Untersuchungsgebiet dieser Arbeit, lassen solche lediglich ökonomisch motivierten Überlegungen zur Flächennutzung eine starke Beanspruchung bzw. Überbeanspruchung der Ressource Boden erwarten.

2.2 Untersuchungsgebiet Kulundasteppe

2.2.1 Auswahl des Untersuchungsgebietes

Zur Erfassung und Beurteilung der geoökologischen Folgewirkungen der Neulandaktion in Westsibirien fiel die Wahl auf die Kulundasteppe. Hierfür waren folgende Gründe ausschlaggebend:

Die Kulundasteppe bildet den östlichen Ausläufer der Neulandaktion im südrussischen Steppengürtel (KARGER 1958). Obwohl auch in nördlicheren Regionen (Omsk, Nowosibirsk) Neuland und Altbrache umgebrochen wurde, ist die Region Altai mit der Kulundasteppe das größte Neulandgebiet Westsibiriens (ORLOWSKI 1955, ATLAS SELSKO CHOSAISTVO CCCR 1960).

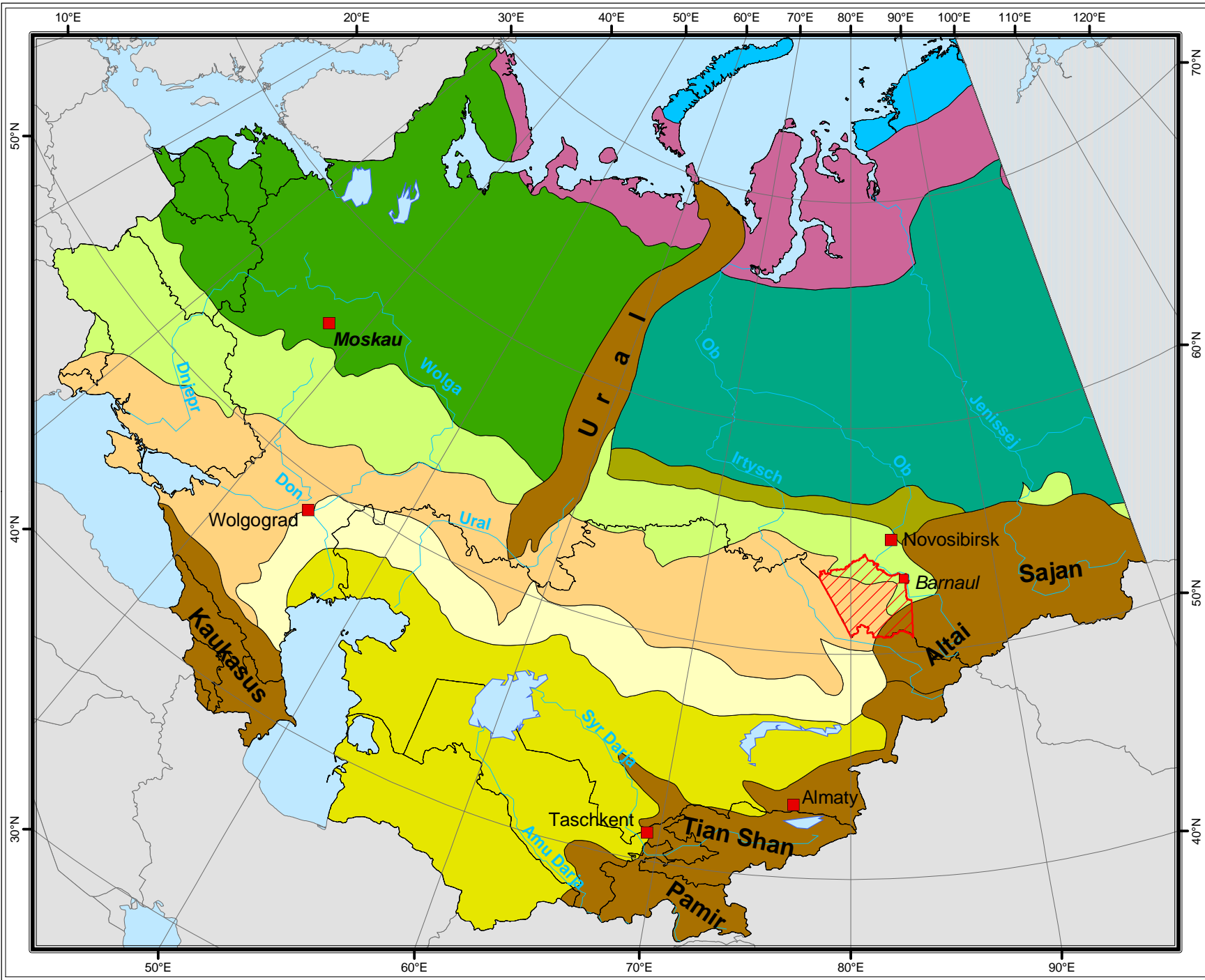
Hier wurden in dem ersten Jahr (1954) der Neulandaktion 2,5 Mio. Hektar bisher unberührter Steppenboden umgebrochen. Die Kulundasteppe stellt damit ein „klassisches“ Neulandgebiet dar (GEORGIEW 1955).

Ein weiteres Auswahlkriterium waren die klimatischen Bedingungen (vgl. Kap. 2.2.4). Die südlichste der westsibirischen Steppen ist durch geringe Niederschläge und hohe sommerliche Temperaturen geprägt. Bereits im Mai treten Temperaturen von über 30 °C auf und lassen damit aufgrund der raschen Austrocknung des Oberbodens eine hohe Winderosionsanfälligkeit erwarten.

Aufgrund der naturräumlichen Differenzierung der Kulundasteppe ist eine bodentypen- und klimaabhängige Untersuchung der geoökologischen Folgen der Neulandaktion möglich.





Darüber hinaus förderte der hohe Anteil deutschstämmiger Bevölkerung im Altai Kraij und der Steppe (vgl. 2.2.6) die Entscheidung zur Wahl dieses Untersuchungsgebietes. Zur Unterstützung der deutschstämmigen Bevölkerung arbeitet die Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) in der Kulundasteppe. Dadurch wurde es möglich, zum einen die Ergebnisse der Untersuchung in der landwirtschaftlichen Praxis umzusetzen und zum anderen auch experimentell zu arbeiten (vgl. Kap. 3.4).

Ebenso sprachen die logistischen Möglichkeiten durch die Unterstützung der Altaiuniversität, die bereits bestehende Ortskenntnis, das Vorhandensein von Karten, sowie eigene Vorarbeiten zur pedologischen Situation in der Kulundasteppe für die Wahl dieses Untersuchungsgebietes (MEINEL 1998).



Karte 2.2: Naturräumliche Gliederung Eurasiens

Topographie

-  Untersuchungsgebiet
-  Gewässer
-  bedeutende Flüsse
-  bedeutende Städte
-  Landesgrenzen

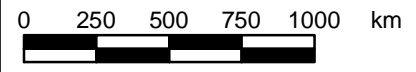
Naturräume

-  arktische Eiswüste
-  Tundra und Waldtundra
-  europäische Taiga
-  sibirische Taiga
-  westsibirische Laubwaldzone
-  Waldsteppe
-  Steppe
-  Halbwüste
-  Wüste
-  Gebirge

Kartengrundlage

ESRI (1998): Data & Maps 1.

Maßstab 1:26.000.000



Kartographie: Sören Dammann
Juni 2002

2.2.2 Naturräumliche Einordnung

Als „Westsibirien“ wird gewöhnlich das Altaigebirge und das Westsibirische Tiefland bezeichnet. Die südlichen Bereiche dieser Depression entsprechen, der breitenkreisparallelen Klimazonierung Eurasiens folgend, dem Übergang der Taiga über die Waldsteppe hin zur typischen Steppe (vgl. Karte 2.2).

Der Barabasteppe (Novosibirsker Region) schließt sich südwestlich die Kulundasteppe, das eigentliche Untersuchungsgebiet im Altaier Gebiet an. Zugleich ist die bereits semiaride Kulundasteppe der östliche Ausläufer der südrussischen Steppen

Sie ist mit 80.000 km² die größte südsibirische Steppe und entspricht damit der flächenmäßigen Ausdehnung Österreichs (ORLOWSKI 1955)

Die Kulundasteppe befindet sich auf dem Territorium der Russischen Föderation, dem Altaiskij Kraij. Im Südwesten wird die Kulundasteppe administrativ durch das Staatsgebiet Kasachstans begrenzt. Die naturräumliche Grenze im Norden bildet der Übergang zur Waldsteppe, im Osten sind es die Auebereiche des Ob. Im Süden und Südosten begrenzen das Altaigebirge und der Übergang zur Halbwüste diese Steppe (vgl. Karte 2.3).

2.2.3 Geologie

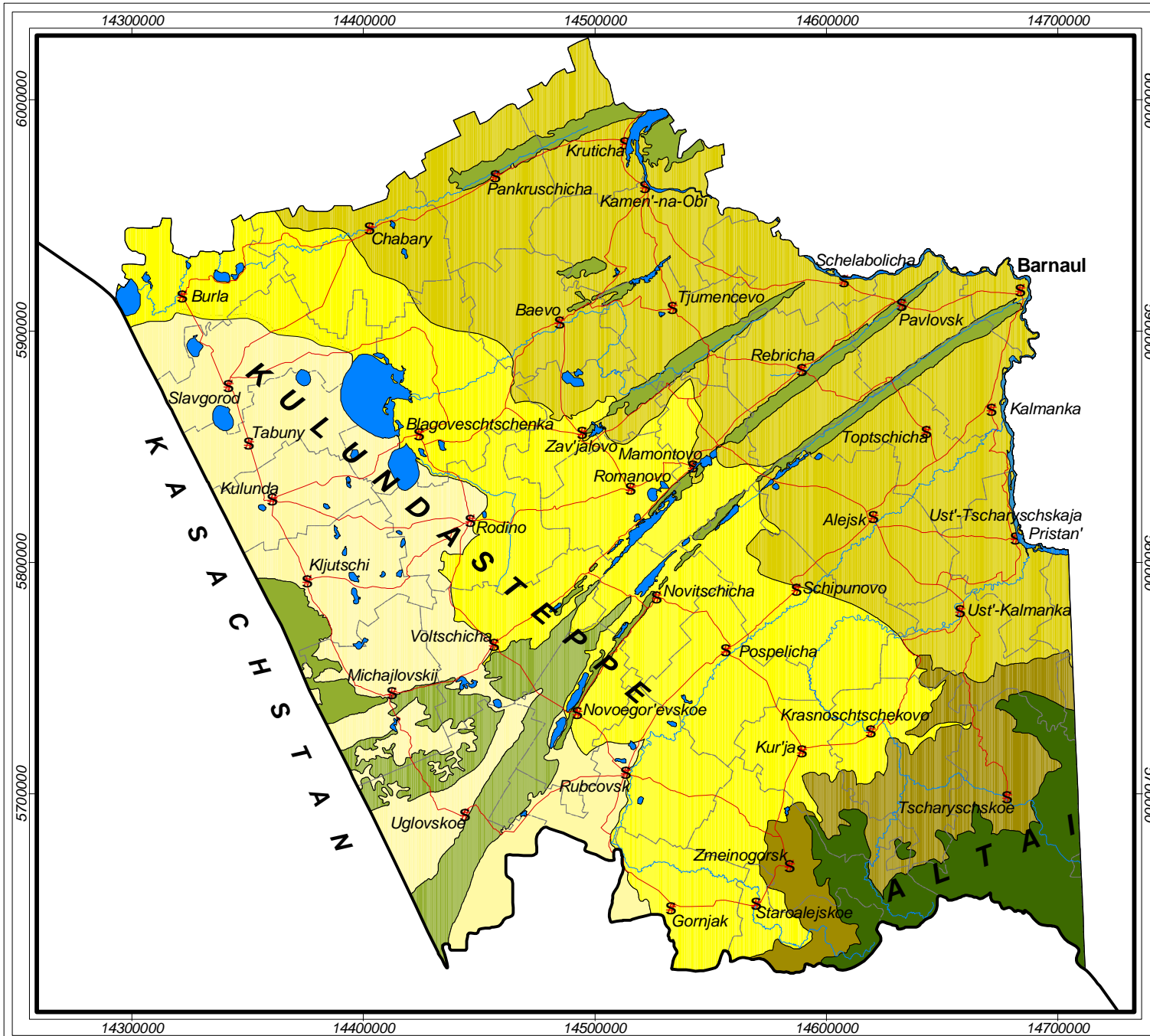
Geologisch betrachtet ist die Kulundasteppe der südwestlichste Abschnitt der Uralisch – Westsibirischen Tafel (MAKUNINA 1985). Weiter südlich folgt die als geologisches Schild herausgehobene Kasachische Schwelle (DEMIN 1993).

Die Kulundasteppe besitzt ein paläozoisch gefaltetes und später wenig beanspruchtes Fundament. Darüber liegend finden sich mächtige mesozoische und känozoische Deckschichten (NECHOROSEV 1966).

Ausgangsmaterialien der Bodenbildung sind in der Kulundasteppe zumeist alluviale quartäre Ablagerungen. Seltener treten auch miozäne und pliozäne Sedimente auf (ATLAS ALTAISKOWO KRAJA 1978).

Die zentrale Kulundasteppe ist von alluvialen postglazialen Sedimenten (Lehm, Sand, Ton, Kies) geprägt. Nordwestlich folgt ein Streifen pliozäner limnischer Sedimente. Weiter in Richtung der Obaue treten erneut quartäre alluviale und limnische Ablagerungen (Sande, lößartige Sedimente, Lehm) auf. (ATLAS ALTAISKOWO KRAJA 1978).

Eine geologische Besonderheit bilden die in nordwestlicher Richtung verlaufenden Bereiche quartärer, sandiger Ablagerungen (vgl. Karte 2.4). Über die Genese dieser Sedimente gibt es unterschiedliche Auffassungen. Die dominierende Lehrmeinung vertritt die These, dass diese Sedimente postglazial entstanden seien, als der Ob aufgrund der nördlichen Eisbarriere noch dem Irtyshsystem zuzfluss. Die parallelen Streifen dieser fluvialen Ablagerungen repräsentieren die einzelnen Rückzugsstadien (WASILJEWITSCH 1959)









Karte 2.3: Naturräume im Untersuchungsgebiet

Topographie

-  Rajonzentrum
-  Hauptverbindungsstraßen
-  Grenze zu Kasachstan
-  Rajongrenzen
-  Standgewässer
-  Fließgewässer

Naturräume

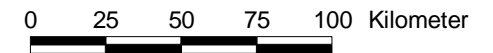
-  Trockensteppe
-  Steppe
-  Waldsteppe
-  Bergsteppe
-  Bergwald
-  interzonaler Wald

Kartengrundlagen

DEFENSE MAPPING AGENCY AEROSPACE CENTER [Hrsg.] (1988): Tactical Pilotage Chart Soviet Union, Blatt E-6B u. E-6C. M. 1:500.000. St. Louis.

GUGK PRI SM SSSR [Hrsg.] (1987): general'nyj schtab - Slavgorod. M. 1:500.000, Blatt N-44-B, o.O.

Maßstab 1:2.500.000



Kartographie: Sören Dammann
April 2002

2.2.4 Klima und Vegetation

Nach der Einteilung der Klimate von WEISCHET 1991 liegt die Kulundasteppe im Bereich des „Kontinentalklimas der hohen Mittelbreiten“. Die potentielle Verdunstung mit Werten über 1200 mm übersteigt die jährlichen Niederschläge (GUGS1977). Nur in den Wintermonaten übertreffen die Niederschläge die Evapotranspiration, so dass das Untersuchungsgebiet als *semiarid* zu bezeichnen ist (ATLAS ALTAISKOWO KRAJA 1978).

Die wesentlichen Niederschläge stellen sommerliche Konvektionsregen dar. Die jährlichen Mittelwerte liegen, je nach Lage im Untersuchungsgebiet, bei 250 mm bis 400 mm. Die nordöstlichen und östlichen Bereiche der Kulundasteppe befinden sich bereits unter Einfluss der Stauwirkung des Altaivorlandes und weisen ein höheres Feuchteangebot auf (GUGS 1977). Die Niederschläge zeichnen sich neben ihrer geringen Menge auch durch eine hohe Variabilität aus. Das Auftreten von Dürren wird mit 20-40% Wahrscheinlichkeit angegeben (ROSTANKOWSKI 1979).

Die extreme Kontinentalität des Untersuchungsgebietes bedingt eine sehr hohe Jahresamplitude der Temperatur. Die Temperaturen fallen im Winter nicht selten auf -45 °C und steigen bereits im Mai oftmals auf über 35 °C (ALTAISKIJ ATLAS 1978, MAKUNINA 1985). Das Klimadiagramm der Station Slavgorod in der zentralen Kulundasteppe verdeutlicht die hohe Kontinentalität des Klimas (vgl. Abb. 2.6).

Weiterhin treten im Frühjahr und Sommer vielfach Trockenwinde auf (russ. „suchavej“) auf, welche in bezug auf die Erosivität des Klimas von entscheidender Bedeutung sind. Diese Trockenwindbedingungen bestehen in der Vegetationsphase an bis zu 10 Tagen. (ROSTANKOWSKI 1979, ATLAS ALTAISKOVO KRAJA 1978).

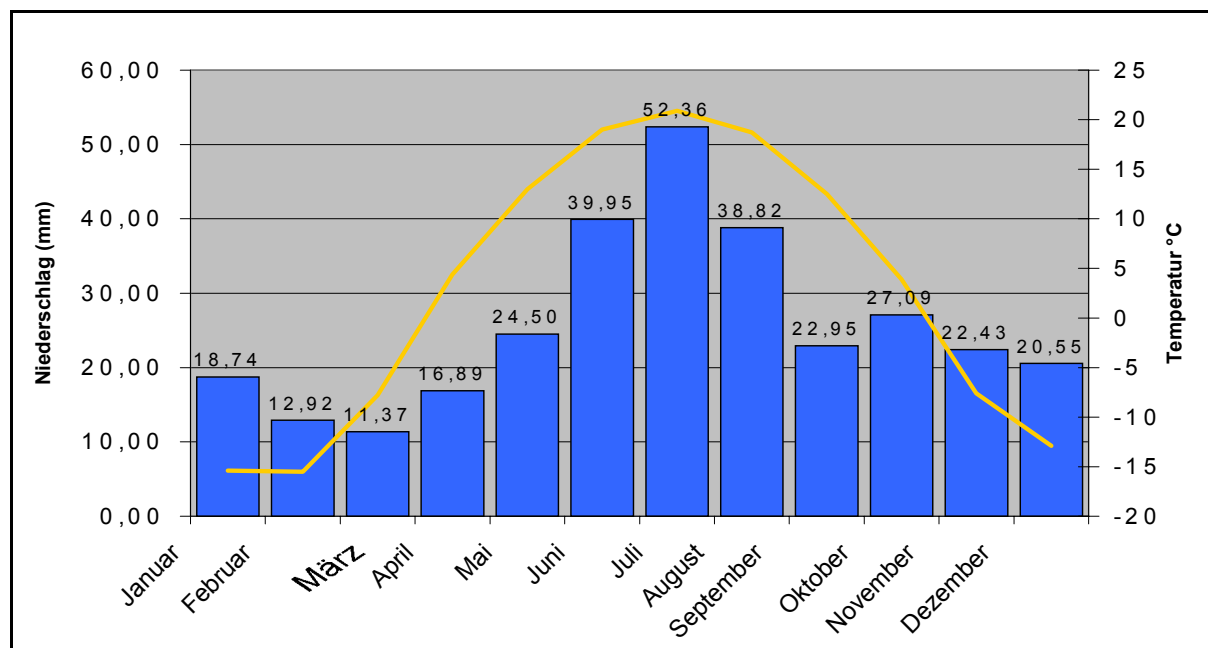


Abbildung 2.6: Klimadiagramm von Slavgorod (Quelle: nach Daten der Klimastation Slavgorod, 53°05'293N 78°44'492E, AKZGC 2001)

Agroklimatisch ist zunächst die Länge der Vegetationsperiode und die Niederschlagsmenge während der Kulturdauer bedeutsam. Im Untersuchungsgebiet liegt die Vegetationsperiode etwa bei 120 Tagen. Außerhalb dieser Periode treten Frost bzw. Nachtfroste auf (GUGS 1977). Nach Daten der Klimastation Slavgorod fallen in der Vegetationszeit der Hauptanbaufucht (Mai- August) durchschnittlich 140 mm Niederschlag.

Die Entwässerung im Untersuchungsgebiet erfolgt über periodische Flüsse in abflusslose Salzseen. Der Größte im Untersuchungsgebiet ist der Kulundasee mit 770 km² (ATLAS ALTAISKOWO KRAJA 1978).

Die natürliche Steppenvegetation bestand vorwiegend aus Stipa-, Festuca-, Koeleria- und Artemisia-Arten (WANDAKUROWA 1950). Diese Arten produzieren im Frühjahr, wenn die Verdunstung noch nicht so hoch ist und der Boden durch die Schneeschmelze durchfeuchtet ist, viel Biomasse. Im heißen Sommer verdorrt sie und wird durch die gehemmte mikrobielle Aktivität nur bedingt mineralisiert (BRECKLE & WALTER 1994). Auf den kurzen Herbst folgt mit dem Winter die zweite Vegetationsruhe, welche ebenfalls keine weitere Mineralisierung zulässt.

Die natürliche Vegetation ist infolge der Neulandaktion nahezu im gesamten Untersuchungsgebiet durch landwirtschaftliche Kulturen ersetzt.

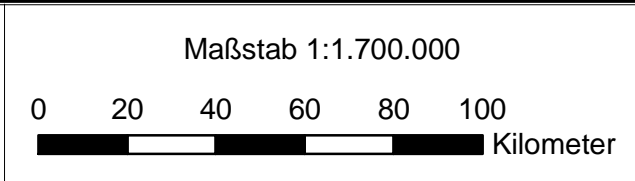
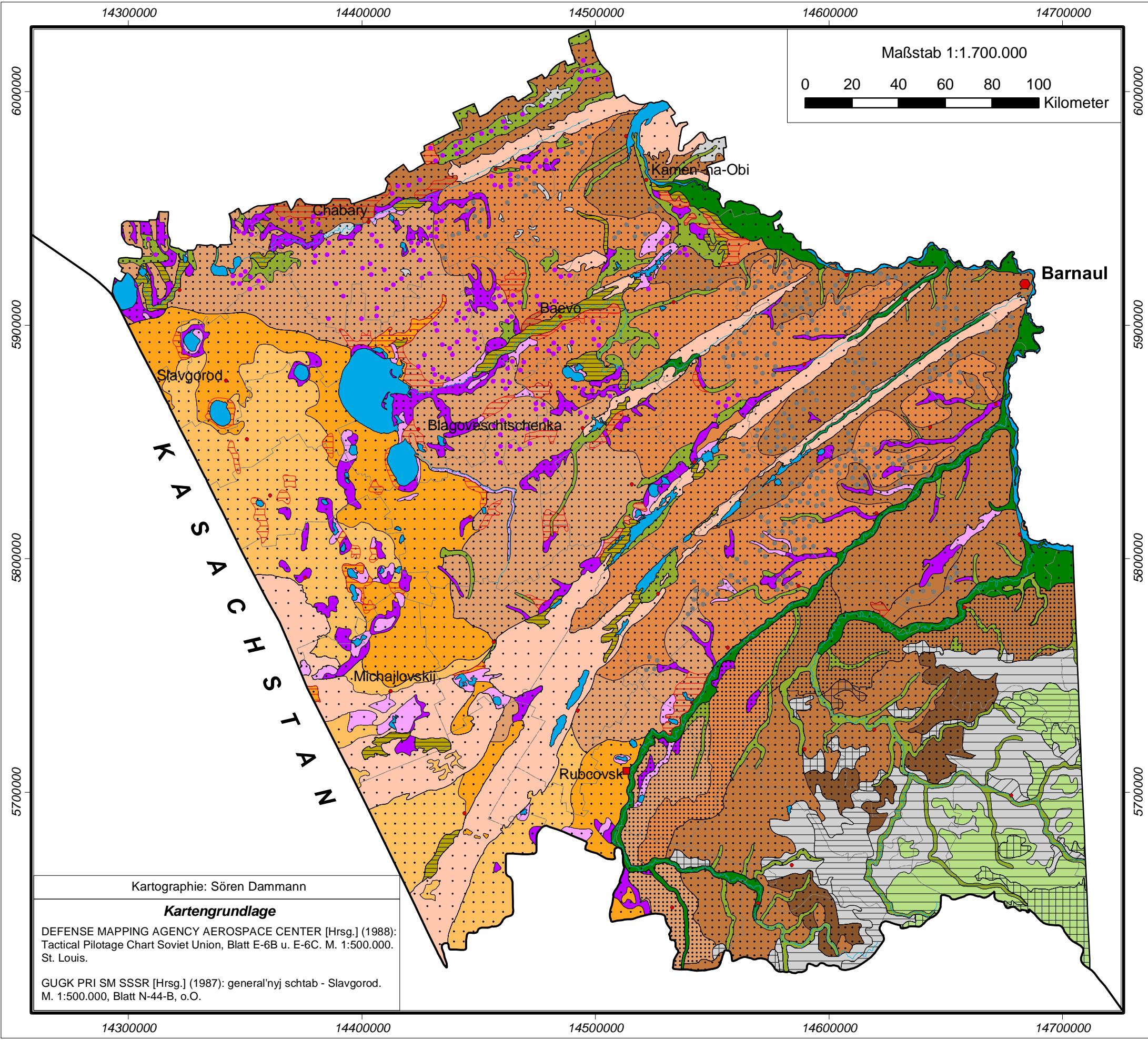
2.2.5 Boden

Hinsichtlich des pedologischen Inventars ist das Untersuchungsgebiet durch die Steppenböden Tschernosem und Kastanosem geprägt (GORSCHENIN 1955, KARMANOW 1965). In der russischen Nomenklatur werden die Schwarzerden nach ihrem Gehalt an organischem Material im Ah-Horizont und dessen Mächtigkeit in *typische*, *gewöhnliche* und *südliche Tschernoseme* unterteilt (BARAEW 1976).

Die Kastanoseme (kastanienfarbige Böden) weisen im geringmächtigeren Ah-Horizont aufgrund geringerer Biomasseproduktion durch niedrigere Niederschläge weniger Humusanteil (<4%) als die Tschernoseme auf. Sie werden in die feuchtere Variante *dunkles Kastanosem* und die trockneren *hellen Kastanoseme* unterschieden (KALUGIN 1964). Die hellen Kastanoseme bilden bereits den Übergang zu den Halbwüstenböden (Syroseme bzw. Yermosole) mit noch weniger Wasserangebot.

Die Böden in der Kulundasteppe weisen eine Differenzierung von Südwest nach Nordost auf (vgl. Karte 2.4). Im Norden und Osten findet man im Anschluss an die typischen Schwarzerden südliche Tschernoseme, welche durch einen niedrigeren Humusgehalt im Ah- Horizont und eine geringere Mächtigkeit gekennzeichnet sind. Die gegenüber der Waldsteppe geringeren Niederschläge und besonders die reduzierte Schneehöhe führt zu einer eingeschränkten Biomasseproduktion und damit zur verminderten Akkumulation von Humus.

Karte 2.4: Bodenkarte Kulundasteppe



Topographie

- Siedlungen**
- Kraj-Zentrum
 - Oblast-Zentrum
 - Rajon-Zentrum
- Gewässer**
- Standgewässer
 - ~ Fließgewässer
- ~ Grenze zu Kasachstan
~ admin. Grenzen

Boden

- Waldinseln über**
- grauen Waldböden
 - Soloden
- Versalzungstendenz**
- ▬

Bodenarten (russ. Nomenklatur)

- Substrate der Kulundaebene (Quartär)
- ▨ Tonig-feinschluffige (äolisch verfrachtbare) Substrate
 - ▨ Mittelschluffige (äolisch verfrachtbare) Substrate
 - ▨ Mäßigschluffige, sandige Substrate
 - ▨ Sandige geschichtete Substrate
- Substrate im Gebirge (auf Festgestein)
- ▨
- Substrate im Gebirge (auf quartärem Lockersediment)
- ▨ Mittelschluffige Substrate
 - ▨ Mäßigschluffige-schottrige Substrate
 - ▨ Sandig-schottrige Substrate
 - ▨ Hydromorphe Substrate

Bodentypen (russ. Nomenklatur)

- helle Kastanoseme
- dunkle Kastanoseme
- südliche Tschernoseme
- gewöhnliche Tschernoseme
- typische Tschernoseme
- Gebirgtschernoseme
- Graue Waldböden
- Bergwiesenböden
- Salzwiesenböden
- Aueböden
- Auemoore
- Solontschake
- Solonetze
- Lockersyroseme

Kartographie: Sören Dammann

Kartengrundlage

DEFENSE MAPPING AGENCY AEROSPACE CENTER [Hrsg.] (1988): Tactical Pilotage Chart Soviet Union, Blatt E-6B u. E-6C. M. 1:500.000. St. Louis.

GUGK PRI SM SSSR [Hrsg.] (1987): general'nyj schtab - Slavgorod. M. 1:500.000, Blatt N-44-B, o.O.

Die typische Steppe ist pedologisch durch dunkle Kastanoseme gekennzeichnet. Mit weiterer Abnahme der Niederschläge treten in der zentralen Region der Kulundasteppe (etwa ab dem 80. Längengrad) nur noch helle Kastanoseme mit Humusanteilen von weniger als 3% im Oberboden auf (GORSCHENIN, 1955).

Im Bereich der Steppe bzw. Trockensteppe treten in Depressionen verstärkt Solonchake und Solonetze auf (ORLOWSKI 1955). In der Umgebung der zahlreichen abflußlosen Seen sind die Bedingungen zur Ausbildung besonders von Grundwasser-Solonchaken gegeben.

2.2.6 Besiedlung der Kulundasteppe

Die Kulundasteppe wurde aufgrund ihrer Lage und ihrer klimatischen Bedingungen erst sehr spät besiedelt. Bis 1750 lebten in weiten Grasländern lediglich nomadisierende Turkvölker (KLAUBE 1991).

Die Besiedlungsgeschichte der Kulundasteppe ist eng mit der Geschichte der „Russlanddeutschen“ verbunden. Zarin Katharina schuf 1763 mit einem Erlass zur wirtschaftlichen Erschließung des Landes die Grundlage zur Einwanderung deutscher Siedler. Den deutschen Kolonisten wurden einige Privilegien, unter anderem Steuer- und Abgabefreiheiten, Religionsfreiheit und Selbstverwaltung in den Kolonien eingeräumt (MALINOWSKI 2000). Nach DIETZ & HILKES 1993 folgten etwa 20.000 Deutsche dem Ruf der Zarin. Neben der Aussicht auf eigenes Land war für die Kolonisten die ungestörte Ausübung ihrer Religion von großer Bedeutung. So zogen in verschiedenen Wellen besonders auch die aus Norddeutschland stammenden Mennoniten in die südsibirischen Steppen. Sie erhielten hier von der russischen Zarin Religionsfreiheit und Selbstverwaltung, was ihnen von der deutschen Obrigkeit versagt war. Sie lebten dort von den einheimischen aber auch von anderen deutschen Siedlungen relativ isoliert. So blieben die religiösen, familialen und sprachlichen Strukturen im wesentlichen bis heute erhalten. Andere bevorzugte Siedlungsgebiete der Deutschen waren der Nordkaukasus, die Ostseeprovinzen und das Wolgagebiet (MALINOWSKI 1995).

In der Kulundasteppe blieben zunächst weitere Zuwanderungswellen aus. Der Bau der Transsibirischen Eisenbahn tangierte das Gebiet ebenso wenig wie die Nutzung der Erzlagerstätten im Westaltai.

Die nächste größere Zuwanderung fand während des 2. Weltkrieges statt. Aus den alten Siedlungsgebieten der Wolgaregion wurden etwa 150.000 Deutsche nach Kasachstan, in den Norden Sibiriens und auch in die Kulundasteppe deportiert (MALINOWSKI 2000).

Mit der Aufhebung der stalinschen Beschränkungen (1955) wurde eine erste Normalisierung der Lebenssituation der deutschstämmigen Kolonisten in der Kulundasteppe eingeleitet (Dietz & Hilkes 1993). Auch in dieser Zeit wurden die Traditionen und die Sprache in den deutschen Dörfern der Kulundasteppe noch weitgehend erhalten. In der Zeit von 1955 bis 1989 erreichten die ebenfalls in Kolchosen organisierten Russlanddeutschen ein bescheidenes Maß an Wohlstand.

1989 lag der Siedlungsschwerpunkt der Deutschen eindeutig in Westsibirien. In der Volkszählung von 1989 bekannten sich in Westsibirien 842.033 Personen als Russlanddeutsche, davon allein im Altaigebiet 127.731 (MALINOWSKI 1995).

3 Methoden

3.1 Geländemethoden

Unter Berücksichtigung der Größe des Untersuchungsgebietes „Kulundasteppe“ (80.000 km²) mussten repräsentative, kleinräumige Bereiche (nachfolgend: „Testgebiete“) ausgewählt werden.

Folgende Testgebiete wurden für die Analyse der Winderosion und der Versalzungstendenzen ausgewählt (vgl. Karte 3.1):

I. Deutschnationaler Rajon (DNR)

- Dieses Testgebiet repräsentiert den Übergang von Steppe (südliche Tschernoseme) zur Trockensteppe (dunkle bzw. helle Kastanoseme) bei Jahresniederschlägen von 350-250 mm/Jahr (ATLAS ALTAISKOWO KRAJA 1978).
- Im DNR erfolgte eine weitere Differenzierung der Testgebiete (vgl. Kap. 3.1.1), sowie die Anlage einer Catena im rechten Winkel zur Bodenzonierung (vgl. Abb. „Testgebiete“).
- Pedologische Befunde aus der Zeit vor der Neulandaktion liegen vor.

II. Wechni Suetka

- Die Region um Wechni Suetka zeichnet sich durch das Auftreten von sowohl südlichen und als auch von typischen Tschernosemen aus (vgl. Karte 2.4).
- Dieses Testgebiet ist mit Jahresniederschlägen von 350-400 mm/Jahr das Niederschlagsreichste im gesamten Untersuchungsgebiet (ATLAS ALTAISKOVO KRAJA 1978).
- Bodenkundliche Daten aus der Zeit vor der Neulandaktion sind vorhanden.

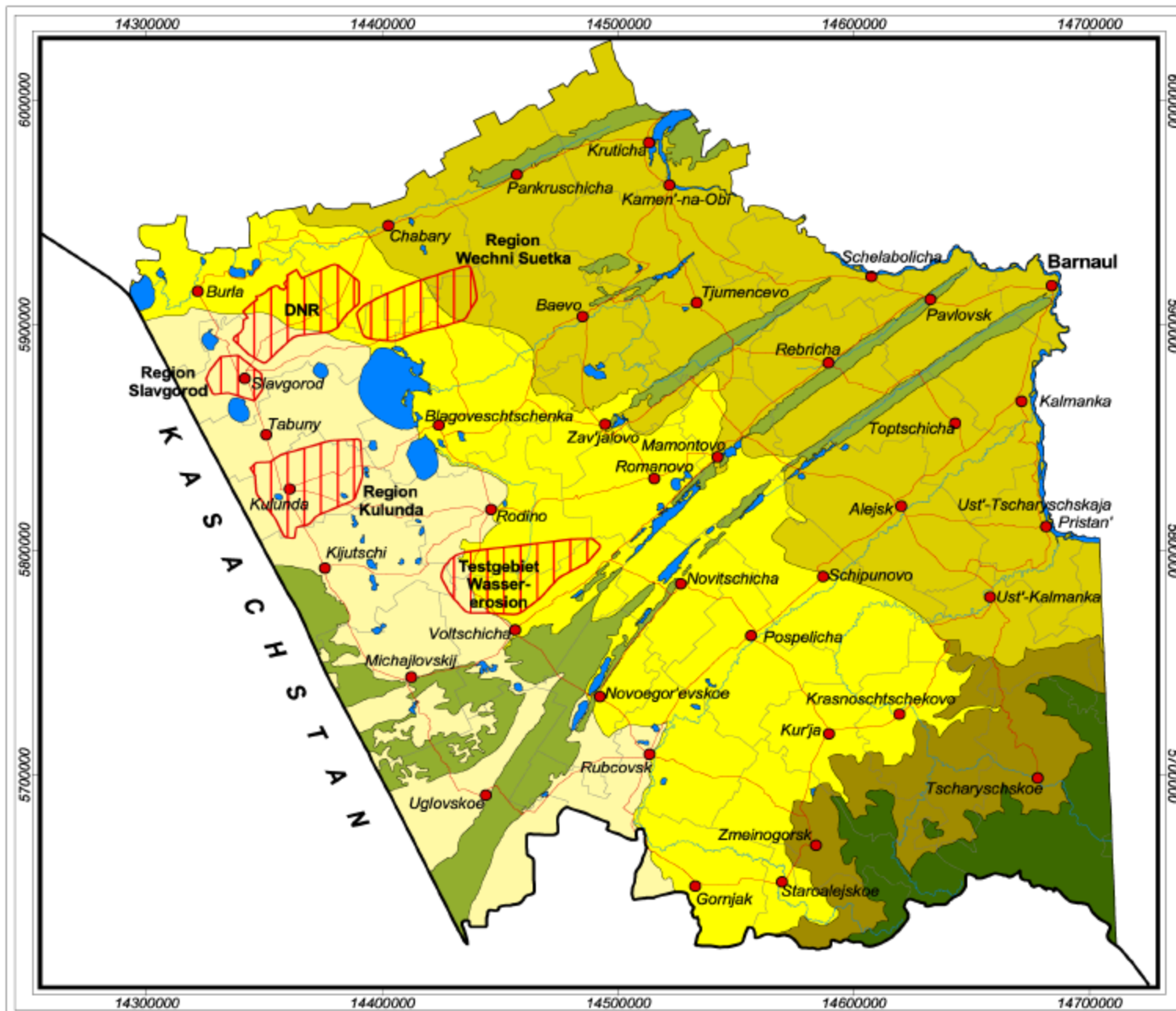
III. Region Slavgorod

- Das Testgebiet im Rayon Slavgorod repräsentiert aus bodkundlicher Sicht den Übergang von dunklen zu hellen Kastanosemen bei Niederschlägen von ca. 250 mm/Jahr (ATLAS ALTAISKOVO KRAJA 1978).
- Darüber hinaus wurde dieses Gebiet ausgewählt, da hier nur sehr vereinzelt Windschutzanlagen bei intensiver ackerbaulicher Nutzung anzutreffen waren und somit ein ausgeprägter winderosiv bedingter Formenschatz zu erwarten war.
- Untersuchungsbefunde zur pedologischen Situation vor der Neulandaktion sind vorhanden.

IV. Region Kulunda

- Dieses Testgebiet vertritt die zentrale Region der Kulundasteppe mit hellen Kastanosemen bei Niederschlägen von weniger als 250mm/Jahr (ATLAS ALTAISKOVO KRAJA 1978).

Zur Erfassung wassererosiver Prozesse wurden Untersuchungen in der südlichen Steppe durchgeführt. Hier war aufgrund höherer Reliefenergien das Auftreten von Wassererosion zu erwarten. Darüber hinaus berichtet DEMIN 1993 von Ovragebildung in diesen Gebieten.



Karte 3.1: Untersuchungsgebiet und Testgebiete

Topographie

- Rajonzentrum
- ~ Hauptverbindungsstraßen
- ~ Grenze zu Kasachstan
- ~ Rajongrenzen
- Standgewässer
- ~ Fließgewässer
- Testgebiete

Naturräume

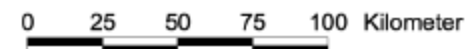
- Trockensteppe
- Steppe
- Waldsteppe
- Bergsteppe
- Bergwald
- interzonaler Wald

Kartengrundlagen

DEFENSE MAPPING AGENCY AEROSPACE CENTER [Hrsg.] (1988): Tactical Pilotage Chart Soviet Union, Blatt E-6B u. E-6C. M. 1:500.000. St. Louis.

GUGK PRI SM SSSR [Hrsg.] (1987): general'nyj schtab - Slavgorod. M. 1:500.000, Blatt N-44-B, o.O.

Maßstab 1:2.500.000



Kartographie: Sören Dammann
Juni 2002

3.1.1 Auswahl der Standorte

Ein Grundprinzip bei der Beurteilung der Bodenveränderung als Folge der langjährigen Bodenbearbeitung war der Vergleich zwischen natürlichen und bearbeiteten Standorten. Bei der Auswahl der Standorte für Profilgrabungen musste deshalb gewährleistet sein, dass möglichst bearbeitete und natürliche Standorte in unmittelbarer Nähe unter ähnlichen Boden-, Relief- und Klimaverhältnissen zu finden waren oder zumindest ein aufgefundener, natürlicher Steppenboden für einen bestimmten Bereich als repräsentativ gelten konnte. Diesem Ansatz kommt das nur gering differenzierte pedologische Inventar in der nahezu ebenen nördlichen und zentralen Kulundasteppe entgegen.

Die flächenhafte Repräsentativität der jeweiligen Referenzböden bzw. -horizonte wurde mittels Bohrstockuntersuchungen und Geländekartierungen festgelegt. Die Repräsentativität der Vergleichsstandorte wurde räumliche sehr eng umrissen. Deshalb konnte angenommen werden, dass die Variation der Bodeneigenschaften anthropogen, also durch Bodenbearbeitung oder Anlage von Windschutzstreifen bedingt ist.

Da im Untersuchungsgebiet während der Neulandgewinnung nahezu alle Flächen mit Kastanosemen und Tschernosemen in Kultur genommen wurden, gestaltete sich das Auffinden natürlicher Referenzböden sehr schwierig. Selbst in der Nähe von Ortschaften sind fast ausschließlich gestörte Profile zu finden. So musste vielfach Hinweisen aus der einheimischen Bevölkerung nachgegangen werden, um natürliche, nicht bearbeitete Steppenböden zur Referenzierung der landwirtschaftlich genutzten Standorte zu ermitteln.



Abb. 3.1: *Stipa pennata* auf unbearbeitetem Tschernosem

Erschwerend bestand jedoch ebenfalls die Möglichkeit, dass Grasflächen nunmehr weidewirtschaftlich genutzte Altbrachen darstellen. So erwies sich das Auftreten von Federgras (*Stipa pennata*) als hilfreicher Hinweis zur Lokalisierung nicht bearbeiteter Böden (vgl. Abb. 3.1)

An zwei Standorten (D10; Testgebiet Slavgorod / DNR07; Testgebiet DNR), welche für die Problematik Winderosion besonders geeignet waren, wurden aus Ermangelung natürlicher Steppenstandorte überlagerte ehemalige Ah- Horizonte zur Referenzierung genutzt (vgl. Abb. 3.2). Dabei war jedoch von eventueller Verdichtung auszugehen. Deshalb konnten zwar keine Aussagen zur Mächtigkeit des Ah- Horizontes getroffen werden, repräsentieren aber Humusgehalte, Textur und bodenchemische Eigenschaften die natürlichen Verhältnisse.

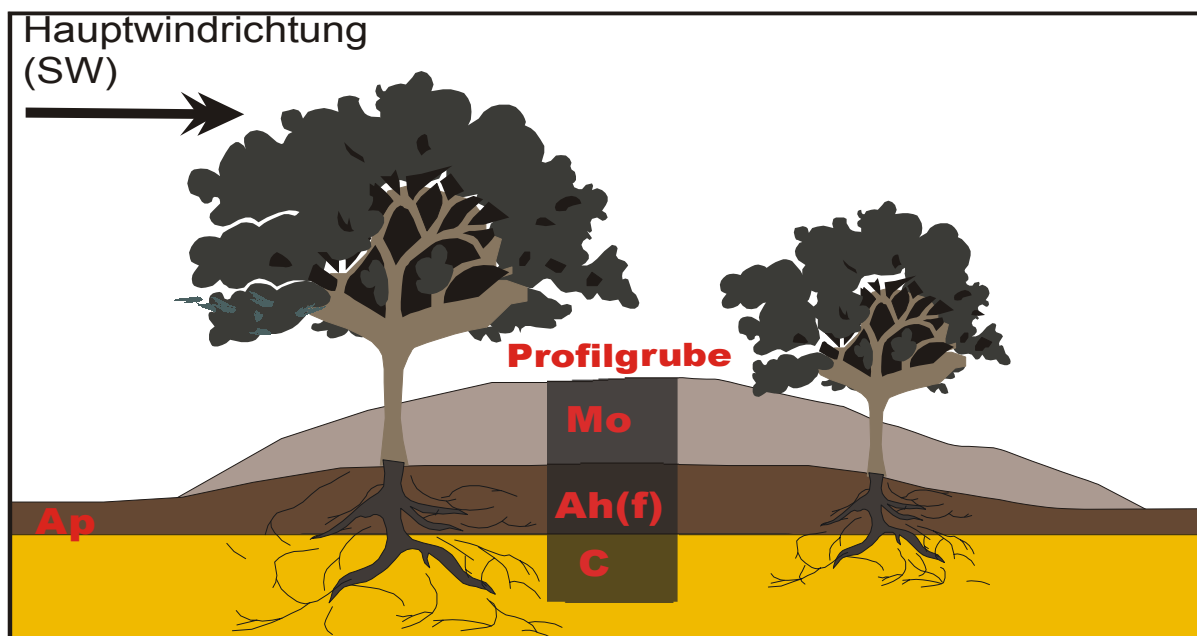


Abb. 3.2: Überlagertes „fossiler“ Ah- Referenzhorizont in einer Windschutzanlage

Den Nachweis, dass es sich tatsächlich um einen bisher nicht bearbeiteten Steppenboden handelt, vermochte am ehesten die Profilmorphologie zu erbringen. Zumeist wurden bei bearbeiteten Kastanosemen und teilweise auch bei Tschernosemen im Gegensatz zu den natürlichen Varianten eine scharfe Ap- Grenze festgestellt.

Zum letztendlichen Nachweis der Natürlichkeit der Referenzprofile bzw. –horizonte, erfolgte die Untersuchung der Vertikalverteilung von Cäsium 137 im Ap- bzw. Ah- Horizont. Ausführlich werden diese Zusammenhänge im Kapitel 3.1.2 behandelt.

Ein weiteres Kriterium für die Auswahl der einzelnen Standorte war das Vorhandensein von Angaben zur Schlaggeschichte. Mindestanforderung war die Kenntnis, wann der Schlag zum ersten Mal umgebrochen wurde, um die Dauer der ackerbaulichen Nutzung zu ermitteln. Dabei wurde festgestellt, dass man einige

Schläge in den Testgebieten schon lange vor der Neulandaktion ackerbaulich genutzt. Das betrifft hauptsächlich die Flächen in unmittelbarer Umgebung der Ortschaften. Besonders in der Nähe der deutschstämmigen Siedlungen, welche zum Teil 100 Jahre bestehen, wurde seit ihrer Gründung Ackerbau betrieben. Deshalb erfolgte nur die Untersuchung von Schlägen, welche sich durch die Aussage der Kolchosvorsitzenden bzw. nach Durchsicht von Schlagkarten zu Flächen qualifizierten, die während der Neulandaktion in Kultur genommen wurden.

Darüber hinaus boten die Windschutzanlagen wichtige Hinweise auf die Schlaggeschichte. In Gebieten traditioneller Nutzung wurden bereits in den 20er Jahren Windschutzstreifen angelegt (ASTAWJEW 1978). Demgegenüber erfolgte auf den Neulandflächen nach 1954 zunächst keine Anpflanzung. Erst infolge der ersten großen Verwehungsereignisse wurden während der Phase der Intensivierung (1965-1980) Windschutzanlagen angelegt (TANASIENKO 1992). Diese Verhältnisse ermöglichen so ebenfalls, Flächen, die man im Zuge der Neulandgewinnung in Kultur nahm und solche, die schon seit über hundert Jahren bearbeitet werden, über die Art und Wuchshöhe der Windschutzstreifen zu differenzieren.

Zur Einschätzung des Einflusses der Bewässerung auf die Bodenqualität diente ebenfalls ein vergleichender Untersuchungsansatz. In der Kulundasteppe erfolgt die Bewässerung meist mittels Rundregner. Die nicht bewässerten Areale der quadratischen Schläge wurden zum Vergleich mit den beregneten Flächen genutzt (siehe Abb. 3.3).

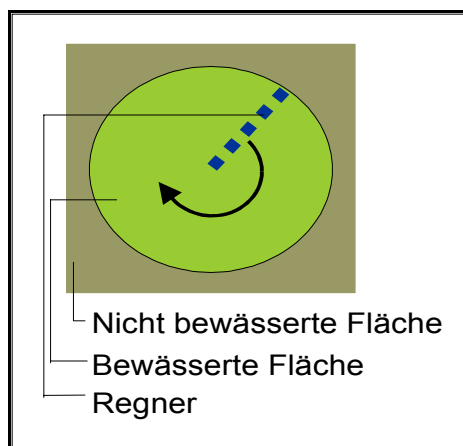


Abb. 3.3.: Bewässerung mittels Rundregner

Darüber hinaus wurden aus den Wasserspeicherbecken Proben zur Bestimmung der Wasserqualität entnommen.

Diese Untersuchung erfolgte jeweils an einem Standort mit Tschernosemen und einem mit Kastanosemen. Informationen zur Bewässerungsintensität und der Herkunft des Wassers wurden bei den Bewässerungsverantwortlichen der Kolchosen eingeholt.

3.1.2 Cäsium 137 als Tracer

Zur Beurteilung der Stoffumlagerung sowohl durch Winderosion als auch durch wassererosive Prozesse wurde das Radionuklid Cäsium 137 als Tracer verwendet. Die Methode wurde erstmals von RITCHIE & McHENRY 1975 angewendet. Das Isotop wurde im Zuge der oberirdischen Kernwaffentests seit den 50er bis in die 70er Jahre emittiert. Es verteilte sich in der Stratosphäre und gelangt seitdem kontinuierlich mit den Niederschlägen weltweit in den Boden. Cäsium 137 wird nach dem Eintrag sehr schnell und intensiv an Tonpartikel gebunden (KÜHN 1981, SCHALLER et al 1990). Diese geringe Mobilität und die regional meist einheitliche Kontamination (abhängig von der Regenmenge) macht ^{137}Cs als Tracer nutzbar (MORGAN 1986, MEINEL 1998). Bisher wurde der globale Fallout von ^{137}Cs für Traceruntersuchungen genutzt. Aufgrund der spezifischen Bedingungen des Untersuchungsgebietes erfolgte in der vorliegenden Untersuchung die Weiterentwicklung dieser Methode:

Auf dem ehemaligen Kernwaffentestgebiet Semipalatinsk, welches nur ca. 300 km von der zentralen Kulundasteppe entfernt liegt, wurden besonders durch zwei Explosionen (1949, 1953) größere Mengen des Radionuklids freigesetzt und in das Untersuchungsgebiet verfrachtet (BASTRON et al 1993). Diese Kontamination vor der Neulandaktion ermöglicht somit Datierung einzelner Horizonte bzw. Sedimente über den gammastrahlungsmessend ermittelten Gehalt an Cäsium 137. In der vorliegenden Arbeit erfolgte die Verwendung von Cäsium 137 als Tracer deshalb in zweierlei Hinsicht:

1. Vor der Neulandaktion an der Geländeoberfläche gelegene Ah- Horizonte müssen durch die Exposition gegenüber den Falloutereignissen einen hohen Gehalt an dem Isotop aufweisen. Wo dies der Fall ist, wurden die darüber liegenden Akkumulationen nach der Neulandaktion abgelagert und stellen somit eine Folge der Inkulturnahme dar. Dieser Ansatz ermöglicht hinsichtlich der Deflation und Akkumulation auch quantitative Aussagen.
2. Der vergleichende Untersuchungsansatz (vgl. Kap. 3.1.1) zwischen natürlichen und bearbeiteten Standorten setzt das Vorhandensein nachweislich unbearbeiteter Standorte voraus. Eine Profilansprache bzw. Befragungen der Bevölkerung sind zum Nachweis der „Natürlichkeit“ der Böden nicht ausreichend. Deshalb wurden bei allen Standorten im Ah- bzw. Ap-Horizont Proben zur Cäsium 137-Analyse entnommen. War eine einheitliche Verteilung des Isotops im Ap-Horizont vorhanden, war von einer Bodenbearbeitung auszugehen. Zeichnete sich die Verteilung durch eine rasche tiefenabhängige Abnahme der Gehalte aus, konnte der Standort als „natürlich“ gelten.

3.1.3 Profilansprache und Probennahme

Nach Auswahl der Standorte entsprechend der beschriebenen Kriterien wurde zunächst mittels Bohrstockeinschläge die Position der Referenz- bzw. Leitprofile festgelegt. Die Profilansprache erfolgte nach FINNERN 1996.

Um mögliche Verdichtungserscheinungen speziell im Bearbeitungshorizont und an der Pflugsohle feststellen zu können, wurde während der Feldkampagne 2000 zusätzlich der Scherwidertand (in kg/cm^2) aufgenommen.

Nach der Profilansprache wurden zur Bestimmung der bodenkundlichen Grundgrößen (vgl. 3.2.1) Proben horizontbezogen entnommen. Dies erfolgte vertikal mittels Stechzylinder (250cm^2) zur späteren Bestimmung der Bodendichte.

Eine separate tiefenabhängige Probenentnahme erfolgte für die Analyse der elektrischen Leitfähigkeit, der Nährstoffe und der Gehalte an Cs^{137} .

Insgesamt wurden während zwei mehrmonatiger Feldkampagnen (1999/2000) 65 Profile angelegt, angesprochen und beprobt.

3.1.4 Bodenfeuchtemessung

Zur Bestimmung des besonders in semiariden Steppengebieten für das Pflanzenwachstum eminent wichtigen Bodenparameters Bodenfeuchte wurde ein mobiles TDR-Meßsystem verwendet (PLAGGE 1991). Der angegebene volumetrische Wassergehalt lässt sich durch Multiplikation mit der betrachteten Bodentiefe (Dezimeter) in die übliche absolute Mengenangabe in mm Wassersäule umrechnen (HARTGE & HORN 1992).

Bei der tiefenabhängigen Bestimmung der Bodenfeuchte im Zuge der Profilgrabungen (vgl. Kap. 3.1.3) wurde jeweils aller 10 cm horizontal in die Profilwand die TDR-Sonde eingebracht und gemessen.

Die Bodenfeuchtemessung auf dem Versuchsfeld „Schumanowka“ erfolgte mit Unterstützung eines Mitarbeiters der Kolchose während der Vegetationsperiode 2000 und 2001 wöchentlich. Zur Messung wurden pro Standort (Parzelle, vgl. Kap. 3.3) mittels Spezialbohrer jeweils 3 Bohrungen angelegt und in den Tiefen 05 cm, 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm gemessen. Anschließend wurde die Wassermenge in Millimeter Wassersäule umgerechnet und der Mittelwert der drei Messungen berechnet.

3.1.5 Geländekartierung

Zur Untersuchung der Erscheinungsformen der Winderosion wurden in den Testgebieten III (Region Slavgorod) und IV (Region Kulunda) Geländekartierungen durchgeführt. Ziel dabei war zunächst die Erfassung von Bearbeitungsformen, Feldlängen, Windschutzstreifen, sowie pedologischer Größen, um nachfolgend Aussagen zur Wirkung dieser Faktoren hinsichtlich des Erosionsrisikos treffen zu können.

Zur Einschätzung der Prozesse speziell an Windschutzstreifen und deren Wirkung wurden zwei Pflanzungen differenziert nach Akkumulations- und Deflationsbereichen kartiert (vgl. Kap. 4.2.1.4) Hierbei erfolgten, neben der Vermessung der Mächtigkeit der Ablagerungen, zahlreiche Bohrstockeinschläge sowie die Aufnahme der Art und Wuchshöhe der Windschutzstreifen.

3.1.6 Erhebung aktueller Klimadaten

Zur Einschätzung der Ergebnisse des Versuchsfeldes (vgl. Kap. 7.1) wurden Temperatur (Boden/Luft) und Niederschläge während der Vegetationsperiode 2000 mittels einer Klimastation gemessen. Die Anlage wurde mit Unterstützung der Kolchose „Schumanowka“ im häuslichen Umfeld eines Mitarbeiters ca. 2 Kilometer vom Versuchsfeld entfernt installiert. Die Temperaturmessung (Lufttemperatur, Höhe= 200 cm; Bodentemperatur Tiefe= 10 cm) erfolgte mit Hilfe einer Kompaktanlage (2 Sonden und Datenlogger) halbstündlich. Die Niederschläge wurden mittels eines „Hellmann“- Regennessers bestimmt.

3.2 Labormethoden

Aufgrund der hohen Kosten für den Probentransport nach Deutschland wurden die pedologischen Grundgrößen (Textur, Anteil organischer Substanz, Karbonatanteil, pH- Wert, elektrische Leitfähigkeit) im bodenkundlichen Labor des „*Institutes für Wasser und ökologische Probleme*“, Barnaul, analysiert. Zur Gegenanalyse wurden 10 Proben im physisch-geographischen/geoökologischen Labor des Instituts für Geographie der Universität Halle untersucht. Der Vergleich der Ergebnisse aller Parameter ergab eine hinreichende Genauigkeit der Analysen des russischen Labors. Naturgemäß bildete die Untersuchung der Textur aufgrund verschiedener Fraktionsgrenzen eine Ausnahme (vgl. Kap. 3.2.1)

Die separat entnommenen Proben auf Pflanzennährstoffe wurden nach Deutschland überführt und im o.g. Labor analysiert.

3.2.1 Bodenparameter

Anteil organischer Substanz

Die Bestimmung der organischen Substanz der Proben erfolgte über die Analyse des Kohlenstoffgehaltes durch nasse Verbrennung unter Verwendung der in der GUS üblichen Arbeitsvorschrift von ARINUSCHKINA 1970.

Nach der Oxidation der organischen Substanz des Bodens mit Schwefelsäure und Kaliumdichromat wurde der gebundene Anteil Kaliumdichromats titrimetrisch bestimmt. Anschließend erfolgte unter Berücksichtigung der Einwaage, der Menge des titrierten Lösungsgemisches und des Umrechnungsfaktors für ml verbrauchtes Kaliumdichromat zu mg Kohlenstoff (0,3) die Berechnung des Kohlenstoffgehaltes in %-Angaben. Der Humusgehalt wurde durch Multiplikation des Kohlenstoffgehaltes mit dem Faktor 1,724 berechnet (SCHEFFER et al 1992).

Körngrößenverteilung

Zur Bestimmung der Korngrößenfraktionen wurde zunächst der Skelett- und Feinbodenanteil des lufttrockenen Bodens getrennt.

Dabei wurde im Unterschied zur in Deutschland üblichen Praxis ein 1 mm - Sieb verwendet, um die russische Fraktionierung einzuhalten. Der Bereich 1 – 0,25 mm wurde mittels Siebmethode, die Fraktionen kleiner als 0,25 mm durch Sedimentation bestimmt. Es werden in der GUS andere Fraktionsgrenzen als in Deutschland bevorzugt (siehe Tab.: 3.1).

Tab.: 3.1 Vergleich der Korngrößenfraktionen (russische und deutsche Nomenklatur)

Bezeichnung (dt. Nomenklatur)	Ton	f-Schluff	m-Schluff	g-Schluff	f-Sand	m-Sand	g-Sand
Fraktionen	<2 μ m	2-6,3 μ m	6,3-20 μ m	20-63 μ m	63-200 μ m	200-630 μ m	630-2000 μ m
Russische Fraktionen	<1μm	1-5μm	5-10μm	10-50μm	50-250μm	250-1000μm	

Die Übertragbarkeit der russischen Korngrößenfraktionen auf die in Deutschland üblichen Angaben ist problematisch. Durch fehlende Kenntnis der Verteilung innerhalb der Fraktionen lassen sich die Grenzen der Korndurchmesser auf Summenkurven und Häufigkeitsverteilungskurven nicht beliebig verschieben.

Deshalb wurde zur Einschätzung der Bodenart der Feinbodenanteil (<10 μ m) herangezogen, da diese Fraktionsgrenze auch bei den russischen Ergebnissen der Korngrößenverteilung exakt existiert. Damit entspricht die Einschätzung der Bodenarten der einzelnen Proben der Reichsbodenschätzung (ZIEGLER 1977).

Kalkanteil

Die Analyse des Kalkgehaltes der Proben wurde ebenfalls in Barnaul durchgeführt. Sie erfolgte durch gasvolumetrische Bestimmung des durch Salzsäureeinwirkung freigesetzten Kohlendioxids. Dabei wurde eine Scheibler-Apparatur in Anlehnung an die DIN 19684, Teil 5 verwendet.

PH-Wert

Der pH-Wert der wässrigen Bodenlösung wurde durch Messung mit einem pH-Meter (pH-METR N 5123, russ. Fabrikat) bestimmt.

Elektrische Leitfähigkeit

Die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit erfolgte mittels eines kompensierten Leitfähigkeitsmessers. Dazu wurde eine Bodenlösung im Extraktionsverhältnis 1 : 5 (Massenanteil/Volumenanteil) entsprechend DIN 11265 hergestellt und anschließend gemessen.

Bodendichte

Zur Bestimmung der Bodendichte wurden alle Proben im Feld mit einem Stechzylinder ($h=5$ cm, $\varnothing=8$ cm $\rightarrow 251\text{cm}^2$) entnommen und verpackt. Nach Trocknung im Labor (Trockenschrank 105°C) wurden die Proben gewogen und die Trockenrohndichte berechnet.

3.2.2 Nährstoffe

Zur Bewertung des Zustandes der ackerbaulich genutzten Böden im Untersuchungsgebiet kommt der Einschätzung der Nährstoffversorgung eine besondere Bedeutung zu. Dazu wurden folgende pflanzenverfügbare Nährstoffe untersucht:

Kalium, Natrium, Magnesium

Zur Analyse der Nährstoffe Kalium, Natrium und Magnesium wurde der Calciumchloridauszug gemäß VDLUFA 1991 angewendet. Die Gehalte im Filtrat wurden am AAS gemessen.

Eisen, Kupfer, Mangan, Zink

Die Elemente Fe, Cu, Mn, Zn wurden im EDTA-Auszug analysiert (VDLUFA 1991). Die Bestimmung der Elemente erfolgte anschließend ebenfalls mittels Atomabsorptions-Spektrometrie (AAS).

Phosphor, Kalium

Die Extraktion der Nährstoffe P und K erfolgte im Calcium-Azetat-Lactat (CAL)-Auszug. Die Gehalte im Extrakt wurden im Atomabsorptions-Spektrometer gemessen (VDLUFA 1991).

Auf eine Untersuchung der Böden hinsichtlich der Stickstoffversorgung wurde aus Gründen der hohen jahreszeitlichen Dynamik des Gehaltes und der zu großen Veränderung der Gehalte bei der Probenüberführung nach Deutschland verzichtet.

3.2.3 Cäsium 137

Die gammaspektrometrische Analyse der Cäsiumaktivitäten wurde im Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle (UFZ), Sektion Analytik, Abteilung Umweltradioaktivität und Isotope durchgeführt. Die Analyse erfolgte nach PETZOLD 1983 bzw. FELLMANN 1986.

3.3 Anlage des Versuchsfeldes

In Zusammenarbeit mit der deutsch-russischen Entwicklungsgesellschaft (EGH) im Deutschnationalen Rajon und der Kolchose „Schumanowka“ konnte in den Jahren 2000 und 2001 ein Versuchsfeld (Größe: 100 ha) eingerichtet werden. Ziel der Anlage war es, unter Produktionsbedingungen Brachevariationen und Bearbeitungsintensitäten hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Bodenfeuchtedynamik und der Winderosionsanfälligkeit zu untersuchen.

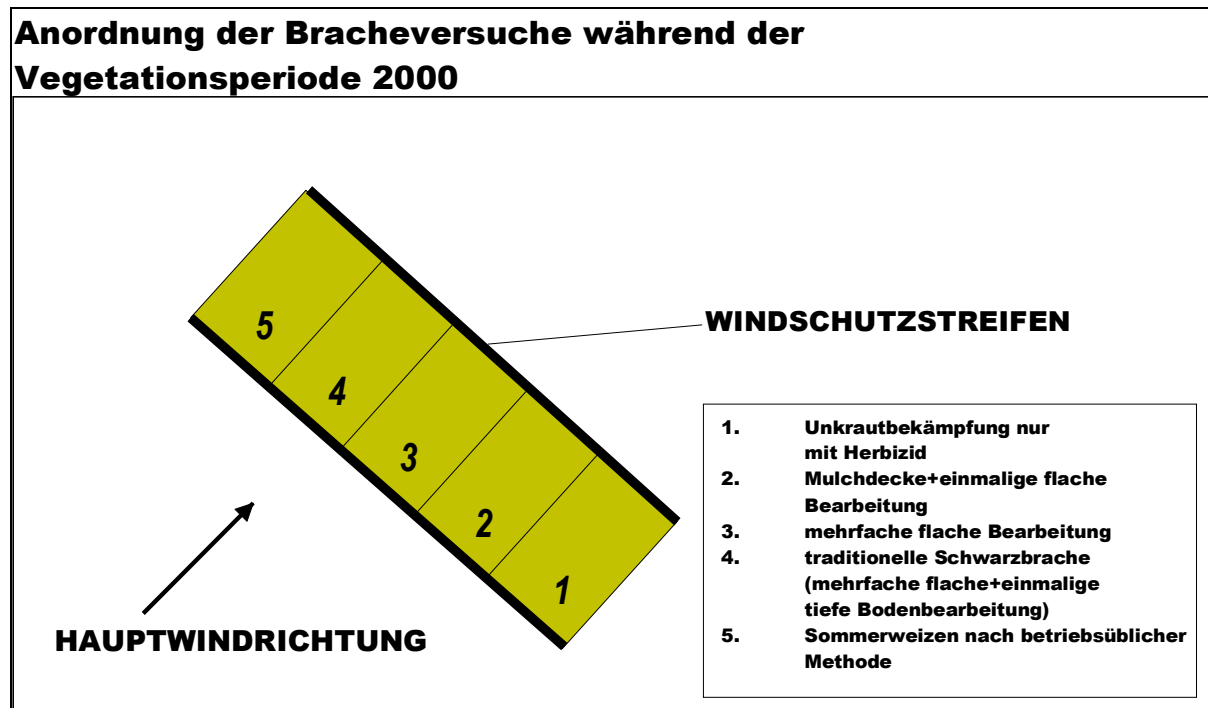


Abb. 3.4: Versuchsschema der Anlage „Schumanowka“

Die Versuchsanlage befindet sich im zentralen Bereich des DNR und ist durch südliche Schwarzerden mit Humusanteilen von 3-4% im Oberboden geprägt. Die Niederschläge betragen im langjährigen Mittel 270 mm. Die Temperaturverhältnisse zeichnen sich durch eine sehr hohe Jahresamplitude zwischen bis zu -45 °C im Januar und 35 °C im Juli aus (ATLAS ALTAISKOVO KRAJA 1978). Besonderes Augenmerk wurde bei der Versuchsanordnung auf die Möglichkeit der Anwendung der Trockenbrache zur Wasserspeicherung gelegt. Ebenfalls sollte der Einfluss des Saatzeitpunktes auf die Erträge und die Bodenwasserdynamik untersucht werden (vgl. Abb. 3.4).

Die Kolchose stellte den Untersuchungen einen repräsentativen Schlag zur Verfügung. Die übliche Schlaggröße in diesem Bereich der Kulundasteppe ist 500 x 2.000 Meter. Die Schläge verlaufen von nordwestlicher Richtung im rechten Winkel zur Hauptwindrichtung (Südost). In dieser Richtung sind ebenfalls Windschutzstreifen unterschiedlicher Art und Qualität angelegt.

Ein solcher Schlag wurde zunächst halbiert und nachfolgend in fünf Parzellen (10 ha) unterteilt und im Jahr 2000 mit unterschiedlichen Brachevarianten belegt. (siehe Abb. 3.4). Um eine möglichst hohe Repräsentativität zu erlangen, wurden die Parzellen ausschließlich windschutzstreifenparallel bearbeitet.



Abb.3.5.: Ausgangssituation (Stoppeln) auf dem Versuchsfeld „Schumanowka“

Das Versuchsfeld wurde durch Bohrstockeinschläge, Profilgrabungen, Probenahme und -analyse hinsichtlich der pedologischen Grunddaten aufgenommen (10 Profile), um eventuelle bodenbürtige Einflussfaktoren zur Ertragsentwicklung erfassen bzw. einschätzen zu können.

Zur Erfassung der Bodenfeuchtedynamik erfolgte im Jahr 2000 wöchentlich auf allen Parzellen jeweils an drei Standorten eine Bodenfeuchtemessung (vgl. 3.1.4). Parallel dazu wurden die Niederschläge erfasst (vgl. 3.1.6). Darüber hinaus wurden im Winter die Schneehöhen auf den einzelnen Parzellen gemessen.

Im Jahr 2001 wurde das Versuchsfeld windschutzstreifenparallel nochmals untergliedert: Mit jeweils einer Wiederholung wurden zwei unterschiedliche Saatzeitpunkte gewählt.

4 Die agrarwirtschaftliche Inwertsetzung (Neulandaktion) im Untersuchungsgebiet und ihre geoökologischen Folgen

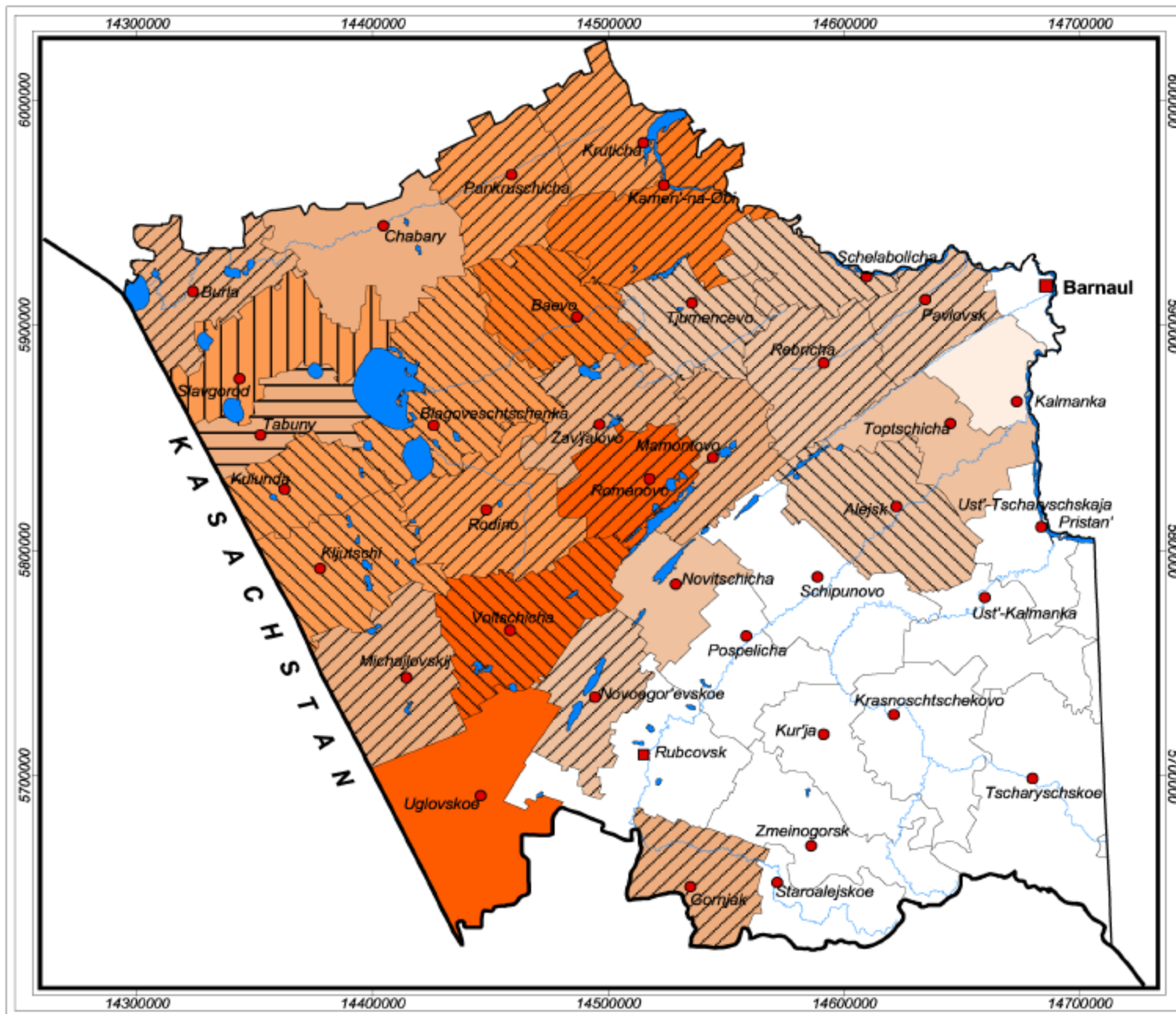
4.1 Dimension und Formen der agrarwirtschaftlichen Inwertsetzung

Die zentrale Kulundasteppe war vor der Neulandaktion neben periodischer Beweidung durch nomadisierende Steppenvölker und punkthafter ackerbaulicher Nutzung im näheren Umfeld vereinzelter Siedlungen agrarwirtschaftlich kaum genutzt (ORLOWSKI 1955). Traditionell wurde etwa bis zur Jahresisohyete der Niederschläge von 400 mm Getreide angebaut (KOSTROWSKI 1959). Diese ehemalige Grenze des Regenfeldbaus wurde im Zuge der Neulandaktion 1954, wie in den anderen Zelinagebieten auch, im Untersuchungsgebiet in südlicher bzw. südwestlicher Richtung überschritten. Die naturräumliche Ausstattung der Kulundasteppe versprach zunächst nicht nur kurzfristig höhere Erträge. Die südlichen Schwarzerden besonders in der nördlichen Steppe und die relativ hohen Niederschläge der vergangenen Jahre ließen vielmehr auf konstant hohe Erträge hoffen.

Auf dem Territorium des Altai-Krai wurden in den Jahren 1954/55 mehr als 2, 3 Mio. ha Ackerfläche hinzugewonnen (ORLOVSKI 1955). Diese Dimension entsprach einem Zuwachs von 150% der ehemaligen Anbaufläche. Einen Überblick über die Verteilung des Flächenzuwachses für die ackerbauliche Nutzung im Untersuchungsgebiet gibt die Karte 4.1 (ZENTRALARCHIV 1964).

Die Flächenneugewinnung wurde in der Kulundasteppe in drei Formen umgesetzt:

1. Hauptteil war die Inkulturnahme der an die südlichen Schwarzerden anschließenden dunklen und hellen Kastanoseme der zentralen Steppe: Rayon Slavgorod, Kulunda, Tabuny, Klutschi, Michailovski und Uglovkoje. Damit unterschritt man jedoch die 400 mm- Isohyete und nahm Niederschläge von weniger als 250 mm pro Jahr in Kauf.
2. Die Inwertsetzung betraf allerdings nicht nur natürliche Steppenböden. Auch Altbrachen wurden erneut umgebrochen. Diese Flächen befanden sich in der näheren Umgebung von Siedlungen, die aber bereits vor dem 2. Weltkrieg aufgegeben wurden. In mündlichen Mitteilungen der Kolchosvorsitzenden werden heute als Gründe für diese Wüstungen zu geringe Erträge infolge von Dürren angegeben. Die meisten der recherchierten Wüstungen erfolgten in den Jahren 1932-1936 (ZENTRALARCHIV 1964). Die bearbeiteten Flächen um die bestehenden Siedlungen wurden während der Neulandaktion einer Flurbereinigung unterzogen. Ziel dieser Maßnahme war die Einrichtung großer Schlageinheiten von durchschnittlich 100 ha. Daneben erfolgte auch die allgemeine Ausrichtung der Schläge unter Beachtung der Hauptwindrichtung. Infolge der Flurbereinigung sind nahezu alle Schläge in der zentralen Kulundasteppe rechteckig und verlaufen von Nordwest nach Südost, also im rechten Winkel zur Hauptwindrichtung (SW).



Karte 4.1: Zuwachs der Ackerfläche während der Neulandaktion in der Kulundsteppe

Topographie

- Kraj-Zentrum
- Rajon-Zentrum
- Oblast'-Zentrum
- ☪ Standgewässer
- ~ Fließgewässer
- ~ Grenze zu Kasachstan

Anteil der genutzten Ackerfläche an nutzbarer Ackerfläche

- ☐ weniger als 93 %
- ☐ 93 - 98 %
- ☐ keine Daten vorhanden
- ☐ 98 - 100 %
- ☐ mehr als 100 %

Neulandgewinnung

- ☐ weniger als 20.000 ha
- ☐ 20.000-30.000 ha
- ☐ 30.000-40.000 ha
- ☐ 40.000-50.000 ha
- ☐ 50.000-60.000 ha
- ☐ mehr als 60.000 ha
- ☐ keine Daten vorhanden

Kartengrundlagen

DEFENSE MAPPING AGENCY AEROSPACE CENTER [Hrsg.] (1988): Tactical Pilotage Chart Soviet Union, Blatt E-6B u. E-6C. M. 1:500.000. St. Louis.

GUGK PRI SM SSSR [Hrsg.] (1987): general'nyj schtab - Slavgorod. M. 1:500.000, Blatt N-44-B, o.O.

Maßstab 1:2.500.000

0 25 50 75 100 Kilometer

Kartographie: Sören Dammann
April 2002

3. Zur Erweiterung der Anbauflächen wurden während der Neulandaktion erstmals auch Flächen mit Neigungswinkeln von bis zu 10 % umgebrochen. Diese Vorgehensweise begründete sich einerseits darin, dass zentrale Planvorgaben zur Neuschaffung von Ackerflächen eingehalten werden mussten und andererseits erleichterte neue Landtechnik die Bearbeitung von Hanglagen. Die entsprechenden Oberhänge unterzog man ebenfalls ackerbaulicher Nutzung und erzeugte in Zusammenhang mit Flurbereinigungsmaßnahmen auch hier Schläge mit über 100 ha. Die Neuschaffung von Ackerflächen im Bereich von Hanglagen erfolgte im Untersuchungsgebiet an der südöstlichen Grenze der Kulundasteppe, dem Übergang zum Altaivorland und im Einzugsgebiet des Flusses Kutschuk.

In den ersten Jahren nach der Neulandgewinnung setzte man traditionelle, aus den klassischen Schwarzerdegebieten bekannte Ackerbautechnologien ein. Die Bereitung des Saatbettes erfolgte jeweils durch Pflügen und nachfolgendes Eggen. Um Planungsvorgaben zur erhöhten Weizenproduktion zu erfüllen, wurde nach der Inkulturnahme der neuen Flächen vier Jahre ununterbrochen Sommerweizen angebaut. Als Folge stellten sich Winderosionsereignisse und fallende Erträge ein und erzwangen im Zuge des Intensivierungsprogramms auch in der Kulundasteppe die Einführung von Erosionsschutzmaßnahmen. Dazu zählen die Anlage der Windschutzstreifen, die Einführung von Fruchtfolgen und Brache und die Anwendung der „Malzew-Methode“. Diese Form der Bodenbearbeitung ersetzt das Pflügen, indem durch flaches Schneiden das Substrat nicht gewendet, aber gelockert wird. Dabei erreicht man die Brechung der Kapillarität, das Zerreißen von Unkrautwurzeln und vor allem bleiben die Stoppeln nahezu senkrecht stehen. So kann der Boden bearbeitet werden und die transpirations- und winderosionshemmenden Stoppeln bleiben erhalten.

Diese erosionshemmende Bodenbearbeitungsmethode fand allerdings nicht die nötige breite Anwendung. Vielmehr wurde an der Bearbeitung mit Streichblechpflügen festgehalten. So werden selbst heute noch in der zentralen Trockensteppe die Schläge oftmals in kurzen Abständen tiefgründig (ca. 25 cm) gewendet. Die weitere Bodenbearbeitung erfolgt mittels Sternrollegen und Kultivatoren (Malzew-Methode). Damit wird hauptsächlich eine Kombination aus traditionellen Bearbeitungsvarianten und Minimalbodenbearbeitung angewendet.

Während der Phase der Intensivierung (1965 bis 1980) wurden Fruchtfolgen mit Brachejahren empfohlen und eingeführt. Allgemein orientierten sich die empfohlenen Fruchtfolgen an den Niederschlägen. Mit zunehmendem Feuchteangebot wurden langgliedrigere Fruchtfolgen angewendet. Dabei erfolgte nach einem Brachejahr

zwei- bis viermal die Aussaat von Sommerweizen bzw. Sommergerste (BARAEW 1976).

Die Brache wurde als „Schwarzbrache“ zur Wasserspeicherung im Boden bei etwa dreimaliger Bearbeitung (flach-flach-tief) angewendet.

In den letzten Jahren wurden die Ackerbautechnologien kaum weiterentwickelt. Im Gegenteil, nach der Auflösung der zentralen Strukturen in der Landwirtschaft führen fehlende Alternativen in bezug auf Herbizide, Düngemittel und Landtechnik einerseits und kurzsichtige Gewinnorientierung andererseits zum Rückfall in äußerst bodenbeanspruchende und ertragsmindernde Verfahrensweisen:

- Häufiges Pflügen der Schläge selbst im Bereich der Trockensteppe
- Verbrennen von Stroh auf den Schlägen im großen Rahmen
- Unzureichende Brachepflege
- Nichteinhaltung von Fruchtfolgen aufgrund der Marktlage
- Keine Pflege der Windschutzstreifen
- Fehlende Anwendung von Erosionsschutzmaßnahmen und Trockenfeldbaumethoden
- Fehlender Einsatz von Dünger und Herbiziden

Die Untersuchung der geoökologischen Situation in der Kulundasteppe verlangt eine über den einmaligen Eingriff „Neulandaktion“ in das Steppenökosystem hinausgehende Betrachtung der Wirkungsmechanismen. Die temporale Komponente der Bodenbeanspruchung ist ebenso in die Bewertung einzubeziehen wie die veränderten Nutzungsintensitäten.

4.2 Erscheinungsformen und Intensitäten von Bodenschädigungen

4.2.1 Winderosion

4.2.1.1 Veränderung des Profilaufbaus und der Bodeneigenschaften

Betrachtet man Bodeneigenschaften als Indikation zum Einfluss der Winderosion in einem Untersuchungsgebiet, werden modellhaft **Deflations-** und **Akkumulationsräume** unterschieden (HASSENPFUG 1998). Diese Differenzierung ist in der Kulundasteppe besonders hinsichtlich der flächenhaften Dimension problematisch:

- Während der Feldarbeit sind nur selten bereits visuell Deflations- und Akkumulationsräume zu unterscheiden. Akkumulationsräume konnten aufgrund morphologischer Formen, wie Dünen oder Verwehungen an Strassen meist leicht festgestellt werden. Das Auffinden von Standorten mit Deflation war problematischer. Die homogenisierende Wirkung der jährlichen Bodenbearbeitung hat zur Folge, dass Hinweise auf Auswehung, wie beispielsweise die Anreicherung von Sand an der Bodenoberfläche beseitigt werden.
- Die Annahme, dass zentrale Bereiche der Schläge von Bodenverlust betroffen waren, ist im Untersuchungsgebiet nicht ausreichend. Bei Winderosionsereignissen werden auf großen Schlägen neben der tatsächlichen „Auswehung“ auch Bodenlawinen (springende und rollende Partikel) ausgelöst (MORGAN 1986, FRYREAR 1990). Das in dieser Weise transportierte Material kann bei nachlassenden Windstärken oder der Veränderung der Rauigkeit der Bodenoberfläche ebenfalls im Zentrum von Schlägen abgelagert werden und stellt somit eine Akkumulationen dar.
- In Abhängigkeit der Windgeschwindigkeiten können Flächen sowohl Verlustgebiete, als auch Akkumulationsräume darstellen.

Dementsprechend ist die Unterteilung der Räume als *überwiegend* durch Deflation bzw. Akkumulation geprägt zu verstehen. Eine ereignisbezogene Untersuchung der Differenzierung, besonders hinsichtlich der temporären Abfolge ist mit der gegebenen Datenlage nicht möglich. In diesem Kontext wären Luftbilder von aktuellen Winderosionsereignissen sehr hilfreich. Allerdings werden Befliegungen aus finanziellen Gründen in den letzten 10 Jahren nicht durchgeführt. Ältere Aufnahmen sind in Russland militärisches Geheimnis und somit nicht verfügbar.

Zur Lösung dieser Probleme wurden deshalb folgende zwei Herangehensweisen gewählt:

1. Bei offensichtlich rezenten Winderosionsereignissen wurden die aktuellen Deflations- und Akkumulationsräume erfasst und bewertet.
2. An Standorten mit weniger eindeutiger Differenzierung wurden die Deflationsräume mit Hilfe von Vergleichen der Korngrößenverteilung und der Gehalte an Humus zu natürlichen Verhältnissen ausgegrenzt.

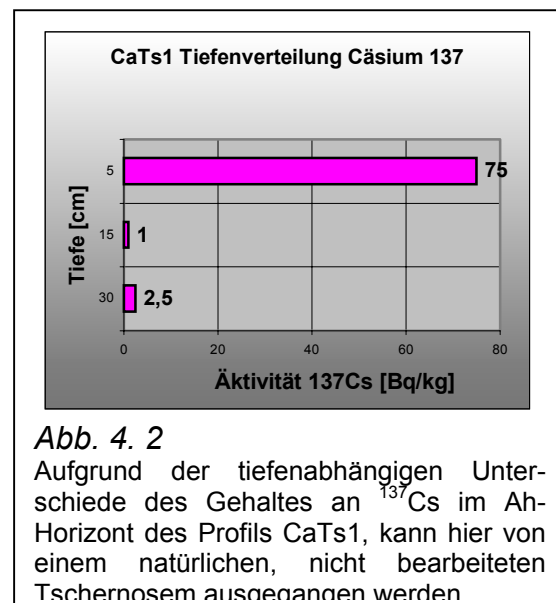
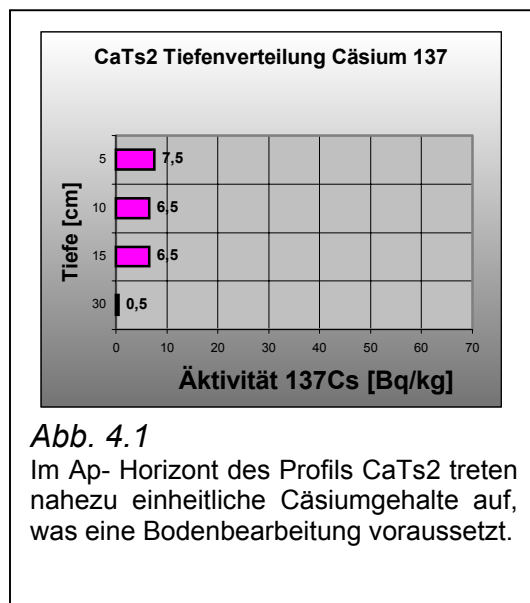
4.2.1.2 Deflationsräume

Die veränderten Bodeneigenschaften durch Deflation werden anhand von zwei Steppenausprägungen dargelegt:

a) Waldsteppe (Testgebiet „Wechni Suetka“, Tschernoseme):

Im Testgebiet „Wechni Suetka“ wurde direkt neben einem offensichtlich bearbeiteten Schlag in der Nähe einer Waldinsel ein nicht bearbeitetes Tschernosem (CaTs01) unter Federgras (*stipa pennata*) aufgefunden. Dieses Profil dient als Referenz für den Aufschluss im Zentrum des Schlages (CaTs02) etwa 300 m nordwestlich des Standortes CaTs01.

Der absolute Verlust des Radionuklids der bearbeiteten Variante ist bereits ein Hinweis auf Auswehung von Humuspartikeln (vgl. Abb. 4.1/4.2). Cäsium 137 verfügt über eine bevorzugte Bindung an organische Verbindungen und Ton (SCHALLER et al 1990). Deshalb hat der Verlust von Humus immer geringere absolute Cs^{137} -Werte zur Folge.



Verringerung des A- Horizontes

Im Vergleich der Horizontmächtigkeiten zwischen den beiden Profilen (siehe Abb. 4.3/4.4) fällt ein verkürzter Ap- Horizont bei der bearbeiteten Variante auf. Nimmt man die Untergrenze des Ah- Horizontes als Bezugslinie, beträgt die Kappung im Gegensatz zu dem natürlichen Tschernosem etwa 15 cm. Dieser Bodenverlust ist demnach das Ergebnis der langjährigen Bodenbearbeitung und der Windexposition im Zentrum des Schlages.

Die erhöhte Rohdichte im Ap- Horizont gegenüber dem natürlichen Horizont (vgl. Anhang) ist keine Folge von Kompressionen durch Bodenbearbeitung, sondern stellt vielmehr das Resultat der Humusauswehung und dem dadurch bedingten höheren Anteil von (schwerem) Mineralboden dar.

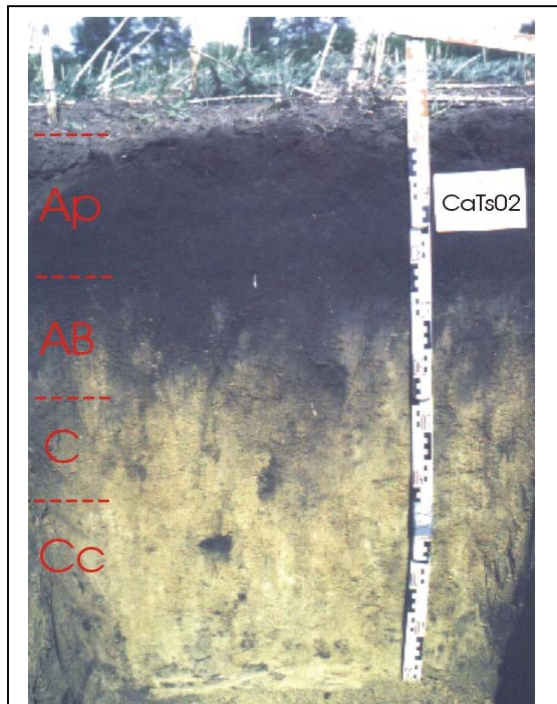


Abb. 4.3: Degradierter südlicher Tschernosem (CaTs 02)

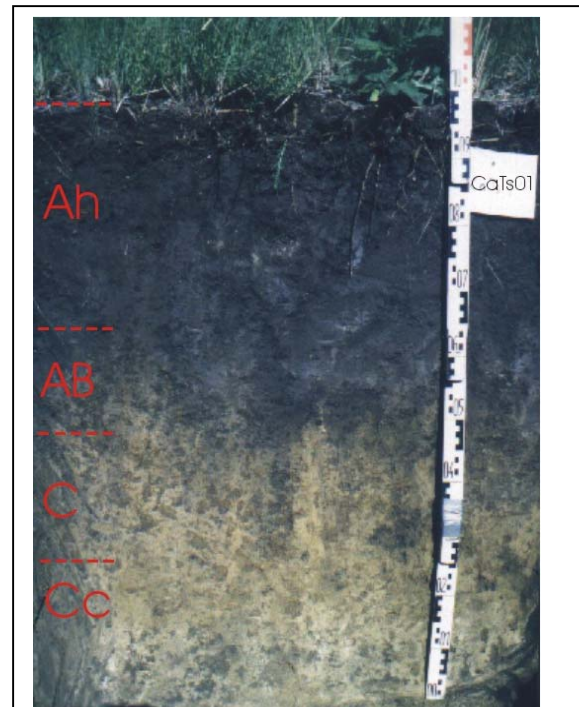


Abb. 4.4: Unbearbeiteter südlicher Tschernosem CaTs 01

Humusverlust

Humusverlust

Die Wirkung der langjährigen Auswehung von Bodenmaterial an diesem Standort im Gegensatz zu dem Referenzprofil manifestiert sich ebenfalls in veränderten Bodeneigenschaften.

Am auffälligsten ist die Verringerung des Humusgehaltes des bearbeiteten Profils CaTs2 (siehe Abb. 4.5). Der Anteil an organischem Material in 5cm Tiefe beträgt beim unbearbeiteten Tschernosem 9,6 %, die bearbeitete Variante weist lediglich 50% des natürlichen Wertes auf. Es ist anzunehmen, dass ein Teil dieser Abnahme auch die Folge bearbeitungsbedingt beschleunigter Mineralisierung darstellt (SCHEFFER et al 1992).

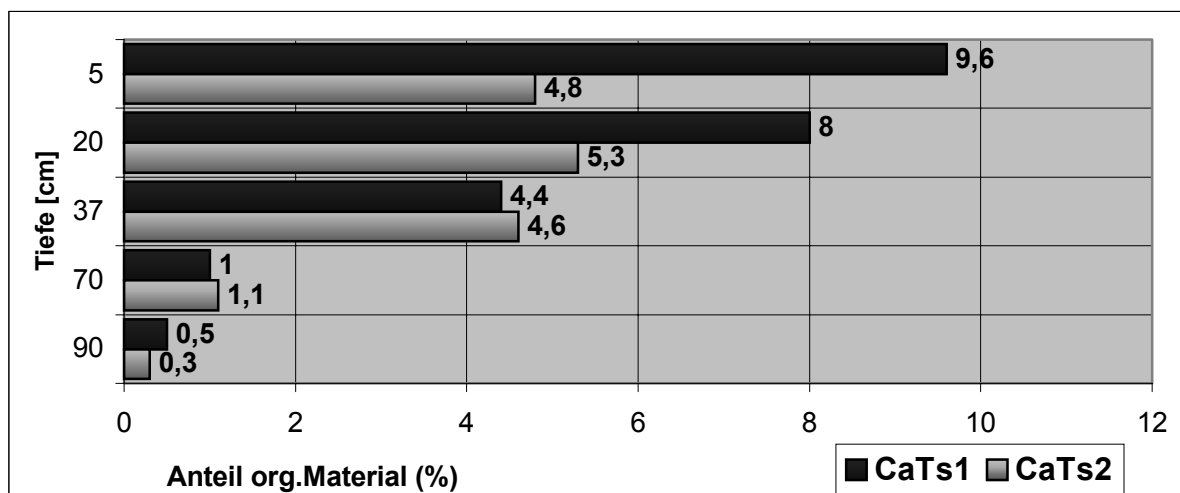


Abb. 4.5: Vergleich Humusgehalte CaTs1/CaTs2

Der Anteil an organischem Material in 5 cm Tiefe beträgt beim unbearbeiteten Tschernosem 9,6 %; die bearbeitete Variante weist lediglich 50% des natürlichen Wertes auf.

Die für natürliche Steppenböden typische Abnahme der Humusgehalte mit zunehmender Tiefe ist bei dem Profil CaTs1 bereits im Ah- Horizont erkennbar. Das Profil CaTs2 weist bearbeitungsbedingt im Ap- Horizont nahezu einheitliche Werte auf. Bemerkenswert hierbei ist die Tatsache, dass der Verlust an organischem Material durch Deflation nicht nur die windexponierte Bodenoberfläche, sondern im Laufe der Jahre durch die wendende Bodenbearbeitung den gesamten Ap- Horizont betrifft.

Selektiver Korngrößenverlust

Neben organischem Material büßte der bearbeitete Horizont auch erosionsanfällige Korngrößen ein. Die Abbildung 4.6 zeigt einen deutlichen Verlust der Fraktion 0,01-0,05 mm (ca. gU) des exponierten Standortes gegenüber dem Referenzprofil. Diese selektive Deflation bewirkte den entsprechenden Anstieg der nicht im Einzelkorngefüge vorliegenden Ton- und Feinschluffanteile sowie der Feinsandanteile.

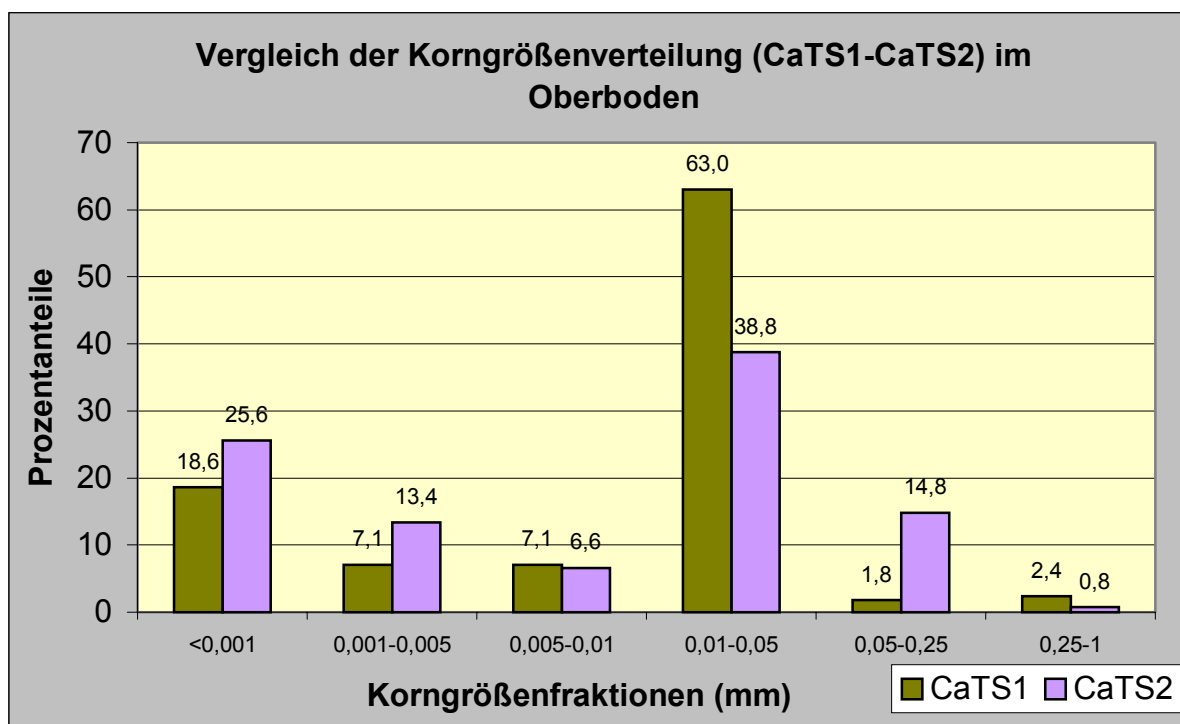


Abb. 4.6: Selektiver Korngrößenverlust im Ap eines bearbeiteten Tschernosem (CaTS2)

Die Auswehung der Fraktion 0,01-0,05 mm stellt im Untersuchungsgebiet eine Besonderheit dar. Untersuchungen in humiden Klimaten zeigten, dass hauptsächlich Fein- und Mittelsand transportiert werden, wobei Grobschluff aufgrund der stärkeren

kohäsiven Bindung verwehungsresistenter ist (CHEPIL & WOODRUFF 1955, BREBURDA 1983). In der Kulundasteppe potenzieren sich jedoch zwei, die Auswehung auch feinerer Partikel begünstigende Faktoren. Zum einen verursachen die geringen Niederschläge und die hohen Temperaturen im Sommerhalbjahr, dass der Oberboden (ca. 7 cm) meist trocken vorliegt. Zum anderen wird der Boden beispielsweise bei der Brache bis zu viermal teilweise auch tief (24 cm) bearbeitet. Diese Praxis hat besonders unter Trockenbedingungen die Zerstörung der Aggregate und damit auch die Windexposition von Grobschluffpartikeln zur Folge.

b) Steppe (Testgebiet „Deutschnationaler Rajon“, dunkle Kastanoseme):

Im Bereich der dunklen Kastanoseme wurden in der Nähe der Ortschaft Grischkowka (DNR) mehrere Profile angelegt. Dieser Standort wies bereits visuell erkennbare winderosiv bedingte Bodenveränderungen (Dünen in Windschutzstreifen, Sand auf den Schlägen) auf. Leider konnte hier kein Standort ohne anthropogene Beeinträchtigung aufgefunden werden. Zum Vergleich der aktuellen pedologischen Verhältnisse mit natürlichen Bodeneigenschaften wurde auf einen "fossilen" Horizont zurückgegriffen (vgl. Kap. 3.1.1). Dieser wurde unter einer ca. 70 cm mächtigen Akkumulation in einem Windschutzstreifen vorgefundenen (Profil DNR 07).

Die auffallend hohen Cs^{137} -Gehalte in einer Tiefe von 75 cm bestätigen, dass dieser Horizont 1949 gegenüber der radioaktiven Kontamination der Kernwaffentests auf dem Gelände Semipalatinsk exponiert war, also vor der Neulandaktion anstand.

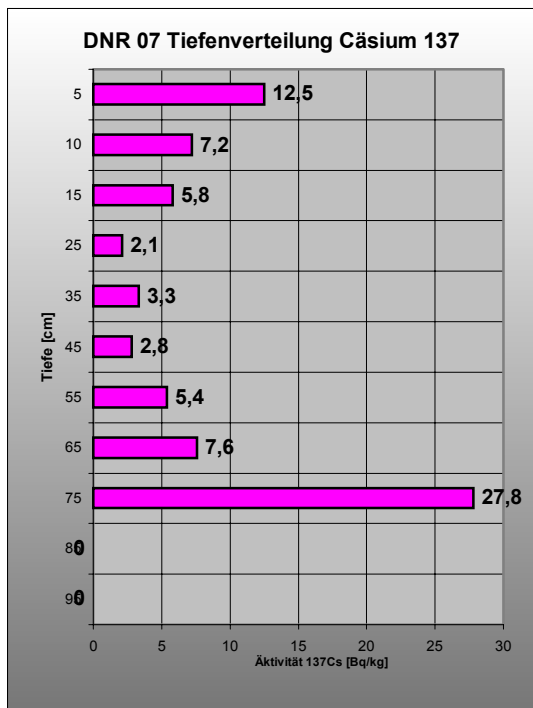


Abb. 4.7: ^{137}Cs -Aktivitätsverteilung am Profil DNR 07

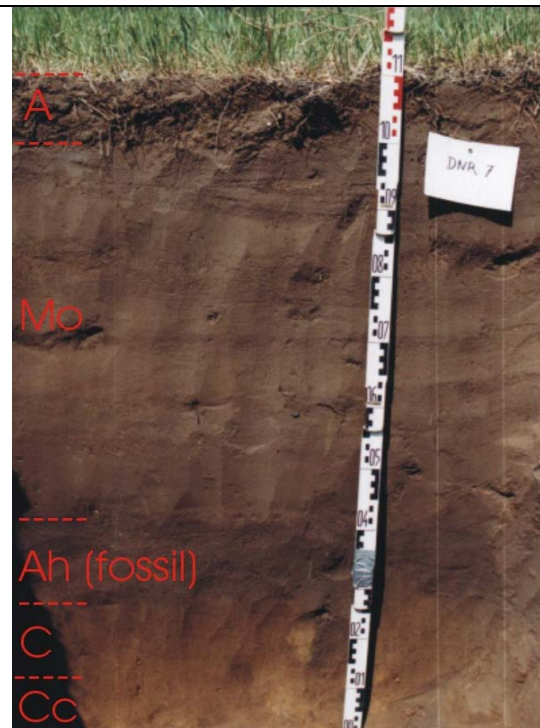


Abb.4.8: Fossiler Ah-Horizont unter Sandakkumulation (DNR 07)

Verringerung des A- Horizontes

In diesem Testgebiet lassen sich aus eigenen Erhebungen aus zwei Gründen keine Aussagen zum quantitativen Bodenverlust der bearbeiteten Varianten treffen:

- Es ist von einer Veränderung der Horizontmächtigkeit des Referenzhorizontes auszugehen. Nicht nachzuvollziehen ist ein eventueller Bodenverlust vor der Anpflanzung der Windschutzanlagen und damit vor der konservierenden Bedeckung.
- Bei den umliegenden Profilen (DNR 08, Gr 03, DNR 05) sind ausschließlich eine scharfe Ap- Grenzen vorhanden. Die Bodenbearbeitung greift bereits in den C- Horizont und lässt damit eine Quantifizierung des Bodenverlustes aufgrund der Mächtigkeit des A-Horizontes nicht zu. Zum einen ist nicht feststellbar wann der Bodenverlust erstmals zum Erreichen des C- Horizontes führte und zum anderen ist unklar, welche Mächtigkeit der ursprüngliche Ah-Horizont besaß.

Die Alternative bildet der Vergleich mit Bodendaten, die vor der Neulandaktion aufgenommen wurden. Für das Territorium der Kolchose Grischkovka werden im „Bericht zur bodenkundlichen Erhebung (1951) des staatlichen Vermessungsamtes des Altai-Krai“ Ah - Mächtigkeiten von durchschnittlich 36 cm angegeben (ZENTRALARCHIV ALTAI-KRAI 1954).

Dementsprechend ist von einer Kappung der Ap- Horizonte von über 15 cm auszugehen.

Hinsichtsichtlich der Entwicklung der Bodeneigenschaften im Ap- Horizont lassen sich folgende Aussagen treffen:

Humusverlust

Die windexponierten Standorte im Schlagzentrum weisen im Gegensatz zum Referenzprofil deutlich geringere Humusgehalte im Oberboden auf. Der Anteil der organischen Substanz im Referenzhorizont beträgt 3,1%. Bei allen umliegenden Standorten (GR03, DNR05, DNR08) nahm der Humusanteil im Ap- Horizont um nahezu die Hälfte ab (vgl. Diagramm 4.9). Am deutlichsten zeigte sich die Deflationswirkung am Standort DNR05. Hier besitzt der Oberboden lediglich 1,1 % Humusanteil, das heißt fast nur noch ein Drittel der Gehalte im Referenzhorizont.

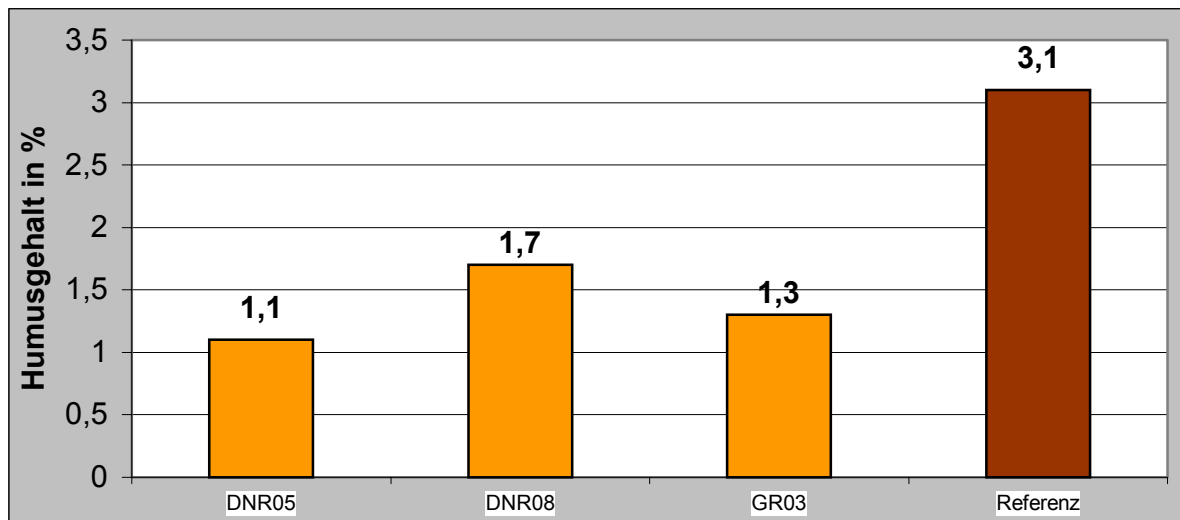


Abb.4.9: Humusgehalte der Ap-Horizonte im Testgebiet DNR (Grischkowka)

Selektiver Korngrößenverlust

Die Verteilung der Korngrößen in den Ap-Horizonten der windexponierten bearbeiteten Standorte weist im Vergleich zu dem Referenzhorizont eine deutliche Veränderung auf. Ähnlich wie im Testgebiet „Wechni Suetka“ zeigt sich die stärkste Abnahme im Bereich der Fraktion 0,01-0,05 mm. Bei allen exponierten Ap-Horizonten ist nahezu der vollständige Verlust dieser Fraktion festzustellen. Die selektive Deflation führt in diesem Fall zur Anreicherung größerer Korngrößen in den Horizonten. Während diese Erscheinung bei den Standorten DNR 08 und GR01 hauptsächlich die Fraktion 0,05-0,25 mm betrifft, ist bei dem Ap-Horizont des Profils DNR05 eine Anreicherung bis hin zur Fraktion 0,25-1 mm festzustellen (vgl. Abb. 4.11).

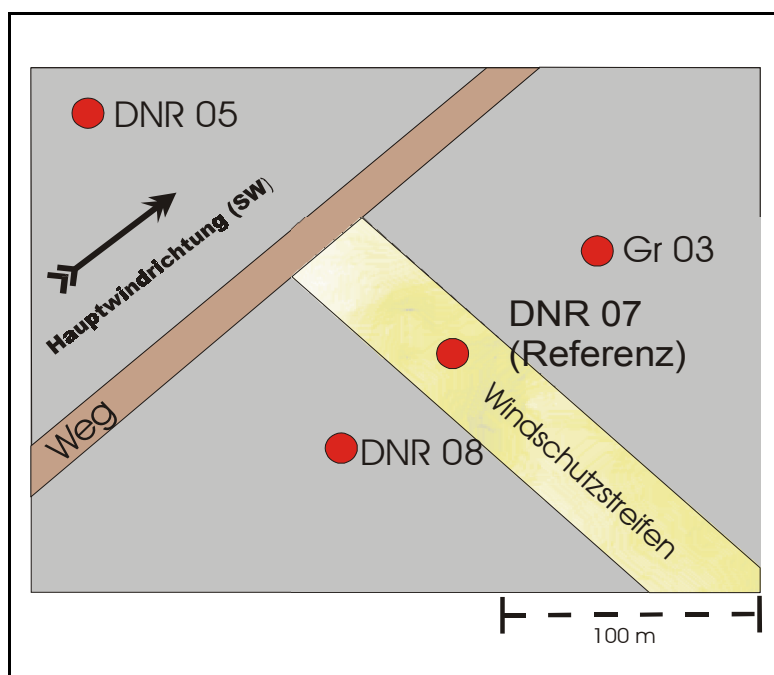


Abb. 4.10: Testgebietes Grischkowka (DNR)

Das Profil DNR 05 befand sich auf einem Schlag ohne Windschutzstreifen und war damit ungebremster Windlast ausgesetzt (vgl. Abb.4.10). Diese Zonen stellen für die Fraktion 0,05-0,25 mm im Falle einer Bodenlawine Verlustgebiete dar (Saltation). Die Profile DNR08 und GR03 wurden etwa 50 m vor bzw. nach einem Windschutzstreifen angelegt. Die Windgeschwindigkeiten reichten hier nicht aus, um die Feinsandpartikel in springende Bewegung zu versetzen, so dass diese Fraktion nicht ausgeweht wurde und somit in der Korngrößenverteilung die Dominierende ist (vgl. Abb. 4.11).

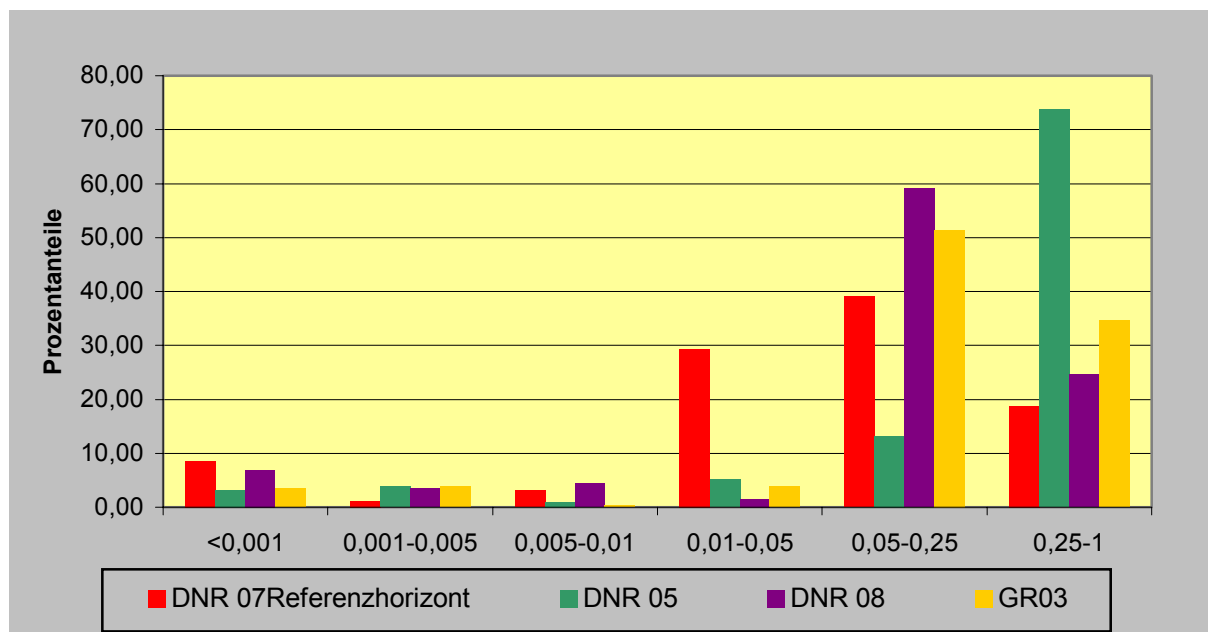


Abb. 4.11: Korngrößenverteilung der Ap-Horizonte im Testgebiet Grischkowka (DNR)

4.2.1.3 Akkumulationsräume

Die Untersuchungen ergaben, dass durch Winderosion transportiertes Material in der Kulundasteppe in drei verschiedenen Erscheinungsformen abgelagert wurden:

1. Flächenhafte Akkumulationen rezenter Winderosionsereignisse wurden im Luvbereich (ca. 100m) der Windschutzstreifen angetroffen. Dieses Phänomen tritt auf, wenn bei nachlassender Windgeschwindigkeit die Bodenlawine zum Stillstand kommt.



Abb. 4.12: Winderosionsereignis am 24.05.1999

Bei dem Ereignis am 24.05.1999 (vgl. Abb. 4.12) erfolgte eine Überlagerung der bereits aufgegangenen Weizensaat in diesem Segment. Die Profilsprache ergab die völlige Nivellierung des saattbettbedingten Mikroreliefs und eine darrüberhinausgehende Akkumulation von 2 cm (vgl. Abb. 4.13).

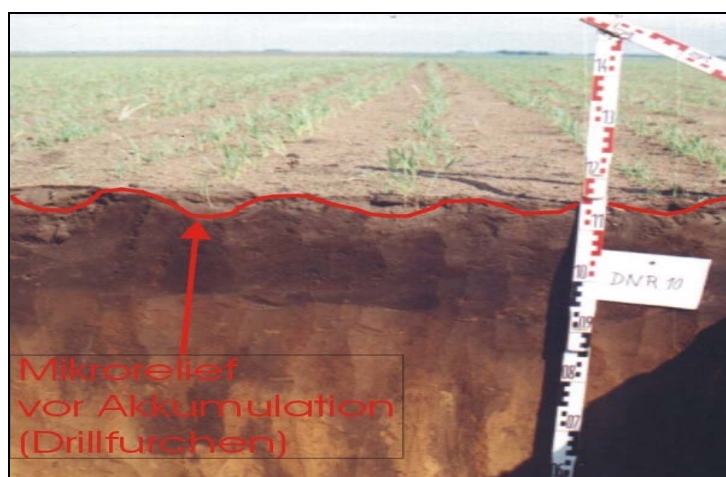


Abb. 4.13: Überlagerung von Weizenkeimlingen

Die Korngrößenanalyse des akkumulierten Substrates zeigt ein deutliches Maximum im Bereich Grobsand, also der rollend transportierten Fraktionen (vgl. Abb. 4.14).

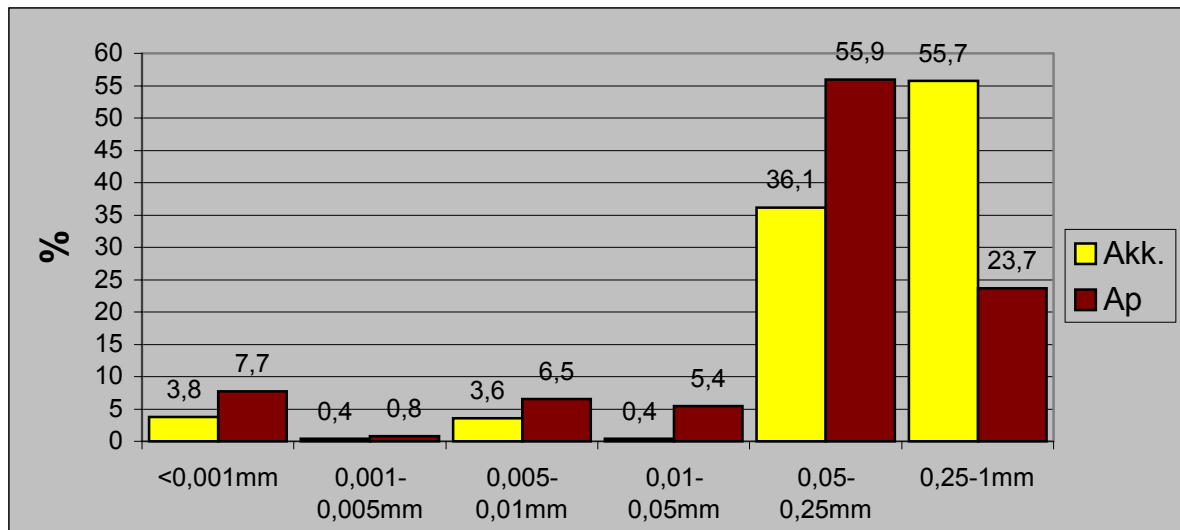


Abb. 4.14: Korngrößenverteilung der Akkumulation am Standort DNR 10

Im Vergleich dazu wies die Korngrößenzusammensetzung im Ap- Horizont dieses Standortes das Maximum in der Fraktion Feinsand auf. Hier zeigt sich die sortierende Wirkung der Bodenlawine. Während das rollend transportierte Material in den Vertiefungen des Saatbettes akkumuliert wurde, erfolgte der Weitertransport der leichteren Fraktion Feinsand. Dieses durch Saltation transportierte Material war verstärkt an Schlaggrenzen bzw. in Windschutzstreifen zu finden (vgl. hierzu Kap. 4.2.1.4).

2. Naturgemäß traten sehr deutliche Akkumulationen in und nach den Windschutzstreifen auf (vgl. Abb. 4.15). Konkrete Aussagen zur Mächtigkeit der Ablagerungen werden im Kapitel 4.2.1.4 getroffen.



Abb. 4.15: Eintrag von äolisch transportiertem Material in einen Windschutzstreifen

3. Verwehtes Material war ebenso an Wegen und Straßen zu finden. Im Untersuchungsgebiet sind üblicherweise infrastrukturelle Einrichtungen durch Windschutzpflanzungen geschützt. Primäre Aufgabe der Anlagen ist zunächst der Schutz vor Schneestürmen und deren Akkumulationen. Darüber hinaus verhindern sie Ablagerungen durch Winderosion transportierten Materials direkt an den Verkehrswegen. Fehlen die Schutzanlagen oder sind sie schadhaft, werden besonders in den die Straßen und Wege einfassenden Gräben beträchtliche Mengen akkumuliert (vgl. Abb. 4.16).



Abb. 4.16: Akkumulation am Straßenrand

In allen untersuchten Akkumulationen konnten keine signifikant erhöhten Anteile der Korngrößen kleiner als 0,05 mm ermittelt werden. Man kann daraus schließen, dass diese Fraktionen und die leichten Humuspartikel bei den jeweiligen Winderosionsereignissen in Suspension gingen und über Ferntransport verlagert wurden.

Dabei können die Partikel über mehrere 100 km verfrachtet werden (HASSENPFUG 1998). Die Sedimentation erfolgt diffus bei Abnahme der Windgeschwindigkeiten. Es ist äußerst problematisch, solche über Ferntransport verlagerte Akkumulationen nachzuweisen. Nach Aussagen von Frau Prof. Bolkova, AG Bodenkunde der Agraruniversität / Barnaul ereigneten sich 1962 über mehrere Tage hinweg in der Kraihauptstadt Einträge von Staub im beträchtlichen Ausmaß. Straßen und Plätze mussten von den Akkumulationen befreit werden. Geht man von den intensiv ackerbaulich genutzten Flächen der Trockensteppe als wahrscheinliche Quelle dieser Sedimente aus, betrug die Distanz der Verfrachtung mehr als 300 km.

4.2.1.4 Wirkung von Windschutzstreifen

Vor dem Hintergrund der verheerenden Winderosionsereignisse wenige Jahre nach der Neulandaktion wurden im Zuge des Intensivierungsprogramms (vgl. Kap. 2.1.4) in der gesamten Steppenregion des Altai Krai Windschutzstreifen angelegt (DOLGILEWITSCH & SASCHIN 1978). Zweck dieser Anlagen war es, die Windgeschwindigkeiten über der Bodenoberfläche zu vermindern und damit das Erosionsrisiko zu verringern aber auch die Evapotranspiration auf den Schlägen zu senken (ASTAWJEW 1978).



Abb. 4.17: Mehrreihiger Windschutzstreifen

Bei den Anlagen handelt es sich um mehrreihige Pflanzungen im rechten Winkel zur Hauptwindrichtung (SW) (vgl. Abb. 4.17). Sie bestehen in der Waldsteppe und Steppe meist aus Birken (*Betula pendula*) und Kiefern (*Pinus silvestris*); in der Trockensteppe wurden hauptsächlich Eschen-Ahorn (*Acer negundo*) und Tatarische Heckenkirsche (*Lonicera tatarika*) gepflanzt. Als Unterbewuchs findet man verbreitet wilden Beeren-Apfel (*Malus baccata*). Entsprechend ihrem Alter (35 Jahre) haben die Windschutzanlagen eine Höhe von ca. 7-13 m erreicht.

Die Wirkung der Windschutzanlagen im Untersuchungsgebiet wurde an zwei Standorten exemplarisch aufgenommen (Testgebiet Slavgorod und Kulunda). Beide Standorte wiesen eine einheitliche Tendenz auf: Die Windschutzanlagen sind in ihrer Wirkung räumlich sehr begrenzt. Nutzt man die Humusgehalte im Oberboden als Indiz für die Stärke der Auswehungstätigkeit des Windes, zeigt sich, dass die Schutzwirkung spätestens nach 100 m nicht mehr gegeben ist (vgl. Abb. 4.18).

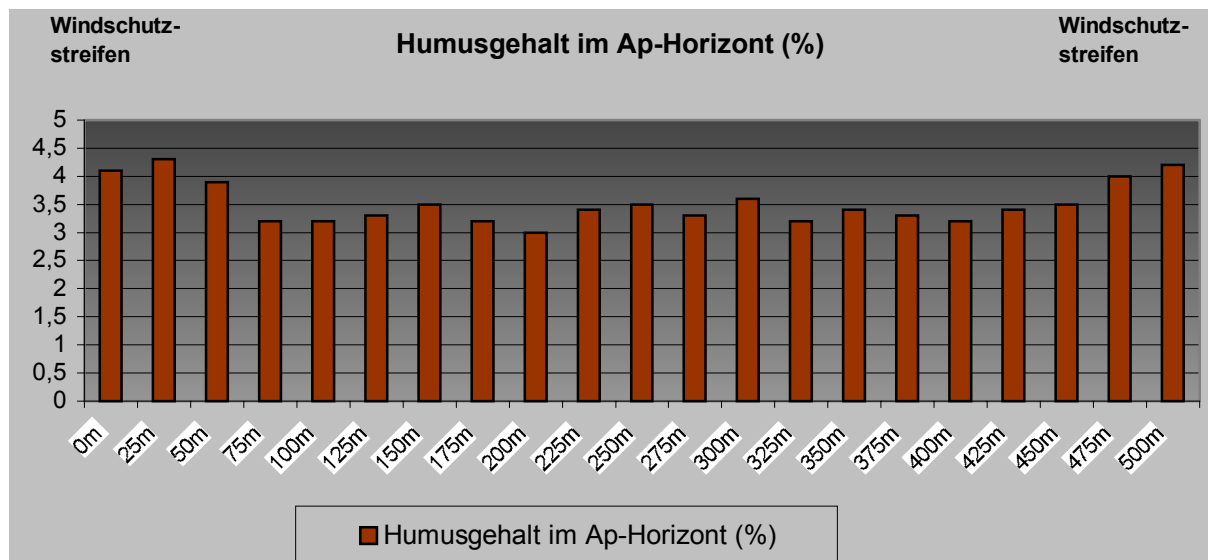


Abb. 4.18.: Humusgehalt im Ap- Horizont in Abhängigkeit zum Abstand zur Windschutzanlage (Testgebiet Kulunda)

Die Humusanteile liegen bis 75 m nach der Schutzanlage noch auf dem Niveau von etwa 4% und nehmen danach auf Werte zwischen 3,0% und 3,5% ab. Erst 25 m vor dem folgenden Windschutzstreifen steigen die Werte wieder auf 4,0%.

Das bedeutet, dass etwa nur auf einem Fünftel der Schlagfläche Schutz vor erosivem Wind besteht. Diese Ergebnisse stimmen mit den Angaben von MORGAN 1999 zur Wirkung von Windschutzanlagen überein. Windschutzstreifen bieten demnach auf einer Strecke entsprechend dem 10-12fachen ihrer Wuchshöhe effektiven Erosionsschutz (12 x 10 m = 120 m).

Im Untersuchungsgebiet beschränkt man sich zumeist auf die bereits bestehenden Windschutzstreifen als Erosionsschutzmaßnahme. Verzichtet man aber auf Maßnahmen auf den Ackerflächen und unterlässt eine entsprechende Pflege der Windschutzstreifen, wirken sich die Anlagen aus agrarökologischer Sicht eher negativ aus:

1. Die bei starkem Wind auf den ungeschützten Bereichen der Schläge entstehenden Bodenlawinen kommen im Wirkungsbereich der Windschutzstreifen zum Stillstand. Die Akkumulation von Bodenpartikeln hauptsächlich der Sandfraktion (rollende und springende Bewegung) ist die Folge. Abbildung 4.19 veranschaulicht das Ergebnis der langjährigen Akkumulationsprozesse.

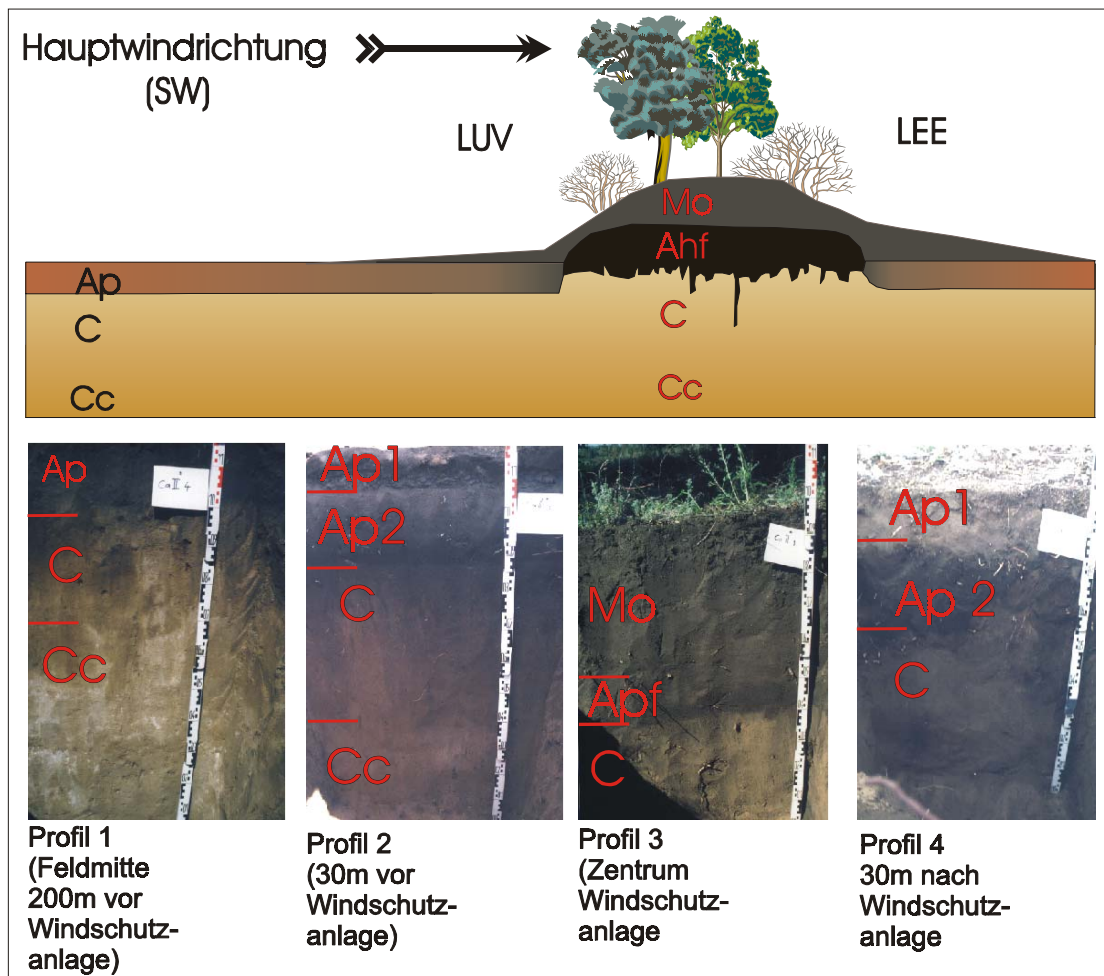


Abb. 4.19: Schematisches Profil durch eine Windschutzanlage

Bereits 40 m vor dem Windschutzstreifen kommt es zur Ablagerung von Bodenmaterial (Profil 2). Die höchste Akkumulationsrate wird im Zentrum der Anlage mit einem äolischen Auftrag von ca. 35 cm erreicht. Leeseitig nimmt die Mächtigkeit der Akkumulation wieder ab, ist aber nach 30 m noch deutlich erkennbar (Profil 4)

Die Sandakkumulationen auf den Ackerflächen vor und nach den Windschutzanlagen werden durch die Bodenbearbeitung eingearbeitet. An den Standorten Profil 1, 2 und 4 fand im Frühjahr bereits eine flache Bearbeitung statt, die sich im Profilbild deutlich als Ap1- Horizont wiederfindet. Eine zweite Ap-Grenze ist bei den Profilen unmittelbar vor und nach den Anlagen in einer Tiefe von über 35 cm erkennbar (vgl. Abb. 4.19). Sie entspricht der Bearbeitungstiefe vor den Akkumulationen.

Durch diese Mechanismen werden die Flächen luv- und leeseitig der Windschutzanlagen durch erosive Prozesse eher geschädigt als geschützt. Die Akkumulationen haben in diesen Bereichen aufgrund ihres geringen Gehaltes an organischem Material und ihrer überwiegend groben Korngrößen

negativen Einfluss auf die Feldkapazität und das Nährstoffnachlieferungsvermögen.

2. Die winterlichen Schneeakkumulationen hinter den Windschutzanlagen haben negativen Einfluss auf die Erträge des gesamten Schläges.



Abb. 4.20: Schneeakkumulation im Leebereich einer Windschutzanlage

Zum einen fehlt das Schmelzwasser in den zentralen Bereichen der Schläge und zum anderen tauen die Schneemengen nach den Windschutzanlagen im Frühjahr nur sehr langsam. Auf diesen zum Aussattermin noch mit Schnee bedeckten bzw. stark durchfeuchteten Flächen kann weder eine Bodenbearbeitung noch die Aussaat stattfinden (vgl. Abb. 4.21).



Abb. 4.21: Lee der Windschutzanlage zum Aussattermin (20.05.2001)

Weiterhin waren in den Testgebieten Slavgorod und Kulunda eine nur mangelhafte Qualität der Windschutzanlagen festzustellen. Oftmals ist der Unterbewuchs durch

Viehverbiss geschädigt oder gänzlich nicht vorhanden. Ferner werden die Schutzpflanzungen zur Brennholzgewinnung genutzt. Darüber hinaus befinden sich die Windschutzstreifen in einem Alter, in welchem der Wasserbedarf sehr hoch ist (bes. *betula pendula*). Unter den gegebenen Niederschlags- und Transpirationsverhältnissen reicht die Wasserversorgung nicht mehr aus, so dass besonders in den zentralen Steppenbereichen weitverbreitet das Absterben der Bäume festzustellen ist.

Ein effektiver Winderosionsschutz und eine sinnvolle Schneehaltung sind nur in Kombination mit Maßnahmen auf den Schlägen zu erreichen (vgl. Kap. 7). Weiterhin ist die Neuanpflanzung von Windschutzstreifen sowie die Pflege und Nachpflanzung der bestehenden Anlagen ratsam.

Bei einer Halbierung der derzeit üblichen Schlagbreite (400-500 m) wäre eine Erhöhung der Schutzwirkung auf etwa 70 % der jeweiligen Ackerfläche zu erreichen (MORGAN 1986).

4.2.1.5 Regionale Erscheinungsformen der Winderosion

Aussagen zur flächenhaften Dimension der Winderosionsfolgen in der Kulundasteppe erfordern mindestens ein gleichartiges Maß zur Klassifizierung in Schadensgruppen. Als solche Parameter scheinen sich zunächst der Verlust von organischem Material und transportfähigen Korngrößenfraktionen sowie die Kappung des Oberbodens zu eignen. Besonders hinsichtlich der Abgrenzung zwischen Deflations- und Akkumulationsbereichen gestaltet sich die Erfassung der Bodenschäden aufgrund der hohen Variabilität der steuernden Faktoren und der Erscheinungsformen sehr schwierig. Die zeitliche und räumliche Varianz der Erosionsereignisse ist zudem viel größer als beispielsweise bei der Wassererosion. Um aber dennoch erste Erkenntnisse über Form und Dimension der Winderosion im Untersuchungsgebiet zu veranschaulichen, wird das generelle Ausmaß ebenfalls betrachtet.

Dabei wurden Fakten und Hinweise aus vier Quellen einbezogen:

1. Literaturbefunde hauptsächlich russischer Quellen und Untersuchungsberichte staatlicher Stellen.
2. Eigene Bodenaufnahmen einschließlich Probennahme und –analyse.
3. Beobachtung und Kartierung aktueller Winderosionsereignisse.
4. Befragungen von Agronomen zur Bodenentwicklung.

In der Zone der Waldsteppe sind die Niederschläge um mindestens 30% höher als in der zentralen Steppe. Die folglich häufigere Durchfeuchtung des Oberbodens bewirkt eine geringere Erodierbarkeit. Darüber hinaus besitzen die humusreichen Tschernoseme eine bessere Aggregatstabilität und sind damit verwehungsresistenter. Im Gegensatz zur Trockensteppe sind die Windschutzanlagen wenig geschädigt und durch natürlichen Schutz in Form von Waldinseln ergänzt.

Im Bereich der Trockensteppe verstärken sich bereits unabhängig von der landwirtschaftlichen Nutzung einige erosionsfördernde Faktoren. Die geringeren Niederschläge und hohen sommerlichen Temperaturen haben zur Folge, dass der Oberboden stärker ausgetrocknet wird. Die hier höheren Windgeschwindigkeiten fördern die Austrocknung weiter und begünstigen das Auftreten von Winderosionsereignissen. Im bodenbildenden Substrat der zentralen Kulundasteppe dominiert der die Winderosion fördernde Feinsand (vgl. Karte 2.4). Zudem befinden sich auch die Windschutzstreifen oft in einem äußerst schlechten Zustand.

Betrachtet man die seit der Neulandaktion ackerbaulich genutzten Flächen der Zone der südlichen Tschernoseme und der Kastanoseme, sind im gesamten Untersuchungsgebiet Bodenschädigungen durch Winderosion festzustellen. Alle aufgenommenen Ackerstandorte weisen unabhängig von Boden- und Substrattypen bzw. Klimaeigenschaften der jeweiligen Region winderosive Beeinflussung auf. Diese zeigen sich in Form von Profilverkürzungen, Verlust an organischem Material und

selektiven Korngrößenverlust. Die Deflation bewirkte auf großen Flächen eine Kappung der Ap- Horizonte um mindestens 10 cm. Die Humusgehalte der Oberböden nahmen dabei im Gegensatz zu den natürlichen, nicht bearbeiteten Varianten um mehr als 30% ab.

Die räumliche Dimension der winderosionsbedingten Schädigungen differierten jedoch in Abhängigkeit der Boden- und Klimaeigenschaften einzelner Inwert gesetzter Steppenregionen. Einflüsse der Bearbeitungsform konnten aufgrund fehlender Standorte mit variierten Bestellverfahren nicht nachgewiesen werden.

Zur Einschätzung regionaler Differenzierungen und räumlicher Dimension der Winderosionsschäden werden drei Schadenskategorien ausgegrenzt:

1. **mäßig geschädigte Böden** (Jährlicher Bodenverlust: $< 25 \text{ m}^3/\text{ha}$)
2. **mittel geschädigte Böden** (Jährlicher Bodenverlust: $> 25 \text{ m}^3/\text{ha}$)
3. **stark geschädigte Böden** (starke Degradation des Bodens, von Desertifikation bedroht)

Kategorie 1:

Solche mäßig geschädigte Böden fanden sich hauptsächlich in der Zone der Waldsteppe. Die Profilverkürzungen der **mittelmächtigen und geringmächtigen südlichen Tschernoseme** betragen im Durchschnitt 10 cm. Berechnet man den Bodenverlust pro Hektar liegen die Werte bei $1000 \text{ m}^3/\text{pro ha}$ gegenüber den natürlichen Bodenvarianten. Geht man von einer ununterbrochenen ackerbaulichen Nutzung seit der Neulandaktion aus (46 Jahre), beträgt der **jährliche Bodenverlust** durchschnittlich etwa **22 m^3** .

Im ALTLAS ALTAISKOVO KRAJA 1978 werden für diese Zone jährliche Bodenverlustwerte von $8\text{-}15 \text{ m}^3$ angegeben. Solche jährlichen Verluste würden lediglich eine Kappung von $4\text{-}7\text{cm}$ seit der Neulandaktion bedeuten. Vor diesem Hintergrund scheinen die Angaben sehr untertrieben.

Die Humusverluste in der Zone der südlichen Tschernoseme betragen in Abhängigkeit der Lage der Standorte auf den Schlägen etwa $30\text{-}50 \%$ gegenüber unbearbeiteten Böden.

Diese Kategorie besitzt nach eigenen Geländeerkundungen im Untersuchungsgebiet den weitaus größten Flächenanteil. Unter Beachtung der üblichen Flächenverhältnisse der Betriebe in der Steppen- und Waldsteppenzone sind in der Kulundasteppe $3,1 \text{ Mio. ha}$ Ackerland mäßig geschädigt (vgl. Karte 4.2).

Kategorie 2

In die Kategorie der mittel geschädigten Böden fallen hauptsächlich die Zonen der dunklen Kastanoseme (vgl. Karte 4.2), aber auch Standorte mit hellen Kastanosemen. An allen Standorten war eine scharfe Ap-Grenze bei etwa 21 cm festzustellen. Die durchschnittliche Mächtigkeit der natürlichen dunklen Kastanoseme im Bereich der Kulundasteppe wird mit etwa 36 cm angegeben (ZENTRALARCHIV ALTAI-KRAI 1954) Das bedeutet eine Kappung des Oberbodens von mindestens 15

cm. Auf die **jährlich Bodenverlustrate** umgerechnet ergeben sich damit Werte von fast **33 m³**. Unter die Kategorie der mittel geschädigten Böden fallen in der Kulundasteppe etwa 1,3 Mio. ha (vgl. Karte 4.2)

Kategorie 3

Stark geschädigte Böden wurden vor allem im Bereich der zentralen Kulundasteppe angetroffen. Die hier verbreiteten hellen Kastanoseme waren jeweils aus bodenbildendem Substrat mit der dominierenden Fraktion Feinsand entwickelt. Die Schäden der hellen Kastanoseme in Schluff entsprachen der Kategorie 2 (siehe Karte 4.2).

Die Standorte stärkster Schädigungen wiesen folgende Merkmale auf (vgl. Abb. 4.22):

- Humusverlust gegenüber der unbearbeiteten Böden von über 50%
- Kappung des Ap-Horizontes über die Bearbeitungstiefe von 21 cm hinaus (auf bereits aus der Nutzung genommenen Schlägen)
- Hoher Anteil an Sand im Oberboden, welcher beständig verfrachtet wird
- Dünenbildung an den Schlaggrenzen
- Vegetationsbedeckung (Juni!) von unter 10%
- Verdichtungen im Bereich der Pflugsohle

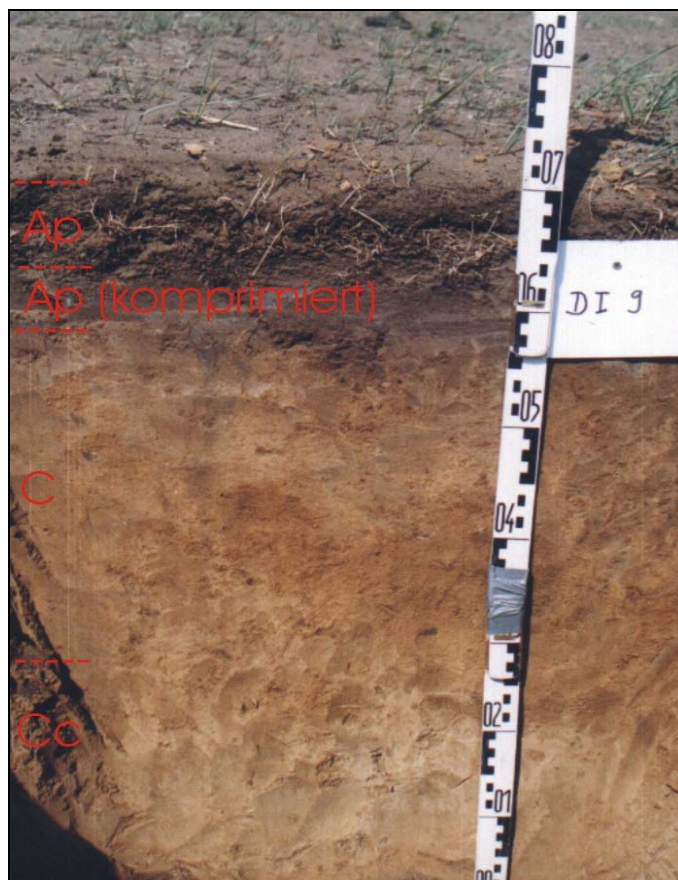
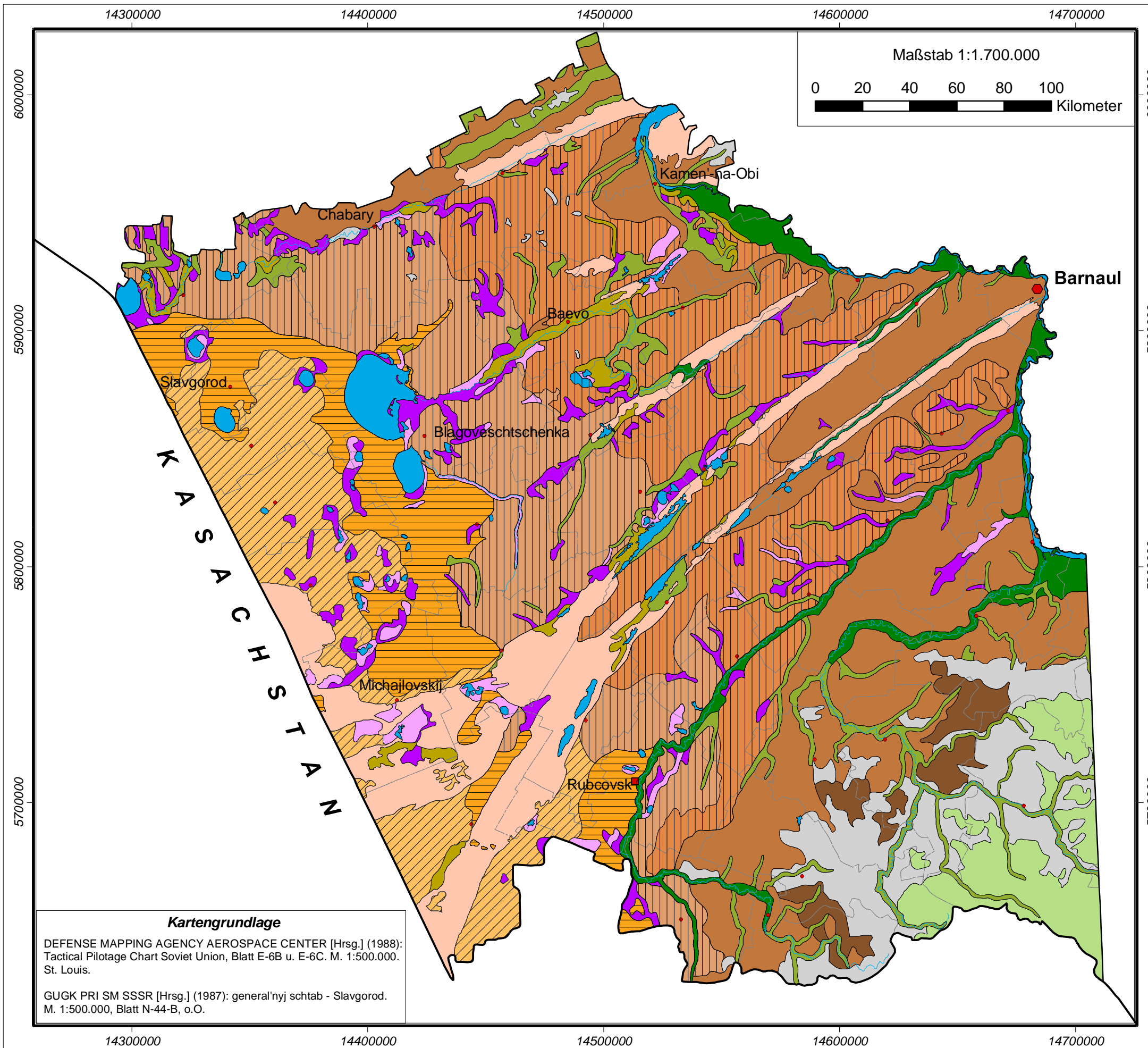


Abb. 4.22: Stark geschädigter heller Kastanosem

Karte 4.2: Flächenhafte Dimension der Bodenschäden



Topographie

Siedlungen

- Kraj-Zentrum
- Oblast-Zentrum
- Rajon-Zentrum

Grenze zu Kasachstan

admin. Grenzen

Gewässer

- Standgewässer
- ~ Fließgewässer

Bodenschädigung

- Kategorie I (mäßig geschädigt)
- Kategorie II (mittel geschädigt)
- 70 % Kategorie II und 30 % Kategorie III (stark geschädigt)

Bodentypen

- helle Kastanoseme
- dunkle Kastanoseme
- südliche Tschernoseme
- gewöhnliche Tschernoseme
- typische Tschernoseme
- Gebirgtschernoseme
- Graue Waldböden
- Bergwiesenböden
- Salzwiesenböden
- Aueböden
- Auemoore
- Solontschake
- Solonetze
- Lockersyroseme

Kartographie: Sören Dammann
Mai 2002

Kartengrundlage
 DEFENSE MAPPING AGENCY AEROSPACE CENTER [Hrsg.] (1988):
 Tactical Pilotage Chart Soviet Union, Blatt E-6B u. E-6C. M. 1:500.000.
 St. Louis.
 GUGK PRI SM SSSR [Hrsg.] (1987): general'nyj schtab - Slavgorod.
 M. 1:500.000, Blatt N-44-B, o.O.

Nach eigenen Kartierungen im Testgebiet Kulunda/Tabuny treten solche Schädigungen bei etwa 30% der landwirtschaftlichen Fläche auf, was auch mit dem Flächenanteil der bereits aus der Nutzung genommenen Schläge übereinstimmen dürfte. Dementsprechend sind **0,5 Mio. ha** der ackerbaulich genutzten hellen Kastanoseme bereits jetzt irreversibel geschädigt, so dass eine künftige ackerbauliche Nutzung nahezu ausgeschlossen scheint.

Vor dem Hintergrund des dargelegten Schädigungsgrades Bodenverlusttoleranzen zu diskutieren, scheint nicht angebracht. Die für die vergleichbaren nordamerikanischen Prärieböden angenommene Bodenbildungsrate von 0,2 mm/Jahr unter optimalen Bedingungen verdeutlicht die verhängnisvolle Entwicklung in der Kulundasteppe (MORGAN 1998).

4.2.2 Wassererosion

Die Literaturrecherche hinsichtlich eventueller Wassererosionserscheinungen in der Kulundasteppe ergab lediglich Hinweise auf wassergetragenen Bodenverlust in marginalen Bereichen des Untersuchungsgebietes. DEMIN 1993 verweist auf ein Wassererosionspotential im Einzugsgebiet des Flusses Kutschuk in der südlichen Steppe. Darüber hinaus existieren für das Gebiet der Kulundasteppe keine weiteren Berichte. Grund hierfür ist die beachtlich geringe Reliefenergie. Der maximale Höhenunterschied beträgt in der gesamten Kulundasteppe weniger als 150 m (ALTLAS ALTAISKOVO KRAJA 1978). Die zentralen Rajone weisen mit Höhenunterschieden von 20 –50 m noch weit geringere Werte auf (DEMIN 1993).

Die eigenen Untersuchungen bestätigen diese Angaben. Im gesamten Bereich der Kulundasteppe waren kaum Hinweise auf wassererosive Prozesse zu finden. Ausnahme bildete der südliche Teil des Untersuchungsgebietes. Im Gebiet zwischen Woltschicha und Rodino traten zwei Formen der Wassererosion auf:

1. **Rillenerosion** auf gering geneigten ($<3^\circ$) landwirtschaftlich genutzten Flächen (Abb. 4.23). Diese Form der Erosion wurde während der gesamten Feldaufenthalte lediglich zweimal angetroffen. Dabei waren jeweils die Spuren der Teilprozesse Ablösung, Transport und Ablagerung innerhalb eines Schlages zu finden. Die Bedeutung der Rillenerosion hinsichtlich ihrer Schadwirkung ist für das Untersuchungsgebiet als sehr gering einzuschätzen.



Abb. 4.23: Rillenerosion (Akkumulationsbereich)

2. **Rinnenerosion (Ovragbildung)** Diese Form der Wassererosion trat im Einzugsgebiet des Flusses Kutschuk auf. Dabei handelt es sich um eine Hochfläche, welche durch rückschreitende Erosion der Kutschukzuflüsse zerschnitten wird. Wurden die Oberhänge ackerbaulich genutzt, trat an den konvexen Hängen verbreitet Rinnenerosion auf.



Abb. 4.24: Grabenerosion bei ackerbaulicher Nutzung des Oberhanges

Da jedoch nahezu alle Oberhänge derart genutzt wurden, bleibt es fraglich, inwieweit die Ovragebildung durch die Bodenbearbeitung des Oberhanges ausgelöst wurden oder ob die Ovrage bereits vor der intensiven Landnutzung entstanden (vgl. Abb. 4.24). Die Horizontierung des Profils NK 03 deutet jedoch auf eine aktuelle Erosionstätigkeit hin. Das Profil wurde im Kolluvium des abgebildeten Ovrage's (Abb.4.17) angelegt. Zum einen ist das abgelagerte Mineralbodenmaterial offensichtlich frisch und zum anderen weisen die darunterliegenden Horizonte (Ah+C) keine älteren Akkumulationen auf. Hinsichtlich der Dynamik der rückschreitenden Erosion der Gräben für diesen Bereich gibt DEMIN 1993 durchschnittlich 0,3-1,0 m/Jahr an.



Abb. 4 25: Aktuelle Ovragebildung



Abb. 4.26: Aktuelle Akkumulation

Neben den beschriebenen Formen der Wassererosion wurde unweit der Kulundasteppe eine bisher unbeachtete Form der Erosion angetroffen. Es handelt sich um eine durch Windschutzanlagen begünstigte Form der Wassererosion (vgl. Abb. 4.27/ 4.28).

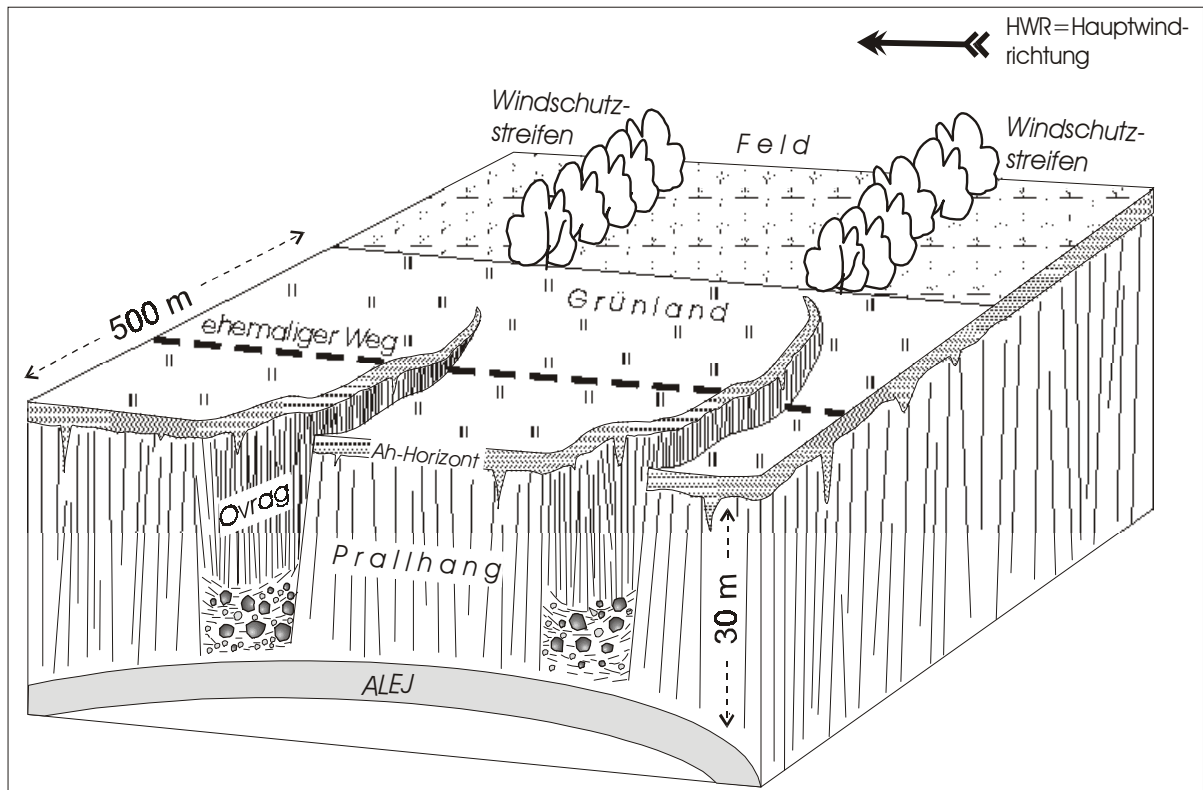


Abb. 4.27: Blockschema schmelzwasserbedingte Schluchtenerosion

Auf dem Oberhang wurden zum Schutz vor Winderosion Pflanzungen im rechten Winkel zur Hauptwindrichtung angelegt. Daraus ergibt sich aber eine Anordnung des Windschutzstreifens hangabwärts. Die im Winter angesammelten Schneeakkumulationen hinter den Schutzanlagen tauen im Frühjahr rasch ab und stellen so einen hocherosiven Oberflächenabfluss dar.



Abb. 4.28: Oврагbildung in unmittelbarer Nähe einer Windschutzanlage

Die Infiltrationskapazität der Böden dürfte schnell erreicht sein, sodass nahezu das gesamte Schmelzwasser oberirdisch abfließt. Der Schlag weist mit 1000 m eine sehr große Feldlänge auf, was die Erosivität des abfließenden Wassers weiter erhöht. Im Falle des aufgenommenen Szenarios wirkt sich die sehr nahe und tiefe Erosionsbasis (Fluss Alej 500 m entfernt von Feldgrenze) ebenso negativ auf die Verhältnisse hinsichtlich der Erosionsgefahr aus.

Bezüglich der wassererosiven Prozesse in der Kulundasteppe, auch im angrenzenden Altaivorland besteht zukünftiger Forschungsbedarf. Gerade das beschriebene Phänomen der durch Windschutzanlagen ausgelösten Ovragebildung wird in der Fachliteratur bisher nicht erwähnt. Ebenso bieten die Ursache-Wirkungszusammenhänge zwischen Intensität und Art der Bodenbearbeitung der Oberhänge unter den spezifischen Klimaverhältnissen und der Dynamik und Ausprägung der Wassererosion Raum für separate Untersuchungen.

4.2.3 Versalzungstendenzen

4.2.3.1 Natürliche Rahmenbedingungen

In der Kulundasteppe übersteigen die jährlichen Verdunstungsverluste die Niederschläge (vgl. Kap. 2.2.4). Während das Verhältnis Niederschlag/potentielle Verdunstung im langjährigen Mittel der Zone der Waldsteppe noch bei etwa 0,5 liegt, betragen die Werte in der Trockensteppe lediglich 0,3 bis 0,4 (GUGS 1977). Gerade in der für die landwirtschaftliche Nutzung ausschlaggebenden Vegetationszeit steht in der Trockensteppe den ca. 150 mm Niederschlägen eine potentielle Evapotranspiration von über 1200 mm gegenüber (GUGS 1977). Diese für semiaride Klimate typisch hohen Werte der potentiellen Evapotranspiration begründen sich hauptsächlich in den hohen Temperaturen im Sommerhalbjahr sowie den häufig auftretenden Trockenwinden („*suchowej*“) (DYMOW 1982). Karte 5.1 verdeutlicht das außerordentlich spärliche Niederschlagsangebot in der zentralen Steppe.

Diese Klimaeigenschaften bilden eine wesentliche Voraussetzung für natürliche Versalzung. Außerdem beeinflusst der Flurabstand des Grundwasseraquifers die Entstehung von Grundwasserversalzung. An grundwassernahen Standorten verursacht kapillarer Aufstieg eine Salzakkumulation im Oberboden und damit die Ausbildung von Solontchaken und Solonetzen bzw. Soloden. Flurnahe Grundwasserkörper finden sich in der Kulundasteppe vorrangig in der Umgebung der abflusslosen Salzseen und in der Nähe der meist periodischen Flüsse. An solchen Standorten wurden elektrische Leitfähigkeiten der Bodenlösung von über 18 mS gemessen.



Abb. 4.29: Salzpfanne in der zentralen Kulundasteppe

In Depressionen treten durch zusammenlaufendes Niederschlagswasser Salzanreicherungen auf (siehe Abb. 4.29). Darüber hinaus hat die Tagwasserversalzung im Untersuchungsgebiet bezüglich der Salzakкумуляtion im Unterboden eine untergeordnete Bedeutung (vgl. Kap. 4.2.3.2).

Konsequenz der geringen Niederschläge im Untersuchungsgebiet ist die fehlende Grundwasserneubildung. Ackerstandorte sind nach mündlichen Angaben der Regel weit über 10 m vom Grundwasser entfernt (mündl. BOROSOWA 1999). Die Feldkapazität reicht in jedem Falle (Starkniederschlag: 40 mm, Schneeschmelze: max. 70 mm) aus, das Niederschlagswasser im Wurzelraum zu binden.

Um diese Mechanismen beispielhaft zu belegen, wurde am 08.05.2000, also kurz nach der Schneeschmelze, auf dem Versuchsfeld „Schumanowka“ ein Profil von über 2 m Tiefe angelegt und die Bodenfeuchte mittels TDR-Sonde tiefenabhängig aufgenommen (vgl. Abb. 4.30). Bis 50 cm waren etwa 30 Vol% Bodenwasser zu verzeichnen. Bereits ab einer Tiefe von 70 cm erreichten die Werte lediglich 9 Vol% und hielten sich auf diesem Niveau bis 200 cm.

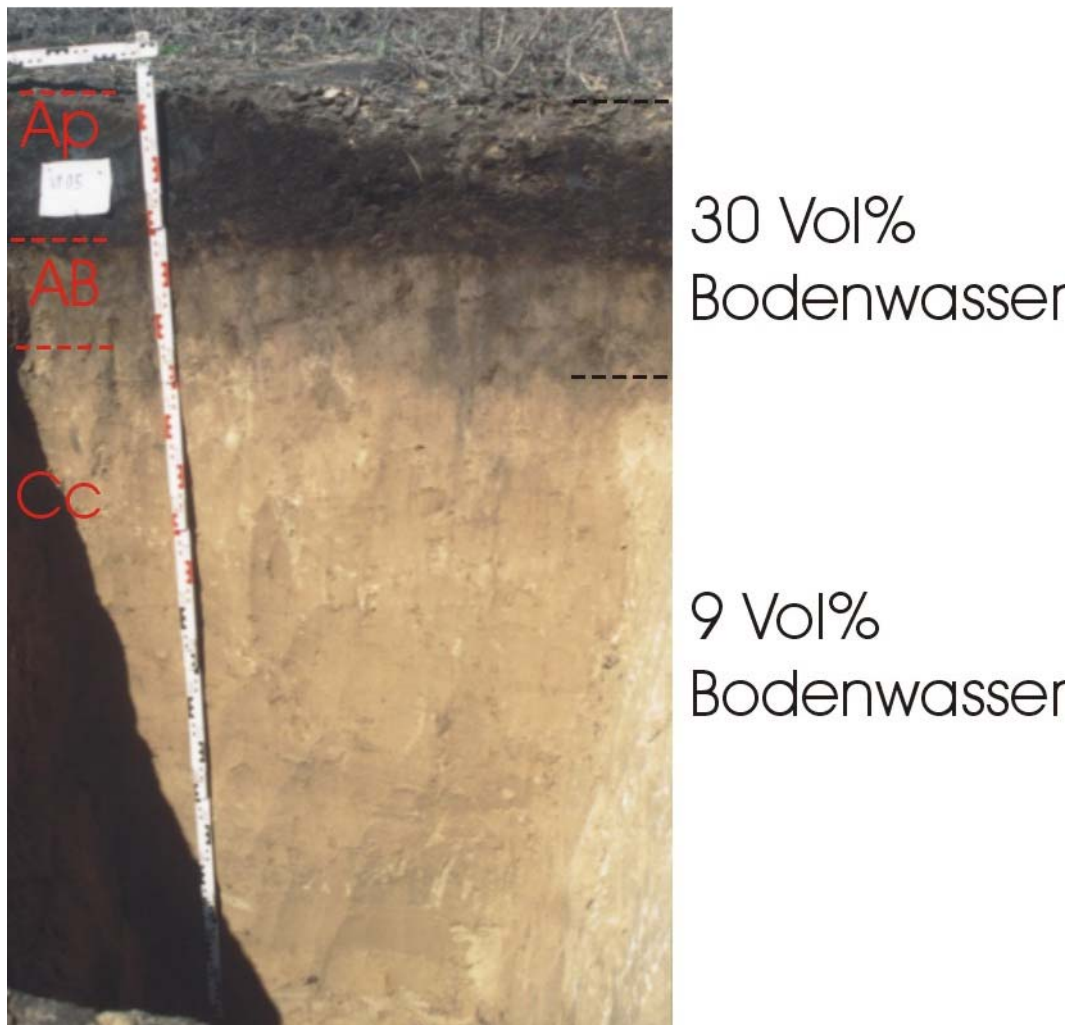


Abb. 4.30: Profilgrabung zur Feststellung der Bodenfeuchte im Unterboden (dunkler Kastanosem)

4.2.3.2 Regenfeldaufbau

Die bei allen Regenfeldaufbaustandorten erhobenen elektrischen Leitfähigkeiten der Bodenlösung des Ap-Horizontes ergaben maximale Werte von 2,2 mS, im Durchschnitt 1,3 mS. Auffallend erhöhte elektrische Leitfähigkeiten fanden sich regelmäßig in einer Tiefe von 50 bis 90 cm. Die Perkolation der Niederschläge bzw. des Schmelzwassers erreicht regelmäßig diesen Flurabstand. Dementsprechend erfolgt eine Akkumulation der leichtlöslichen Salze in dieser Tiefe (vgl. Abb. 4.31/ 4.32).

Vergleicht man die Tiefe der Salzanreicherungen der untersuchten Steppenböden ist auffallend, dass bei den Kastanosemen die Akkumulationen deutlich höher liegen. Die Niederschläge bzw. das Wasserangebot der Schneeschmelze ist hier niedriger als in der Waldsteppe. Die Infiltration kommt damit auch wesentlich eher zum Erliegen und vermag deshalb nicht, die leichtlöslichen Salze ähnlich tief zu verlagern, wie bei den Tschernosemen.

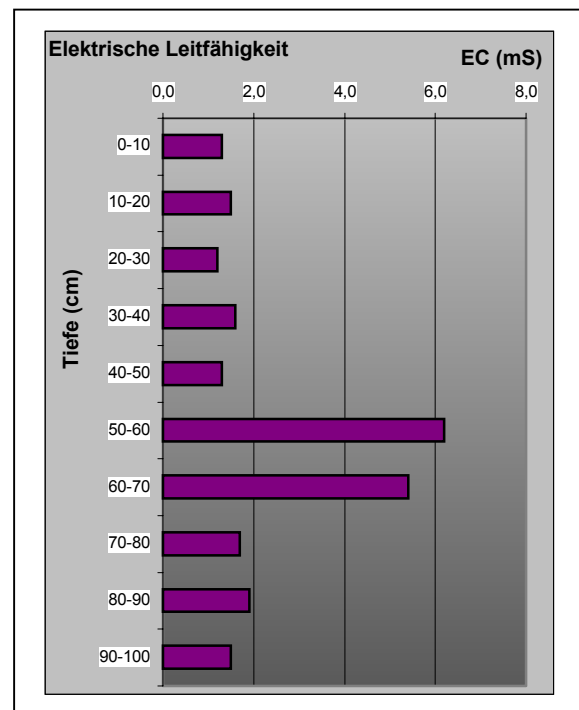
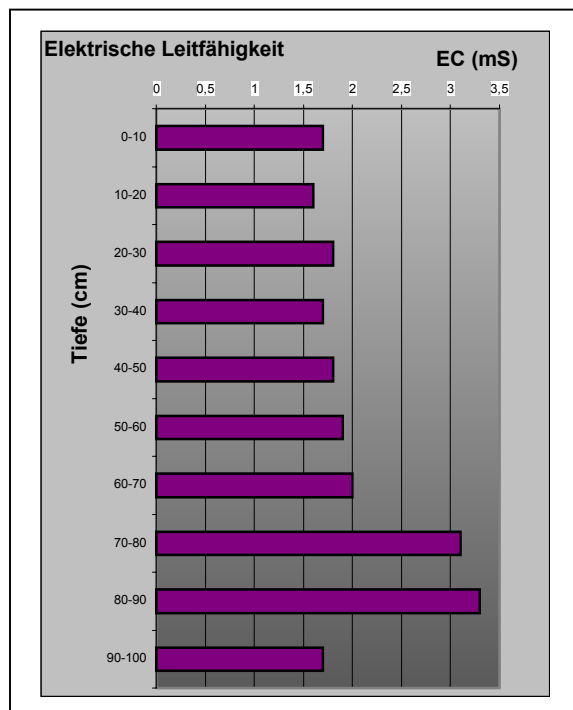


Abb. 4.31: EC südliches TschernosemAbb. 32: EC heller Kastanosem

Es besteht die Gefahr, dass diese Form der Tagwasserversalzung bei einigen Kulturen Schädigungen hervorruft. Besonders bei dem in den letzten 20 Jahren verstärkt angebauten Mais ist dies zu erwarten. Mais weist mit einem Non-effect-level von 1,8 eine sehr geringe Salztoleranz auf (SCHEFFER et al 1992). Weizen als zweite Hauptkultur im Untersuchungsgebiet ist mit einem Non-effect-level von 6,0 wesentlich resistenter. Infolgedessen ist eine Einschränkung der Produktivität aufgrund hoher Salzkonzentrationen allenfalls in der Trockensteppe bei Durchwurzelung der relativ flurnahen Salzakкумуляtionen zu erwarten.

In den letzten Jahren wurde vermehrt über bearbeitungsbedingte Beschleunigung von Grundwasserversalzung im Regenfeldbau in den vergleichbaren Great Plains berichtet (HOPPE 1998). Dabei handelt es sich um Folgen der intensiven Anwendung der Trockenbrache (dry farming) insbesondere in den nordamerikanischen Great Plains. Durch dieses Bewirtschaftungssystem wurde im Boden verstärkt Wasser gespeichert, was zur Anhebung der Grundwasserstände führte. Diese Erscheinung zieht die Forcierung des kapillaren Aufstieges und damit stärkere Grundwasserversalzung nach sich.

Jedoch sind diese Mechanismen zunehmender Versalzung in der Kulundasteppe unter Bedingungen des Regenfeldbaus mittelfristig nicht zu befürchten. Zum einen wird im Untersuchungsgebiet die Trockenbrache nur aller 3-4 Jahre angewandt, so dass unter den gegebenen Niederschlagsverhältnissen eine Durchfeuchtung des Bodens über 1 Meter Tiefe hinaus nicht zu erwarten ist. Zum anderen liegen die Grundwasserkörper mit durchschnittlich über 10 m derart tief, dass kapillarer Aufstieg ausgeschlossen werden kann.

Aufgrund der pedologischen und klimatischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet ist keine Versalzungsgefahr im Regenfeldbau zu befürchten. Selbst die Erhöhung des Bodenwasserangebotes durch dry farming würde langfristig lediglich punkthaft auf Flächen mit Feuchtegunst ascendierende Versalzung auslösen.

4.2.3.3 Bewässerungsfeldbau

Die Niederschlagsverhältnisse im Untersuchungsgebiet erlauben nur den Anbau ausgewählter Kulturen (Weizen, Roggen, Mais, Sonnenblumen) im Regenfeldbauverfahren. Alle weiteren Kulturpflanzen, welche besonders hinsichtlich der Futterbereitstellung für die Rinderbestände im Winter benötigt werden, erfordern zusätzliche Wassergaben. Während der Phase der Intensivierung (1965-1980) wurden auch in der Kulundasteppe in nahezu allen Betrieben, welche Viehzucht praktizierten, ausgedehnte Bewässerungsflächen angelegt. Nach Angaben des landwirtschaftlichen Leiters des Deutschnationalen Rajons, Hr. Schneider beträgt die bewässerte Fläche der Betriebe etwa 5 bis 15% der genutzten Fläche. Überwiegend werden Futterrüben und mehrjährige Gräser unter Bewässerung angebaut.

Der Bewässerungsfeldbau wird folgendermaßen praktiziert:

Im Untersuchungsgebiet stammt das Bewässerungswasser aus zwei Quellen. Zum einen wird Wasser aus dem von 1976 bis 1980 gebauten Kulundinskij Kanal entnommen. Er führt Wasser aus dem Obstausee (bei Kamen na Ob) über 400 km bis in die Nähe der Ortschaft Kulunda in der zentralen Steppe. Zum anderen wird fossiles Grundwasser genutzt. Mit Hilfe von Brunnen wird aus den Aquiferen Wasser zu Tage gefördert. Die Zwischenspeicherung erfolgt in bis zu 10.000 m² großen und drei Meter tiefen, mit Folie ausgekleideten Becken („*Katlavan*“), welche jeweils von mehreren Brunnen gespeist werden. Die Entnahme erfolgt über an die Bewässerungsanlagen angeschlossene Saugleitungen.

Zur Bewässerung werden ausschließlich Berieselungsanlagen in Form von Rundregnern (vgl. Abb. 3.3) bzw. Rollregnern verwendet (vgl. Abb. 4.33). Nach übereinstimmenden mündlichen Angaben der Verantwortlichen von drei bezüglich der Bewässerung untersuchten Kolchosen, werden hierfür Bewässerungsempfehlungen des „Staatlichen Altaier Dienstes für Melioration“ von 1970 verwendet. Zu dieser Zeit erfolgten Untersuchungen zur Feldkapazität und Nährstoffversorgung der Böden sowie der Qualität des Bewässerungswassers der einzelnen Kolchosen. Ergebnis dieser Erhebungen waren konkrete Bewässerungsvorgaben für die einzelnen Kulturen pro Monat in m³/ha.



Abb. 4.33: Bewässerung durch Berieselung

Diesen Empfehlungen wird seitdem ohne Berücksichtigung der aktuellen Niederschläge gefolgt.

Da die jährlichen Niederschläge in der Steppe und Trockensteppe in den letzten 50 Jahren um mehr als 100% (vgl. Kap. 5.2.1) variierten, ist davon auszugehen, dass nur in den seltensten Fällen optimale Bodenwassergehalte für das Pflanzenwachstum herrschen.

Vorherrschend wird in der Kulundasteppe nur am Tage berieselt. Plausible Gründe dafür konnten nicht ermittelt werden. Diese Praxis führt neben dem verdunstungsbedingten Verlust zur Erhöhung der Salzkonzentration des Bewässerungswassers noch bevor der Boden bzw. die Kulturen erreicht wurden. Naturgemäß sind bei dieser Verfahrensweise Schädigungen der Pflanzen durch die Linsenwirkung der Wassertropfen zu erwarten.

Die von Niederschlägen unabhängige Gabe von Bewässerungswasser und ausschließliche Beregnung am Tage induziert neben zu erwartenden erheblichen

Ertragseinbußen ebenfalls Bodenschäden in Form von Versalzung. Diesbezüglich wurden in drei Kolchosen auf berechneten Flächen im Vergleich zu Regenfeldbaustandorten Profile angelegt, Proben entnommen und analysiert (vgl. Anhang). Die Folgen der langjährigen Bewässerung für die Böden wurden exemplarisch anhand von 2 Flächen ermittelt:

1) Kolchose „Schumanowka“, Testgebiet DNR (südliche Tschernoseme)

Nach Auskunft des Agronomen der Kolchose, Hr. Schindler, wird auf der beprobten Fläche seit 30 Jahren Bewässerungswirtschaft betrieben. Hauptkulturen sind Futterrüben. Die Beregnungsmenge in der Vegetationszeit beträgt $2000 \text{ m}^3/\text{ha}$ bzw. 200 mm .

Die elektrische Leitfähigkeit des Bewässerungswassers betrug $0,5 \text{ mS}$.

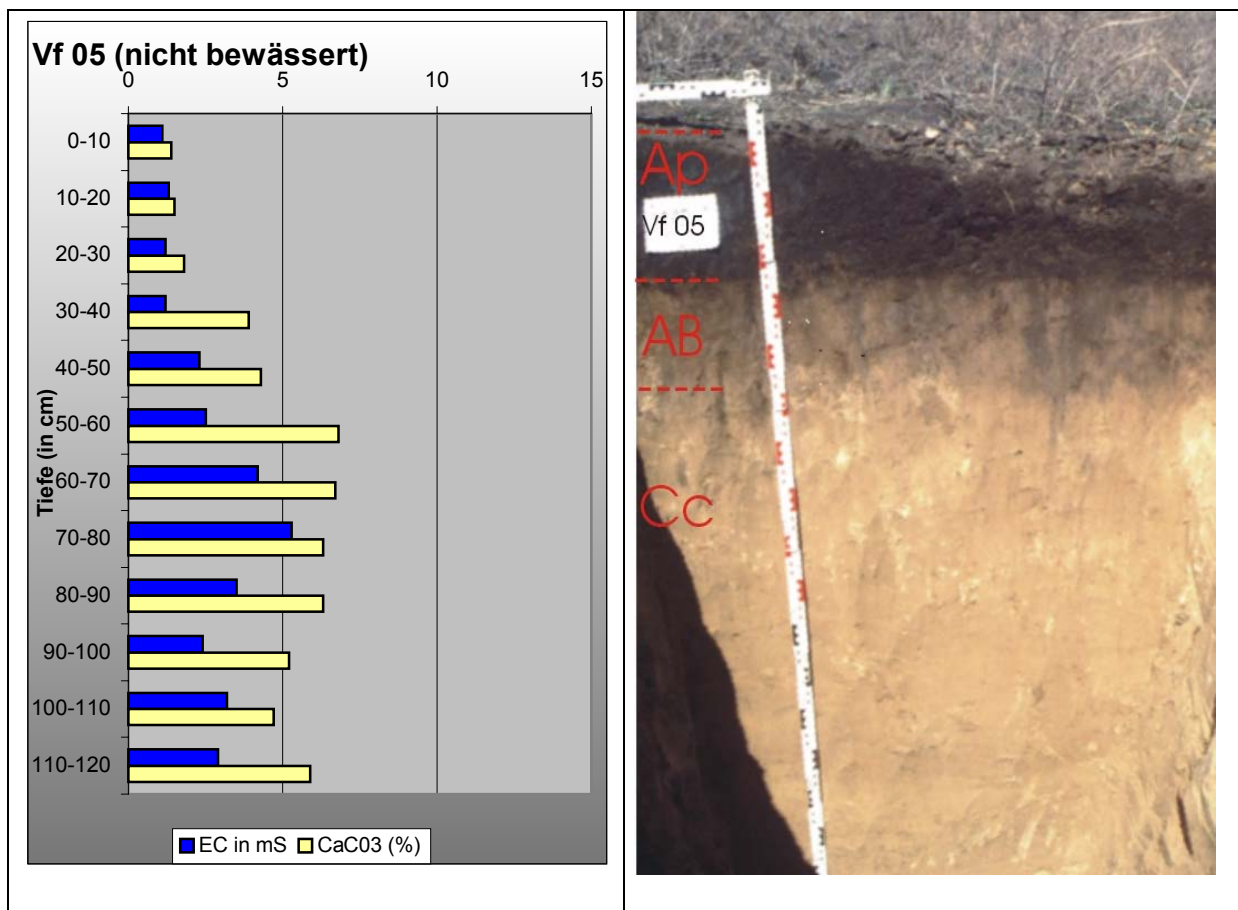


Abb. 4.34: Tiefenverteilung der EC und Kalziumkarbonats (unbewässertes südliches Tschernosem)

Das nicht bewässerte Referenzprofil Vf 05 (Abb. 4.34) zeigt in der Tiefenverteilung das typische Maximum der elektrischen Leitfähigkeit für südliche Tschernoseme bei $70\text{-}80 \text{ cm}$ (vgl. Kap. 4.2.3.2). Das Maximum der Karbonate befindet sich nur 10 cm höher.

Die dunkle Färbung des C- Horizontes bis ca. 50 cm repräsentiert die Tiefe der Durchfeuchtung nach der Schneeschmelze (Profilaufnahme 08.05.2000).

Das Maximum der elektrischen Leitfähigkeit des bewässerten Standortes BS 02 (Abb. 4.35) hingegen liegt in einer Tiefe von 100-110 cm und ist als Salzausblüfung auf der Profildarstellung deutlich erkennbar. Es weist mit 14,3 mS deutlich höhere Werte als die nicht bewässerte Variante (5,3 mS) auf. Die Verteilung der Kalkgehalte zeigt keine wesentlichen Unterschiede zwischen den beiden Profilen.

Die Tiefenfunktion der elektrischen Leitfähigkeit widerspiegelt die Bewässerungspraxis. Das zusätzliche Wasserangebot von 200 mm reicht zumindest in feuchteren Jahren (ca. 350 mm Niederschlag) aus um die leichtlöslichen Salze in eine Tiefe von über 100 cm zu verlagern.

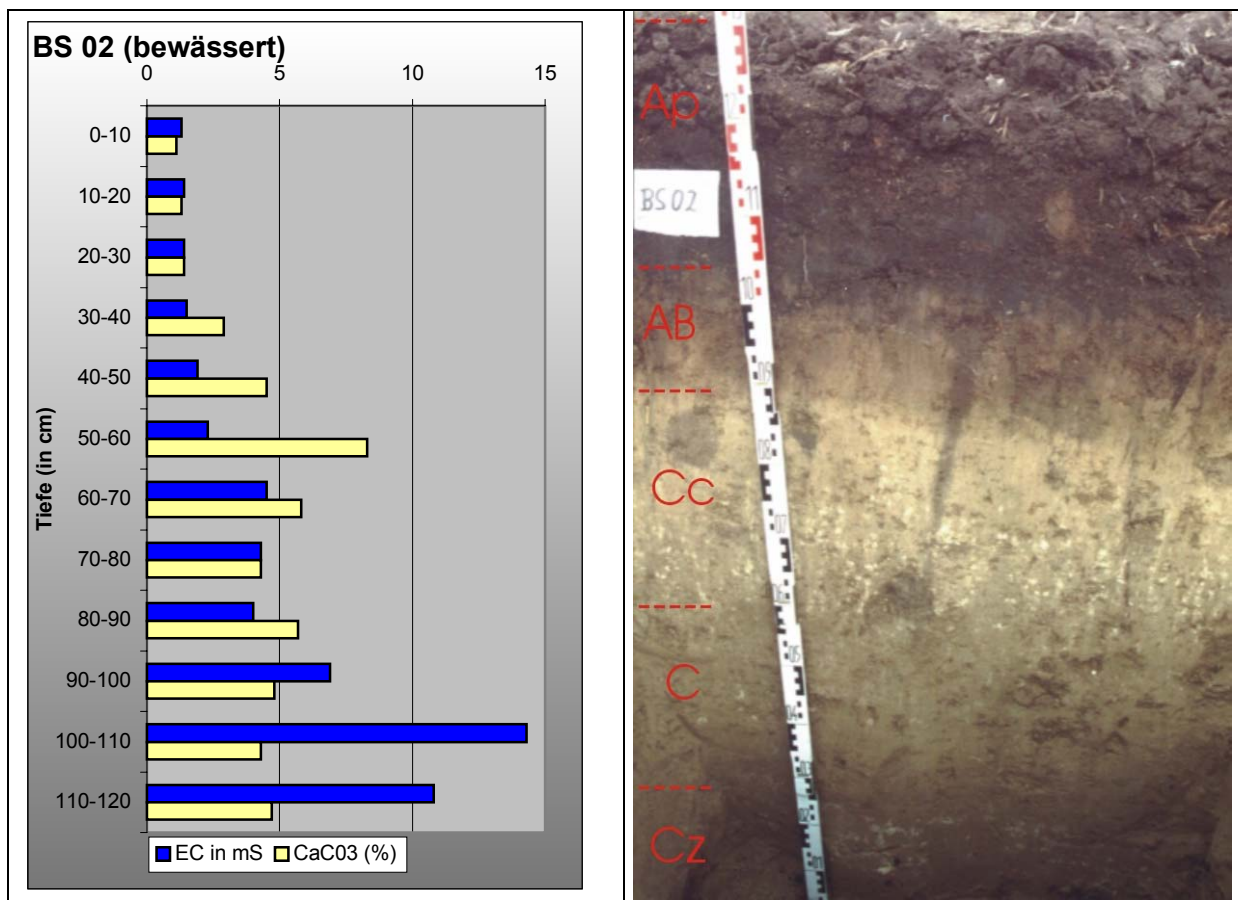


Abb. 4.35: Tiefenverteilung der EC und Kalziumkarbonats (bewässertes südliches Tschernosem)

Die extreme Versalzung in diesem Bereich dürfte sich allerdings aufgrund der flacheren Durchwurzelung nicht auf das Pflanzenwachstum auswirken.

Die Tatsache, dass die Höchstwerte der elektrischen Leitfähigkeit und damit der Salzkonzentration deutlich unter dem Kalkmaximum liegen, belegen die perkolierende Versalzung. Dies trifft sowohl für den bewässerten als auch den nicht bewässerten Standort zu.

(2) Kolchose „Stepnoj“; Testgebiet Slawgorod (dunkle Kastanoseme):

Nach Angaben des Hauptagronomen, Herrn Schönich, werden von den insgesamt 12.334 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche 1.715 ha bewässert. Bewässerungsfeldbau wurde hier ebenfalls in den 70er Jahren eingeführt. Hauptsächlich werden mehrjährige Gräser zur Futterbereitstellung angebaut.

Auf den Flächen der Kolchose „Stepnoj“ dominiert ein feinsandiges Bodensubstrat. Die übliche Beregnungsmenge ist hier aufgrund des geringen Retentionsvermögens der Böden jährlich $1000 \text{ m}^3/\text{ha}$ bzw. 100 mm. Die elektrische Leitfähigkeit des Bewässerungswassers betrug 0,2 mS

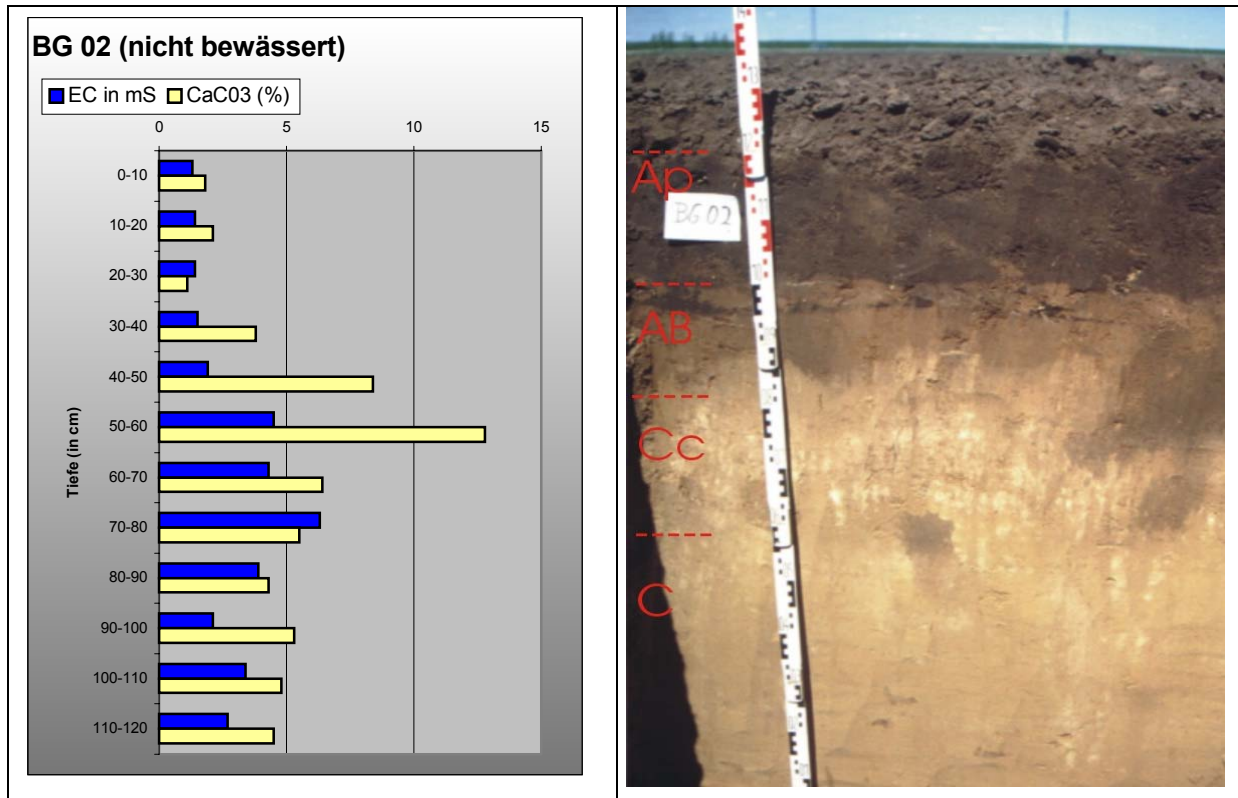


Abb. 4.36: Tiefenverteilung der EC und Kalziumkarbonats (unbewässertes dunkler Kastanosem)

Das Profil an dem nicht bewässerten Referenzstandort zeigt ein deutliches Kalkmaximum in der Tiefe von 50-60 cm. Die höchsten Werte der elektrischen Leitfähigkeit liegen 20 cm tiefer.

Die dunkleren Bereiche zwischen dem Ap- und dem C- Horizont verkörpern den durch Bioturbation entstandenen Durchmischungshorizont und Krotowinen.

Die bewässerte Variante (vgl. Abb. 4.37) der dunklen Kastanoseme zeigt keine Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit im gesamten Profil. Die Menge des Niederschlags- und Bewässerungswassers reicht aus, um die leichtlöslichen Salze unter den gegebenen Substratbedingungen in eine Tiefe von über 120 cm zu transportieren.

Auffallend ist die Verteilung der Kalkgehalte. Im Unterschied zum nicht bewässerten Profil ist ein entkalkter Horizont (AB) im Anschluss an den Ap zu erkennen. Darüber

hinaus liegt das Kalkmaximum um 40 cm tiefer (vgl. Abb.4.24) Die langjährige Bewässerungspraxis vermochte also nicht nur die leichtlöslichen Salze auszuwaschen, sondern verlagerte bereits die Karbonate.

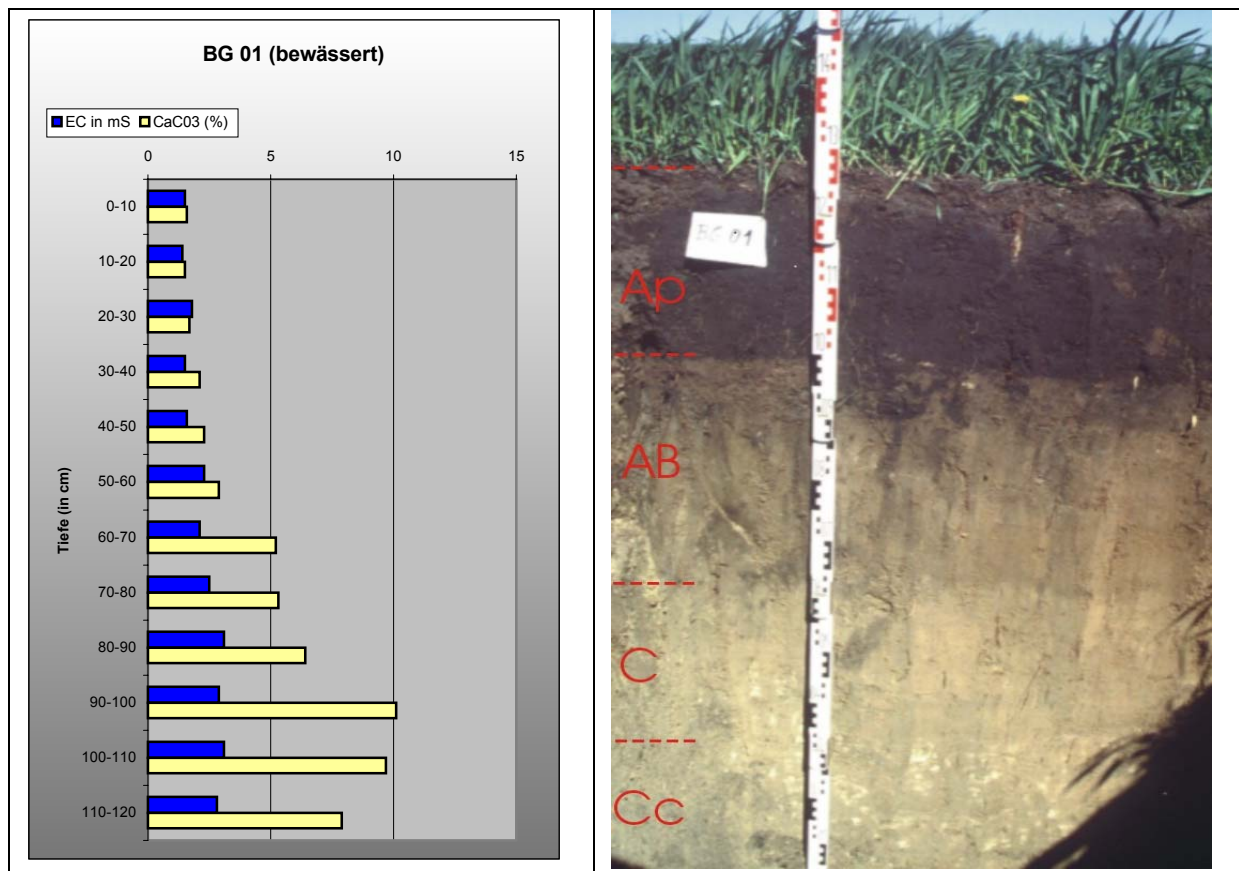


Abb. 4.37: Tiefenverteilung der EC und Kalziumkarbonats (bewässerter dunkler Kastanosem)

Die Bodenuntersuchungen hinsichtlich eventueller Versalzungen infolge von Bewässerung im Untersuchungsgebiet offenbaren eine wesentliche Tendenz:

Die Mengen des ausgebrachten Bewässerungswassers in Kombination mit den Niederschlägen reichen in allen Fällen aus, Anreicherungen leichtlöslicher Salze im Wurzelraum zu verhindern.

Diese Erkenntnis der nicht pflanzenschädigenden Versalzung ist jedoch im agrarökologischen Gesamtkontext zu sehen. Das Überstauen der Böden hat die verstärkte Nährstoffauswaschung sowie die Verschlammung der Böden zur Folge.

Darüber hinaus ist die Frage nach der begrenzten Ressource fossiles Grundwasser relevant. Solange es lediglich der Investition der Brunnenbohrung für die Gewinnung von Bewässerungswasser bedarf, werden die Betriebe auch nicht ressourcenschonend haushalten. Nach Angaben von Herrn Schönich (Kolchose „Stepnoj“) mussten in den letzten Jahren Brunnen tiefer gebohrt werden, weil die flurnahen Grundwasserkörper aufgrund ihres hohen Salzgehaltes nicht mehr als Bewässerungswasser zu nutzen waren. Das Wasser für die kommunale Versorgung stammt heute bereits aus einer Tiefe von 80 m.

Im Kapitel 4 wurden die großflächige Inkulturnahme der Steppen dargelegt, die geoökologischen Auswirkungen untersucht und bewertet sowie die Zusammenhänge zwischen Nutzungsform und –intensität, Klimafaktoren, Bodenqualität und Erträgen in ihrer Entwicklung seit der Neulandaktion diskutiert und beurteilt.

Als Ergebnis lässt folgendes festhalten:

1. Die Inkulturnahme der Steppenböden im Zuge der Neulandaktion 1954 und die darauffolgende ackerbauliche Nutzung mit Hilfe oftmals unangepasster Bearbeitungs- und Nutzungstechnologien bewirkte eine großflächige Bodenschädigung durch Winderosion.
2. Die Intensität und die Erscheinungsformen der Bodendegradation durch Wind differenzieren sich in Abhängigkeit der Steppenfazies, wobei der Bereich der Trockensteppe am stärksten betroffen ist.
3. Bodenschädigungen durch Wassererosion als Folge der veränderten Landnutzung treten mit einem geringen Flächenanteil in Form von Ovrag's und Rillenerosion auf.
4. Die Bewässerungspraxis hat neben der deutlichen Salzakkumulation in tieferen Bodenschichten (>60 cm) die Abnahme der fossilen Grundwasservorräte und deren Qualitätsverschlechterung zur Folge.

Vor dem Hintergrund dieser Erkenntnisse ergibt sich aus geoökologischer Sicht für zukünftige Nutzungskonzeptionen eine Frage:

Ist eine ökologisch und ökonomisch sinnvolle ackerbauliche Nutzung der Kulundasteppe unter den gegebenen klimatischen und aktuellen pedologischen Bedingungen möglich?

Die Beantwortung dieser Frage erfordert die Einbeziehung weiterer, über physisch-geographische Faktoren hinaus gehender lokaler Gegebenheiten.

Zum einen ist die Beachtung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Agrartechnik unerlässlich. Die Betriebe verfügen nicht zuletzt gerade wegen den geringen Erträgen nur in den seltensten Fällen über die finanziellen Mittel, in neue (bodenschonende) Landtechnik zu investieren.

Zum anderen ist die bestehende Bevölkerungsdichte und –struktur zu beachten. Aufgrund der fehlenden Einkommensalternativen zur Landwirtschaft, wird auch in den kommenden Jahren von ackerbaulicher Nutzung in Bereichen der agronomischen Trockengrenze auszugehen sein müssen.

Um begründete Nutzungsempfehlungen geben zu können und vor allem Konsequenzen hinsichtlich ökosystemarer, aber auch sozioökonomischer Reaktionen abschätzen zu können, ist zunächst eine Analyse des aktuellen agrarökologischen Wirkungsgefüges vorzunehmen.

5 Das Wirkungsgefüge "Klima/ Bodennutzung/ Bodendegradation/ landwirtschaftlicher Ertrag"

5.1 Zusammenhang zwischen Bearbeitungsform, Bodenfeuchte und Bodenerosion

Im Untersuchungsgebiet werden nahezu alle Flächen (exklusive Solontschake, Solonetze, Weideflächen) ackerbaulich genutzt. Da dabei die bewässerten Flächen nur einen geringen Anteil ausmachen und ohnehin andere Bodenwasserverhältnisse vorherrschen, wird sich ausschließlich auf Regenfeldbaustandorte bezogen.

Zur Bodenbearbeitung werden in den landwirtschaftlichen Betrieben der Kulundasteppe folgende Standardgeräte verwendet:

- Kultivator (schneidende nichtwendende Bodenbearbeitung; Bearbeitungstiefe: ca. 20 cm)
- Wendepflug (Bearbeitungstiefe: ca. 25 cm)
- Scheibengeräte (nichtwendend; Bearbeitungstiefe: 10cm)
- Sternrolleggen (Bearbeitungstiefe: ca. 7cm)

In einem Anbauzyklus „Sommerweizen nach Sommerweizen“ wird im Herbst des Jahres vor der Aussaat entweder tiefgewendet (Wendepflug) oder tiefgelockert (Kultivator). Die Bearbeitung mit dem Streichblechpflug hat hinsichtlich der Winderosionsgefährdung kurz- und mittelfristig negative Auswirkungen:

- Schon während der wendenden Bearbeitung im Herbst werden aus dem trockenen Substrat Humus- und Feinbodenpartikel ausgeweht.
- Die lockerungsbedingte Austrocknung der oberen 25 cm Boden begünstigt Verwehungsereignisse.
- Die wendende Bodenbearbeitung hat die völlige Einarbeitung der Stoppeln zur Folge. Die dadurch herabgesetzte Rauigkeit der Oberfläche führt zu höheren Windgeschwindigkeiten an der bodennahen Grenzschicht, wodurch das Erosionsrisiko weiter steigt.
- Die stoppellose Bodenoberfläche besitzt kaum Schneerückhaltevermögen während der winterlichen Stürme. Eine geringe Schneemächtigkeit bzw. das „Freiwehen“ der Böden und damit weniger Bodenwasserangebot im Frühjahr sind die Folge.
- Des weiteren verringert sich der Erosionsschutz im darauffolgenden Frühjahr und Sommer durch weniger Mulchanteile an der Bodenoberfläche.

Im Frühjahr folgt eine meist zweistufige Bodenbearbeitung. Zum einen muss aufgrund der wenig leistungsfähigen und unpräzisen Drillmaschinen ein ebenes und feinkörniges Saatbett bereitet werden. Der zweite und bedeutendste Grund für die Frühjahrsbearbeitung ist die Unkrautbekämpfung. Wie bereits erwähnt, sind in den Betrieben derzeit keine finanziellen Mittel vorhanden, um Herbizide anzuschaffen. Infolgedessen wird die Unkrautkontrolle über die mehrmalige flache Bodenbearbeitung im Frühjahr vor der Aussaat realisiert. So wird nach der

Schneesmelze das Auflaufen der Unkräuter zugelassen. Bei entsprechendem Entwicklungsstadium werden die Schläge flach (10 cm) mit Sternrolleggen bearbeitet, um die Wurzeln abzureißen und die Pflanzen abzutöten. Laufen bis zur Aussaat nochmals Unkräuter auf, erfolgt eine zweite Bearbeitung.

Bedenkt man, dass der gängige Aussaattermin in der Kulundasteppe Anfang Juni liegt, wird offensichtlich, welches Erosionspotential sich gerade im Mai aufbaut:

Die Schneesmelze erfolgt etwa Anfang bis Mitte April. Die Bodenbearbeitung Anfang Mai trocknet den Oberboden nicht nur aus, sondern hinterlässt ein äußerst erosionsanfälliges Krümelgefüge. Der Oberboden liegt also den gesamten Mai über ungeschützt, trocken und gut aufgelockert vor. Nach BAGNOLD 1937, MORGEN 1986, HASSENPFUG 1998, ist das die hinsichtlich der Winderosionsexposition anfälligste Kombination. Hinzu kommt, dass im Mai die Mittagstemperaturen zum Teil bereits über 30° C erreichen (GUGS 1977) und eine weitere Austrocknung forcieren. Die hocherosiven trockenen Fallwinde (suchowej) treten zudem ebenfalls gehäuft im Mai auf (TANASIENKO 1992).

So lagen alle beobachteten Winderosionsereignisse Ende Mai und Anfang Juni.

Die letzte Bodenbearbeitung erfolgt dann mit der Aussaat. Dabei wird der Boden ebenfalls mit Scharen ähnlich dem Gänsefußgrubber flach aufgearbeitet, was ebenfalls sowohl bei dem direkten Arbeitsgang als auch nachfolgend zur Auswehung von Bodenmaterial führt. Ist die Saat anschließend aufgegangen, vermindert sich das Erosionsrisiko aufgrund der Erhöhung der Rauigkeit. Bis zur Herbstbearbeitung ist wegen dem ununterbrochenen Vorhandensein einer Pflanzen- bzw. Stoppelschicht von einer eingeschränkten Erosionsdisposition auszugehen.

Die Brache wird im Untersuchungsgebiet hauptsächlich zu Speicherung des Niederschlagswassers im Boden für den nächsten Anbauzyklus praktiziert. Als Brachevariante wird in allen befragten Betrieben fast ausschließlich Schwarzbrache angewendet, da andere Kulturen oder Unkräuter dem Boden zu viel Wasser entziehen würden (vgl. Kap. 7.1).

Die Vermeidung von Pflanzenwachstum während der Brache erfolgt durch Bodenbearbeitung. Dabei wird der Boden im Jahresgang viermal bearbeitet. Im Mai werden nach Auflaufen der ersten Unkräuter Sternrolleggen (Bearbeitungstiefe 10 cm) verwendet. Die weiteren Bearbeitungsgänge erfolgen je nach Unkrautdruck etwa alle 6 Wochen mit einer abschließenden tiefen Bodenlockerung mittels Kultivator im Herbst.

Entsprechend dieser Brachepraxis liegt der Oberboden in den Monaten der Vegetationszeit meist trocken, gekrümelt und ungeschützt vor, was unter den gegebenen Klimaverhältnissen eine extreme Winderosionsanfälligkeit zur Folge hat. Vor dem Hintergrund dieser langjährigen Bearbeitungspraxis erscheinen die ermittelten flächenhaften Boden- und besonders Humusverluste (vgl. Kap. 4) nachvollziehbar.

5.2 Ertragsentwicklung seit der Neulandaktion

Die Höhe von Hektarerträgen ist naturgemäß von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. Im Untersuchungsgebiet sind die wesentlichen Einflussgrößen das Klima und die Bodenqualität. Darüber hinaus bestehen Abhängigkeiten von Faktoren agrotechnischer Natur (Schlaggrößen, Saatzeitpunkt, Saatgut, Fruchtfolgen, Art und Qualität der Bodenbearbeitung, usw.). Diese Einflussgrößen werden wiederum von sozioökonomischen Gegebenheiten gesteuert.

5.2.1 Klimatische und pedologische Faktoren

Im Untersuchungsgebiet ist der Niederschlag von den ertragsrelevanten agroklimatischen Parametern der einflussreichste Faktor. Andere Größen wie Temperatur, Schneeliegedauer, Bodentemperatur und –gefornis nehmen eine untergeordnete Funktion ein (BARAEW 1976).

Zur Beurteilung der Ertragsentwicklung in Abhängigkeit der Niederschläge scheint zunächst eine Korrelation zwischen Jahresniederschlägen und Hektarerträgen opportun.

Hierbei wird naturräumliche Gliederung des Untersuchungsgebietes in die Betrachtung der Ertragsentwicklung einbezogen. Dabei werden Waldsteppe und Trockensteppe unterschieden. Die vorgestellten Daten entsprechen den durchschnittlichen Sommerweizenerträgen pro Rajon und den Niederschlagsmessungen der Klimastationen im jeweiligen Rayonzentrum.

Waldsteppe (Beispiel Rajon Bajewo):

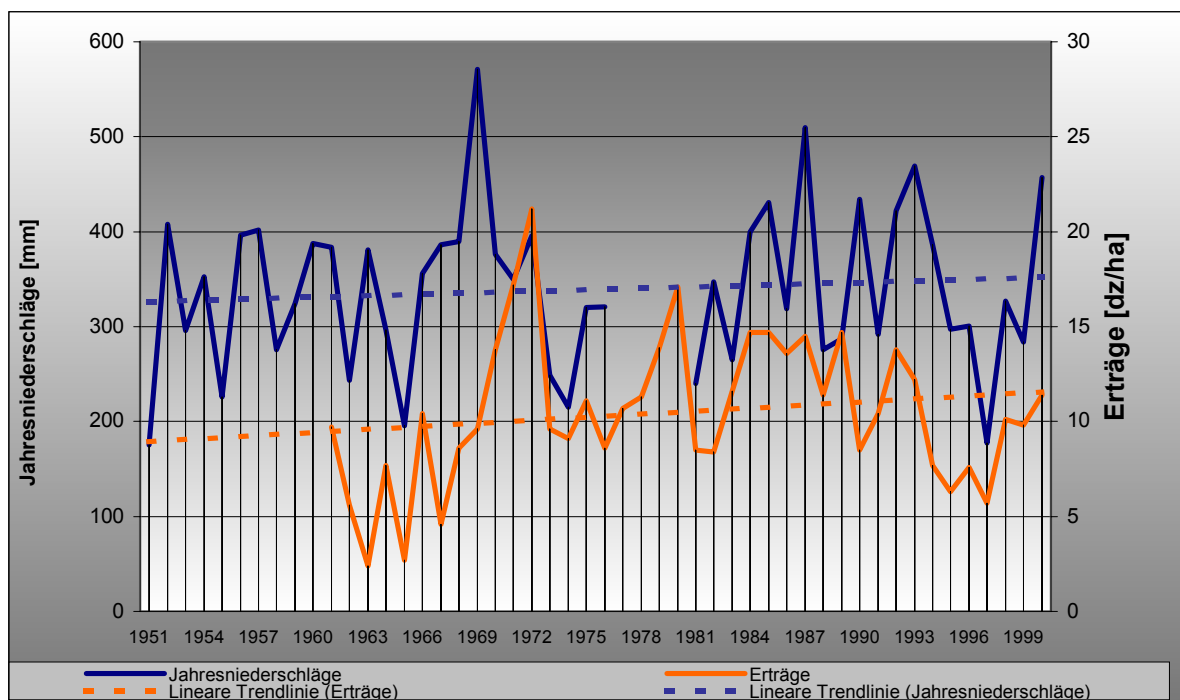


Abb. 5.1: Entwicklung der Hektarerträge im Rajon Bajewo (Waldsteppe)

Die Entwicklung der Jahresniederschläge im Rajon Bajewo weist einen positiven Trend auf. Nahezu parallel verläuft die Trendlinie der Erträge (vgl. Abb. 5.1). Die Korrelation der beiden Matrizen beläuft sich allerdings nur auf $r = 0,35$. Dieser geringe Zusammenhang verdeutlicht sich besonders in den Jahren 1963, 1967, 1982 und 1990. Während die Niederschläge verhältnismäßig hohe Werte erreichten, gestalteten sich die Erträge äußerst negativ. Zum Beispiel fällt im Jahre 1963 mit 381 mm überdurchschnittlich viel Niederschlag. Der Ertrag hingegen beträgt lediglich 2,4 dz/ha. Diese Ertragsabfälle bei ausreichenden Niederschlägen lassen sich in der jahreszeitlichen Verteilung begründen.

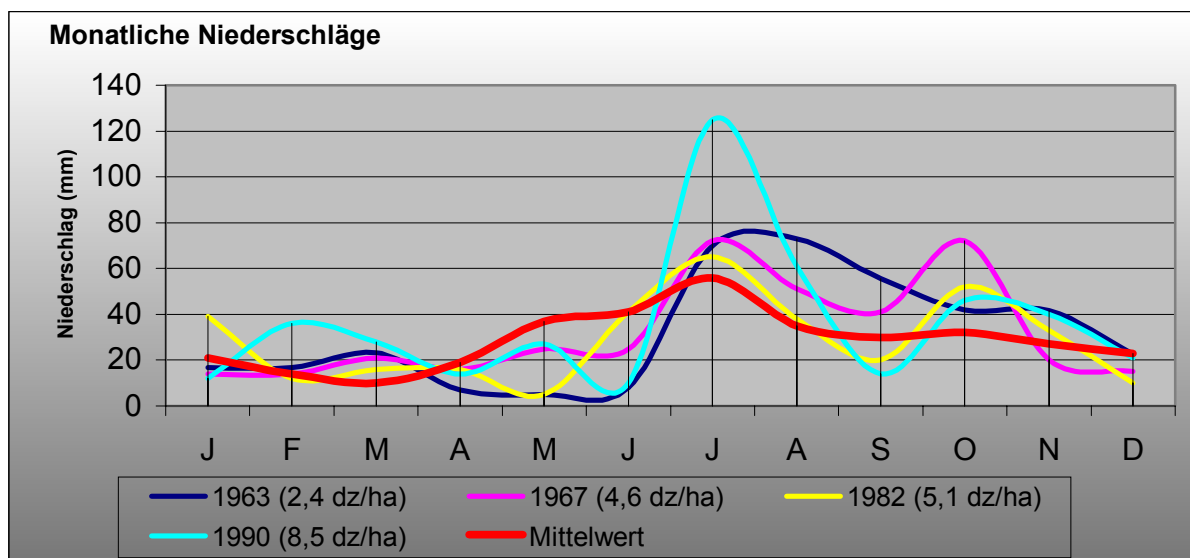


Abb. 5.2: Niederschlagsverteilung Rajon Bajewo

Abbildung 5.2 zeigt die monatlichen Niederschläge von Jahren geringer Erträge und das langjährige Mittel. Auffallend ist, dass bei allen Jahren niedriger Erträge die Niederschläge im Mai und Juni deutlich geringer sind als im langjährigen Mittel. Im Juli dagegen sind die Niederschläge höher als normal. Diese Zusammenhänge begründen sich in den Entwicklungsstadien des Weizens. Die Aussaat findet im allgemeinen Ende Mai/ Anfang Juni statt. Ist in dieser Phase der Boden nicht ausreichend mit Wasser versorgt, keimt nur ein Teil der Saat bzw. die Pflanzen sind in der Wachstumsphase unterversorgt. Im Juli beginnt bereits das Stadium der Abreife, bei welchem Niederschläge eher ertragsmindernd wirken.

Eine beispielhafte Berechnung der Korrelationen der monatlichen Niederschläge mit den Erträgen finden sich im Kap. 7.1.

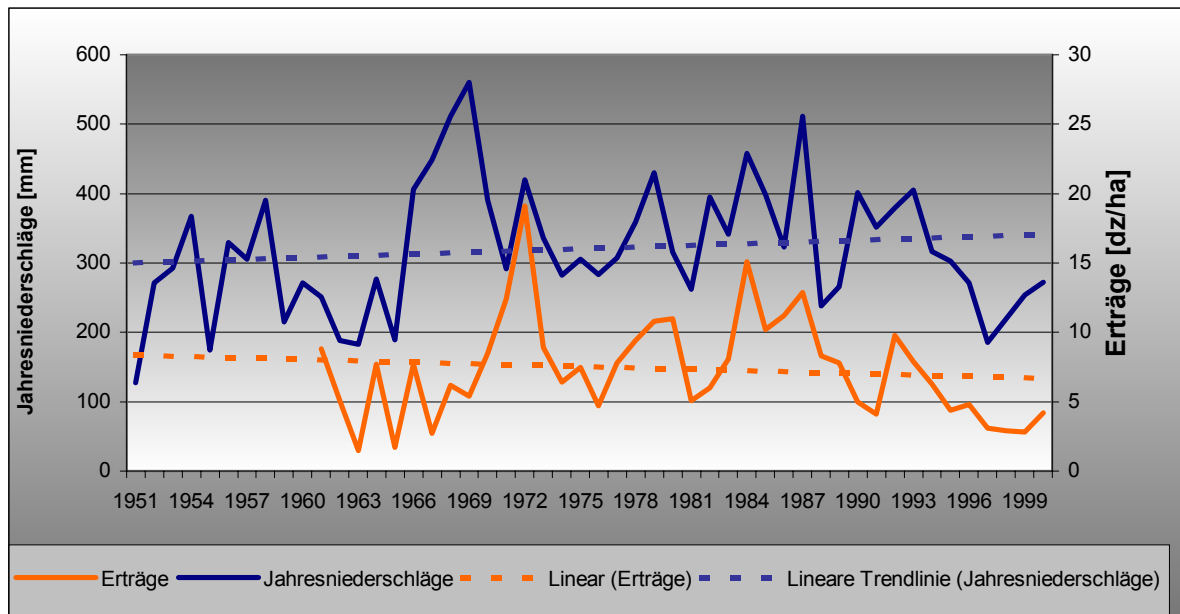
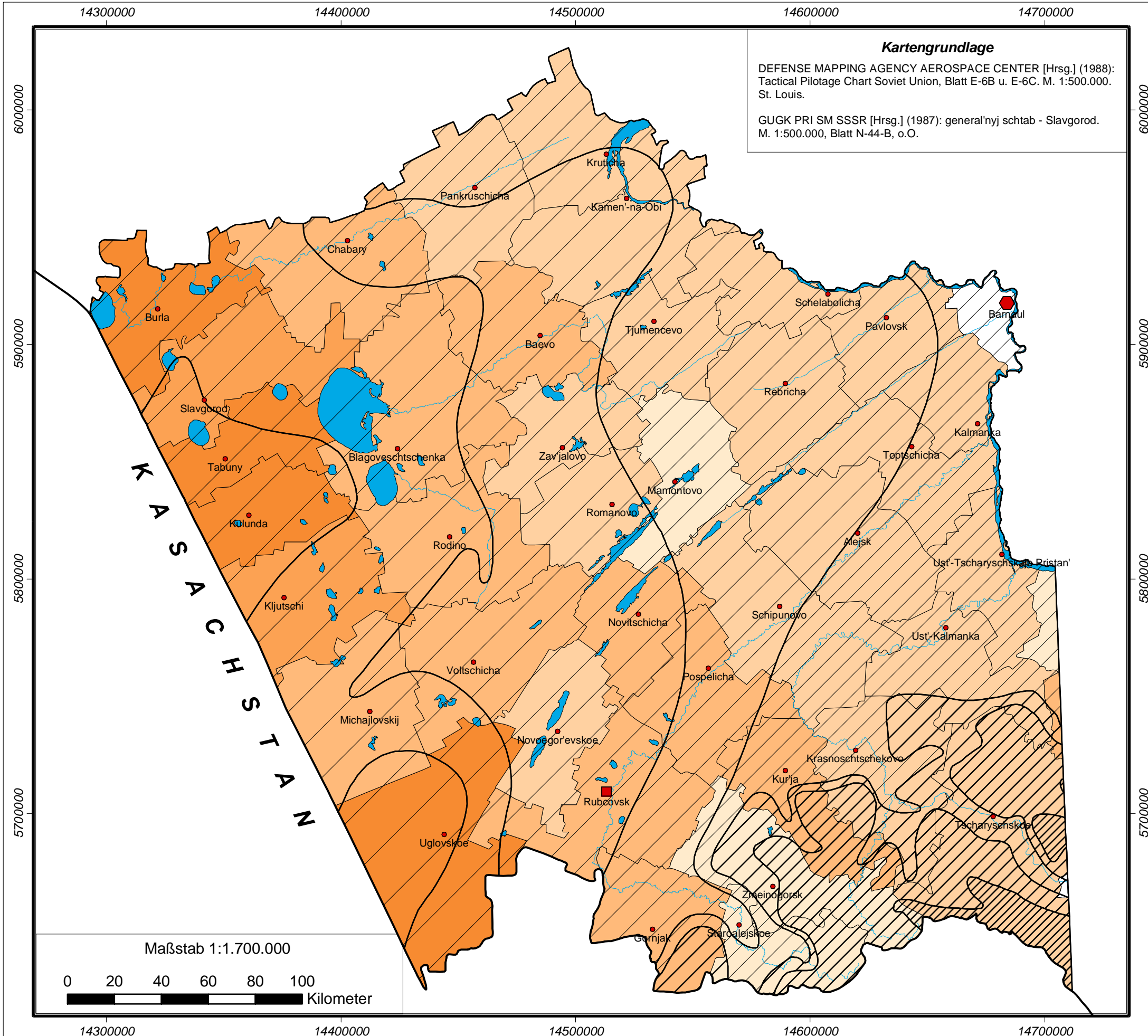
Trockensteppe (Beispiel Rajon Slavgorod):

Abb. 5.3: Entwicklung der Hektarerträge im Rajon Slavgorod (Trockensteppe)

Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,45. Gegenüber dem Rajon Bajewo (Waldsteppe) ist die Stärke des Zusammenhangs damit deutlich höher. Der Grund hierfür liegt in dem niedrigeren langjährigen Mittel der Niederschläge. Mit Abnahme des langjährigen Mittels treten auch häufiger Jahre bzw. Perioden mit nicht ausreichenden Niederschlägen auf. Folglich ist das Bodenwasser häufiger Minimumfaktor und hat direkten Einfluss auf das Pflanzenwachstum. Darüber hinaus besitzen die südlichen Tschernoseme eine höhere nutzbare Feldkapazität als die humusärmeren Kastanoseme und können damit Schwankungen besser kompensieren.

Die Sommerweizenerträge im Bereich des Rajon Slavgorod der zentralen Trockensteppe weisen einen abnehmenden linearen Trend auf. Der Trend der jährlichen Niederschläge hingegen steigt. Das ist ein deutliches Indiz für eine abnehmende Bodenqualität. Können einzelne Jahre mit hohen Niederschlägen und dennoch schlechten Erträgen unter Zuhilfenahme beispielsweise der Niederschlagsverteilung noch erklärt werden, ist der negative Trend der Erträge hauptsächlich auf nutzungsbedingte Faktoren zurückzuführen (vgl. Kap. 5.2.3).

Karte 5.1: Niederschläge und Erträge in der Kulundasteppe



Kartengrundlage
 DEFENSE MAPPING AGENCY AEROSPACE CENTER [Hrsg.] (1988): Tactical Pilotage Chart Soviet Union, Blatt E-6B u. E-6C. M. 1:500.000. St. Louis.
 GUGK PRI SM SSSR [Hrsg.] (1987): general'nyj shtab - Slavgorod. M. 1:500.000, Blatt N-44-B, o.O.

Topographie

Siedlungen

- Kraj-Zentrum
- Oblast-Zentrum
- Rajon-Zentrum

Grenze zu Kasachstan

Gewässer

- Standgewässer
- Fließgewässer

jährlicher Niederschlag

- weniger als 250 mm
- 251 - 300 mm
- 301 - 350 mm
- 351 - 400 mm
- 401 - 500 mm
- 501 - 600 mm
- 601 - 800 mm
- mehr als 800 mm

durchschnittliche jährliche Hektarerträge

- keine Daten vorhanden
- weniger als 650 kg/ha
- 650 - 800 kg/ha
- 801 - 1000 kg/ha
- 1001 - 1200 kg/ha
- mehr als 1200 kg/ha

Kartographie: Sören Dammann
 Mai 2002

Aus diesen Ergebnissen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

Die ausschließliche Nutzung von Jahresniederschlagsdaten ist für die Interpretation der Ertragsentwicklung seit der Neulandgewinnung nicht ausreichend. Diese Vorgehensweise würde agronomische Kausalzusammenhänge simplifizieren:

- Für das Pflanzenwachstum außerordentlich erheblich ist der Zeitpunkt der Niederschläge. Niederschläge im Herbst und Winter stehen dem pflanzenverfügbaren Bodenwassergehalt in der darauffolgenden Vegetationsphase nur eingeschränkt zur Verfügung.
- Darüber hinaus benötigen die Kulturen in Abhängigkeit ihrer Entwicklungsstadien unterschiedliche Wassermengen in entsprechenden Bodentiefen.
- Weiterhin ist für den Ertrag der Zustand des Bodenwasserhaushaltes aus dem Vorjahr entscheidend. Aus sehr feuchten Jahren kann durchaus ein Wasserreservoir für das folgende Jahr resultieren.
- Ebenfalls ist die Intensität der Niederschläge für die Pflanzenverfügbarkeit bestimmend. Die im Untersuchungsgebiet sehr häufigen Starkniederschläge bewirken eine gehemmte Infiltration. Leichte Niederschläge durchfeuchten oftmals lediglich die ersten 10 cm Boden und verdunsten sehr rasch infolge der hohen sommerlichen Temperaturen und der starken Winde.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die ackerbauliche Nutzung in der Kulundasteppe in großem Maße von der Quantität und der zeitlichen Variabilität der Niederschläge bestimmt ist. Daraus ergibt sich die Frage, inwieweit diese starke Abhängigkeit durch variierte Nutzungsformen und -intensitäten seit der Neulandaktion durchbrochen werden konnte.

5.2.2 Auswirkungen der Bodendegradation

Alle in der Literatur aufgeführten ertragsrelevanten negativen Folgen der Bodendegradation durch Wind sind speziell in der zentralen Kulundasteppe nachgewiesen worden (vgl. Kap. 4):

- 1. Verringerung des A- Horizontes**
- 2. Verlust von organischem Material**
- 3. Reduzierung der Ton- und Schluff- Fraktion im Oberboden der Deflationsgebiete**
- 4. Akkumulationen und Windschliff auf landwirtschaftlichen Nutzflächen**

(BORDMAN 1990, FRYREAR 1990, HASSENPFUG 1992, MORGAN 1998)

Daraus ergeben sich folgenreiche ertragsmindernde Wirkungen:

Die Kappung des A- Horizontes führte in der zentralen Steppe bei wendender Bodenbearbeitung großflächig zum Erreichen des C- Horizontes. Dadurch wurde der Anteil organischen Materials im Oberboden weiter verringert.

Der Humusverlust hat in bezug auf die Ertragsentwicklung die negativsten Auswirkungen. Organisches Material bildet einen Pool aller wesentlichen Pflanzennährstoffe und setzt diese bei seiner Mineralisierung frei. Der winderosiv bedingte Verlust von Humus hat damit Auswirkungen auf das Nährstoffangebot der Kulturen. So sind auch die eigenen Ergebnisse zur Nährstoffversorgung der Böden zu interpretieren. Die natürlicherweise sehr gut nährstoffversorgten Tschernoseme wiesen nach FINCK 1991 durchschnittlich eine mittlere und niedrige Versorgung auf. Die hellen Kastanoseme hingegen waren im Durchschnitt unterversorgt (FINCK 1991).

Eine Mangelversorgung wird üblicherweise über Düngemittelgaben ausgeglichen. Im Untersuchungsgebiet werden aber seit dem Zusammenbruch der Sowjetunion aus Kostengründen nur noch sehr vereinzelt mineralische Dünger eingesetzt. Seit 1990 verringerte sich der Einsatz von mineralischem Dünger in der Kulundasteppe um 90%, der Einsatz von organischem Dünger um 83% (STRÖBEL 2000). Eine flächenhafte Unterversorgung der Böden ist die Folge. Eigene Beobachtungen und Befragungen ergaben, dass auch betriebseigene Dünger kaum eingesetzt werden. Stallmist und Gülle werden im großen Rahmen auf Halden verklappt. Gründe hierfür konnten nicht ermittelt werden.

Darüber hinaus bilden Huminstoffe mit Tonmineralen Verbindungen, aus welchen Bodenaggregate aufgebaut sind. Diese Aggregate sind hinsichtlich der Erodibilität der Böden entscheidend (MORGAN 1986). Mit abnehmender Humuskonzentration sinkt also auch die Widerstandsfähigkeit der Böden gegenüber der Wind- und Wassererosion.

Die Abnahme organischen Materials hat weiterhin die Reduzierung der nutzbaren Feldkapazität zur Folge (SCHEFFER et al 1992). Diese Tendenz hat in humiden Klimaten gemeinhin negative Folgen. Im Untersuchungsgebiet hingegen hat diese Tendenz in Hinsicht auf die Ertragsentwicklung ambivalente Konsequenzen. Zum einen ist die hohe nutzbare Feldkapazität im Frühjahr bis zur Aussaat eminent wichtig, um das Feuchteangebot der Schneeschmelze im Oberboden zu erhalten und so einen guten Aufgang der Saat zu gewährleisten. Zum anderen aber verhindert ein gutes Bodenwasserrückhaltevermögen, dass die Niederschläge rasch den tieferen Wurzelraum erreichen. Das im Oberboden gebundene Wasser ist hier der Evaporation viel stärker ausgesetzt als im tieferen Wurzelraum. Aus agrarökologischer Sicht ist deshalb die großflächige Abnahme der Humusgehalte und damit der Feldkapazität aber nicht positiv zu beurteilen. Die verstärkte Trockenheit des Oberbodens erhöht die Erosionsanfälligkeit. Selbstverständlich ist die Evaporation in Trockengebieten auch über geeignete Maßnahmen (z.B. Mulchauflagen) zu reduzieren.

Die Reduzierung der Ton- und Schluff- Fraktion hat hinsichtlich der Ertragsstabilität ähnliche Konsequenzen wie der Humusverlust. Der selektive Verlust der feineren Bodenpartikel vermindert die Austausch- und Wasserkapazität und steigert die

potentielle Erodierbarkeit hinsichtlich der Winderosion (HASSENPFUG 1998). Besonders in der zentralen Kulundasteppe sind diese Folgen belegbar:

Auf Schlägen mit einem hohen Anteil der Sandfraktion lag der Oberboden im Gegensatz zu nicht geschädigten Standorten zumeist trocken vor. Darüber hinaus war auf geschädigten Standorten bereits bei schwachen Winden Materialtransport zu beobachten.

Im Untersuchungsgebiet traten ertragsrelevante Akkumulationen in Form von flächenhaften Ablagerungen auf den Schlägen auf (vgl. Kap. 4.2.1.3). Beispielsweise überdeckte verwehtes Material nach einem Erosionsereignis am 10.06.1999 auf Flächen der Kolchose Grischkowka bis zu 10 cm die aufgegangene Weizensaat auf 50% eines Schlages. Nach 7 Tagen waren die Keimlinge größtenteils abgestorben und sie mussten untergepflügt werden.



Abb. 5.4: Überlagerte Weizenkeimlinge

Im Untersuchungsgebiet treten neben den Bodendegradationen durch Winderosion weitere Schädigungen durch die langjährige landwirtschaftliche Nutzung im Sinne des Dust-bowl- Syndroms auf:

- Die langjährige Bodenbearbeitung mittels Streichblechpflug und das Befahren der Böden mit schweren Zugmaschinen führte zu beträchtlichen Pflugsohlenverdichtungen. Bei etwa 40% der aufgenommenen Ackerstandorte waren solche Verdichtungshorizonte nachweisbar.
- Die Abnahme der Humusgehalte ist nicht nur auf die Deflation zurückzuführen. Die häufige Lockerung des Oberbodens beschleunigt die Mineralisierung der humosen Bestandteile (SCHEFFER et al 1992).

- Weiterhin wird bei allen Ackerbaukonzeptionen in der Kulundasteppe auf den Erhalt bzw. die Steigerung des organischen Anteils zu wenig Wert gelegt. Stroh verbleibt in Form von Häufen auf den Schlägen und wird im darauffolgenden Frühjahr vor der Aussaat verbrannt (vgl. Abb. 5.5). Diese weitverbreitete Praxis hat nicht nur negative Folgen für den Humushaushalt der Böden, sondern stellt eine absolut unnötige Emission von CO₂ dar.



Abb. 5.5: Verbrennen von Stroh des Vorjahres

Die Abnahme der Bodenqualität spiegelt sich in der langfristig abnehmenden Ertragsentwicklung seit der Neulandaktion. Diese Negativentwicklung in Bezug auf Bodenfruchtbarkeit und Erträge ist anhand des Verlaufes der Humusgehalte im Ap-Horizont zu belegen. Nachfolgende Befunde liegen von der Kolchose Grischkowka vor.

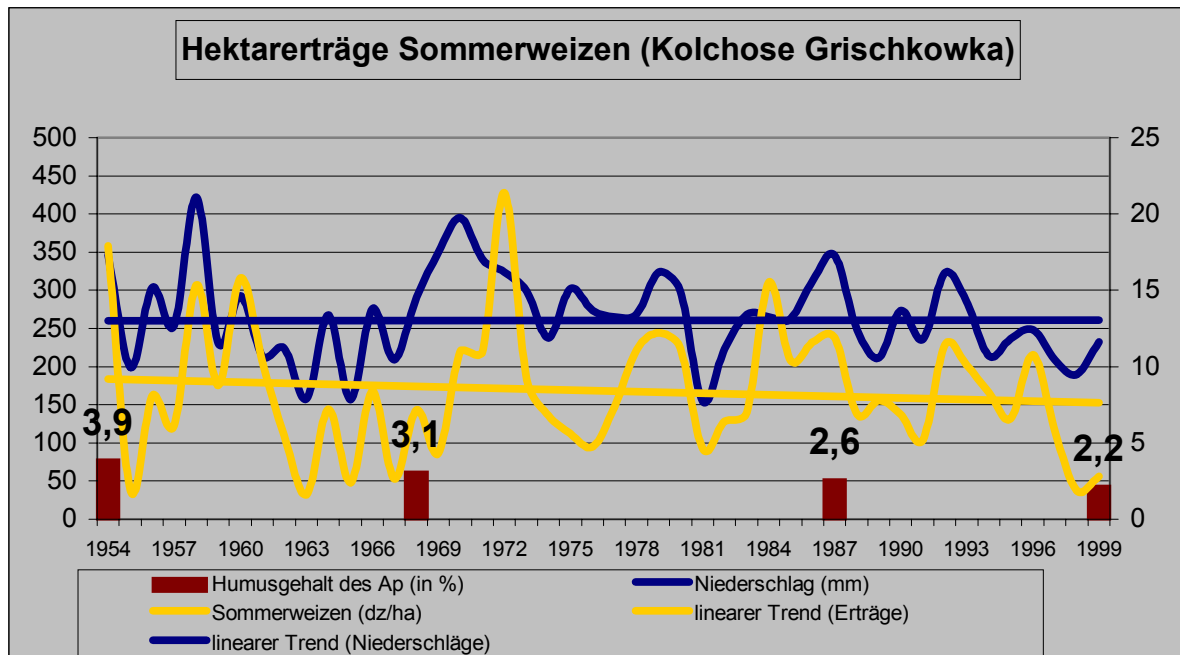


Abb. 5.6: Hektarerträge/ Jahresniederschläge/ Humusgehalt im Oberboden (Kolchose Grischkowka)

Quellen: (1951 Untersuchung des Landesvermessungsdienstes des Altaiskij Kraij, 1969 Untersuchung des Institutes "GIPROSEM"/Barnaul, 1979 Untersuchung des Institutes "GIPROSEM"/Barnaul, 1999 eigene Untersuchungen)

Die Abbildung 5.6 repräsentiert die Abnahme der durchschnittlichen Humusgehalte im Oberboden auf den Flächen der Kolchose. Ergebnis sind abnehmende Erträge bei gleichbleibenden Niederschlägen.

5.2.3 Nutzungsbedingte Faktoren

Die Vielzahl der auf die Ertragsentwicklung wirkenden Faktoren erschwert die Analyse nutzungsbedingter Einflüsse. Besonders die starke Abhängigkeit von Niederschlagsmenge und -verteilung kompliziert die Interpretation variiert Nutzungsarten und -intensitäten. Deshalb erfolgt hier eine Fokussierung auf Makrozusammenhänge der Neulandnutzung wie sie in den qualitativ verschiedenen Nutzungsphasen des Neulandes zum Ausdruck kommen bzw. von den verschiedenen landwirtschaftlichen Programmen intendiert wurden. Unter diesem Gesichtspunkt ist die Betrachtung der einzelnen Verlaufsphasen der einzelnen Stadien ein geeigneter Analyseweg. Die Literaturrecherche und Befragungen ergaben folgende bedeutende ertragsrelevanten Maßnahmen, Neuerungen bzw. Phasen seit einschließlich der Neulandaktion (ORLOWSKI 1955, KALUGIN 1963, DYMOW 1982):

- I. 1954- 1960 Neulandaktion (vgl. Kap.2.1.1/ 2.1.3)
- II. 1960-1965 Späte Phase der Neulandaktion (vgl. Kap.2.1.1/ 2.1.3)
- III. 1965- 1980 Phase der Intensivierung (vgl. Kap. 2.1.4)
- IV. 1980- 1990 Phase der Stabilisierung (vgl. Kap. 2.1.4)
- V. ab 1990 Zusammenbruch und Revitalisierung (vgl. Kap. 2.1.5)

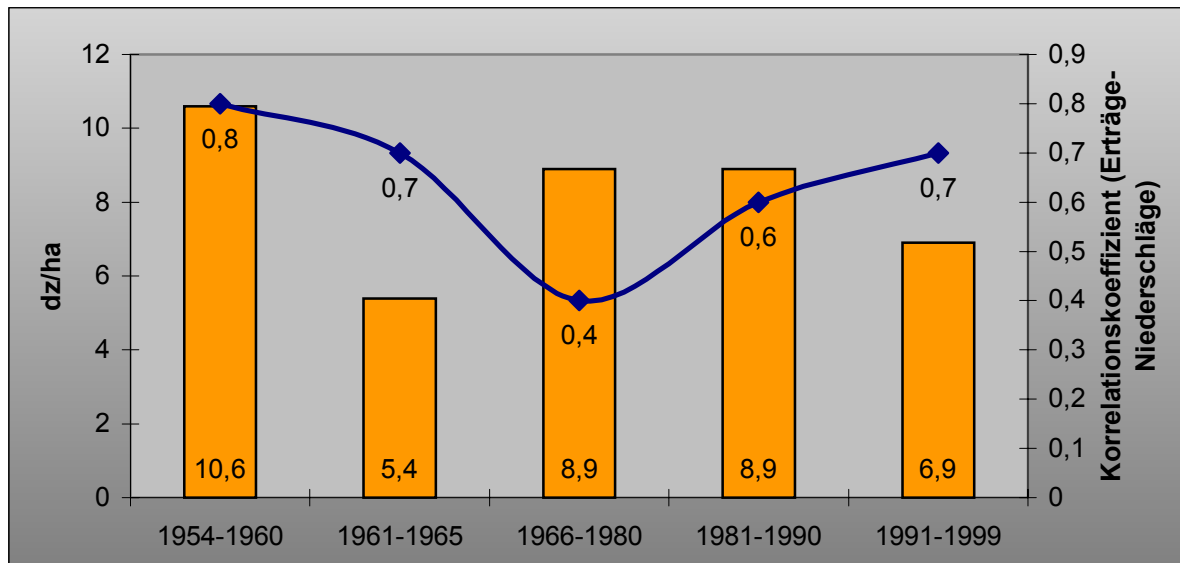


Diagramm 5.7: Sommerweizenerträge der Kolchose Grischkowka

Am Beispiel der Kolchose Grischkowka lassen sich anhand der Ertragsmittelwerte die einzelnen Phasen nachvollziehen.

Die Phase der Neulandaktion (1954-1960) erbrachte die höchsten Hektarerträge. Der Anteil der neu unter den Pflug genommenen Flächen war hoch und die Erträge gestalteten sich aufgrund der guten Nährstoffversorgung sehr gut.

Die Bodenbearbeitung nahm man zu dieser Zeit mit dem Wendepflug vor. Um die Ertragspläne zu erfüllen, säte man auf den Neulandflächen in den ersten 6 Jahren nur Sommerweizen. Nach Aussagen des Agronom der Kolchose, Herrn Schönich, häuften sich bereits in dieser Phase Winderosionsereignisse. Ein extremer Ertragsabfall in den frühen 60er Jahren war die Folge.

Erst mit der Phase der Intensivierung erholen sich die Erträge. Die Einführung der nichtwendenden Bodenbearbeitung reduzierte das Auftreten von Winderosion. Der Streichblechpflug wurde aber weiterhin eingesetzt. Bis heute wird in der Kolchose Grischkowka aller 2-3 Jahre der Boden bis in eine Tiefe von 24 cm gewendet.

Darüber hinaus wurden in der Phase der Intensivierung verstärkt Windschutzstreifen gepflanzt. Ebenfalls setzte man zu dieser Zeit erstmals Mineraldünger ein, um so die durch den Humusverlust eingetretene gehemmte Nährstoffnachlieferung auszugleichen.

Das Ergebnis dieser Maßnahmen war zwar eine Reduzierung aber kein Aufhalten der Winderosion und die Steigerung der Erträge auf etwa 9 dz/ha. Dieses Ertragsniveau konnte in den 80er Jahren gehalten werden. Der Einsatz von Düngemitteln war gängige Praxis und ein wesentlicher Faktor intensiver Produktion. Mit dem Zusammenbruch des sowjetischen Staates zerfielen auch die bisherigen Strukturen im ländlichen Raum. Zunächst stockte die Versorgung mit Saatgut und Düngemitteln, später fehlten die finanziellen Mittel. Seit dieser Zeit wird kaum gedüngt. Die schlechten Erträge von etwa 7 dz/ha der letzten 10 Jahre sind die Folge.

Als ein Indiz für die Qualität von Ackerbaukonzeptionen in Trockengebieten lässt sich die Stärke der Korrelation zwischen der Höhe der Jahresniederschläge und der Erträge heranziehen.

Gemeinhin sind Ziele der ackerbaulichen Nutzung stabile Erträge auf einem wirtschaftlichen Niveau. Ist der Korrelationskoeffizient hoch, gleichen die Feldbaumethoden den klimatischen Einfluss wenig aus und die Erträge sind ähnlich variabel wie die Niederschläge. Dementsprechend wird bei niedrigen Korrelationskoeffizienten die Abhängigkeit vom Niederschlag durch angepasste Nutzungsformen verringert. Die Abb. 5.4 zeigt den schwächsten Zusammenhang während der Phase der Intensivierung. Es wurden in dieser Zeit hinsichtlich des Ertrages nicht nur eine optimale Höhe erreicht, sondern auch eine relativ niederschlagsunabhängige Feldbaukonzeption angewendet. Hingegen bestand zur Zeit der Neulandaktion die größte Abhängigkeit der Erträge vom Niederschlag. Die jüngste Entwicklung zeigt eher eine negative Tendenz zur stärkeren Korrelation. Dieser Trend hat sicherlich mehrere Gründe. So sind hier vor allem abnehmende Qualität des Saatgutes und schlechtere Aussaat- und Bodenbearbeitungsqualität infolge eingeschränkter Vielfalt an Landtechnik zu nennen.

Betrachtet man in historischer Dimension die Entwicklung der Erträge auf der Ebene des Altai-Kraij, ist ein ähnliches Schema nachzuvollziehen (vgl. Abb.5.8). Den ersten Abfall der Erträge brachte der erste Weltkrieg und der Bürgerkrieg nach der Oktoberrevolution. Die Hektarerträge in der vorindustriellen Phase (1901-1914) waren mit durchschnittlich 8,6 dz/ha deutlich höher als in den Jahren 1915 bis 1920 (7,0 dz/ha). Das Vorkriegsniveau wird während der Kollektivierung und Industrialisierung bis zum zweiten Weltkrieg erreicht und beibehalten. In den Kriegs- und Nachkriegsjahren des 2. Weltkrieges fallen die Hektarerträge wiederum auf 7,0 dz/ha. Die Inwertsetzung der fruchtbaren natürlichen Böden der Kulundasteppe in der frühen Phase der Neulandaktion hat eine deutliche Erhöhung der Werte auf bisher nicht erreichte 11,7 dz/ha zur Folge. Der Einbruch der Erträge während der späten Phase der Neulandaktion ist ein Indiz für die Abnahme der Bodenqualität. Aus dieser Zeit stammen bereits Berichte über intensive Winderosionsereignisse in den Steppenregionen (KALUGIN 1963).

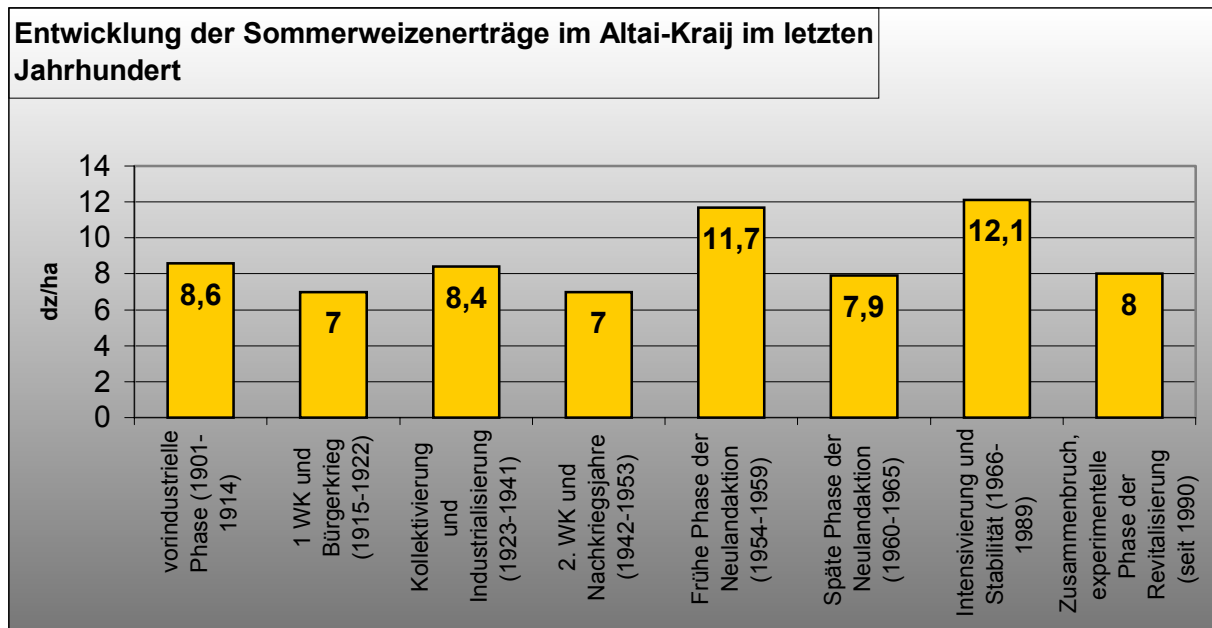


Diagramm 5.8: Entwicklung der Sommerweizenerträge im Altai- Krai im letzten Jahrhundert

Die Maßnahmen des Intensivierungsprogramms (1965-1980) erbrachten eine deutliche Erhöhung und Stabilisierung der Erträge auf durchschnittlich 12,1 dz/ha. Die nächste Zäsur folgte mit dem Zusammenbruch der Sowjetunion. Alle bestehenden Strukturen in der Landwirtschaft lösten sich abrupt auf und werden funktional nur langsam revitalisiert. Infolgedessen lagen die Hektarerträge in den letzten 10 Jahren mit 8,0 dz/ha auf dem Niveau der vorindustriellen Phase.

6 Sozioökonomische Folgen der Ertragsentwicklung

6.1 Bevölkerungsentwicklung in den Neulandgebieten

Ein regionales Migrationsgeschehen ist ein aussagefähiger Indikator für Entwicklung und Niveau landwirtschaftlicher Nutzung von Naturräumen. Exemplarisch ist dieser Zusammenhang zwischen landwirtschaftlicher Nutzung und Migration nachgewiesen in den Great Plains in den USA (WINDHORST 1991, KLOHN 2000):

Dürreperioden folgen in engem zeitlichen Zusammenhang Abwanderungswellen.

Deutlich anders stellen sich sozioökonomische Folgen landwirtschaftlicher Nutzung in der Kulundasteppe dar: Zwar waren landwirtschaftliche Ertragsentwicklung mit Bevölkerungszug verbunden, die mit dem Niedergang der landwirtschaftlichen Produktion nach 1990 zu erwarten gewesene Bevölkerungsabwanderung blieb dagegen bisher im wesentlichen aus.

Es sind einerseits Besonderheiten des früheren sowjetischen Wirtschaftssystems wie auch der umfassende und flächendeckende Charakter der gegenwärtig anhaltenden Wirtschaftskrise der russischen Gesellschaft, die zu signifikanten Modifikationen in den Zusammenhängen von landwirtschaftlicher Nutzung und Migrationsprozessen führen.

In der Sowjetunion betrafen wirtschaftliche Folgen regionaler Missernten aufgrund der zentralen Planung und Koordination der Wirtschaft und ihres ausgleichenden Potentials nicht sofort und unmittelbar die einzelne Region. Kompensatorische staatliche Leistungen einerseits und staatliche Reglementierung der Bevölkerungsbewegung andererseits führten im Ergebnis zur Verhinderung von Abwanderungen auch in krisenbetroffenen Regionen. Es kann deshalb vermutet werden, dass die Erfahrungen dieser jahrzehntewährenden Praxis auch die Einstellungen der Bevölkerung zur Migrationsbereitschaft prägten. Deshalb ist ein Zusammenhang zwischen Dürreperioden und Migrationswellen wie in den Great plains in den USA hier nicht direkt nachvollziehbar.

Dennoch bestehen insbesondere deutliche Zusammenhänge zwischen der forcierten Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktion in der Kulundasteppe und der regionalen Bevölkerungsentwicklung:

Im Zuge der Neulandgewinnung wurde in den Jahren 1954 bis 1960 die Kulundasteppe gezielt besiedelt. Allein 1954 betrug der Bevölkerungszuwachs in der Kulundasteppe 53.000 Menschen (GEORGIEW 1955).

Die Altairegion entwickelte sich in den 70er und 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts als konstanter Getreidelieferant (ARIS 2001). Der Ausbau der regionalen Infrastruktur folgte. So existierten in den späten 80er Jahren nahezu in allen Dörfern der Kulundasteppe Verkaufsstellen, medizinische Einrichtungen, Schulen und kulturelle Institutionen. Selbst Linienflüge von Barnaul nach Slavgorod waren durchaus Normalität.

Heute allerdings hat die im Zuge der Neulandaktion zentral gesteuerte zielgerichtete Besiedlung hinsichtlich der Arbeitsplatzsituation der Bevölkerung gravierende Auswirkungen.

Mit dem Zusammenbruch der Sowjetunion 1990 lösten sich auch die landwirtschaftlichen Großbetriebe auf. Die Folgebetriebe übernahmen nur einen Teil der Landarbeiter und damit verloren viele der im Zuge der Neulandgewinnung angesiedelten Familien Beschäftigung und bisherige Existenzgrundlage.

Entgegen den aus anderen Untersuchungszusammenhängen bekannten Migrationsprozessen blieb die hier zu erwarten gewesene Abwanderungswelle jedoch bisher fast gänzlich aus.

Statt Abwanderung zeigen vorliegende statistische Daten sogar Bevölkerungszuwanderung im ländlichen Raum an. Vergleicht man beispielsweise den Anteil der Stadtbevölkerung im Gebiet Novosibirsk 1979 mit den Daten 1995 wird deutlich, dass die Landbevölkerung in diesen Jahren um mehr als 5% zunimmt (WEIN 1999). Dafür gibt es zwei wesentliche Gründe:

- Erstens fehlen Alternativen; es bestehen keine oder kaum Lebensalternativen außerhalb des ländlichen Raumes. Die Aussichten, in den industriellen Zentren Sibiriens Beschäftigung zu finden, sind bis heute sehr gering. Zum einen kam die Industrie nach 1990 ebenfalls nahezu zum Erliegen und zum anderen stieg der Migrationsdruck auf die südsibirischen Industriezentren durch abwandernde Arbeitskräfte aus dem Norden beträchtlich an (WEIN 1999).
- Zweitens bietet das Verbleiben (und Zuzug) in den Dörfern die existenzsichernde Möglichkeit der Eigenversorgung. In den Hauswirtschaften werden neben dem Anbau der üblichen Kulturen (Kartoffeln, Gurken, Kohl, Tomaten) meist Rinder und Schweine gehalten. Der Verkauf der Tiere ist in vielen Fällen die einzige Möglichkeit der Familien, Geld zu verdienen. Darüber hinaus hoffen viele Landbewohner nach wie vor auf den Erwerb von landwirtschaftlicher Nutzfläche.

Ergebnis dieser jüngeren Entwicklung in der Kulundasteppe ist eine außergewöhnlich hohe Bevölkerungsdichte von 10-25 EW/km² (WEIN 1999), die immer weniger kongruent ist mit der gegenwärtigen Produktivität landwirtschaftlicher Nutzung. Eine tendenzielle Subsistenzwirtschaft sichert zwar vielen Steppenbewohnern ein existentielles Überleben, ohne aber in landwirtschaftlichen Betrieben beschäftigt und in Marktprozessen integriert zu sein. Diese Tendenz hin zur Subsistenzwirtschaft ist somit ein Ausdruck für den verschärften wirtschaftlichen Niedergang in der russischen Landwirtschaft.

6. 2. Die gegenwärtige Situation der deutschstämmigen Bevölkerung

Ein wesentliches Charakteristikum für Vergangenheit, Gegenwart und nächste Zukunft der deutschstämmigen Bevölkerung sind tiefgreifende und äußerst umfangreiche Migrationsbewegungen, die durch wechselnde politische und wirtschaftliche Ursachen erzwungen ihre Lebenswelt und ihr Selbstverständnis einschneidend verändern.

Gegenwärtig lebt die deutschstämmige Bevölkerung auf dem Gebiet der Russischen Föderation in besonderer Konzentration im westsibirischen Großraum:

Tabelle 6.1: Anteil der deutschstämmigen Bevölkerung (Quelle: WESTNIK STATISTIKA 1991)

	Rußland gesamt	Gebiete: Altaj, Oblasti Omsk, Novosibirsk, Kemerovo
Anteil der Deutschen an Bevölkerung gesamt	0, 75 %	3, 50 %
Anzahl	842. 295	357. 486
Muttersprachleranteil bei Deutschen	41, 8 %	53, 8 %

Eine höhere Bevölkerungsdichte der deutschstämmigen Bevölkerung auf dem Gebiet der ehemaligen UdSSR besteht gegenwärtig nur noch in Kasachstan und hier besonders in Zentralkasachstan (WESTNIK STATISTIKA 1991). Gerade aus diesen Gebieten erfolgt anhaltend ein starker Zuzug der Deutschstämmigen nach Westsibirien und in das Altaigebiet.

Auch wenn die statistischen Angaben aus den verschiedensten Gründen keine letzte Genauigkeit haben, so ergibt sich aus dem Vergleich der Volkszählungen 1939 und 1989 für das Altaigebiet doch mindestens eine Vervielfachung der deutschstämmigen Bevölkerung (VOLK AUF DEM WEG 1991).

Die Lebenssituation der deutschstämmigen Bevölkerung in der Altairegion entwickelte sich seit dem Zusammenbruch der UdSSR sehr widerspruchsvoll: Eine Wiederbelebung nationaler und kultureller Identität erfolgt inmitten wirtschaftlicher Krisenentwicklungen und scharfer sozialer Widersprüche; die Lebensperspektive einer Aussiedlung nach Deutschland wird in großer Zahl genutzt und verliert gleichzeitig an Anziehung durch zurückgehende Unterstützung und Akzeptanz in Deutschland. Praktizierte deutsche Volkszugehörigkeit wird einerseits erleichtert und gefördert durch neugewonnene kulturelle Autonomie und andererseits immer

schwieriger durch das Auseinanderbrechen traditioneller Dorfgemeinschaften und zunehmende Assimilation an russische Sprache und Kultur.

Ein Kristallisationspunkt deutscher Volkszugehörigkeit im Altaigebiet ist der Deutsche Nationale Rayon Halbstadt (DNR).

Die 1991 von der russischen Regierung verfügte Einrichtung des DNR Halbstadt ist die Wiedereinrichtung eines von 1927 bis 1938 bereits in diesem Gebiet bestehenden Rayons deutscher Selbstverwaltung und kultureller Autonomie (BMI 1996).

Der DNR Halbstadt, in der Nähe von Slawgorod gelegen, umfasst 16 Dörfer mit 20.700 Einwohnern, von denen sich etwa 90 % zur deutschen Volkszugehörigkeit bekennen (BMI 1996).

Für den Aufbau einer funktionierenden Selbstverwaltung, für materielle Grundlagen der kulturellen Autonomie, der Pflege von deutscher Sprache und Kultur und die Entwicklung einer leistungsfähigen Infrastruktur hat die deutsche Bundesregierung erhebliche Unterstützungen gewährt. Vor diesem Hintergrund konnte die Rayonverwaltung nach 10 Jahren Entwicklung auch bedeutsame positive Entwicklungen für Deutsche und Russen in diesem Gebiet bilanzieren: Wasser- und Stromversorgung wurden modernisiert, die Telekommunikation wurde überregional und international vernetzt, kulturelle Netzwerke, gewerbliche Förderinstrumente und soziale Betreuungsstrukturen wurden kräftig entwickelt (EGH 2001).

Eine Basis der mit deutscher Hilfe erzielten Erfolge wurde schon zuvor geschaffen. Elf wirtschaftsstarke Kolchosen im Rayon hatten in den letzten Jahren mit ihren Überschüssen eine breit angelegte materielle und soziale Infrastruktur finanziert. Allein für die sozialen Einrichtungen hatten die Kolchosen traditionell bis zu einem Fünftel ihres Jahresbudgets verausgabt. Entsprechend verfügten die Ortschaften, die im Deutschen Nationalen Rayon vereinigt wurden, über asphaltierte Strassen mit Gehsteigen und Beleuchtung, über eine zentrale Wasserversorgung, ein Fernwärmenetz, eine medizinische Grundversorgung, Kindergärten, Schulen, Bibliotheken, Kulturhäuser und über Sport- und Freizeiteinrichtungen (EGH 2001).

Die dafür aufgewandten Mittel fehlten den Wirtschaftseinheiten freilich gleichzeitig für produktive Investitionen und erschwerten so den Start in eine marktwirtschaftlich orientierte Wirtschaftsweise nach dem Zusammenbruch sowjetischer Strukturen.

Der wirtschaftliche und soziale Niedergang ist trotz vieler Gegenmassnahmen anhaltend und führte zu einer insgesamt prekären Situation. Zwar wurden im Rayon bis Ende 1997 etwa 800 neue Arbeitsplätze geschaffen, dennoch ist durch hohe Arbeitslosigkeit, durch Geldentwertung und niedrige Einkommen insgesamt die Lebenssituation der Menschen überaus kritisch (HEINEN 2001). Es braucht nur wenige Daten zur Beschreibung eines Krisenszenarios der gegenwärtigen Lebenssituation im DNR:

- Einerseits ist die Landwirtschaft der traditionell wichtigste Produktionszweig und andererseits gehen Bodenfruchtbarkeit, Erträge und auch die Zahl der Arbeitsplätze in der Landwirtschaft zurück. Nicht zuletzt als Folge von

Migrationen entwickelt sich eine Schere zwischen fehlenden landwirtschaftlich qualifizierten Arbeitskräften und einem Überangebot zugewanderter unterqualifizierter Arbeitskräfte.

- Im gewerblichen Bereich erfolgte in der Altairegion flächendeckend ein Niedergang überkommener produktiver Strukturen. „Textil- und Schuhfabriken Möbelwerke, technische und landwirtschaftliche Produktionsstätten sowie Militäreinheiten schlossen ihre Pforten oder stehen heute mit einem Bein im Grabe. Die globale Öffnung der Märkte beschleunigt die Entwurzelung der Menschen.“ (EGH 2001, S. 19). Die Entwicklung eines Kleinunternehmertums als alternative Zukunft gestaltet sich außerordentlich kompliziert. „Denn in den vergangenen zehn Jahren hat sich das Unternehmertum im Altai wie Unkraut entwickelt. Deformiert in Richtung Handel und Schattenwirtschaft zeigt sich bis heute wenig produzierendes Gewerbe“ (EGH 2001, S. 23). Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für Existenzgründungen sind wenig ermutigend, wie allein schon die marktüblichen Zinssätze von etwa 30 % für Investitionskredite zeigen (EGH 2001).
- Der allgemeine Zusammenbruch der wirtschaftlichen und sozialen Infrastruktur nach dem Ende des sowjetischen Staates führte auch für die deutschstämmige Bevölkerung zu einer dramatischen sozialen Situation, die quasi als „Spitze eines Eisberges“ in der Zunahme von Tuberkulose und AIDS sichtbar wird. „In ganz Westsibirien herrscht Tuberkulosealarm: Zwischen 1989 und 1998 hat sich die Zahl der TB-Fälle nahezu verdoppelt. Die Epidemie breitet sich auch unter den zwei Millionen Einwohnern des Altai aus. In einem Gemeinschaftsprogramm versuchen das Gesundheitswesen des Altaj-Kraj und die Entwicklungsgesellschaft Halbstadt die drastische Tuberkulose-Situation in der Region einzudämmen... Schwindsucht gilt landläufig als Krankheit der Armen und sozial Schwachen“ (EGH 2001, S. 38/39).
Eine vergleichbare epidemische Situation wird über AIDS berichtet: Die offiziell registrierten HIV-Fälle stiegen zwischen Mai 2000 und Mai 2001 von 5 auf knapp 2000. Jede Woche werden 70 neue Fälle registriert. Dabei liegt die Dunkelziffer zehnmal höher als die offiziellen Statistiken...Bis jetzt ist die schnelle Verbreitung des HI-Virus hauptsächlich auf Drogenkonsumenten begrenzt. Doch hohe Raten an Geschlechtskrankheiten im Krai gelten bereits jetzt als Indikator für potentiell große Verbreitungschancen des tödlichen Virus durch die sexuell aktive Bevölkerung.“ (EGH 2001).

Diese sozioökonomische Situation ist der Hintergrund von Migrationsprozessen, die das Leben der deutschstämmigen Bevölkerung im Altaigebiet und ihre kulturelle Identität tiefgreifend verändern.

Mit Beginn der neunziger Jahre begann ein Ausreisestrom der deutschstämmigen Bevölkerung nach Deutschland, der in den Herkunftsregionen wie hier in Deutschland zunehmend problematisch ist.

Aus dem Gebiet der ehemaligen Sowjetunion siedelten

1990: 147. 950 Personen

1991: 147.320 Personen

1992: 195. 576 Personen

1993: 207.347 Personen

1994: 213. 214 Personen

1995: 209. 409 Personen

1996: 172. 181 Personen

1997: 131. 895 Personen

1998: 101. 550 Personen

1999: 103. 599 Personen

in die Bundesrepublik Deutschland aus.“ (HEINEN 2001)

Der hier seit Mitte der neunziger Jahre sichtbare Rückgang der Aussiedlung nach Deutschland zeigt aber keine Abschwächung der Migrationsprozesse der deutschstämmigen Bevölkerung an, sondern wird kompensiert durch Wanderungsbewegungen innerhalb des Territoriums der ehemaligen UdSSR. Im Ergebnis erschwerter Aussiedlungsbedingungen nach Deutschland gewinnt Westsibirien (und hier besonders die beiden deutschen Rayons) zunehmende Attraktivität für die Ansiedlung der deutschstämmigen Bevölkerung.

Aus diesen beiden Migrationsbewegungen folgt für den DNR Halbstadt einerseits eine quantitative Stabilität der Bevölkerung: „Die Abwanderung wird durch Neusiedler kompensiert, die überwiegend aus Kasachstan und Kirgisien kommen. Jährlich erfolgt ein Bevölkerungsaustausch von etwa 15 % bei gleichbleibender Gesamtbevölkerung des Rayons ...“ (EGH 2001, S. 5).

Für die einzelnen Dörfer des Rayons ist die Bevölkerungsfluktuation von BLICKLE 1995 im Detail untersucht worden:

Tabelle 6.2: Zu- und Abwanderung in den Dörfern des DNR Halbstadt 1995

Dorf	zugereist	davon Deutsche	ausgereist	davon Deutsche
Halbstadt	222	50	199	151
Grischkowa	303	103	292	230
Degtjarka	303	132	363	249
Kamyshi	88	42	87	82
Kusak	179	74	235	223
Nikolajewka	140	36	88	82
Orlowo	187	98	269	166
Podsosnowo	337	96	353	299

Polevoe	270	56	111	84
Protasovo	118	11	282	70
Redkaja				
Dubrava	293	78	109	32
Schumanowka	206	48	221	205
Insgesamt	2 646	824	2609	1873

Diese Detailanalyse zeigt die andere Seite der Bevölkerungsfluktuation: Den tiefgreifenden qualitativen Strukturwandel. Der alteingesessene deutschstämmige Bevölkerungsanteil geht drastisch zurück. „1996 lebten nur noch circa 40 % der alteingesessenen Bevölkerung von 1992 im Rayon“ (EGH 2001, S. 5). Man muss davon ausgehen, dass dieser Prozess noch nicht beendet ist. Die Folgen waren bereits bisher für das Leben der Deutschstämmigen äußerst schwerwiegend, sowohl für das Funktionieren der sozialen Infrastruktur wie auch für Bestand und Entwicklung kultureller deutscher Identität. „Die wachsenden Aussiedlerzahlen hatten in den angestammten Siedlungsgebieten einen verhängnisvollen Rückkopplungseffekt ... Die örtlichen Gemeinden zerfielen, sinkende Lehrer- und Schülerzahlen an den deutschen Schulen führten zu einem verschlechterten Unterrichts- und Bildungsangebot“ (EGH 2001, S. 5). Dazu kommen soziale Reibungen, die aus der kulturellen Differenz der neu Zuwandernden herrühren; vorwiegend aus Kasachstan kommend haben sie eine von den Alteingesessenen verschiedene Sozialisation, sind häufig weniger ausgebildet, die Bindung an deutsche Sprache, Brauchtum und Kultur weniger ausgeprägt. Nicht selten sind die Zuwandernden weitgehend assimiliert, leben in binationalen Partnerschaften und in der russischen Sprache. Auch wenn sie sich selbst der deutschen Volkszugehörigkeit verbunden fühlen, ist es immer weniger Realität.

Die bereits eingetretene Entwicklung verlangt von der deutschstämmigen Bevölkerung die mentale Aneignung einer veränderten Perspektive:

Die allgemeine Perspektive kann nicht mehr die Aussiedlung nach Deutschland sein. Dies ist schon deshalb nicht mehr möglich, weil das deutsche Recht die Bedingungen der Aufnahme als Spätaussiedler deutlich erschwert hat und die deutschstämmige Bevölkerung diese Aufnahmevoraussetzungen zunehmend weniger erfüllt. Zudem werden Spätaussiedlungen schwieriger durch abnehmende Akzeptanz in der deutschen Bevölkerung, durch verringerte Leistungen der deutschen Sozialsysteme und durch eine schwierigere Integration der Aussiedler in den deutschen Arbeitsmarkt. Die Attraktivität einer Spätaussiedlung geht auch zurück, wie die statistische Entwicklung und verbreitet auftretende Integrationshindernisse, sowie Anzeichen von kultureller Isolation in russischsprachigen Gemeinschaften in Deutschland anzeigen.

Möglich ist aber auch nicht mehr ein altgewohntes Leben in sich deutsch verstehenden dörflichen, religiösen und familiären Gemeinschaften. Die traditionelle Lebensweise der deutschstämmigen Bevölkerung ist gebrochen, eine

widerspruchsvolle Modernisierung ist im Prozess. „Im Zuge ihrer Entfaltung nimmt die Kultur der Russlanddeutschen den Charakter eines gemeinsamen Erbes Russlands und Deutschlands an. ...mehr denn je wird die Zukunft des Deutschen Nationalen Rayons durch ein nebeneinander und miteinander verschiedener Kulturen... geprägt sein“ (EGH 2001, S. 1).

Für die Verwirklichung dieser Perspektive ist die Fortführung der Hilfe und Unterstützung aus vielen Bereichen der Bundesrepublik Deutschland unverzichtbar. Sie muss weiter hauptsächlich darauf zielen, die Lebensbedingungen in den deutschstämmigen Siedlungsgebieten zu stabilisieren und zu verbessern und den Verbleib in der „zweiten“ Heimat zu fördern.

Wenn auch viele kritische Entwicklungen zu Skepsis veranlassen, so berechtigen die in den letzten Jahren erfolgten vielfältigen Partnerschaften zu deutschen Institutionen und die Erträge dieser Bemühungen doch zu Hoffnung.

6.3 Ökonomische Aspekte der landwirtschaftlichen Nutzung

Die privatwirtschaftenden Farmer und die Nachfolgebetriebe der Kolchosen befinden sich in ihrem gegenwärtigen Bemühen in einer Zwangslage. Auf der einen Seite besitzen sie kaum hochwertige Landtechnik, Düngemittel oder Herbizide, um die Hektarerträge auf einem höheren Niveau zu stabilisieren. Andererseits sind aber Ertragssteigerungen unbedingt nötig, um betriebswirtschaftlich sinnvoll zu handeln. Die geringen Erträge verhindern die Akkumulation von Kapital, welches dringend investiert werden müsste. Hierbei handelt es sich nicht nur um Defizite für langfristige Investitionen in Landtechnik, sondern zunächst fehlen wirtschaftliche Möglichkeiten der Anschaffung von qualitativ hochwertigem Saatgut, Düngemitteln bzw. Herbiziden. Die beispielsweise in den USA gängige Praxis, diese Kosten kurzfristig zu kreditieren und nach der Ernte zurückzuzahlen, ist im Untersuchungsgebiet aufgrund des fehlenden bzw. unvollkommenen Bankensystems nicht möglich.

Dieses betriebswirtschaftliche Dilemma führt zu einer erhöhten Belastung der Ressource Boden:

Brachejahre können nicht eingehalten werden, die Unkrautbekämpfung wird mangels Herbiziden ausschließlich durch Bodenbearbeitung realisiert und dabei wird zudem ungeeignete Bearbeitungstechnik angewendet.

Vor allem die „Farmer“ besitzen eine nur sehr eingeschränkt produktive Bearbeitungstechnik. Aufwändige, bodenschonende Technik mit vielen bewegten Teilen ist oftmals anfällig, so dass schlussendlich wieder der robuste Wendepflug eingesetzt wird. Diese wirtschaftlich erzwungene kurzsichtige Verfahrensweise ist aus agrarökologischer Sicht besonders aus dem Blickwinkel der erhöhten Erosionsdisposition sehr problematisch. Eine realistische ökologische Perspektive der landwirtschaftlichen Bodennutzung verlangt die Berücksichtigung der gegenwärtigen wirtschaftlichen Situation der Landwirte. Die Lösung dieses Konfliktes können deshalb nur Ertragssteigerungen durch integrierte Ackerbaukonzeptionen unter Verwendung der vorhandenen Technik und Möglichkeiten sein (vgl. Kap. 7).

Realistische Entwicklungskonzeptionen für die landwirtschaftliche Bodennutzung in der Kulundasteppe verlangen eine differenzierte Herangehensweise. Es müssen sowohl wirtschaftliche Kriterien einer erfolgreich betriebenen Landwirtschaft wie auch klimatisch-naturräumliche Bedingungen berücksichtigt werden.

Für ausgewählte Rayons der Kulundasteppe wurden Berechnungen zur Ökonomie der Landwirtschaft in den letzten 10 Jahren durchgeführt. Hierbei konnte auf Daten mehrerer betriebswirtschaftlicher Prüfungen, welche die Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) durchgeführt hat, zurückgegriffen werden (STRÖBEL 2000). Im Zuge dieser Erhebungen wurden hektarbezogen die variablen Kosten und die Erträge, sowie der durchschnittliche Verkaufserlös vor Steuer einbezogen (vgl. Karte 6.1). Bei einem angenommenen durchschnittlichen Verkaufserlös von 140 Rubel/dz und durchschnittlichen variablen Kosten für Sommerweizen (Saatgut, Arbeitskraft, Mechanisierung) von 700 Rubel/ ha ergibt sich eine Gewinnschwelle von 5 dzt/ha. Dieser Hektarertrag muss erreicht werden, um die eingesetzten Kosten zu decken. Hierbei sei betont, dass in diese Rechnung weder Steuern oder eventuelle andere Verpflichtungen, noch der Bedarf an Investitionen eingegangen ist.

Die Daten erlauben folgende Schlußfolgerungen:

Alle Rayons der zentralen Kulundasteppe (in Tabelle 7.3 rot gekennzeichnet), mit Ausnahme des Rayon Michajlovskij, haben im Durchschnitt der letzten 10 Jahre mit Verlust gewirtschaftet. Besonders dramatisch ist die Situation in den Rayons Uglovskij und Kulundinskij, in denen von den letzten 10 Jahren nur in 2 Jahren ein Gewinn erwirtschaftet werden konnte.

Tabelle 6.3: Wirtschaftlichkeit der Weizenproduktion in der Kulundasteppe

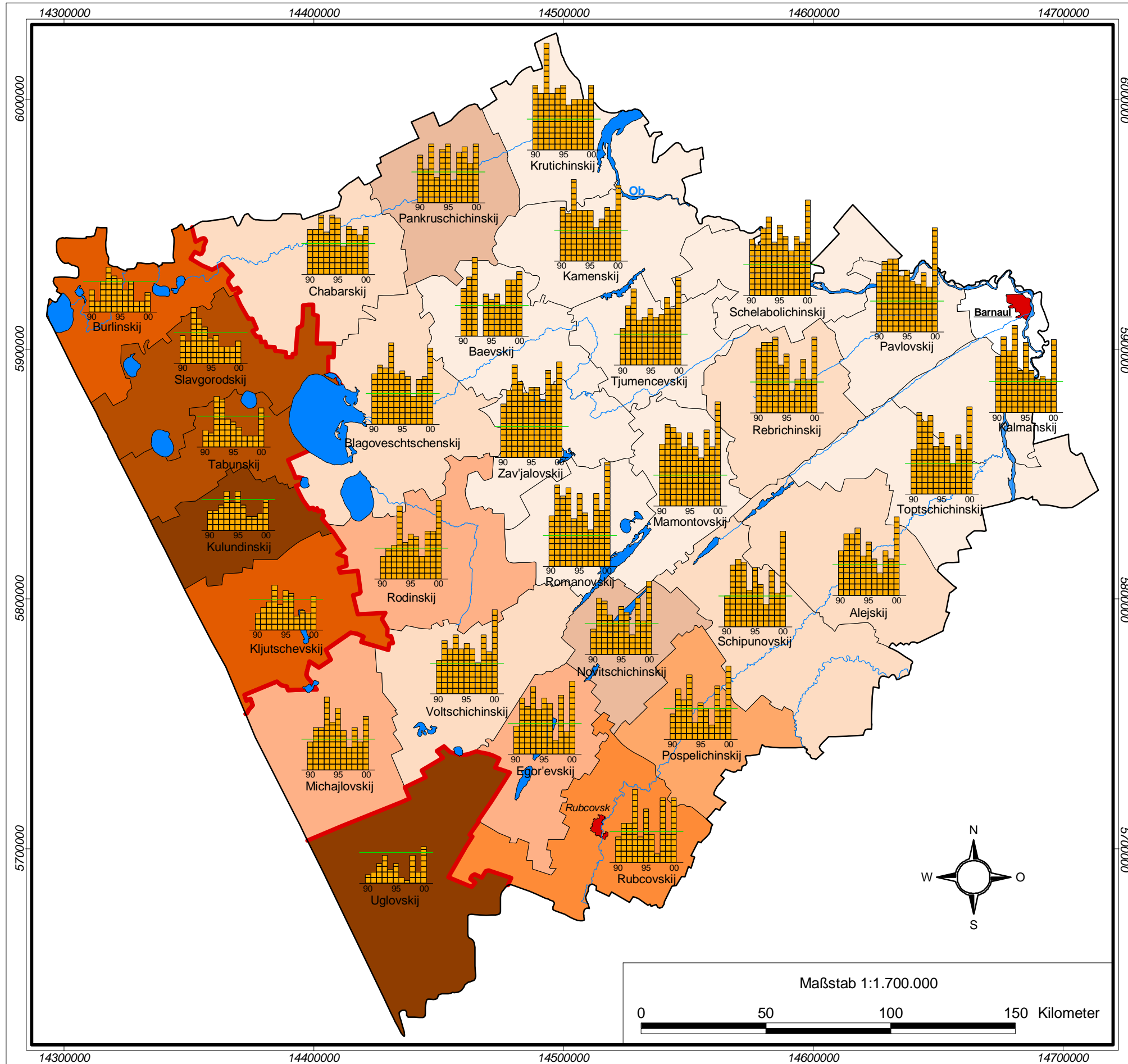
Rayon	Anzahl der Verlustjahre	Ø 1990-2000 Erträge (Sommerweizen dz/ha)
Alejskij	1	8,8
Baevskij	0	9,1
Blagovešenskij	0	9,7
Burlinskij	6	4,5
Volčichinskij	0	8,9
Egor'evskij	2	8,4
Zav'jalovskij	0	12,9
Kalmanskij	0	9,9
Kamenskij	0	9,5
Ključevskij	6	4,8
Krutichinskij	0	10,8
Kulundinskij	8	4,4
Mamontovskij	0	12,5
Michajlovskij	1	7,8
Novičichinskij	2	7,8
Pavlovskij	0	11,4

Pankrušichinskij	2	8,2
Pospelichinskij	3	7,1
Rebrichinskij	1	9,7
Rodinskij	2	7,8
Romanovskij	0	11,8
Rubcovskij	4	7,2
Slavgorodskij	7	5,0
Tabunskij	7	4,5
Topčichinskij	0	10,6
Tjumencevskij	0	10,2
Uglovskij	8	3,0
Chabarskij	0	14,8
Šelabolichinskij	0	11,2
Šipunovskij	1	9,2

Die Tatsache, dass in 6 Rayons der Kulundasteppe langjährig unprofitabel Regenfeldbau betrieben wird, wirft die Frage auf, weshalb wird, wenn nicht aus wirtschaftlichen Gründen, Getreideanbau praktiziert? Die Befragungen im Untersuchungsgebiet ergaben, dass die meisten Angestellten seit Jahren keinen Lohn erhalten haben. Sie werden sporadisch mit Naturalien, meist Futtermittel für die Hauswirtschaften entlohnt. Wenn den Angestellten kein Gehalt bezahlt wird, rentiert sich eventuell der Anbau von Weizen auch in den marginalen Rayons. Das damit der Profit unter beträchtlicher Ausnutzung der Existenzangst der Bevölkerung erwirtschaftet wird, ist Ausdruck des gesellschaftlichen Entwicklungsstadiums in Russland.

Wie deutlich die Wirtschaftlichkeit der Agrarbetriebe im Untersuchungsgebiet mit der naturräumlichen Lage und den langjährigen Niederschlägen sowie der Bodenzonierung zusammenhängt, zeigt Karte 6.1. Aus der räumlichen Verteilung der „profitabel“ wirtschaftenden Rayons kann man die ökonomischen Trockengrenze ableiten (SPÄTH 1980). Sie verläuft in der Kulundasteppe (für die vergangenen 10 Jahre) etwa parallel der 250 mm-Isohyete (vgl. Karte 6.1/ 5.1).

Karte 6.1: Wirtschaftlichkeit des Weizenanbaus in der Kulundasteppe zwischen 1990 und 2000



Topographie

- Untersuchungsgebiet
- Standgewässer
- Strom
- Fließgewässer

Siedlungen

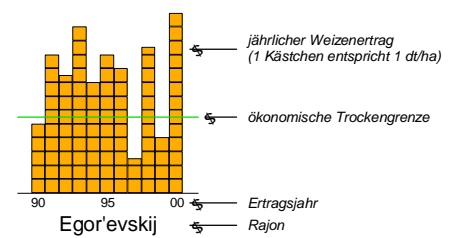
- Siedlungsfläche bedeutender Städte
- Barnaul** Kraj-Zentrum
- Rubcovsk** Oblast'-Zentrum

Wirtschaftlichkeit

Anzahl der Jahre unwirtschaftlichen Weizenanbaus zwischen 1990 und 2000

- kein unwirtschaftliches Jahr
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- ökonomische Trockengrenze
- 6
- 7
- 8
- mehr als 8
- keine Daten

Diagramme



Kartengrundlagen

DEFENSE MAPPING AGENCY AEROSPACE CENTER [Hrsg.] (1988): Tactical Pilotage Chart Soviet Union, Blatt E-6B u. E-6C. M. 1:500.000. St. Louis.

GUGK PRI SM SSSR [Hrsg.] (1987): general'nyj shtab - Slavgorod. M. 1:500.000, Blatt N-44-B, o.O.

Autor: Sören Dammann
Februar 2002

7 Ableitung von Empfehlungen für zukünftige Nutzungskonzeptionen

7.1 Minimumfaktor Bodenfeuchte

Die Bodenfeuchte stellt im agrarökologischen Wirkungsgefüge des Untersuchungsgebietes nicht nur hinsichtlich des Winderosionspotentials eine erhebliche Steuergröße dar. Der wesentliche Minimumfaktor im Regenfeldbau in der Kulundasteppe ist das pflanzenverfügbare Bodenwasser (DYMOW 1982). Stellt man demzufolge das pflanzenverfügbare Bodenwasser in den Mittelpunkt der Betrachtung ergibt sich folgendes (schematisierte) Wirkungsgefüge:

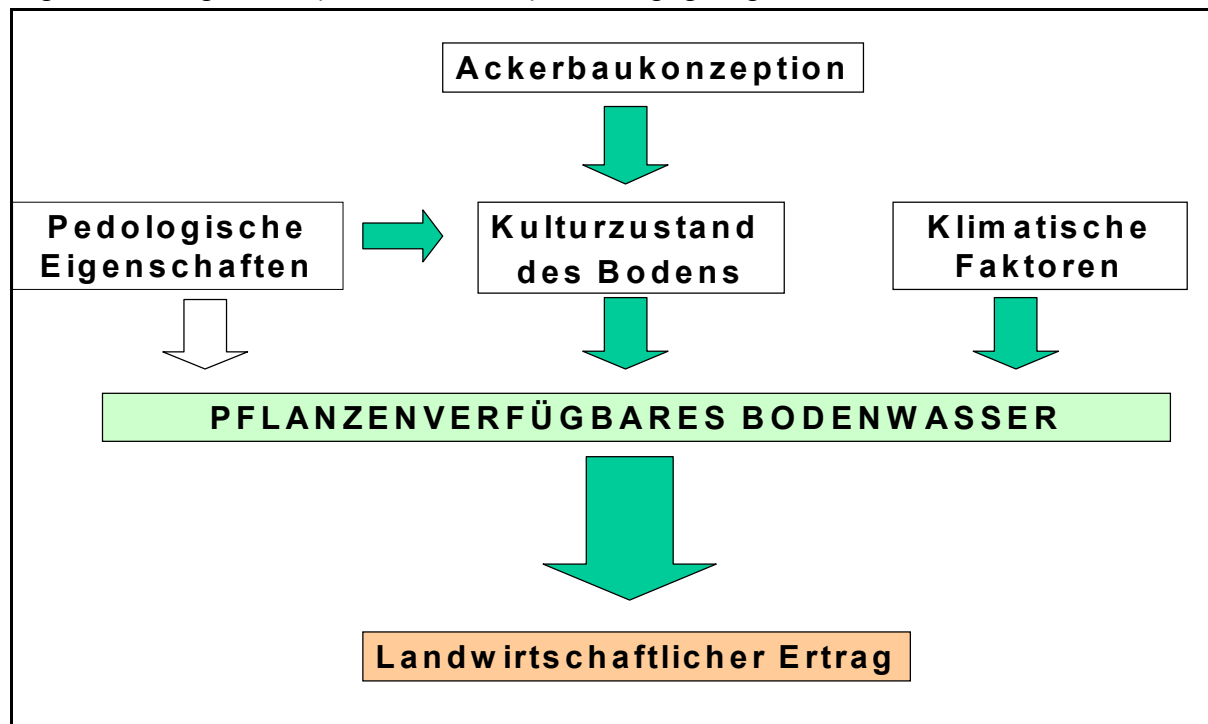


Abb. 7.1: Pflanzenverfügbare Bodenfeuchte im agrarökologischen Wirkungsgefüge

Die in der jeweiligen Steppenregion bzw. in den einzelnen Betrieben favorisierte Ackerbaukonzeption hat über den Kulturzustand Einfluss auf das pflanzenverfügbare Bodenwasser. Für das Untersuchungsgebiet ergaben Befragungen hinsichtlich der Feldbaumethoden eine grundlegende Tendenz:

Je dürrtiger die Niederschläge in der Region, desto kürzere Fruchtfolgen werden angewendet. Hintergrund dafür ist das Bemühen, Niederschlagswasser des Brachejahres im Boden für die darauffolgende Vegetationsperiode zu speichern. In der Trockensteppe wird meistens die Bracherotation: Weizen – Weizen – Sonnenblumen - Brache angewendet. In der feuchteren Steppe und Waldsteppe wird zwischen Weizen nach Weizen und Sonnenblumen oftmals noch ein Jahr Mais gesät.

Diese ackerbauliche Praxis weist hinsichtlich der Bodenfeuchteausnutzung eine Eigenheit auf: Die üblichen Aussattermine sowohl in der Trockensteppe als auch in der Steppe liegen mit Ende Mai bis Mitte Juni außerordentlich spät (vgl. 5.1).

Die späte Aussaat und die teilweise mehrmalige Bodenbearbeitung im Frühjahr hat ein Austrocknen der ersten 10 bis 15 cm Boden bis zum Saatzeitpunkt zur Folge. Um das Saatgut dennoch mit Feuchte zu versorgen und damit zum Keimen anzuregen, muss eine große Saattiefe gewählt werden. Der Keimling verbraucht dadurch auf dem langen Weg zur Bodenoberfläche viel Energie, welche zum frühzeitigen Wurzelwachstum notwendiger wäre. Diese Mechanismen in Kombination mit einer schlechten Keimfähigkeit des Saatgutes haben hohe Ausfallraten zur Folge. Ebenfalls wird auf diese Weise verhindert, dass die Wurzeln der Kulturpflanzen parallel der vertikalen Austrocknung in tiefere (noch feuchte) Horizonte vorstoßen. Stattdessen bilden die Kulturen flachere Wurzelsysteme aus, um das dürftige Niederschlagswasser, welches nur wenige Zentimeter in den Boden eindringt, optimal nutzen zu können. Aufgrund der wenigen tiefen Wurzeln wirken sich Dürreperioden im Juni/Juli besonders schwerwiegend auf die Erträge aus.

Im natürlich Steppenökosystem hingegen nutzen die Pflanzen das Schmelzwasser im Frühjahr und Frühsommer optimal aus. Besonders die Stipa-Arten keimen im zeitigen Frühjahr unter Ausnutzung des hohen Feuchteangebotes und der bereits warmen Temperaturen. Das Wurzelsystem erreicht Tiefen von bis zu 200 cm und kann die Pflanzen auch bei ausbleibenden Niederschlägen mit Wasser versorgen. Der Vegetationszyklus ist größtenteils bereits im Juli, zur Zeit der höchsten Temperaturen und damit der stärksten Transpiration, abgeschlossen, sodass die natürliche Steppenflora weniger von den aktuellen Niederschlägen abhängig ist. Aus dem Blickwinkel des natürlichen Systems ergeben sich somit Hinweise für eine effizientere Ausnutzung der Bodenfeuchtereserven im Ackerbau (vgl. Kap. 6).

Die der Bodenbearbeitung dienenden Aggregate, sowie die üblichen Bearbeitungsgänge sind im Kap. 5.1 auch bezüglich des Bodenwassergehaltes näher erläutert. Darüber hinaus sind die verbreitet aufgetretenen Pflugsohlenverdichtungen bedeutsam. Treten solche Kompressionen auf, ist die Perkolation speziell des Schmelzwassers behindert.

Neben der Bodenbearbeitung haben die pedologischen Eigenschaften Einfluss sowohl auf den Kulturzustand der Böden als auch direkt auf das pflanzenverfügbare Bodenwasser. Die im Kap. 4 behandelte Bodendegradation durch Winderosion hat hinsichtlich des Bodenwasserhaushaltes hauptsächlich folgenden Effekt:

Der verbreitet drastische Humusverlust gegenüber den natürlichen Bodenverhältnissen in Kombination mit Pflugsohlenverdichtung führt zu einer insgesamt verschlechterten Infiltration. Während zwar verringerte Anteile an organischem Material die Feldkapazität reduzieren, wird aber im gleichen Maße die Aggregatstabilität herabgesetzt. Gerade bei schluffigen Böden mit geringen Humusanteilen kommt es bei Starkniederschlägen zum Kollabieren der Aggregate (EHLERS 1996). Die so verminderte Infiltration wird durch die „Sperrschicht“ Pflugsohle weiter gehemmt. Der entstehende oberflächige Abfluss führt zu Reduktion des pflanzenverfügbaren Bodenwassers.

Um diese agrarökologischen Zusammenhänge unter besonderer Berücksichtigung der Bodenfeuchtedynamik unter variierten Anbauvarianten im Untersuchungsgebiet auch experimentell nachvollziehen zu können, wurde in der typischen Steppe (Kolchose „Schumanowka“) ein Versuchsfeld eingerichtet (vgl. Kap. 3.4). Besonderes Augenmerk wurde bei der Versuchsanordnung auf das Wasserspeichervermögen der Böden und die Bodenfeuchtedynamik im Brachezyklus („Trockenbrache“) gelegt. Hierzu wurden folgende hinsichtlich der vorhandenen Technik und Logistik möglichen Varianten gewählt:

1. Herbizidbrache
2. Schwarzbrache (flache Bearbeitung) mit Mulchauftrag
3. Schwarzbrache (flache Bearbeitung)
4. Schwarzbrache (tiefe Bearbeitung)
5. Referenz Sommerweizen

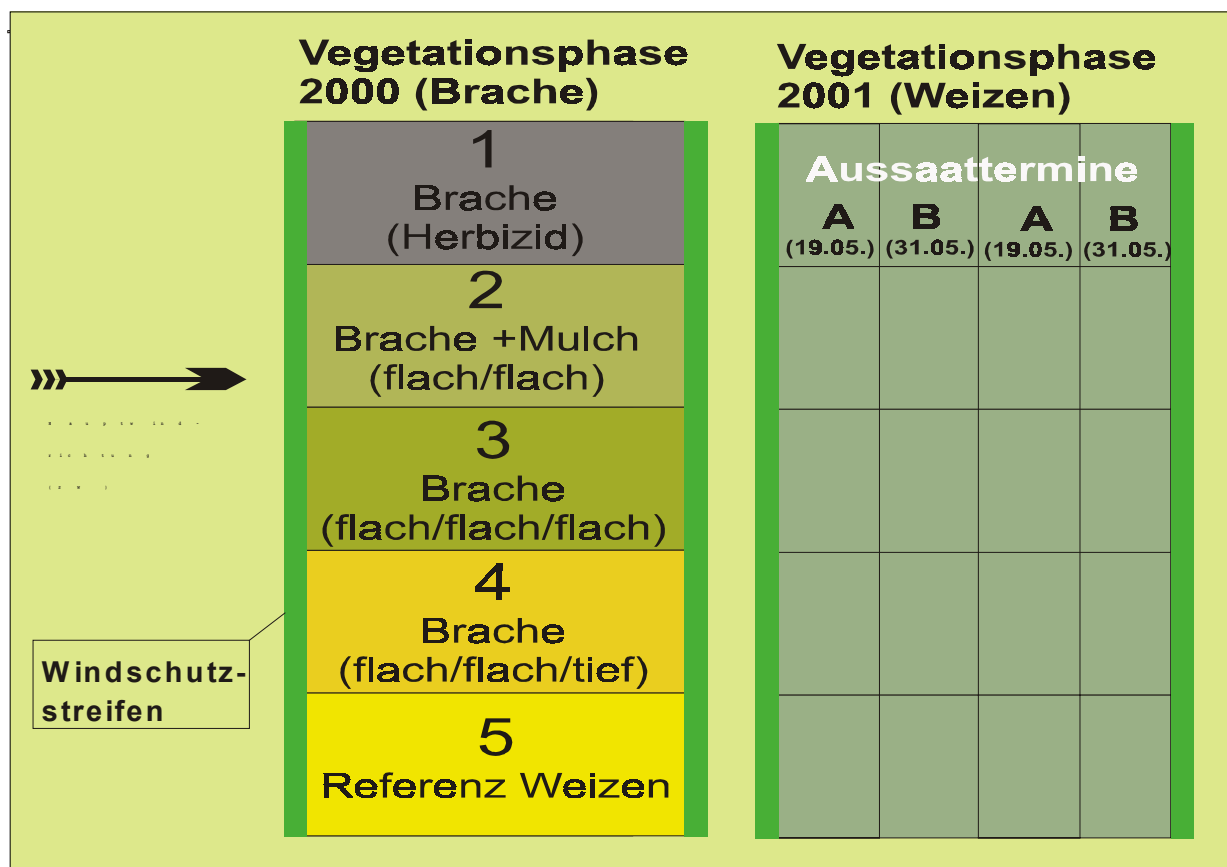


Abb. 7.2: Anordnung des Versuchsfeldes „Schumanowka“ in den Vegetationsperioden 2000 und 2001

Darüber hinaus sollte der Einfluss variiertes Saatzeitpunkte auf die Ertragsentwicklung untersucht werden. Zu diesem Zweck wurden in regelmäßigen Abständen die Bodenfeuchte gemessen und Niederschläge, Temperaturen, sowie die pedologischen Grundgrößen erhoben (vgl. Kap. 3.1).

Im zweiten Jahr der Untersuchung wurde die komplette Fläche mit Sommerweizen belegt und eine Ertragsmessung durchgeführt.

In der Längsausdehnung ergab die Untersuchung des Versuchsfeldes relativ homogene Bodenverhältnisse. Es handelt sich um einen südlichen Tschernosem mit einem Ap-Horizont von 27 cm und einem Humusanteil von 3-4% im Oberboden entwickelt aus sandigem Lehm.

Im rechten Winkel zu den Windschutzanlagen hingegen trat eine Differenzierung auf. Die Mächtigkeit des A-Horizontes lag vor und nach den Windschutzstreifen deutlich höher als im Zentrum des Schlages (vgl. Kap. 4) Deshalb wurde zum einen die Bodenfeuchte immer im Zentrum des Schlages aufgenommen und zum anderen eine Wiederholung der variierten Saatzeitpunkte gewählt (vgl. Abb. 7.2).

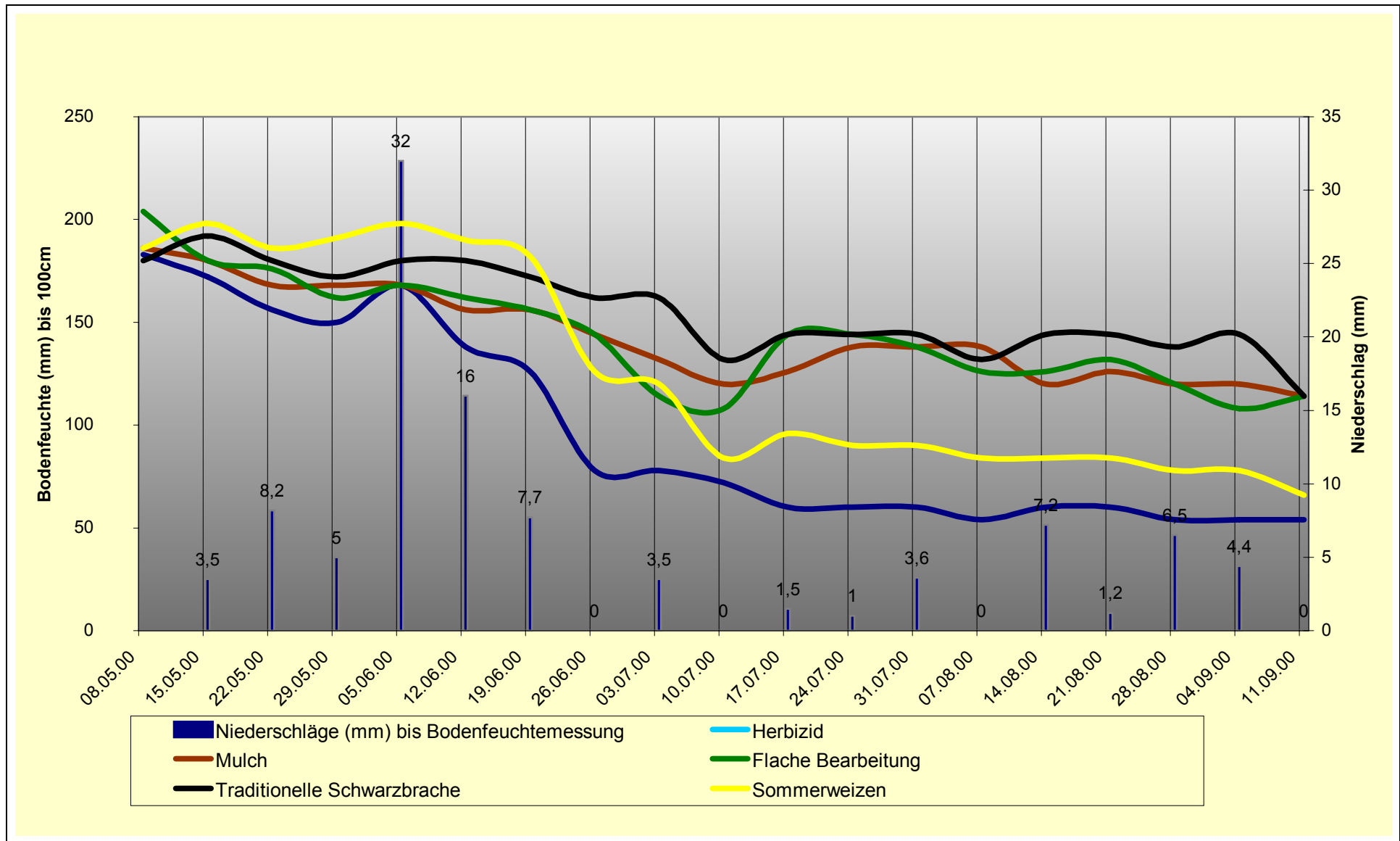


Abb. 7.3: Bodenfeuchtedynamik im Jahr 2000 auf dem Versuchsfeld „Schumanowka“

Die Ganglinien der Bodenfeuchte auf den einzelnen Parzellen im Jahr 2000 weisen alle einen negativen Trend auf. Die nach der Schneeschmelze vorhandenen Wasserreserven werden im Laufe des Frühjahrs und des Sommers bei allen Bewirtschaftungsarten reduziert. Durch die Brachevarianten gelang es mit Ausnahme der Parzelle 1 (Herbizidbrache) gegenüber der Referenz Sommerweizen (Parzelle 5) bis in den September hinein etwa 40% (50 mm) mehr Schmelz- bzw. Niederschlagswasser im Boden zu speichern. Auf der Parzelle Herbizidbrache trat der höchste Wasserverbrauch auf. Grund hierfür ist die viel zu späte Applikation des Totalherbizides (24.07.) aufgrund von Lieferschwierigkeiten. Der dadurch versäumte Erkenntnisgewinn hinsichtlich der Herbizidwirkung auf den Bodenwasserhaushalt wird jedoch durch die Feststellung kompensiert, dass offensichtlich die auf der Parzelle 1 gewachsenen Unkräuter sehr gut an die Standortverhältnisse angepasst sind und damit dem Boden mehr Wasser zu entziehen vermögen, als die Sommerweizenkulturen. Diese Erkenntnis hat Auswirkungen auf die Einschätzung des Unkrautdruckes bezüglich der Ertragsentwicklung.

Die Messungen der Bodenfeuchte mussten nach dem 11.09.2000 aufgrund erster Fröste eingestellt werden.

Die Messung der Schneehöhen auf dem Zentrum der Parzellen ergab nahezu einheitliche Werte. Die Schneehöhe belief sich am Ende des Winters (25.03.2001) auf durchschnittlich 60 cm. Der Schnee erbrachte nach der Schmelze durchschnittlich 120 mm zusätzliches Bodenwasser in den ersten 100 cm (vgl. Abb. 7.4).

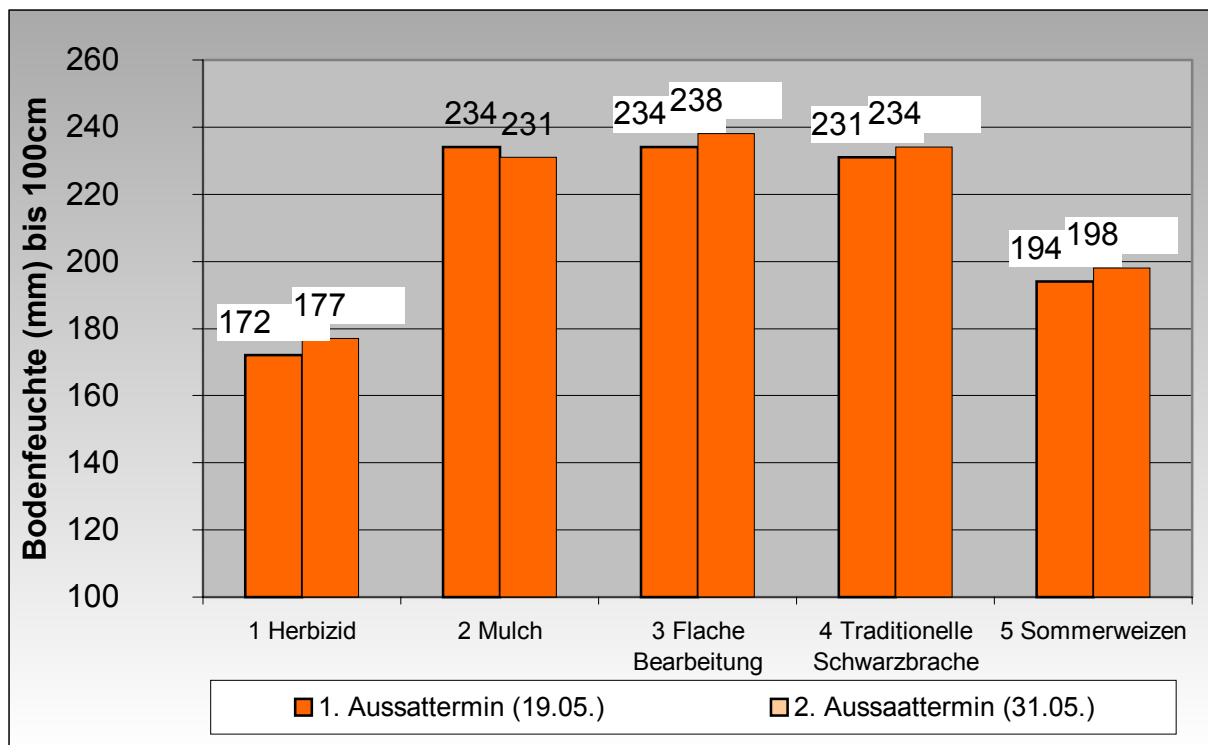


Abb. 7.4: Bodenfeuchteangebot zur Aussaat

Zur Aussaat im Jahr 2001 ergibt sich folgende Ausgangssituation:

1. Parzelle 1 (Herbizid) verfügt über die geringsten Bodenfeuchtereserven.
2. Die effektivste Speicherung der Vorjahresniederschläge erzielt die Brache mit flacher Bearbeitung.
3. Bei dem zweiten Aussaattermin verfügen die Parzellen nahezu über das gleiche Maß an Bodenwasser im Wurzelraum (100 cm) gegenüber dem zeitigen Aussaattermin.

Daraufhin ergeben die Hektarerträge des 2001 gesäten Sommerweizens folgendes Bild:

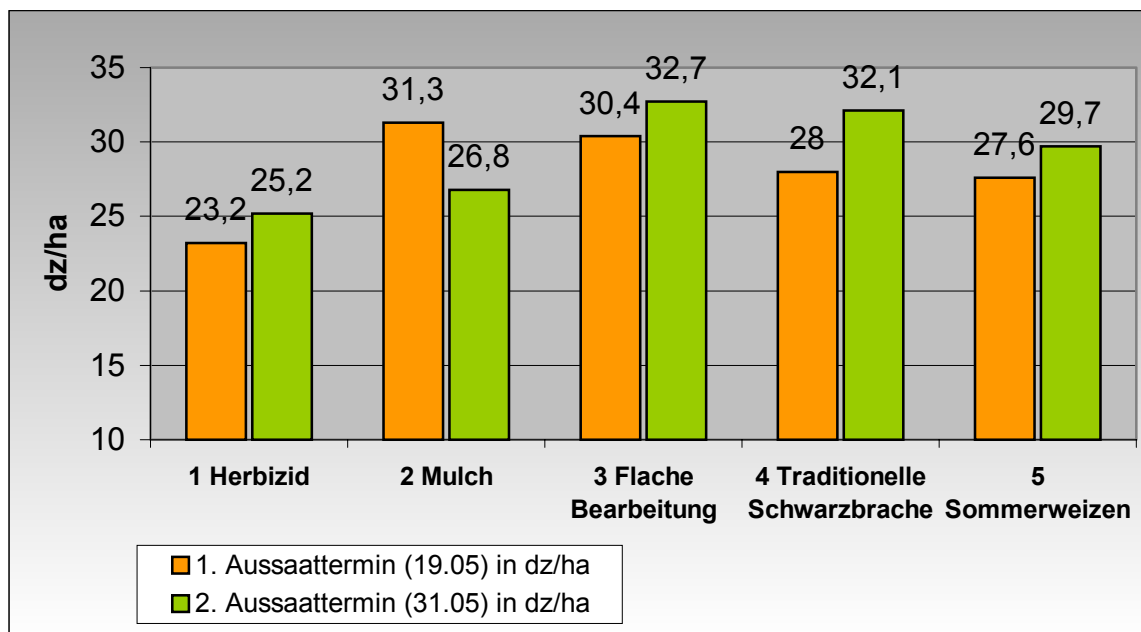


Abb. 7.5: Hektarerträge Sommerweizen auf dem Versuchsfeld „Schumanowka“

Bei der Betrachtung der Erträge des Versuchsfeldes fallen zunächst die im Vergleich mit dem langjährigen Mittel (ca. 13 dz/ha) hohen Werte auf. Diese außergewöhnlichen Ergebnisse sind mit Hilfe folgender Zusammenhänge nachvollziehbar. Zum einen wurden die Erträge durch manuelles Dreschen ermittelt, was zur Folge hat, dass weder Dresch- noch Transportverluste auftraten. Zum anderen fiel im Winter 2000/2001 und in der nachfolgenden Vegetationsperiode ungewöhnlich viel Niederschlag. Die langjährigen Durchschnittswerte (November-Juli) von 290 mm wurden um ca. 30% überboten und lagen bei 385 mm.

Die enormen Niederschläge speziell im Mai (40 mm) sind ebenso ausschlaggebend für die geringen Unterschiede der Hektarerträge sowohl zwischen den einzelnen Brachevarianten als auch zwischen den Aussaatterminen. Der Zugewinn an Bodenfeuchte des Vorjahres von 45% auf Bracheflächen gegenüber der Weizenreferenz (vgl. Abb. 7.3) wurde über die winterlichen Niederschläge nivelliert. Die 45% zusätzliche Bodenfeuchte aus dem Vorjahr verringerte sich auf einen prozentualen Unterschied von lediglich 25% zur Zeit der Aussaat.

Über die sehr gute Wasserversorgung nach der Schneeschmelze hinaus fiel in der Vegetationsperiode mit 123 mm (Mai-Juli) nochmals ausreichend Niederschlag. Dementsprechend gestalten sich die Hektarerträge auf dem Versuchsfeld relativ einheitlich. Die Unterschiede der Bodenfeuchte sind in Jahren mit dürftigen Niederschlägen ertragsrelevanter als in feuchten Jahren, wie dem Versuchsjahr. Daten der umliegenden Kolchosen bestätigen, dass in den letzten 20 Jahren die Erträge von „Weizen nach Brache“ gegenüber „Weizen nach Weizen“ um 1/3 höher lagen.

Die ermittelten geringen Ertragsunterschiede infolge der variierten Saatzeitpunkte sind ebenfalls nur in Jahren mit ausreichender Wasserversorgung über Niederschläge im schmalen Zeitfenster im Mai und Juni zu erwarten. Bleiben diese punktgenauen Niederschläge aus, werden bei derart späten Saatzeitpunkten Ertragseinbrüche zu erwarten sein.

Dieser starke Zusammenhang zeigt sich in der Korrelation der monatlichen Niederschläge mit den Hektarerträgen. Im ausgewählten Beispiel sind die relevanten Monate sowie die Jahresniederschläge mit den Hektarerträgen des Rajons Slavgorod korreliert.

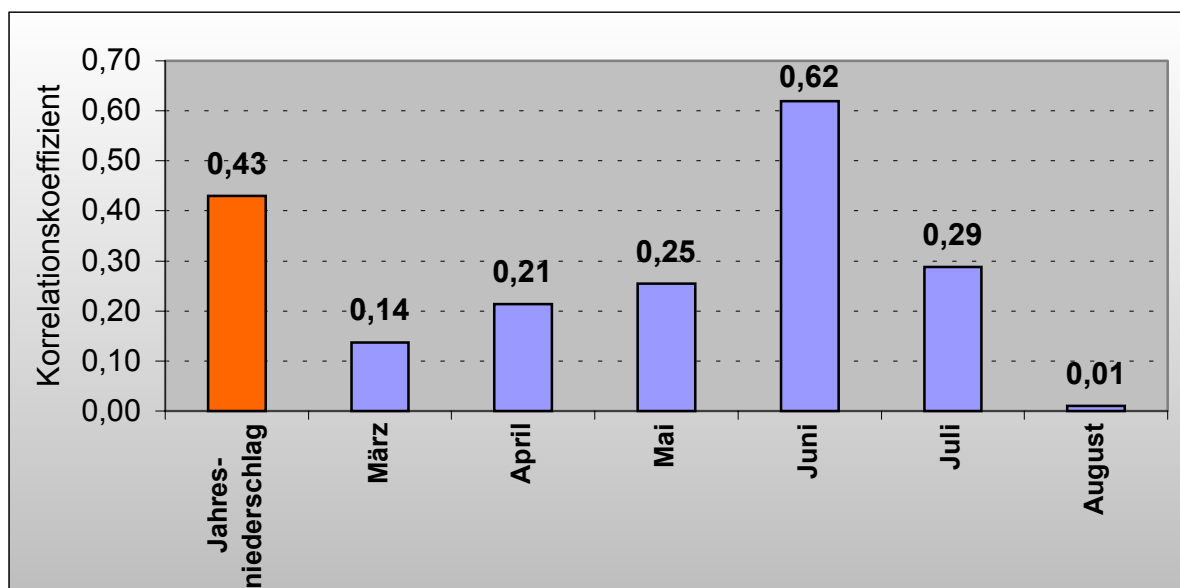


Abb. 7.6: Korrelation der monatlichen Niederschläge mit den Hektarerträgen seit 1954 (45 Jahre; Rajon Slavgorod)

Die deutlich stärkste Korrelation zeigt sich im Monat Juni. Damit sind die Erträge äußerst abhängig von Niederschlägen genau zum üblichen Saatzeitpunkt. Die Bodenfeuchtereserven der Schneeschmelze können bei späten Saatterminen somit nicht ausgleichend wirken.

Aus der Betrachtung der Bodenfeuchtedynamik unter den in der Kulundasteppe dominierenden Klima- und Bodeneigenschaften, sowie der Bearbeitungsvarianten

und aus den Ergebnissen der Versuchsanlage lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Die übliche Ackerbaukonzeption (Bodenbearbeitung, Fruchtfolgen, Saatzeitpunkte) ist hinsichtlich des Bodenwasserhaushaltes wenig den Klima- und Bodeneigenschaften angepasst. Folge davon sind neben dem hohen Winderosionsrisiko niedrige Erträge, mit häufigen Missernten infolge der starken Abhängigkeit von Niederschlägen in einem engen zeitlichen Bereich.
- Die Ergebnisse des Versuchsfeldes zeigen, dass über geeignete Brachevarianten etwa 40% mehr Feuchte im Gegensatz zum Anbau von Kulturen für die folgende Vegetationsperiode im Boden gespeichert werden kann. Die Auswirkung der Bodenfeuchtespeicherung auf den Ertrag sind in trockenen Folgejahren erheblich höher als in feuchten Folgejahren. Die Ertragsentwicklung infolge der Anwendung von Trockenbrache sowie variierter Saatzeitpunkte ist allerdings längerfristig zu untersuchen, um den Einfluss der hochvariablen Niederschläge bewerten zu können.

7.2 Trockensteppe

Die zentrale Frage, ob in der Kulundasteppe zukünftig Ackerbau ökonomisch und ökologisch nachhaltig betrieben werden kann, ist für die einzelnen Steppenfacies getrennt zu beantworten. Während in der Zone der Trockensteppe in den letzten Jahren nicht profitabel gewirtschaftet werden konnte und verbreitet Desertifikationserscheinungen auftreten, gestaltet sich die Situation in den feuchteren Varianten typischer Steppe und Waldsteppe andersartig. Das Ausmaß der Bodendegradation und der Grad der Wirtschaftlichkeit des Regenfeldbaus ist hier weitaus positiver. Zwar ist eine grundsätzliche Veränderung der Ackerbaukonzeption unerlässlich, aber eine künftige ackerbauliche Nutzung durchaus möglich.

Entsprechend dieser Differenzierung erfolgt eine Gliederung der Empfehlungen gemäß der Naturräume. Auf eine Unterteilung in Alternativen hinsichtlich des Erosionsschutzes und der Ertragssteigerung wird verzichtet, weil beide Ziele oftmals, wenn auch nicht immer, durch analoge Maßnahmen zu erreichen sind.

In Anbetracht des Schädigungsgrades des Bodens in großen Teilen der Trockensteppe mit Jahresniederschlägen von ca. 250 mm ist von Desertifikation zu sprechen (BABA EV 1999). Der Boden ist durch die langjährige intensive ackerbauliche Bewirtschaftung soweit geschädigt, dass die natürliche Steppenfauna auch bei deren Einsaat nicht bestehen könnte.

Nutzungswandel

Um Desertifikation im Untersuchungsgebiet entgegenzuwirken, besteht auf den stark veränderten Standorten keine Alternative zur konsequenten Umnutzung. Ackerbau sollte aufgrund des hohen Erosionspotentials der vorgeschädigten Schläge eingestellt werden. Darüber hinaus ist Regenfeldbau unter diesen pedologischen Bedingungen kaum wirtschaftlich.

Daraus erwächst die Frage nach sinnvollen Alternativen für stark geschädigte Standorte. Zweifelsfrei ist für diese Flächen nur eine Aufgabe der ackerbaulichen Nutzung zu empfehlen. Eine Alternative zur Bewirtschaftung durch Regenfeldbau ist extensive weidewirtschaftliche Nutzung.

Eine großflächige Umnutzung der Flächen ist wiederum (ähnlich der Neulandgewinnung) nur auf politischer Ebene möglich. Die Umsetzung muss sowohl in ökonomischer als auch ökologischer Hinsicht behutsam realisiert werden. Als erster Schritt wird eine pedologische Aufnahme der geschädigten Standorte flächendeckend für die marginalen Steppenrajone vorgeschlagen. In einem zweiten Schritt sollten anschließend Schläge bzw. Sektoren zur Umwandlung ausgegrenzt werden. Parallel dazu sind Versuche zum Anbau mehrjähriger Gräser unter den veränderten Bodenbedingungen zu empfehlen und geeignete Sorten auszuwählen. Die Frage der winterlichen Futtermittellieferung kann weiterhin durch die Anlage von Heuvorräten sowie durch Zukäufe gelöst werden. Dabei ist jedoch ein ausgewogenes Verhältnis zwischen verfügbarer Hektarfläche und Tieranzahl einzuhalten.

Mehrjährige Kulturpflanzen

Eine andere Alternative zu intensivem Feldbau stellt der Anbau mehrjähriger Kulturpflanzen dar. Dabei ist besonders an Gräser mit Körnerertrag zu denken. Mehrjährige Gräser haben den erheblichen ökonomischen Vorteil, dass die Investition der Einsaat wegfällt und damit in Dürre Jahren kaum Verlust entsteht.

In Hinsicht der Bodenqualität, des Bodenwasserhaushaltes und der Erosionsgefahr bergen mehrjährige Kulturen weitere Vorteile in sich:

- Die „Saat“ geht bei optimalen Temperatur- und Bodenfeuchtebedingungen auf; agrotechnische Faktoren, wie die Befahrbarkeit der Schläge, spielen eine untergeordnete Rolle.
- Die Schläge müssen nur zur Ernte befahren werden, wodurch Bodenverdichtungen vermindert werden.
- Durch die fehlende Bodenbearbeitung, die Wirkung der Wurzeln und durch die ganzjährig erhöhte Rauigkeit der Bodenoberfläche wird Winderosion verhindert.

Als Nachteil mehrjähriger Kulturen ist mit erhöhtem Unkrautdruck zu rechnen, welchem aber (in feuchten Jahren) mit Hilfe von Herbiziden zu begegnen ist.

Direktsaat

Auf wenig geschädigten Standorten der Trockensteppe ist aus agrarökologischer Sicht Ackerbau möglich. Dass hierfür der konsequente Einsatz von Direktsaatmethoden vonnöten ist, ist ausdrücklich hervorzuheben. Direktsaat, als konsequenteste Form der konservierenden Bodenbearbeitung muss jedoch als Gesamtkonzept im Rahmen des Trockenfeldbaus verstanden werden. Aufgrund der starken Abhängigkeit von den hochvariablen Niederschlägen sind insbesondere die

agrometeorologischen Gegebenheiten zu beachten. Die Technik der Direktsaat ermöglicht den Anbau von Kulturen ohne vorhergehende Bodenbearbeitung. Deshalb kann der Landwirt im Frühjahr aufgrund von Bodenfeuchtemessungen im Wurzelraum entscheiden, ob das Wasserangebot für einen akzeptablen Ertrag ausreicht und sich damit die Investition der Aussaat rentiert. Ist das Bodenfeuchteangebot nicht ausreichend, kann problemlos Brache angewendet werden.

Darüber hinaus würde eine stärkere Berücksichtigung der klimatischen Gegebenheiten das Risiko eines Ernteverlustes verringern. Die geglätteten jährlichen Niederschläge beispielsweise der Rajone Bajewo und Uglovskoje weisen eine auffallende Periodizität auf. Etwa im Rhythmus von acht Jahren treten Dürreperioden auf (vgl. Abb. 7.7). In den jeweiligen vier trocken Jahren sollte auf die Aussaat verzichtet werden. Die folgenden günstigeren Jahre (Jahresniederschläge von über 300 mm) können hingegen ackerbaulich genutzt werden.

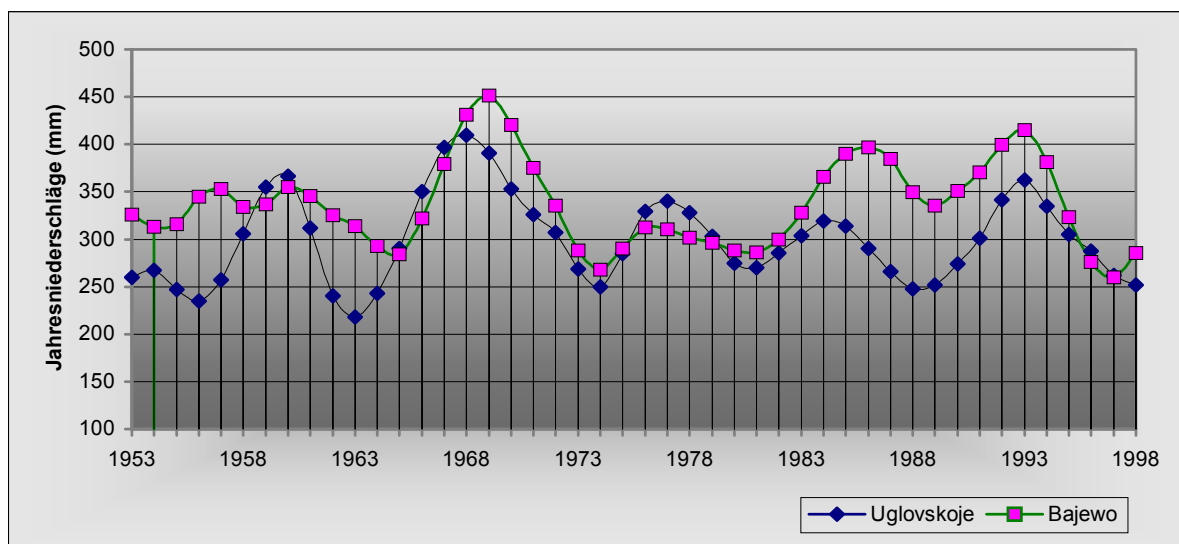


Abb. 7.7: Periodizität der Niederschläge in den Rajonen Uglovskoje und Bajewo

Beim Ackerbausystem „Direktsaat“ werden Unkräuter zu Gunsten des Erosionsschutzes mit Hilfe von Herbiziden kontrolliert. Der Herbizideinsatz ist jedoch im Untersuchungsgebiet kaum üblich. Hier besteht beispielsweise die Möglichkeit über Subventionen für Herbizide das Winderosionspotential einzuschränken.

Aus ökonomischer Sicht erscheinen jedoch hohe Investitionen für bodenschonende Direktsaattechnik wirtschaftlich nicht unbedenklich. Gerade infolge von Investitionen entsteht eine hohe Abhängigkeit von guten und regelmäßigen Erträgen. Deshalb sollte vorerst schwerpunktmäßig mit den vorhandenen Sämaschinen Direktsaat mit Herbizideinsatz betrieben werden.

7.3 Typische Steppe

Das folgende Ackerbaukonzept ist für die Anwendung auf Flächen mit dunklen Kastanosemen und südlichen Tschernosemen mit jährlichen Niederschlägen von etwa 300-400 mm geeignet. In diesen Regionen ist durchaus agrarökologisch nachhaltiger Ackerbau möglich. Einschränkend ist zu bemerken, dass hierfür allerdings die momentanen Bewirtschaftungsformen zu großen Teilen umgewandelt werden müssen.

Hauptziele einer tauglichen Ackerbaukonzeption für die typische Steppe müssen Ertragsstabilität auf einem höheren Niveau und Winderosionsschutz sein.

Trockenbrache

Die bedeutendsten Gefahren für den Ackerbau in der Kulundasteppe sind neben dem Winderosionsrisiko Dürren mit nachfolgenden Missernten. Eine Strategie zur Abschwächung der Dürregefahr ist die aus den Prärieregionen Nordamerikas seit langem bekannte und bewährte Ackerbaukonzeption „Trockenbrache“ (WOODRUFF 1972, WINDHORST 1991, HOPPE 1998). Dabei wird abwechselnd ein Jahr Brache angewendet und im Folgejahr werden Kulturen angebaut. So entsteht ein Bracheanteil von 50%. Vorteil der Trockenbrache ist hauptsächlich der Mehrertrag im Folgejahr durch das im Brachejahr im Boden gespeicherte Niederschlagwasser.

Die konsequente Anwendung des Brachejahres führt jedoch zu zwei ökologischen Gefahrenpotentialen:

1. Die für die Anwendung der Trockenbrache prädestinierten semiariden Grasländer besitzen ein hohes Winderosionspotential.
2. Eine weitere Gefahr bei der langjährigen Beeinflussung der Bodenwasservorräte besteht hinsichtlich der Versalzungstendenzen. Untersuchungen in den Great plains belegen die Erhöhung der Grundwasserstände mit nachfolgender ascendierender Versalzung aufgrund der Trockenbrache (HOPPE 1998).

Das Risiko, durch Trockenbrache die Grundwasserstände anzuheben und damit Versalzung infolge kapillaren Aufstieges auszulösen, ist im Untersuchungsgebiet nur bedingt zu erwarten:

- Die Grundwasserstände im Untersuchungsgebiet liegen mit wenigen Ausnahmen tiefer als 10 m (ATLAS ALTAISKOVO KRAJA 1978). Kapillarer Aufstieg findet jedoch erst ab maximal einem Grundwasserstand von ca. 2 m statt. Die seltenen Depressionen mit geringerem Flurabstand des Grundwasseraquifers sind ohnehin nicht ackerbaulich genutzt.
- Das Niederschlagsangebot im Untersuchungsgebiet ist derart gering, dass die Feldkapazität des durchwurzelbaren Bodenraumes in jedem Falle ausreicht, das anfallende Wasser zu binden (vgl. Kap. 4.2.3). Demnach findet hier auch keine Grundwasserneubildung statt.

Bei der Anwendung von Trockenbrache können maximal etwa 30% des Niederschlagswassers des Vorjahres im Boden gespeichert werden (ANDRAE 1974). In der typischen Steppe entspricht dieser Anteil im langjährigen Mittel ca. 80 mm Bodenwasser. Dieser Anteil wird bei nutzbaren Feldkapazitäten von 200-300 mm bereits in der 100 cm- Schicht, spätestens aber wenige Dezimeter tiefer gebunden.

Das Winderosionsrisiko ist bei Anwendung der Trockenbrache ungleich höher. Die derzeitige Praxis der Bearbeitung (mehrfach flach, einmal tief) ist zwar hinsichtlich der Unkrautkontrolle sehr effektiv, dadurch wird jedoch das Erosionsrisiko unverhältnismäßig erhöht. Die Unkrautbekämpfung während des Brachejahres ist unerlässlich, um die unproduktive Transpiration zu verhindern. Wird die Unkrautvernichtung ausschließlich durch Bodenbearbeitung realisiert (Schwarzbrache), entsteht aufgrund des trockenen und gut gekrümelten Bodensubstrates sowie der geringen Rauigkeit der Geländeoberfläche ein enormes Winderosionsrisiko.

Dieser Gefahr ist nur durch konsequenten Herbizideinsatz zu begegnen. Dabei ist ein kontaktbasiertes Totalherbizid (z.B. „ROUND up“) einzusetzen, welches allen Unkräutern begegnet. Aufgrund der fehlenden Grundwasserneubildung ist eine Belastung dieses Pfades nicht zu erwarten, zumal der Abbau moderner Herbizide sehr schnell und ökologisch unbedenklich vonstatten geht (TORSTENSSON 1985). Es ist sicher für europäische Verhältnisse sehr ungewöhnlich, Herbizideinsatz aus „ökologischen Gründen“ zu empfehlen. Für das Untersuchungsgebiet sind jedoch Herbizide die einzig mögliche Alternative zur Unkrautbekämpfung in der bisher praktizierten Form. Nur mit Hilfe von Herbizideinsatz kann dem ökologischen Hauptproblem, der Winderosion, begegnet werden.

Neben dem Herbizideinsatz erfordert die Ackerbautechnologie „Trockenbrache“ eine weitere Voraussetzung. Da der Großteil des Wassers aus dem Vorjahr in der Bodentiefe 40-100 cm gespeichert wird, ist eine ausreichende Infiltrationsrate notwendig. Die Infiltrabilität ist abhängig von Textur und Bodenstruktur (EHLERS 1996). Infolgedessen wirken sich die in der typischen Steppe sehr häufig angetroffenen Pflugsohlenverdichtungen sehr negativ auf die Infiltrationsrate der Böden aus. Perkoliert das Niederschlags- bzw. Schmelzwasser nicht in ausreichendem Maße, kommt es zu Wasserverlust durch oberflächigen Abfluss und Evaporation, so dass weniger Wasser für das Folgejahr gespeichert werden kann. Deshalb ist vor der Einführung der Bracherotation die Bodenstruktur zu prüfen und eventuelle Verdichtungshorizonte sind mittels Bodenbearbeitung zu beseitigen, um anschließend durch den Einsatz von Minimalbodenbearbeitung unnötige Bodenkompressionen von vornherein zu vermeiden.

Im Rahmen einer territorialen Strukturierung der Betriebe sollten Flächen nach den genannten Aspekten (Feldkapazität, Verdichtungen), aber auch hinsichtlich der Entfernung zum Betriebsmittelpunkt ausgegrenzt und zur Bewirtschaftung mittels Trockenbrache im Zweijahreszyklus erklärt werden.

Zusammenfassend lässt sich folgende Brachpflege ableiten:

1. **Flache Bearbeitung** im Frühjahr (Ende April/Anfang Mai), um die Unkräuter zum Keimen zu animieren. Die Winderosionsgefahr ist zu dieser Zeit aufgrund der Bodenfeuchte im Oberboden gering.
2. Einsatz eines **Kontaktherbizides** (Ende Mai). Die Unkräuter können bereits bis 25 cm Bodentiefe gewurzelt haben, da in dieser Schicht ohnehin kaum Wasser für das Folgejahr zu speichern ist.
3. Falls Ende Juni/Anfang Juli weitere Unkräuter auflaufen, ist eventuell ein weiterer Herbizideinsatz vorzunehmen.

Die Unkräuter sind bis zum Frühjahr nicht einzuarbeiten. Damit erhöhen die abgestorbenen Pflanzenteile die Oberflächenrauhigkeit und verbessern die Schneehaltung im Winter.

Ökonomische Aspekte der Trockenbrache

Der „Ausfall“ des Ertrages in jedem zweiten Jahr suggeriert zunächst die Annahme, man müsse jedes zweite Jahr doppelt soviel Sommerweizen produzieren. Tatsächlich werden aber mit der aktuellen, nicht optimalen Brachepflege in der typischen Steppe nur etwa 40 % Mehrertrag produziert (betriebswirtschaftliche Angaben der Betriebe Thälmann Schumanowka, zit. in STRÖBEL 2000).

Auszugehen ist aber nicht vom Hektarertrag, sondern von dem erwirtschafteten Deckungsbeitrag nach Abzug aller variablen Kosten. Betrachtet man demnach eine Periode von 4 Jahren ergibt sich folgendes Bild:

Tabelle 7.1: Wirtschaftlichkeit der Trockenbrache (RUR= Russischer Rubel; 1 EUR entspricht 28 RUR (Stand Mai 2002))

	ÜBLICHE FRUCHTFOLGE			TROCKENBRACHE		
	Kultur	Hektar- ertrag (dz)	Deckungs- beitrag (RUR)	Kultur	Hektar- ertrag (dz)	Deckungs- beitrag (RUR)
1. Jahr	Brache	0	-200	Brache	0	-200
2. Jahr	Weizen	14	1120	Weizen	14	1120
3. Jahr	Weizen	8	285	Brache	0	-200
4. Jahr	Weizen	8	285	Weizen	14	1120
Getreide- gesamt- ertrag		30	x		28	x
Rubel- gesamt- erlös		x	1490		x	1840

In der üblichen mehrgliedrigen Fruchtfolge würde damit im Jahr nach Brache naturgemäß ebenfalls ein höherer Hektarertrag (14 dz/ha) erzielt werden. Der Deckungsbeitrag liegt bei 1120 RUR. In den Folgejahren nimmt jedoch der Ertrag ab und pegelt sich bei etwa 8 dz/ha ein. Der Erlös nimmt aufgrund des hohen Aufwandes der variablen Kosten (Saatgut, Bodenbearbeitung, etc.) drastisch ab (Deckungsbeitrag 285 RUR!).

Im Gegensatz dazu wird in der Rotation Brache-Weizen immer der optimalere Deckungsbeitrag erwirtschaftet. Zudem fallen in dem Brachejahr die hohen variablen Kosten weg. Es ist lediglich die Brachepflege mit einem Aufwand von etwa 200 RUR aufzubringen.

Die Quintessenz dieser Wirtschaftlichkeitsrechnung ist, dass bei der Trockenbrache zwar weniger Weizen produziert, aber mehr Gewinn erwirtschaftet wird. Diese, der früheren Planwirtschaft konträre Überlegung wird sich zukünftig bei den privatwirtschaftlich arbeitenden Farmern durchsetzen müssen.

Neben der Steigerung des Deckungsbeitrages wird bei Anwendung der Trockenbrache das Risiko eines Ernteausfalles minimiert. Da bei dieser Ackerbaukonzeption jeweils die Niederschläge von zwei Jahren für eine Vegetationsperiode genutzt werden, kann eine Dürre im Anbaujahr tendenziell kompensiert werden. Damit ginge die Investition (variable Kosten) nicht verloren. Längerfristig betrachtet, würden die Hektarerträge nicht mehr (in Abhängigkeit von den Niederschlägen) derart stark oszillieren, sondern sich auf einem höheren Niveau einpegeln.

Minimalbodenbearbeitung

Neben der konsequenteren Nutzung der Trockenbrache ist im Untersuchungsgebiet allgemein eine weniger intensive Bodenbearbeitung zu empfehlen. Der maßgebliche Grund dafür ist das hohe Winderosionsrisiko (vgl. Kap. 4/5). Windschutzanlagen in Form von Hecken und Baumstreifen erreichen aufgrund ihrer großen Abstände nur eine begrenzte Schutzwirkung. Aus diesem Grunde ist ein effektiver Erosionsschutz nur über Maßnahmen auf der gesamten Ackerfläche zu erreichen. Die erforderliche bodenkonservierende Alternative zu den aktuellen Bodenbearbeitungsstrategien ist daher die Minimalbodenbearbeitung. Hierbei wird auf das Wenden der Ackerkrume verzichtet und mit Hilfe von Scheibengeräten der Boden horizontal bewegt. Dadurch bleibt die Bedeckung mit Pflanzenrückständen weitgehend erhalten, was durch die Erhöhung der Rauigkeit der Geländeoberfläche einem effektiven Winderosionsschutz entspricht. Solche Scheibenaggregate (BIG/ 03) sind in vielen Betrieben vorhanden, werden aber nicht ausreichend genutzt. Grund hierfür ist wiederum der unerlässliche Herbizideinsatz im Frühjahr.

Weitere Vorteile der Minimalbodenbearbeitung sind die verbesserte Infiltration und langfristig die Vermeidung von Verdichtungen an der Pflugsohle, sowie die Stabilisierung des Anteils an organischem Material (MORGAN 1986).

Stoppelmanagement

Für die zukünftige Nutzung der Ackerflächen in der typischen Steppe ist ein optimaler Umgang mit den Pflanzenrückständen anzustreben. Das Verbrennen im Frühjahr ist unbedingt zu unterlassen. Das Stroh kann sowohl zur Ertragssteigerung, als auch zur Verminderung des Erosionsrisikos genutzt werden:

1. Erosionsschutz:

- Zerkleinerte Pflanzenrückstände (Mulch) bedecken die Bodenoberfläche und bilden eine Schutzschicht gegenüber dem Wind.
- Stehende Stoppeln verringern die Windgeschwindigkeit an der Bodenoberfläche.
- Längerfristig führt das verstärkte Zurücklassen von Pflanzenrückständen auf den Schlägen zu einer Erhöhung des Humusanteils im Oberboden und damit zu einer besseren Aggregatstabilität.

2. Ertragsverbesserung

- Mulchauflagen vermindern die Evaporation; es steht damit den Kulturen mehr Bodenwasser zur Verfügung.
- Hohe Stoppeln verursachen im Winter eine verbesserte Schneehaltung auf den windschutzfernen Standorten. Dadurch erfolgt eine optimalere Verteilung des Schmelzwassers auf den Schlägen.
- Durch die erhöhte Zufuhr von Pflanzenrückständen steigt der Humusanteil im Ap-Horizont. Demzufolge verbessert sich die Nährstoffversorgung der Kulturen.

Die Empfehlungen für eine ökonomisch und ökologisch nachhaltige Ackerbautechnologie lassen sich für die typische Steppe in folgender Konzeption zusammenfassen:

Tabelle 7.2: Empfehlungen zur Ackerbaukonzeption (typische Steppe)

Zyklus	Maßnahme	Effekt	Nutzen
Brache	Flache Bodenbearbeitung mittels Scheibengerät	Stoppeln des Vorjahres bleiben erhalten	<ul style="list-style-type: none"> • Erosionsschutz • Geringere Evaporation
	Herbizideinsatz (Totalherbizid)	Unkrautkontrolle	<ul style="list-style-type: none"> • Geringere Transpiration
Weizen	Herbizideinsatz im zeitigen Frühjahr	Unkrautkontrolle	<ul style="list-style-type: none"> • Geringere Unkrautkonkurrenz
	Zeitige Aussaat	Frühes Auflaufen der Saat	<ul style="list-style-type: none"> • Längere Vegetationsdauer • Optimale Ausnutzung des Schmelzwassers • Erosionsschutz durch Bestand im Frühjahr
	Feststellung des Strohaufkommens während der Abreife	Steigerung der Stoppellänge	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserte Schneehaltung • Optimierte Zufuhr von organischem Material • Verringerte Evaporation • Erosionsschutz

Einzelne Maßnahmen, wie beispielsweise das Stoppelmanagement, sind natürlich auch unabhängig vom Einsatz der Trockenbrache zur Anwendung empfohlen.

7.4 Waldsteppe

Für die ackerbauliche Praxis in der Waldsteppe ist die Steigerung der Erträge die entscheidende Aufgabe. Die naturräumliche Ausstattung mit typischen Tschernosemen, einer hohen Globalstrahlung und im Durchschnitt 350- 400 mm Jahresniederschlag bieten günstige Bedingen für die profitable Produktion von hochwertigem Weizen.

Trotzdem lagen die Erträge in den vergangenen 10 Jahren durchschnittlich unter 12 dt/ha. Dafür sind auch in dieser Steppenregion die außergewöhnlich geringen Niederschläge in den letzten Jahren hauptsächlich verantwortlich. Darüber hinaus existieren jedoch in der ackerbaulichen Praxis eine Vielzahl von Reserven zur Ertragssteigerung.

Geht man in der Waldsteppe von einer hinreichenden Versorgung der Pflanzen mit Bodenwasser aus, kommen als Minimumfaktoren die Bodennährstoffe und eine adäquate Ackerbaukonzeption an sich in Frage. Darüber hinaus bestehen auch hier weit verbreitet Pflugsohlenverdichtungen.

Aus der Vielzahl der möglichen Optimierungsmöglichkeiten wird sich an dieser Stelle auf drei elementare Ansätze beschränkt:

1. Extensivierung der Bodenbearbeitung. Die vorteilhafte Bodenstruktur der Tschernoseme ermöglicht die Anwendung von Mulchsaat. Pflugsohlen könnten so vermieden werden, der Humusanteil längerfristig stabilisiert und kostspielige Bodenbearbeitung eingespart werden.
2. Einsatz von wirtschaftseigenem Dünger. In der bisherigen Praxis wird Stallmist und Gülle punktuell gelagert bzw. entsorgt als akkurat auf den Schlägen appliziert. Dadurch könnte die Nährstoffversorgung der Böden, besonders hinsichtlich des Stickstoffgehaltes, deutlich verbessert werden.
3. Die Qualität der Aussaat- wie auch der Erntetechnik muss gesteigert werden. Die derzeitige Saatechnik ist nur ungenügend zu justieren, so dass Saatgut nur selten in optimaler Tiefe abgelegt wird. Während der Ernte wird der Weizen zunächst auf „Schwad“ gelegt und anschließend zum Dreschen nochmals aufgenommen. Das führt neben hohem Energieeinsatz zu großen Ernteverlusten.

7.5 Bewässerungsfeldbau

Grundsätzlich ist Bewässerungsfeldbau in semiariden Gebieten unter Nutzung fossiler Grundwässer hinsichtlich der Nachhaltigkeit als sehr kritisch zu bewerten. Bereits die Endlichkeit der Ressource Wasser verdeutlicht das Problem.

Unter Bewässerung werden in der Kulundasteppe hauptsächlich Futterkulturen angebaut (vgl. Kap.4.2.3.3). Dieser Fakt veranschaulicht die generell sehr intensive Landnutzung in Teilen des Untersuchungsgebietes. Gemeinhin müssten bei einer gesunden Strukturierung der Betriebe die riesigen Flächen ausreichen, um auch den Viehbestand auch im Winter mit Heu zu versorgen. Damit könnte von vornherein auf viele Bewässerungsflächen verzichtet werden, um Wasser zu sparen, sowie Bodenschädigungen zu vermeiden.

In die zukünftige Bewässerungspraxis sollten deshalb folgende Überlegungen bzw. Empfehlungen eingehen:

- Dringlichste Aufgabe ist die Optimierung der Bewässerungsmenge. Dazu sind zunächst die Angaben zu Feldkapazitäten der bewässerten Flächen zu erheben. Darüber hinaus sind die aktuellen Niederschlagsdaten sowie die Bodenwassergehalte aufzunehmen. Die Daten zur aktuellen Verdunstung können bei der nächstgelegenen Klimastation erfragt werden. Aus diesen Angaben lässt sich unter Einbeziehung des Wasserbedarfs der einzelnen Kulturen die optimale Bewässerungsmenge berechnen.
- Weiterhin sollte ausschließlich nachts bewässert werden, um unnötige Verdunstungsverluste zu vermeiden.
- Die bewässerten Flächen sind insgesamt zu reduzieren, um eine präzisere, kulturartenspezifische Bewässerung realisieren zu können.
- Auf diesen Flächen sollten zudem statt Futterpflanzen, Sonderkulturen mit hohem Marktwert angebaut werden.
- Perspektivisch sollte versucht werden, Unterflurbewässerung einzuführen, um die immensen Verdunstungsverluste während der Beregnung zu verhindern.

8 Zusammenfassende Thesen

Entsprechend der im Kap. 1 formulierten Zielstellung lassen sich folgende Ergebnisse der Untersuchung zusammenfassen:

1. **Form und Dimension der agrarischen Inwertsetzung:**

- In der westsibirischen Kulundasteppe wurden in den Jahren 1954 und 1955 mit der Neulandaktion 2,3 Mio. ha unbearbeiteter Boden unter den Pflug genommen. Das entsprach einem Zuwachs von 150% der bisherigen Ackerfläche.
- Von der Inkulturnahme waren hauptsächlich die Regionen mit weniger als 400 mm Niederschlag im langjährigen Mittel betroffen. Die vorherrschenden Bodentypen in dieser Region sind südliche Tschernoseme sowie dunkle und helle Kastanoseme.
- Darüber hinaus wurden in der südlichen Kulundasteppe Standorte mit Neigungswinkeln von bis zu 10% in Kultur genommen.
- Seit der Neulandaktion veränderten sich die Ackerbaukonzeptionen hinsichtlich des Bodenschutzes nicht wesentlich, trotz unterschiedlicher Bemühungen in der Zeit der Intensivierung der Landwirtschaft. Mit dem maßgeblichen Ziel der Unkrautkontrolle werden die Böden nach wie vor intensiv mittels herkömmlicher Agrartechnik wie Wendepflug, Kultivator und Egge bearbeitet.

2. **Geoökologische Folgen:**

- Wesentliche geoökologische Folgen der Neulandaktion und der langjährigen intensiven Bodennutzung sind Erscheinungsformen der Winderosion. Häufige Deflationsereignisse führten zur Verringerung der A-Horizonte unter selektivem Verlust von organischem Material und feiner Korngrößenfraktionen. Akkumulationen verursachen Schäden in Windschutzanlagen, an infrastrukturellen Anlagen sowie auf landwirtschaftlich genutzten Flächen.
- Die Bodendegradation durch Winderosion weist im Untersuchungsgebiet eine Differenzierung auf. Während im Bereich der Waldsteppe und der typischen Steppe die Schadwirkung auf Profilverkürzungen, Humusverlust und Korngrößensortierung beschränkt ist, kam es in der Trockensteppe teilweise zum völligen Verlust des Oberbodens. Diese Erscheinung stellt bereits ein Symptom der Desertifikation dar.
- Bodenschädigungen durch Wassererosion als Folge der veränderten Landnutzung treten in der südlichen Kulundasteppe mit einem geringen Flächenanteil in Form von Schluchtenerosion und Rillenerosion auf.
- Die Bewässerungspraxis hat neben deutlichen Salzakkumulationen in tieferen Bodenschichten die Abnahme der fossilen Grundwasservorräte und deren Qualitätsverschlechterung zur Folge.

3. **Das Wirkungsgefüge „Klima/ Bodennutzung/ Bodendegradation/ landwirtschaftlicher Ertrag“**

- Die derzeit angewandte Ackerbaukonzeption ist hinsichtlich der Erträge und der Winderosionsprävention den naturräumlichen Gegebenheiten nur geringfügig angepasst. Die Bodenbearbeitung im Frühjahr und die folgende sehr späte Aussaat führt temporär zu einer erheblichen Winderosionsexposition und zu einem beträchtlichen Bodenfeuchteverlust. Die Brachepflege erfolgt ausschließlich durch Bearbeitung, sodass die Böden eine gesamte Vegetationsperiode gegenüber der Winderosion nahezu ungeschützt ausgesetzt sind.
- Die Entwicklung der Erträge seit der Neulandaktion ist von einem starken Zusammenhang mit den Jahresniederschlägen geprägt. Dieser enge Zusammenhang ist ein Indiz für die wenig nivellierende Ackerbaukonzeption.
Verfolgt man die einzelnen Phasen bzw. Programme der russischen Landwirtschaft, wird ein Maximum der Effektivität während der Intensivierung (1966-1989) deutlich. Sie zeigt sich zum einen in Form von hohen Erträgen und zum anderen in einer geringeren Abhängigkeit der Erträge von den Niederschlägen. Die Entwicklung in den vergangenen 13 Jahren ist durch Erträge und Niederschlagsabhängigkeiten auf dem Niveau der vorindustriellen Phase (1901-1914) gekennzeichnet.
- Für diese Negativentwicklung sind sowohl pedologische als auch nutzungsbedingte Faktoren verantwortlich. Die großflächige Abnahme der Bodenqualität hauptsächlich durch Humusverlust und Auswehung feiner Korngrößen konnte während der Phase der Intensivierung durch Düngung ausgeglichen werden. In den Jahren nach der „Perestroika“ treten die Ertragseinbußen durch die Bodendegradation aufgrund fehlender Nährstoffgabe deutlich zu Tage. Nutzungsbedingte Faktoren der Ertragsabnahme in den letzten Jahren sind vorrangig zu lange Fruchtfolgen, ungeeignete Saatzeitpunkte und die sehr eingeschränkte Auswahl an Bodenbearbeitungsaggregaten sowie die generell schlechte Qualität der Landtechnik der Betriebe.

4. **Sozioökonomische Folgen der Ertragsentwicklung**

- Berechnungen der Produktivitätsschwelle ergaben, dass die Betriebe im Durchschnitt mindestens einen Hektarertrag von 5 dt/ha erzielen müssen, um Gewinne zu erwirtschaften. Dieser Wert wurde im Durchschnitt der letzten 10 Jahren in den Rajonen der Trockensteppe nicht erreicht. Damit wird die ökonomische Trockengrenze der heutigen Ackerbaukonzeptionen deutlich, welche etwa dem Verlauf der 250 mm-Isohyete folgt.
- Konsequenz dieser Entwicklung in der Landwirtschaft ist die zunehmende Arbeitslosigkeit der ehemals in den Kolchosen beschäftigten Bevölkerung. Die im Zuge der Neulandgewinnung gezielt besiedelten Steppenregionen weisen heute eine verhältnismäßig hohe Bevölkerungsdichte auf. Es besteht für die Bevölkerung hinsichtlich der Beschäftigungsmöglichkeiten beispielsweise in den südsibirischen Industriezentren keine Alternative. So ist gegenwärtig im Untersuchungsgebiet eine deutliche Tendenz zur Subsistenzwirtschaft zu verzeichnen.

- Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung präferiert trotz Hilfe der deutschen Regierung die deutschstämmige Bevölkerung anhaltend eine Übersiedlung nach Deutschland.

5. **Empfehlungen für die landwirtschaftliche Praxis**

- Die abgeleiteten Empfehlungen für die zukünftige Nutzung der Kulundasteppe unterteilen sich in Maßnahmen zur Ertragssteigerung bzw. -nivellierung und in Erosionsschutzmaßnahmen, wobei eine Wechselwirkung der Komponenten besteht.
- Auf den stark degradierten Flächen in der Trockensteppe besteht lediglich die Alternative der Flächenstilllegung. Sowohl in ökologischer als auch ökonomischer Hinsicht bieten diese Standorte kein nachhaltiges Nutzungspotential. Deshalb erscheint es als sinnvoll diese Flächen in Weide umzunutzen.
- Die mäßig geschädigten Standorte der Trockensteppe und Steppe sind bei Einführung von Bodenschutzmaßnahmen und Trockenfeldbaumethoden ackerbaulich längerfristig nutzbar.
- Unerlässlich Erosionsschutzmaßnahmen sind hierbei:
 - Unkrautkontrolle vorrangig durch Herbizideinsatz, um den Oberboden nicht unnötig auszutrocknen und durch die Pflanzenreste eine raue Oberflächenstruktur zu erreichen.
 - Einführung von Mulchsaatmethoden
- Auswahl möglicher ertragssteigernder Trockenfeldbaumethoden:
 - Zeitigere Aussaat im Frühjahr zur optimalen Ausnutzung des Feuchteangebotes des Schmelzwassers und zur Vermeidung hoher Transpirationsverluste der Kulturen in der Wachstumsphase.
 - Belassen hoher Stoppeln auf den Schlägen im Herbst zur Schneehaltung.
 - Einführung der Trockenbrache. Die Tests auf dem Versuchsfeld ergaben, dass bei entsprechender Brachepflege 40% Bodenfeuchte für das Folgejahr gespeichert werden kann. Dieser Zugewinn führte nahezu zu einer Verdoppelung der Erträge. Darüber hinaus wird durch diese Feldbaukonzeption das Risiko eines Totalausfalles der Ernte infolge von Dürren minimiert.

Die Untersuchungen führen zu dem Ergebnis, dass eine an die naturräumlichen Gegebenheiten angepasste Landnutzung dringend erforderlich ist, welche eine Schadensbegrenzung der durch die Neulandaktion eingetretenen geoökologischen Folgen sowie eine nachhaltige landwirtschaftliche Produktion als Lebensgrundlage der einheimischen Bevölkerung erwarten lässt.

Literaturverzeichnis:

- Achtnich, W.** (1980): Bewässerungslandbau: Agrotechnische Grundlagen der Bewässerungswirtschaft. Unger, Stuttgart.
- AKZGC** (Altaiski krajewo zentr po gidrometeorologii sredi) (2001): Niederschlagsdaten. Unveröffentlicht, Barnaul
- Andraee, B.** (1974): Die Farmwirtschaft an den agronomischen Trockengrenzen. Steiner, Wiesbaden.
- Anisimow, N.** (1961): Die Rentabilität der Neuland- Getreidesowrosen. In: Aus der Sowjetischen Landwirtschaft. Jg. 11 (1961)
- Arinuschkina, E. V.** (1970): Rukowodstwo po chimitscheskomu analyisu potschw. MGU, Moskau.
- ARIS** (Ministerium für Landwirtschaft der Russischen Föderation): Wheat production and sales in Russia. www.aris.ru, 23.06.2001
- Astawjew, N. V.** (1978): Saschtschitoje lesoraswedenije w Altaiskom Kraje. Altaiskoe knishnoje, Barnaul.
- Astrachanzjewa, T. A. & A. M. Posdnjakow** (1991): Probljemy i perspektivny agropromyschljenowo raswitja. Nowosibirsk.
- Atlas Altaiskowo kraja.** Moskwa-Barnaul, 1978.
- Atlas selsko chosjaistwo CCCR.** Moskwa, 1960.
- Auerswald, K.** (1998): Bodenerosion durch Wasser. In Richter, G. [Hrsg.]: Bodenerosion. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- ders.** (1993): Bodeneigenschaften und Bodenerosion. Gebrüder Bornträger, Berlin-Stuttgart.
- Babaev, A. G.** [Hrsg.] (1999): Desert problems and desertification in Central Asia: The researches of the Desert Institute. Springer, Berlin.
- Bagnold, R.A.** (1937): The transport of sand by wind. Geographical Journal 89, S. 407-438.
- Baraev, A. I.** (1976): Nautschnoje osnovy poswosashitnoj sistemu. In. Puti selsko chosjaistwa selinich rajonow. Vaschnil 76, S. 46-63
- Barsch, H. & K. Billwitz** (1990): Geowissenschaftliche Arbeitsmethoden. Harri Dutsch, Thun-Frankfurt/Main.
- BASTRON, G et al.** (1993): Sapas zesia 137 w potshwe. In Jadernuje isputanije akuschajuschschaja sreda i sdarowje naselenija altaiskowo kraj. Barnaul.
- Bennett, H. H.** (1939): Soil conservation. McGraw-Hill, New York.
- Bengelsdorf, J.** (1997): Die Landwirtschaft der Vereinigten Staaten von Amerika im Zweiten Weltkrieg. Scripta-Mercaturae-Verl., St. Katharinen.
- Blickle, S.** (1997): Sprachliche und kulturelle Identitätsprobleme der rußlanddeutschen Bevölkerung im Deutschen Nationalen Rayon Halbstadt/ Altaiski Krai. Diplomarbeit, Universität Heidelberg.
- Blühtgen, J.** (1949): Die südrussischen Schutzpflanzungsvorhaben in landwirtschaftlicher und geographischer Betrachtung. Urania, Berlin.
- BMI** (Bundesministerium des Innern) [Hrsg.] (1996): Deutscher nationaler Rayon Halbstadt nach 5 Jahren. Frankfurter Societäts Druckerei, Frankfurt.

- Boardman, J. A.** (1990): Soil erosion and agricultural land. Wiley, Chichester.
- Bork, H.-R.** (1988): Bodenerosion und Umwelt. In: Bork, H.-R. & Herrmann, A. [Hrsg.]: Landschaftsgenese und Landschaftsökologie. Selbstverlag Abteilungen für Physische Geographie und Landschaftsökologie und für Physische Geographie und Hydrologie der Technischen Universität Braunschweig.
- Breckle, S.-W. & H. Walter** (1994): Ökologie der Erde. Bd. 3, Gustav Fischer, Stuttgart-Jena.
- Breburda, J.** (1983): Bodenerosion - Bodenerhaltung. DLG-Verlag, Frankfurt.
- ders.** (1976): Sowjetlandwirtschaft heute. Osteuropastudien des Landes Hessen Rh.1, Bd. 78
- ders.** (1966): Bedeutung der Bodenerosion für die Auswirkung der landwirtschaftlichen Nutzung von Böden im osteuropäischen und zentralasiatischen Raum der Sowjetunion. Otto Harrassowitz, Wiesbaden.
- ders.** (1965): Bodenveränderungen in den sowj. Neulandgebieten unter dem Einfluß moderner Kulturmaßnahmen. In Agrar- und Wirtschafts- und Sozialprobleme Mittel- und Osteuropas in Geschichte und Gegenwart, Bd. 32; S 11-28
- Breshnew, L.** (1978): Neuland. Dietz, Berlin.
- Brutkus, B. & W. V. Poletika,** (1932): Die Getreidewirtschaft in den Trockengebieten Rußlands. Berichte über die Landwirtschaft (67), Berlin.
- Buller, H.-G.** (1982): Dürre- und Frostperioden als ökologische Limitierungsfaktoren in den kontinentalen Weizenbaugebieten der USA und der UdSSR. Diss. Albert-Ludwig-Universität, Freiburg.
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten** [Hrsg.] (1991): Bodenerosion. Berichte über Landwirtschaft, Bd. 205, Parey, Hamburg-Berlin.
- Council for Agricultural Science and Technology** [Hrsg.] (1982): Soil Erosion. Ames, Iowa.
- Chmeljew, W. A.** (1982): Potschwui niskogori sewernowo Altaja. Nowosibirsk.
- Chepil, W. S. & N. Woodruff** (1955): The physics of wind erosion and its control. Advances in Agronomy 15, S. 211-302.
- Demin, A. G.** (1993): Dinamika i stroenie erosiony seti altaiskowo regiona. Isdatelstwo nowosibirskow universiteta, Novosibirsk
- Deutsche Gesellschaft für Osteuropakunde** [Hrsg.] (1954): Cruschtschows Kampagne zur Erschließung der Steppe - ein Zwischenbilanz. (Manuskript) Stuttgart.
- Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau** [Hrsg.] (1996): Kartieranleitung zur Erfassung aktueller Erosionsformen. Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft, Bonn.
- Dietz, B. & P. Hilkes** (1993): Russlanddeutsche: Unbekannte im Osten ; Geschichte, Situation, Zukunftsperspektiven. Olzog, München.
- DIN 19684** (1977): Chemische Laboruntersuchungen. Fachnormenausschuß Wasserwesen, Deutsches Institut für Normung e.V.
- DIN 11265** (1997): Bodenbeschaffenheit - Bestimmung der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit. Deutsches Institut für Normung e.V.

- Dolgilewitsch, M. I. & A. N. Saschin** (1978): Pajonivetrovoi erosii w stepny i lesostepny sonach Sapadny Sibiri. In: Astavjev, H.V. [Hrsg.]: Saschtschitoje lesorasedeniye w Altaiskom Kraje. Altaiskoe knishnoje, Barnaul.
- Dymow, I. M.** (1982): Rasrabotka minimalny tehnologii obrabotki potschw na kaschtanowich potschwach Kulundi. Diss. Kulundinskaja celskochosaistvennaja opotnaja stanzija, Klutshy.
- EGH** (Entwicklungsgesellschaft Halbstadt) [Hrsg.] (2001): Zehn Jahre Deutsche Unterstützung – acht Jahre Entwicklungsgesellschaft Halbstadt. (unveröffentlichtes Manuskript)
- Ehlers, W.** (1996): Wasser in Boden und Pflanze. Ulmer, Stuttgart
- Endlicher, W.** (1991): Klima, Wasserhaushalt, Vegetation. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Eule, W.** (1962): Das Problem der Neulandgewinnung in der Sowjetunion. Diss. Universität Bonn.
- Fellmann, S** (1986): Radioaktivität : Entstehung, Messung und Wirkung. Elektronik-Literatur-Verlag, Leer.“
- Finck, A.** (1991): Pflanzenernährung in Stichworten. Ferdinand Hirt, Berlin Stuttgart.
- Finnern, H.** [Red.] (1996): Bodenkundliche Kartieranleitung 4. Schweizerbart, Stuttgart.
- Fryrear, D. W.** (1990): Wind Erosion: Mechanics, Prediction, and Control. In: Stewart, B.A. [Hrsg.]: Advances in Soil Science 13, Springer, New York.
- Fuhs, F. W.** (1989): Die Entwicklung der Landwirtschaft in der Sowjetunion. Forschungsstelle für Internat. Entwicklung, Heidelberg.
- Georgiew, A. W.** (1955): God rabota po oswoeniju zelinich I saleschnich semel w Altaiskom Kraje. Celchosgis, Moskva.
- GUGS** (Glawnoe Upravlenie Gidrometeopologitscheskoi Sluschba) [Hrsg.] (1977): Sprawotschnik po Klimatu. Bd. 20, Nowosibirsk.
- Gorschenin, K., P.** (1955): Potschi juschni tschast Sibiri. Akademija Nauk, Moskwa.
- Hahn, R.** (1964): Klimatische und bodenkundliche Bedingungen der Neulanderschließung in Kasachstan. Osteuropa, Jg.14, H. 4
- Harte, K.-H. & R. Horn** (1992): Die physikalische Untersuchung von Böden. Enke, Stuttgart.
- Hassenpflug, W.** (1998): Bodenerosion durch Wind. In: Richter, G [Hrsg.]: Bodenerosion. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Hassenpflug, W.** (1992): Winderosion. In: Blume, H.-P. [Hrsg.]: Handbuch des Bodenschutzes - Bodenökologie- und belastung- Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. Ecomed, Bonn
- Heinen, U** (2001): Die Situation in der Gemeinschaft unabhängiger Staaten (GUS). Internet: http://www.bpb.de/info-franzis/info_267/body_i_267.html, 12.11.2001
- Holy, M.** (1980): Erosion and inviroment. Pergamon Press, Oxford
- Hoppe, W.** (2000):Trockenfeldbau in den kanadischen Prärien. Geographische Rundschau 52, H. 10
- Hoppe, W.** (1998): Bodenversalzung und Trockenfeldbau in den nördlichen Great Plains. Duisburger Geographische Schriften 17, Dortmund.
- Horn, R.** (1992): Salze. In: Blume, H.-P. [Hrsg.]: Handbuch des Bodenschutzes. Ecomed, Bonn

- Hudson, N.W. 1987:** Soil and water conservation in semi-arid areas. FAO Soils Bulletin 57, Rom.
- Istorija Altaja w dokumentach i materialach** (1991): Konjez XYII-Natschalo XX Weka. Barnaul.
- Jahn, W.** (1981): Defizite der sowjetischen Landwirtschaft. In: Praxis Geographie 11, H. 4
- Jasny, N** (1957): Chruschtschow und die Sowjetlandwirtschaft. Osteuropa 7 Nr.10
- Kahnt, G.** (1976): Ackerbau ohne Pflug. Ulmer, Stuttgart.
- Kalugin, M.I.** (1963): Saluschenije erodirowanich i solonzovich potshw. Altaiskowo knischnoe, Barnaul.
- Karger, A.** (1958): Neulanderschließung in der Sowjetunion. Geographische Rundschau 10, H. 7
- Karmanow, I.I.** (1965): Potschwui predgorij Sewero-Sapodnowo Altaja i ich ispolsowanije w selskom chosiaistwe. Nauka, Nowosibirsk.
- Kastanow, A. N.**(1976): Ustojsiwost zernowogo chozjaistwa. Zemledelie 5. S.48-51
- ders.** (1974): Sashita potshw ot vetrowoj i wodnoj erosia. Moskwa.
- Keltschewskaja, L.S., Isnairskaja, I.A.**(1962): Agroklimatitscheskije islowia oblasti: agroklimatitscheski sprawotschnik po Gorno-Altajsk. Gidrometeoisdat, Gorno-Altajsk.
- Klaube, M.** (1991): Die deutschen Dörfer in der westsibirischen Kulunda-Steppe : Entwicklung - Strukturen – Probleme. Elwert, Marburg.
- Klohn, W. & H.-W. Windhorst** (2000): Die Landwirtschaft der USA. Vechtaer Dr. und Verl., Vechta.
- Koshewnikow, P** (1961): Ist das Neuland rentabel? Die Sowjetunion heute, Botschaft der UdSSR Heft 14.
- Kostrowski, S.** (1959): Pylnye buri w Altaiskich stepach. In: Selskoje chosjaistwo Sibiri 2, Omsk
- Kowaljew, R. W., Chmeljew, W. A., Malgin, M. A.** (1971): Agrochimitscheskaja karakteritscheska pachnich podschw gornowo altaja. Gorno -Altajsk
- Kühn, W.** (1981): Die Ausbreitung radioaktiver Stoffe im Boden. In: Arbeitsgemeinschaft für Umweltfragen [Hrsg.]: Tagungsprotokoll Radioökologiesymposium 1981 Stuttgart-Bonn.
- Laird, R. D.** (1977): The Future of Agriculture in the Sowjet Union and Eastern Europe. Boulder.
- Landwirtschaft-** Planung und Aufgaben. Osteuropa. 6 (1956)
- Leptin, G.**(1986): Sibirien- ein russisches und sowjetisches Entwicklungsproblem. Schriftenreihe der Dt. Ges. f. Osteuropakunde, 17 Berlin.
- Loch, R. J.** (1989): Rill erosion of a self mulching Black earth. 2.Comparison of sediment transport equations. Aust. J. Soil Res. 27
- Makunina, A.A** (1985): Fisitsheski Geografija SSSR. Moskowskojo Universiteta. Moskwa.
- Malinowski, L.** (2000): Deutsche in Russland und Sibirien. GIPP Altai, Barnaul.
- Malinowski, L.V** (1995): Istorija nemzew w Rossii. Altai, Barnaul.
- Martin, W.** (1988): Die Erodierbarkeit von Böden unter simuliertem und natürlichem Regen und ihre Abhängigkeit von Bodeneigenschaften. Diss. TU München.
- Marxen, G. C.** (1988): Untersuchung zur jahreszeitlichen Dynamik von Bodenwasser und Bodenerosion im Pflughorizont. Diss. TU Braunschweig.

- von Maydell, O.** (1992): Agrarpolitische Ansätze zur Erhaltung von Bodenressourcen in Entwicklungsländern. Diss. TU Berlin.
- Meinel, T.** (2001): Die Anwendung von Trockenfeldbaumethoden in der Kulundasteppe aus ökologischer und ökonomischer Sicht. In: Sowremennije problemi geografii i prirodopolsowanija. Bd. 5-6, Barnaul.
- Meinel, T.** (1999): Sovremennije geocologitscheskie issledowanja v severo-sapadnom Altaje. In: Proceedings of the Conference "Alexander von Humboldt and Russian Geography", Barnaul.
- Meinel, T.** (1998): Die Auswirkungen von Kernwaffentests auf dem Testgelände Semipalatinsk auf die Cäsiumbelastung der Böden des Altaigebirges. Diplomarbeit, Universität Halle-Wittenberg.
- Merl, S.** [Hrsg.] (1993): Sowjetmacht und Bauern : Dokumente zur Agrarpolitik und zur Entwicklung der Landwirtschaft während des "Kriegskommunismus" und der neuen ökonomischen Politik. Duncker und Humblot, Berlin.
- Michew, W.S.** (1987): Landshaftno-geografitscheskoje obespetschenje kompleksnich problem Sibirii. Nauka, Nowosibirsk.
- Morgan, R.P.C.** (1986): Soil Erosion and Conservation. Longman, London.
- Mosimann, T.** (1998): Bodenerosion und Bodenschutz. In: Richter, G. [Hrsg.] (1998): Bodenerosion. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- ders.** (1996): Abschätzung der Bodenerosion und Beurteilung der Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit : Grundlagen zum Schlüssel für Betriebsleiter und Berater ; mit den Schätztabelle für Südniedersachsen. Geographisches Inst., Abt. Physische Geographie und Landschaftsökologie, Hannover.
- ders.** (1991): Erosionsbekämpfung in Ackerbaugebieten : Prozesse und Ursachen der Bodenerosion, Bodenerhaltungsziel, Gefährdungsschätzung, Schutzmassnahmen im Landwirtschaftsbetrieb und im Einzugsgebiet ; ein Leitfaden für die Bodenerhaltung. NFP, Liebfeld-Bern.
- Nechorosev, V. P.** (1966): Geologie des Altai. Akademie-Verlag, Berlin.
- Nielsen, F.N.:** Steps to an Anthropology of Post-Communism, Power, economy and identity in East / Central Europe. Internet: http://mac18.anthro.ku.dk/fsn/2001-II_Post-Com/Resources_Maps&Timelines.htm, 02.12.2001
- Osses, L. U.** (1988): Lößböden der VR China und Sowjet-Zentralasiens und ihre Genese. Duncker & Humblot, Berlin.
- Orlowski, N., V.** (1955): Oswojenie zelinich i saleschnich semel w Altaiskom Krai. Akademii nauk, Moskwa .
- Penkaitis, N.** (1995): Entwicklungstendenzen der Agrarstrukturen in Rußland. Osteuropastudien der Hochschulen des Landes Hessen, Bd. 213.
- Petersen, L.** (1993): Bodenschutz und property rights in der US-Landwirtschaft. Duncker und Humblot, Berlin
- Petrow, B.F.**(1952): Potshwyi Altaisko-Sajanskoi oblasti. Isdatelstwo AN SSSR, Moskwa.
- Petzold, W.** (1983): Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz. Teubner, Stuttgart.
- Plagge, R.** (1991): Bestimmung der ungesättigten hydraulischen Leitfähigkeit im Boden. Fachgebiete Bodenkunde und Regionale Bodenkunde, Inst. für Ökologie, Berlin.
- Potratz, K.-U.** (1993): Bedeutung von Feuchte und Struktur der Bodenoberfläche für die Bodenerosion. Institut für Bodenkunde, Bonn.

- Richter, G.** (1998): Bodenerosion als Weltproblem. In: Richter, G. [Hrsg.]: Bodenerosion. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- ders.** (1985): Probleme der Bodenerosion in Mittelasien : Bericht über e. Studienreise in d. südl. Sowjetunion vom 20. August - 9. September 1979. Forschungsstelle für Bodenerosion, Mertesdorf.
- ders.** (1977): Bibliographie zur Bodenerosion und Bodenerhaltung 1965 - 1975. Forschungsstelle Bodenerosion der Universität, Trier.
- Ritchie, J.C. & J.R. McHenry** (1975): Fallout Cs-137: a tool in conservation research. *Journal of Soil and Water Conservation* 30, S. 283-286.
- Rostankowski, P.** (1979): Agrarraum und Getreideanbau in der Sowjetunion 1948- 1985. Duncker & Humblot, Berlin.
- ders.** (1984) Die Steppen der Sowjetunion. In: *Praxis Geographie* 14, H. 11.
- ders.** (1983): Zur Frage der Umgestaltung der Natur in der Sowjetunion. GR 35
- Rowell, D.L.** (1995): *Bodenkunde*. Springer, Berlin.
- Rutzki, W. W.** (1996): *Altai-ekologo-geografitscheskie asnowui prirodopolsowanija*. Isdatjelstwo AGU, Barnaul
- Schaller et al.** (1990): Cäsium- und Kaliumaufnahme durch Pflanzen aus Böden. Bundesamt für Strahlenschutz, ISH-Berichte 146/90, Neuherberg.
- Scheffer, P., Blume, H.-P., Brümmer, G., et al** (1992): *Lehrbuch der Bodenkunde*. Ferdinand Enke, Stuttgart.
- Schewtschenko, A** (1969): Auf den neuen Ländereien Sibiriens und Kasachstans. Aus der Sowjetischen Landwirtschaft Jg.10.
- Schiller, O** (1956): Die neuen Agrarpläne der Sowjetunion in klimatologischer und agronomischer Sicht. *Osteuropa- Wirtschaft* Jg. 1(1956) Nr. 1
- ders.** (1954): *Die Landwirtschaft der Sowjetunion 1917 bis 1953*. Tübingen 1954
- Schmidt, R.-G.** (1979): Probleme der Erfassung und Quantifizierung von Ausmaß und Prozessen der aktuellen Bodenerosion auf Ackerflächen. Geographisches Institut der Universität Basel.
- Schmitz, H** (1986): Erosionsschäden in den Great Plains. *Geographie Heute* 7H.38.
- Schrettenbrunner, H.** (1988): Bodenerosion (Sowjetunion) In: *Abiturwissen Geographie*. Fischer-Colleg/ Frankfurt.
- Schütt, P., Schuck, H.-J., Aas, G., Lang, U.** [Hrsg.] (1994): *Enzyklopädie der Holzgewächse*. ecomed. Landsberg am Lech.
- Schwerdfeger, G.** (1982): Gefahren der Winderosion. In: *Bodenerosion- Ursachen des Bodenabtrages und Gegenmaßnahmen*. DLG-Verlag Frankfurt.
- Schwertmann, U.** (1990): *Bodenerosion durch Wasser : Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen*. Ulmer, Stuttgart.
- „**Aus der sowjetischen Landwirtschaft**“: Die russische Landwirtschaft vor 1918 und die sowjetische Landwirtschaft. Berlin 1959(Sonderdruck)
- Sowjetunion-** Rekordernte 1956. *Osteuropa* Jg.6 Nr. 5.

- Sowjetunion-** Probleme der Landwirtschaft. IRO Kartographischer Verlagsgesellschaft 1983, München
- Späth, H.-J.** (1980): Die agro-ökologische Trockengrenze in den zentralen Great Plains von Nord-Amerika. Steiner, Stuttgart.
- Stadelbauer, J.** (1996): Die Nachfolgestaaten der Sowjetunion. Wiss. Buchges. Darmstadt.
- ders.** (1988): Sowjetunion- ein Literaturüberblick. GR 40, H. 9.
- Ströbel, H** (2000): Konzept für agrarwirtschaftliche Beratung und Ausbildung im Altai Krai. unveröffentlicht, Schumanovka.
- Swoboda, J.** (1994): Geoökologische Grundlagen der Bodennutzung und deren Auswirkung auf die Bodenerosion im Grundgebirgsbereich Nord-Benins : ein Beitrag zur Landnutzungsplanung. Inst. für Physische Geographie, Frankfurt.
- Tanasienko A., A.** (1992): Erodirowanie tshernosemi juga Sapadnoi Sibiri. Nauka, Nowosibirsk
- Tebrügge, F. & M. Dreier** [Hrsg.] (1994): Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden. Wiss. Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen
- Torstensson, L** (1985): Behaviour of glyphosphat in soil and its degradation. In: Gross, A & D. Atkinson [Hrsg]: Herbicid Glyphosphat. Butterworth
- UNCED United Nations Development Programme 1992:** Agenda 21. Agreements on Enviroments and Developent. Rio de Janeiro
- Unger,P. W.** (1990):Conservation Tillage Systems. In: Stewart, B. A.. [Hrsg.]: Dryland Agriculture: Strategies for Sustainability. Springer, New York.
- Wandakurowa, E.,V.** (1950): Rastenije v Kulundinskom step. Nowosibirsk.
- Wasiljewitsch, V. I.** (1959): Potshwi Altaiskowo Krai. Akademi nauk, Moskau
- Westnik statistika** (1991) Moskwa.
- VDLUFA** (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten) (1991): Methodenbuch. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Volk auf dem Weg** (1991): Heft 8-9
- Vorobev, V. V. & J. U. Gerloff** (1988): Die Erschließung Sibiriens und des fernen Ostens. Ergänzungsheft 258 zu Petermanns Geographischen Mitteilungen.
- Wasser, H.** [Hrsg.] (2000): USA: Grundwissen – Länderkunde. Leske und Budrich, Opladen.
- WBGU** (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderung) (1994): Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden. Economica, Bonn.
- Wein, N.** (1999): Sibirien. Klett-Perthes, Gotha und Stuttgart
- ders.** (1990): Umweltprobleme in Sibirien. Praxis Geographie 20 H.119.
- ders.,** (1985): Die Sowjetunion. Ferdinand Schöningh, Paderborn.
- ders.** (1983): Die sowjetische Landwirtschaft seit 1950. Blutenberg-Verlag, München.
- ders.** (1985): Die aktuellen Strategien der Sibirien-Erschließung. Die Erde H.119.
- ders.,** (1981): Die wirtschaftliche Erschließung Sowjetasiens. Blutenberg-Verlag, München

ders. (1980): Fünfundzwanzig Jahre Neuland. In: Geogr. Rundschau 32 H. 1.

Weischet, W. (1991): Einführung in die allgemeine Klimatologie. B. G. Teubner, Stuttgart.

Windhorst, H.-W. (1991): Entwicklungsprobleme ländlicher Räume in den Great Plains der USA. Vechtaer Dr. und Verl., Vechta.

Woodruff, N. P. (1972): How to control wind erosion? Agric. Inf. Bull. No. 354, Washington D.C.

Zacher, D. (1982): Soil Erosion Developments. In: Soil. Sci. 10.

Zentralarchiv Altai-Krai (1964): Material zur Landnutzung der Steppenrajone. Unveröffentlicht, Barnaul.

Zentralarchiv Altai-Krai (1954): Bericht zur bodenkundlichen Erhebung (1951) des staatlichen Vermessungsamtes des Altai-Krai. unveröffentlicht, Barnaul.

Zentralarchiv Altai-Krai (1999): Bericht zur Ertragsentwicklung des Altai-Krai. unveröffentlicht, Barnaul

Ziegler, T. (1977): Einführung in die Bodenschätzung. Bayer, München.

Mündliche Mitteilungen:

Hr. Schneider, Landwirtschaftlichen Leiters des Deutschnationalen Rajons, 2000

Hr Schönich, Hauptagronom der Kolchose Grischkowka, 1999

Fr. Prof. Borosowa, Leiterin der Abteilung Bodenkunde der Agraruniversität Barnaul, 1999

Kartenverzeichnis:

POTSCHWENAJA KARTA ALTAISKOWO KRAJA (1986), Maßstab 1:500.000 [Hrsg.]: Komitet po semelnoi reforme i semelnuim resorsam. Nowosibirsk

DEFENSE MAPPING AGENCY AEROSPACE CENTER [Hrsg.] (1988): Tactical Pilotage Chart Soviet Union, Blatt E-6B u. E-6C. M. 1:500.000. St. Louis.

GUGK PRI SM SSSR [Hrsg.] (1989): altajskij kraj. M. 1:1.000.000. Moskau.

GUGK PRI SM SSSR [Hrsg.] (1978): altajskij kraj atlas. Bd. 1. Moskau, Barnaul.

GUGK PRI SM SSSR [Hrsg.] (1987): generalnyj schtab - Slavgorod. M. 1:500.000, Blatt N-44-B, o.O.

10 Anhang

Anhang 1	Hektarerträge im Altai-Krai
Anhang 2	Jahresniederschläge und Sommerweizenerträge der Kolchose Grischkowka
Anhang 3	Monatliche Niederschläge an der Station Slavgorod
Anhang 4	Jahresniederschläge an den Stationen Uglovskoje und Bajewo
Anhang 5	Zuwachs von Ackerfläche während der Neulandaktion im Untersuchungsgebiet
Anhang 6	Profildaten BG 01
Anhang 7	Profildaten BG 02
Anhang 8	Profildaten BS 02
Anhang 9	Profildaten Ca II 1
Anhang 10	Profildaten Ca II 2
Anhang 11	Profildaten Ca II 3
Anhang 12	Profildaten Ca II 4
Anhang 13	Profildaten Ca Ts 1
Anhang 14	Profildaten Ca Ts 2
Anhang 15	Profildaten DNR 07
Anhang 16	Profildaten Vf 05

Hektarerträge im Altai-Krai

(ZENTRALARCHIV ALTAI-KRAI 1999)

Jahr	Hektarertrag Sommerweizen in dz/ha
1901	2,7
1902	5,3
1903	11,5
1903	5,1
1905	9,6
1906	8,4
1907	11,2
1908	13,6
1909	8,4
1910	7,5
1911	4,8
1912	13,9
1913	9,6
1914	12
1915	8,4
1916	5,1
1917	9,6
1918	7,3
1919	11,1
1920	3,8
1921	4,6
1922	6,3
1923	6,1
1924	5,9
1925	8,8
1926	10,8
1927	9,1
1928	8,9
1929	4,9
1930	9,8
1931	5,3
1932	6,1
1933	10,4
1934	2,6
1935	7,6
1936	10,8
1937	9,6
1938	14,1
1939	11,6
1940	5,9
1941	11,2
1942	6,6
1943	5,2
1944	8,2
1945	5,9
1946	11,3
1947	10,2

1948	10,5
1949	9
1950	6,3
1951	1,6
1952	5
1953	4,9
1954	15,3
1955	5,1
1956	13,5
1957	11,7
1958	13
1959	9,8
1960	11
1961	9,8
1962	6,4
1963	3,4
1964	9,9
1965	5,4
1966	12,6
1967	7,1
1968	10,7
1969	8,9
1970	13,4
1971	15,8
1972	19,9
1973	13,6
1974	5,7
1975	12,7
1976	8,8
1977	10,8
1978	12,1
1979	13,7
1980	12,8
1981	6,4
1982	8,2
1983	11,6
1984	14,2
1985	14,4
1986	14,7
1987	15,3
1988	12,4
1989	15,6
1990	9,2
1991	8,2
1992	10,9

Jahresniederschläge und Sommerweizenerträge der Kolchose Grischkowka
(ZENTRALARCHIV ALTAI-KRAI 1999)

Jahr	Jahresnieder- schlag (mm)	Sommerweizen- erträge (dz/ha)
1938	219,7	12,1
1939	249,9	8,7
1940	157,1	1
1941	197,6	9,5
1942	273,5	4
1943	233	2
1944	198,8	4,3
1945	272,1	3,1
1946	379,8	8,1
1947	441	5,4
1948	272,9	6,2
1949	272,7	7,7
1950	254,9	6,6
1951	158,3	2,4
1952	203	4,4
1953	308	4,6
1954	346,3	17,9
1955	198,5	1,9
1956	303,6	8,1
1957	253,1	6,14
1958	422,2	15,37
1959	231	8,76
1960	292,8	15,8
1961	214,3	10,3
1962	224	5,5
1963	157,6	1,6
1964	267,2	7,2
1965	157	2,39
1966	275,8	8,38
1967	209	2,65
1968	291	7,16

1969	349,5	4,32
1970	395	11
1971	340,6	11
1972	323,7	21,4
1973	299	9,15
1974	237,1	6,8
1975	301,9	5,6
1976	273,5	4,75
1977	265,3	7,33
1978	268,9	11,1
1979	324	12,2
1980	298,8	11,2
1981	154,6	4,6
1982	223,4	6,4
1983	268,2	7
1984	264,7	15,5
1985	263	10,4
1986	313,2	11,6
1987	345,5	11,9
1988	248,2	6,9
1989	211,3	7,8
1990	273,4	6,9
1991	235,5	5,2
1992	322,8	11,4
1993	284,9	10,1
1994	214,2	8,3
1995	236,8	6,6
1996	248,3	10,8
1997	209	5,8
1998	190	1,9
1999	232	2,8

Monatliche Niederschläge an der Station Slavgorod
(AKZGC 2001)

	Ertrag in	Jahresniederschlag	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Jahrdz/ha	(mm)													
1951	2,4	127,40	2,30	3,10	1,80	4,40	3,50	26,00	33,70	9,40	2,10	8,10	10,90	22,10
1952	4,4	271,20	7,70	2,70	4,90	29,40	17,30	17,90	63,00	25,00	45,50	17,60	11,90	28,30
1953	4,6	292,60	13,20	6,80	10,00	10,90	19,50	46,70	81,50	88,60	12,00	20,30	18,80	14,30
1954	17,9	367,00	5,90	4,80	18,90	21,20	39,70	79,60	76,70	33,30	45,60	15,00	19,90	6,40
1955	1,9	174,40	7,60	8,10	12,10	5,30	4,50	7,70	40,50	9,30	29,70	11,30	15,00	23,30
1956	8,1	329,70	2,30	1,80	4,20	26,50	33,60	99,00	47,60	26,70	40,70	32,90	3,60	10,80
1957	6,14	305,60	15,20	14,10	14,60	17,90	23,50	12,30	40,80	70,50	8,00	30,40	24,60	33,70
1958	15,37	390,30	12,60	15,90	10,60	21,60	34,20	75,90	93,50	38,60	38,70	18,90	15,90	13,90
1959	8,76	214,80	3,60	2,30	4,30	32,60	5,80	43,70	13,10	24,60	19,50	30,80	22,80	11,70
1960	15,8	271,40	14,90	5,20	13,90	10,60	19,30	41,70	67,60	14,70	41,10	13,40	11,50	17,50
1961	10,3	251,00	8,30	10,70	1,50	16,50	15,20	28,20	33,80	20,70	15,50	55,40	23,50	21,70
1962	5,5	188,30	10,20	4,80	9,10	10,10	22,50	20,50	15,10	29,50	20,10	15,90	5,30	25,20
1963	1,6	183,20	17,70	14,90	11,70	2,60	4,60	9,40	17,30	30,20	20,50	14,80	26,70	12,80
1964	7,2	276,90	23,10	1,80	11,30	9,90	9,20	48,00	61,80	50,60	13,40	20,20	10,00	17,60
1965	2,39	189,30	12,00	3,50	5,60	5,20	1,80	5,20	12,00	51,20	39,70	27,60	19,50	6,00
1966	8,38	406,00	27,00	14,00	16,00	26,00	58,00	64,00	40,00	64,00	17,00	37,00	21,00	22,00
1967	2,65	449,00	19,00	21,00	23,00	16,00	55,00	27,00	73,00	63,00	49,00	51,00	33,00	19,00
1968	7,16	511,00	13,00	14,00	7,00	82,00	38,00	67,00	82,00	8,00	51,00	34,00	22,00	93,00
1969	4,32	560,00	39,00	29,00	8,00	27,00	37,00	71,00	93,00	97,00	27,00	54,00	34,00	44,00
1970	11	390,50	13,60	12,00	10,70	10,40	44,30	18,30	78,70	100,60	9,90	54,80	23,50	13,70
1971	11	292,10	39,00	6,80	10,30	21,90	36,70	16,60	75,80	34,90	3,40	5,60	25,80	15,30
1972	21,4	420,00	21,30	28,90	19,70	32,30	17,70	142,40	43,20	10,70	6,40	25,10	30,20	42,10
1973	9,15	336,10	40,70	20,30	6,60	22,30	30,00	59,00	29,20	37,30	3,30	41,30	34,70	11,40
1974	6,8	282,80	23,30	27,10	20,20	9,70	5,10	32,60	6,00	61,50	38,40	26,40	29,90	2,60

1975	5,6	306,00	28,10	18,80	22,70	31,60	40,40	22,00	14,80	27,50	19,10	26,90	37,70	16,40
1976	4,75	283,70	23,50	27,40	17,60	3,50	18,90	15,20	30,20	23,50	31,00	47,90	23,10	21,90
1977	7,33	307,10	18,30	17,80	26,10	3,40	30,40	24,70	30,20	48,90	17,70	30,40	10,60	48,60
1978	11,1	359,30	16,10	20,70	11,10	40,40	45,70	37,60	80,10	15,40	16,40	16,70	38,50	20,60
1979	12,2	430,20	35,90	21,80	18,10	25,40	23,40	47,60	116,10	41,30	13,10	51,10	23,50	12,90
1980	11,2	315,90	13,00	3,10	7,80	4,90	7,10	65,70	73,80	69,50	1,80	18,10	30,40	20,70
1981	4,6	262,50	24,70	6,20	19,70	17,50	31,20	4,20	32,20	19,10	44,20	25,80	18,50	19,20
1982	6,4	395,00	34,10	10,80	17,40	14,60	10,90	40,10	84,70	29,60	23,20	63,60	47,50	18,50
1983	7	341,20	35,90	18,70	14,50	25,50	34,00	65,00	44,20	14,50	24,30	22,70	21,90	20,00
1984	15,5	457,80	6,70	23,20	17,50	14,90	19,50	153,60	63,80	18,70	26,40	37,60	52,00	23,90
1985	10,4	399,00	7,30	16,80	11,30	24,50	30,10	30,20	47,70	103,20	14,50	49,60	43,90	19,90
1986	11,6	323,00	31,10	6,80	12,20	8,90	44,00	63,50	38,90	34,30	10,00	23,20	13,80	36,30
1987	11,9	511,20	33,30	18,40	2,70	40,80	74,70	22,60	43,80	106,50	37,50	60,70	33,40	36,80
1988	6,9	238,10	24,80	12,10	1,10	5,10	25,80	10,10	44,00	42,00	18,00	29,90	13,90	11,30
1989	7,8	266,00	25,00	18,00	0,00	34,70	34,30	34,00	21,00	7,00	8,00	34,00	21,00	29,00
1990	6,9	402,00	17,00	29,00	25,00	12,00	37,00	19,00	132,00	39,00	16,00	36,00	24,00	16,00
1991	5,2	352,00	27,00	12,00	12,00	20,00	23,00	11,00	49,00	95,00	37,00	13,00	23,00	30,00
1992	11,4	379,00	17,00	6,00	8,00	24,00	18,00	24,00	120,00	63,00	32,00	26,00	16,00	25,00
1993	10,1	405,00	37,00	16,00	14,00	24,00	55,00	80,00	47,00	36,00	32,00	12,00	18,00	34,00
1994	8,3	317,00	13,00	19,00	8,00	13,00	35,00	40,00	45,00	46,00	31,00	9,00	32,00	26,00
1995	6,6	303,00	12,00	12,00	11,00	7,00	16,00	20,00	99,00	22,00	44,00	34,00	11,00	15,00
1996	10,8	271,00	20,00	10,00	4,00	4,00	21,00	23,00	66,00	23,00	32,00	20,00	23,00	25,00
1997	5,8	186,00	25,00	16,00	8,00	1,00	24,00	25,00	25,00	26,00	6,00	0,00	14,00	16,00
1998	1,9	220,00	2,00	18,00	1,00	24,00	13,00	39,00	51,00	10,00	21,00	18,00	12,00	11,00
Korrelations- koeffizient		0,43			0,14	0,21	0,25	0,62	0,29	0,01				

Jahresniederschläge an den Stationen Uglovskoje und Bajewo
(AKZGC 2001)

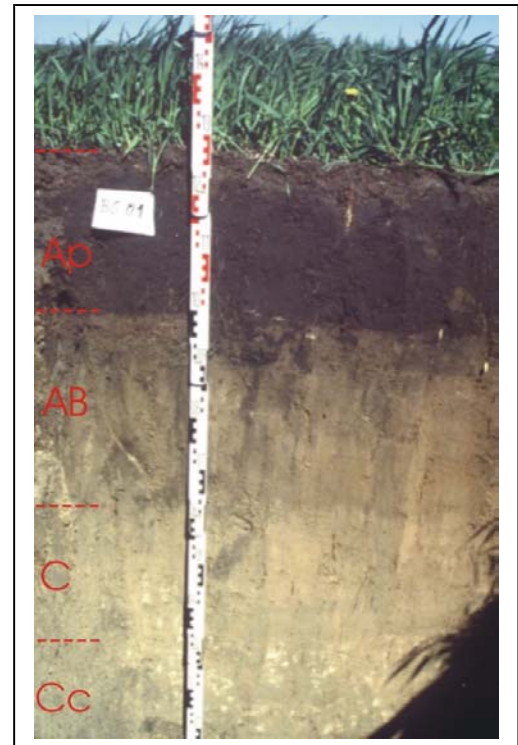
Jahr	Niederschlagssummen [mm]	
	Uglovskoje	Baewo
1951	177	176
1952	226	408
1953	265	296
1954	315	353
1955	219	226
1956	221	397
1957	227	402
1958	330	276
1959	330	325
1960	457	388
1961	323	384
1962	177	244
1963	191	381
1964	267	296
1965	243	196
1966	376	356
1967	428	386
1968	398	390
1969	437	571
1970	333	376
1971	281	350
1972	375	396
1973	261	249
1974	159	215
1975	320	320
1976	346	321
1977	361	326
1978	307	270
1979	347	323
1980	233	290
1981	241	240
1982	338	347
1983	245	265
1984	365	400
1985	338	431
1986	244	319
1987	312	510
1988	214	276
1989	211	287
1990	339	434
1991	235	292
1992	348	422
1993	446	469
1994	314	386
1995	235	297
1996	398	301
1997	173	177
1998	271	327
1999	236	284
2000	372	457

Zuwachs an Ackerfläche während der Neulandaktion im Untersuchungsgebiet
(ZENTRALARCHIV ALTAI-KRAI 1964)

Rayon (Bezirk)	Für Ackerbau geeignete Flächen in 1000 ha	Acker in Bearbeitung in 1000 ha		Zuwachs an Ackerfläche während der Neulandaktion in 1000 ha
		1953	1955	
Blagoweschenskii	148.2	109.2	152.2	43.0
Burlinskii	115.3	82.9	114.9	32.0
Wolchihinskii	179.2	114.5	179.5	64.7
Sawjalowskii	105.8	68.1	105.1	37.0
Snamenskii	104.9	67.8	99.8	32.0
Kluchewskii	148.7	101.8	148.8	47.0
Kulundinskii	150.2	105.4	150.4	45.0
Miheilowskii	114.3	75.2	114.2	39.0
Rodinskii	163.2	119.2	163.2	44.0
Romanowskii	141.0	78.7	140.7	62.0
Slawgorodskii	161.9	108.8	156.8	48.0
Suetskii	88.8	60.5	88.5	28.0
Tabunskii	141.7	92.0	125.0	33.0
Habarskii	106.0	70.0	106.0	36.0
Baewskii	136.6	83.0	139.0	56.0
Kamenskii	160.5	108.0	160.0	52.0
Krutichinskii	98.9	57.1	98.1	41.0
Mamontowskii	111.2	74.7	110.7	36.0
Pawlowskii	110.0	84.7	109.7	25.0
Pankruschichinskii	120.6	74.5	120.6	46.1
Parfoenowskii	96.2	67.1	96.1	29.0
Rebrichinskii	89.2	64.8	88.8	24.0
Tumenzewskii	87.3	64.7	87.7	23.0
Scharchinskii	89.4	68.9	88.9	20.0
Schelabolichinskii	83.3	63.5	84.5	21.0
Aleiskii	132.5	103.9	132.9	29.0
Beloglasowskii	93.0	64.7	92.7	28.0
Egorewskii	90.6	66.0	89.0	23.0
Loktewskii	131.7	98.6	131.6	33.0
Topchichinskii	-	-	-	21.0
Uglowskii	-	-	-	77.0
Chabarskii	-	-	-	36.0
Rubzowskii	-	-	-	38.0
Nowichichinskii	-	-	-	29.0
Kalmanskii	-	-	-	16.0

Name	BG 01 (DNR)
Aufnahmedatum	19.05.2000
Nördliche Breite	53°09'351
Östliche Länge	078°42'602
Höhe ü. NN	209 m

Neigung	0
Exposition	0
Mikrorelief	Ackerfurchen
Nutzungsart	Ackerbau
Vegetation	-
Bemerkungen	Bewässertes Referenzprofil
Bodentyp	Heller Kastanosem

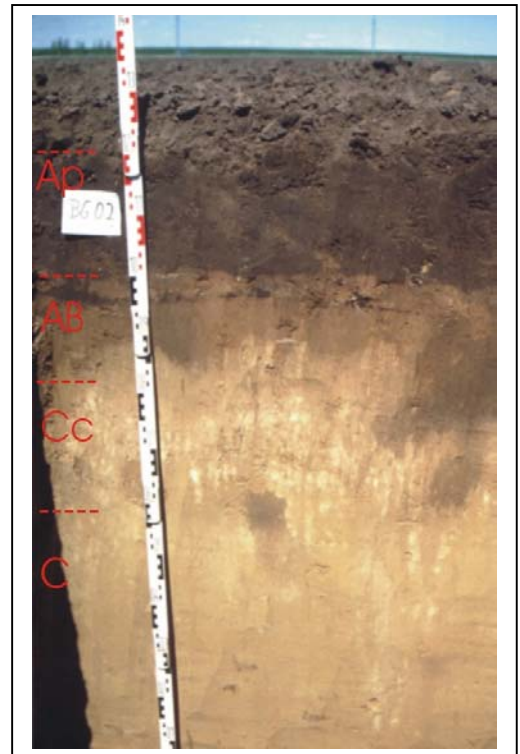


Horizontsymbol	Ap	AB	C	Cc		
Unterbodengrenze (cm)	27	61	93			

Korngrößen (mm):		%	%	%	%		
<0,001		7,3	12,8	6,2	9,2		
0,001-0,005		2	1,7	2,7	2,4		
0,005-0,01		2,7	1,2	3	1,7		
0,01-0,05		11	0,8	4,4	3,1		
0,05-0,25		38,6	50,9	60	56,1		
0,25-1		34,9	30,7	21,4	25,9		
1-2		3,5	1,9	2,4	1,6		
Karbonatgehalt (%)		1,8	2,4	5,1	9,3		
Humusgehalt (%)		3,3	1,1	0,4	0,1		
pH-Wert		7,3	7,2	6,9	7,1		
EC im mS		1,7	2,3	3,0	3,3		
Rohdichte (g/cm³)		1,3	1,4	1,3	1,4		

Name	BG 02 (Region Slavgorod)
Aufnahmedatum	19.05.2000
Nördliche Breite	53°09'399
Östliche Länge	078°42'803
Höhe ü. NN	203 m

Neigung	0
Exposition	0
Mikrorelief	Ackerfurchen
Nutzungsart	Ackerbau
Vegetation	-
Bemerkungen	Nichtbewässertes Referenzprofil
Bodentyp	Heller Kastanosem



Horizontsymbol	Ap	AB	Cc	C		
Unterbodengrenze (cm)	22	37	57			

Korngrößen (mm):		%	%	%	%	
<0,001		12,1	14,2	23,7	11,7	
0,001-0,005		8,5	0,2	6,8	10	
0,005-0,01		5,2	8,9	7	5,5	
0,01-0,05		23,9	10,2	29,3	12,5	
0,05-0,25		31,9	37,4	30,2	37,9	
0,25-1		17,7	27,4	2,9	20,5	
1-2		0,7	1,6	0,1	1,9	
Karbonatgehalt (%)		0,9	3,2	7,9	5,1	
Humusgehalt (%)		3,2	1,2	0,2	0	
pH-Wert		6,8	6,9	7,1	7,0	
EC im mS		1,5	2,3	4,3	3,3	
Rohdichte (g/cm³)		1,3	1,5	1,4	1,4	

Name	BS 02 (DNR)
Aufnahmedatum	18.05.2000
Nördliche Breite	53°18'829
Östliche Länge	078°55'317
Höhe ü. NN	198 m

Neigung	0
Exposition	0
Mikrorelief	Ackerfurchen
Nutzungsart	Ackerbau (bewässert)
Vegetation	-
Bemerkungen	bewässertes Referenzprofil zur Feststellung von Versalzungstendenzen
Bodentyp	Südlicher Tschernosem



Horizontsymbol	Ap	AB	Cc	C	Cz	
Unterbodengrenze (cm)	23	35	65	87		

Korngrößen (mm):		%	%	%	%	%
<0,001		18	21,7	28,6	29,1	22,5
0,001-0,005		10,2	4,4	9,2	9,5	0,3
0,005-0,01		7,9	4,5	9,8	10,2	8,6
0,01-0,05		21,6	31,5	25,8	25,4	21
0,05-0,25		32,9	28,5	20,8	23,6	41,7
0,25-1		7,2	7,9	4,5	2,2	5,3
1-2		2,2	1,5	1,2	0,1	0,6
Karbonatgehalt (%)		0,3	1,0	7,8	4,9	4,3
Humusgehalt (%)		3,7	1,29	0,2	0,2	0,1
pH-Wert		7,0	7,3	7,2	7,9	7,2
EC im mS		3,0	4,1	4,7	6,8	14,3
Rohdichte (g/cm³)		1,3	1,4	1,4	1,3	1,4

Name	Ca II 1 (Region Kulunda)
Aufnahmedatum	03.06.1999
Nördliche Breite	52° 29' 678
Östliche Länge	78° 56' 545
Höhe ü. NN	143 m

Neigung	0
Exposition	0
Mikrorelief	-
Nutzungsart	Windschutzstreifen
Vegetation	Gräser, Birken
Bemerkungen	Teil einer Catena durch einen Windschutzstreifen (Zentrum Windschutzanlage)
Bodentyp	Überlagerter Heller Kastanosem



Horizontsymbol	Mo	Apf	C			
Unterbodengrenze (cm)	45	60				

Korngrößen (mm):	%	%	%			
<0,001	7	6,6	7,1			
0,001-0,005	8,4	8	1			
0,005-0,01	2	1,4	5,9			
0,01-0,05	7	9	4,5			
0,05-0,25	38,3	33,4	49,1			
0,25-1	37,3	41,6	32,4			
1-2						
Karbonatgehalt (%)	0,3	0,4	1,5			
Humusgehalt (%)	1,3	2,3	0,2			
pH-Wert	6,8	7,3	6,9			
EC im mS	1,3	0,5	0,7			
Rohdichte (g/cm³)	1,3	1,4	1,6			

Name	Ca II 2 (Region Kulunda)
Aufnahmedatum	03.06.1999
Nördliche Breite	52° 29' 676
Östliche Länge	78° 56' 543
Höhe ü. NN	143 m

Neigung	0
Exposition	0
Mikrorelief	Drillfurchen
Nutzungsart	Acker
Vegetation	Weizenkeimlinge
Bemerkungen	Teil einer Catena durch einen Windschutzstreifen (30 m im Leebereich)
Bodentyp	Überlagerter Heller Kastanosem



Horizontsymbol	Ap1	Ap2	C			
Unterbodengrenze (cm)	15	35				

Korngrößen (mm):	%	%	%			
<0,001	6,8	10,8	10,8			
0,001-0,005	6,3	1,2	1,2			
0,005-0,01	6,1	5,4	5,4			
0,01-0,05	6,6	4,4	4,4			
0,05-0,25	37,1	32,6	32,6			
0,25-1	37,1	45,6	45,6			
1-2						
Karbonatgehalt (%)	0,7	0,4	0,7			
Humusgehalt (%)	2,3	1,7	1,2			
pH-Wert	7,0	6,8	6,9			
EC im mS	1,3	0,5	0,7			
Rohdichte (g/cm³)	1,2	1,3	1,5			

Name	Ca II 3 (Region Kulunda)
Aufnahmedatum	03.06.1999
Nördliche Breite	52° 29' 679
Östliche Länge	78° 56' 540
Höhe ü. NN	143 m

Neigung	0
Exposition	0
Mikrorelief	Drillfurchen
Nutzungsart	Acker
Vegetation	Weizenkeimlinge
Bemerkungen	Teil einer Catena durch einen Windschutzstreifen (30 m im Luvbereich)
Bodentyp	Überlagerter Heller Kastanosem



Horizontsymbol	Ap1	Ap2	C	Cc		
Unterbodengrenze (cm)	10	35	75			

Korngrößen (mm):	%	%	%	%		
<0,001	5,4	6,5	7,2	7,9		
0,001-0,005	7,4	8,9	3,5	0,3		
0,005-0,01	4,9	1,6	3,5	3,2		
0,01-0,05	3,4	8,0	12,4	6,6		
0,05-0,25	39,6	37,1	40,2	41,6		
0,25-1	39,3	37,9	33,2	40,4		
1-2						
Karbonatgehalt (%)	0,4	0,5	0,7	2,3		
Humusgehalt (%)	1,9	1,8	0,5	0,5		
pH-Wert	6,6	6,8	7,3	8,1		
EC im mS	0,7	0,6	0,9	1,0		
Rohdichte (g/cm³)	1,3	1,5	1,4	1,5		

Name	Ca II 4 (Region Kulunda)
Aufnahmedatum	03.06.1999
Nördliche Breite	52° 29' 674
Östliche Länge	78° 56' 540
Höhe ü. NN	143 m

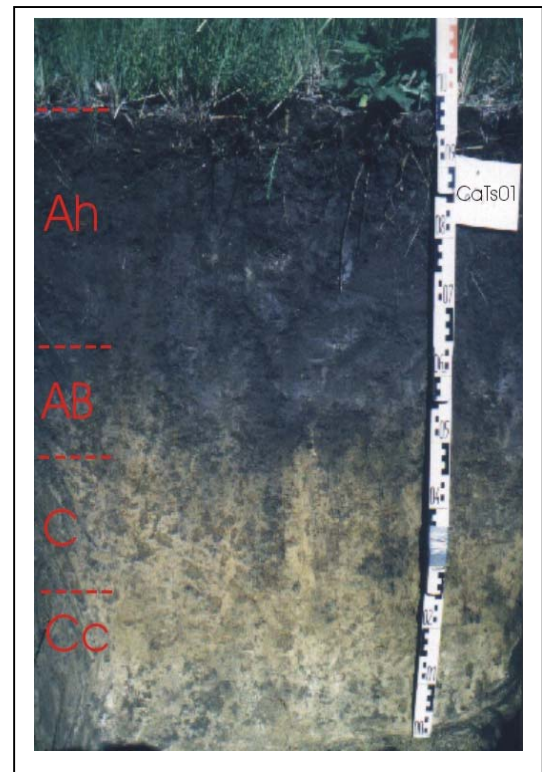
Neigung	0
Exposition	0
Mikrorelief	Drillfurchen
Nutzungsart	Acker
Vegetation	Weizenkeimlinge
Bemerkungen	Teil einer Catena durch einen Windschutzstreifen (200 m im Luvbereich)
Bodentyp	Heller Kastanosem



Horizontsymbol	Ap	AB	C	Cc		
Unterbodengrenze (cm)	20	40	55			

Korngrößen (mm):	%	%	%	%		
<0,001	14,6	14,0	11,0	9,0		
0,001-0,005	5,5	4,0	9,6	3,0		
0,005-0,01	4,3	6,4	7,3	6,8		
0,01-0,05	12,9	10,6	10,5	3,6		
0,05-0,25	32,9	37,5	39,1	26,9		
0,25-1	29,8	27,5	22,5	50,7		
1-2						
Karbonatgehalt (%)	0,4	0,7	3,2	6,4		
Humusgehalt (%)	2,0	2,3	1,4	0,5		
pH-Wert	6,9	6,9	8,2	8,2		
EC im mS						
Rohdichte (g/cm³)	1,4	1,4	1,4	1,5		

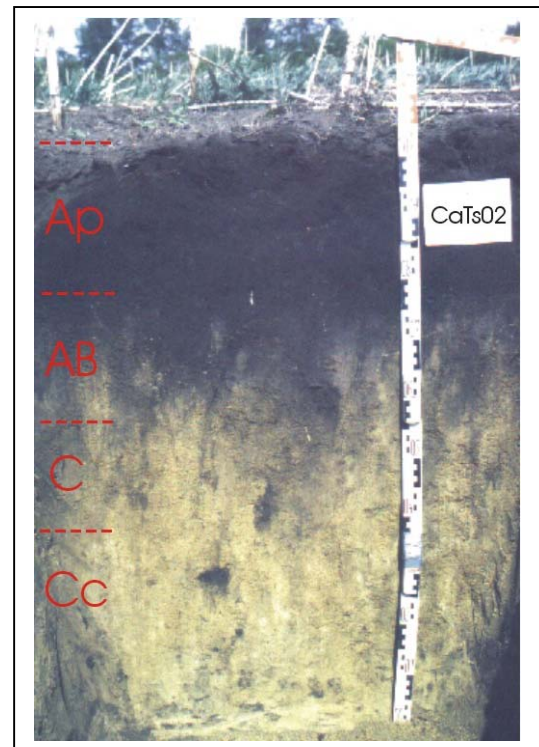
Name	CaTs 01 (Region Wechni Suetka)
Aufnahmedatum	16.06.1999
Nördliche Breite	53°22'255
Östliche Länge	079°38'571042
Höhe ü. NN	220 m
Neigung	0
Exposition	0
Mikrorelief	-
Nutzungsart	keine
Vegetation	Natürlich Steppengräser (z.B. Stipa pennata)-
Bemerkungen	Referenzprofil unbearbeiteter Tschernosem
Bodentyp	Typischer Tschernosem



Horizontsymbol	Ah	AB	C	Cc		
Unterbodengrenze (cm)	35	50	85			

Korngrößen (mm):		%	%	%	%		
<0,001		18,6	17	30,7	26,3		
0,001-0,005		7,1	10,5	9,7	6,1		
0,005-0,01		7,1	6,9	1,6	5,4		
0,01-0,05		63	40,6	38,6	28,2		
0,05-0,25		1,8	20,7	18,5	30,1		
0,25-1		2,4	4,3	0,9	3,9		
1-2							
Karbonatgehalt (%)		2,3	2,4	3,9	13,2		
Humusgehalt (%)		9,6	8,0	4,4	0,5		
pH-Wert		7,1	7,2	8,1	8,2		
EC im mS		0,6	0,4	0,8	1,3		
Rohdichte (g/cm³)		0,8	1,1	1,1	1,2		

Name	CaTs 02 (Region Wechni Suetka)
Aufnahmedatum	16.06.1999
Nördliche Breite	53°22'245
Östliche Länge	079°38'583
Höhe ü. NN	220 m
Neigung	0
Exposition	0
Mikrorelief	Ackerfurchen
Nutzungsart	Ackerbau
Vegetation	-
Bemerkungen	Referenzprofil bearbeiteter Tschernosem
Bodentyp	Typischer Tschernosem

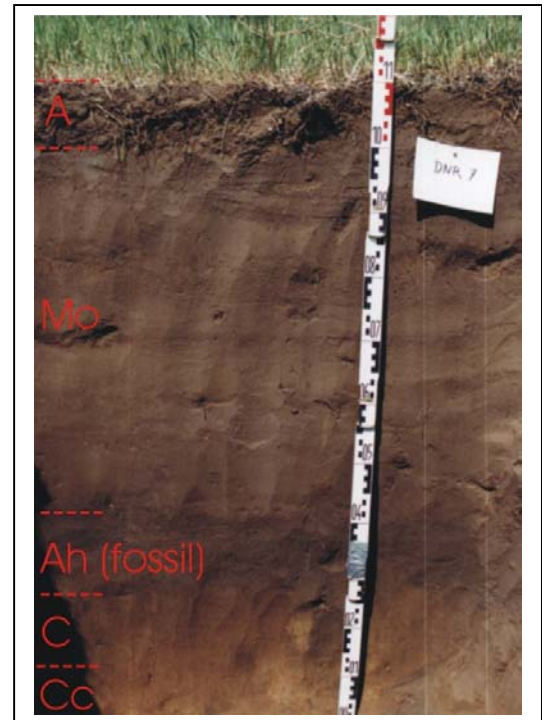


Horizontsymbol	Ap	AB	C	Cc		
Unterbodengrenze (cm)	25	45	75			

Korngrößen (mm):		%	%	%	%		
<0,001		25,6	19	24,9	20,4		
0,001-0,005		13,4	13,4	14,1	11		
0,005-0,01		6,6	16,2	6,2	9,2		
0,01-0,05		38,8	38,4	41,8	24,4		
0,05-0,25		14,8	11,8	12,3	28,5		
0,25-1		0,8	1,2	0,7	6,5		
1-2							
Karbonatgehalt (%)		1,3	1,1,4	4,1	11,4		
Humusgehalt (%)		4,8	5,3	1,1	0,3		
pH-Wert		7,3	7,2	8,1	8,3		
EC im mS		0,5	0,4	0,9	1,9		
Rohdichte (g/cm³)		1,1	1,3	1,2	1,2		

Name	DNR 07 (DNR)
Aufnahmedatum	16.06.1999
Nördliche Breite	53°10'657
Östliche Länge	078°39'339
Höhe ü. NN	198 m

Neigung	0
Exposition	0
Mikrorelief	-
Nutzungsart	Windschutzstreifen
Vegetation	Gräser
Bemerkungen	Äolisch überlagerter A Horizont
Bodentyp	Ehemals dunkler Kastanosem

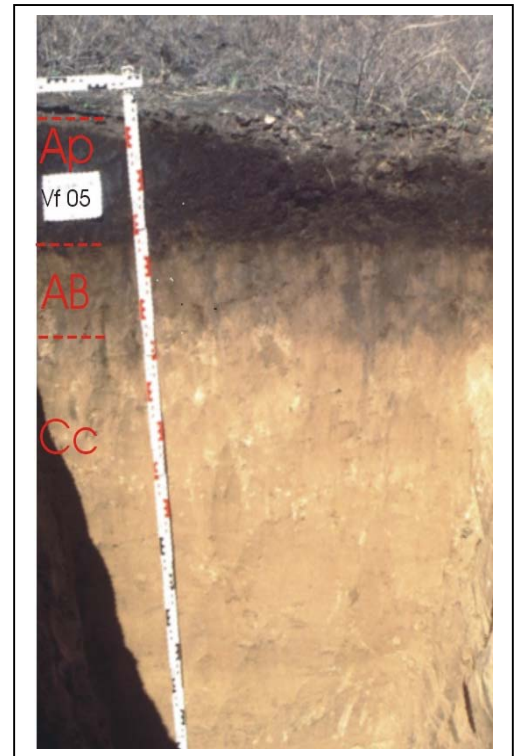


Horizontsymbol	A	Mo	Ah	C	Cc	
Unterbodengrenze (cm)	10	70	80	95		

Korngrößen (mm):		%	%	%	%		
<0,001		4,6	7,6	8,5	3,2		
0,001-0,005		3,1	0,9	1,2	5,8		
0,005-0,01		5,1	7,5	3,1	3,1		
0,01-0,05		2,5	0,2	29,3	1,1		
0,05-0,25		61,6	48,2	39,1	68,9		
0,25-1		23,1	35,6	18,8	17,9		
1-2							
Karbonatgehalt (%)		0,7	0,5	0,9	6,1		
Humusgehalt (%)		1,9	0,4	3,1	0,3		
pH-Wert		6,9	6,7	7,3	7,2		
EC im mS		0,5	0,2	0,3	1,2		
Rohdichte (g/cm³)		1,2	1,4	1,4	1,4		

Name	Vf 05 (DNR)
Aufnahmedatum	11.05.2000
Nördliche Breite	53°14'759
Östliche Länge	078°59'042
Höhe ü. NN	213 m

Neigung	0
Exposition	0
Mikrorelief	Ackerfurchen
Nutzungsart	Ackerbau
Vegetation	-
Bemerkungen	Nichtbewässertes Referenzprofil/ Tiefe 2 m zur Feststellung des Bodenwassergehaltes
Bodentyp	Südlicher Tschernosem



Horizontsymbol	Ap	AB	Cc			
Unterbodengrenze (cm)	25	50				

Korngrößen (mm):		%	%	%		
<0,001		24,5	26,7	23,7		
0,001-0,005		13	7	6,8		
0,005-0,01		8,6	11,7	7		
0,01-0,05		26,1	22,2	29,3		
0,05-0,25		25,1	29,5	30,2		
0,25-1		2,4	2,9	2,9		
1-2		0,3	0	0,1		
Karbonatgehalt (%)		0,7	3,9	6,3		
Humusgehalt (%)		3,3	0,9	0,3		
pH-Wert		6,6	7,3	8,6		
EC im mS		2,2	4,1	3,1		
Rohdichte (g/cm³)		1,3	1,4	1,2		

Erklärung

Hiermit versichere ich, die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst zu haben. Andere als die darin angegebenen Quellen und Hilfsmittel wurden nicht genutzt. Die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht.

Tobias Meinel

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Hansgeorg Tobias Meinel
Geburtsdatum: 24. Juli 1970
Geburtsort: Leipzig
Staatsangehörigkeit: deutsch
Familienstand: verheiratet
Wohnanschrift: Kirchplatz 6a, 04828 Nepperwitz

Schulbildung

September 1977 Einschulung in Leipzig
1985 bis 1986 Kinder –und Jugendsportschule, Leipzig
1987 bis 1989 Erweiterte Oberschule „Georgie Dimitroff“, Leipzig
Sommer 1989 Abitur

Studium

1992 bis 1998 Studium der Geographie an der Martin-Luther-Universität Halle Wittenberg
Frühjahr 1998 Abschluss des Studiums als Dipl. Geograph

wissenschaftlicher Werdegang/berufliche Erfahrungen/Studienaufenthalte

1990 Sprachaufenthalt in London

1991 Praktikum in einem Vermessungsbüro in Leipzig

1995 7-monatiger Studienaufenthalt in Barnaul (Südsibirien), Untersuchungen auf dem Gebiet der radioökologischen Folgen der Kernwaffentests in Semipalatinsk in der südlichen Kulundasteppe in Vorbereitung der Diplomarbeit

1996 Teilnahme an einer 4-monatigen Expedition des Alfred- Wegener-Institutes für Polarforschung auf die Taymyr-Halbinsel in Nordsibirien, Untersuchungen auf dem Gebiet der Auswirkungen von Klimaänderungen auf das hocharktische Ökosystem

Seit Herbst 1998 Aspirantur am Lehrstuhl Geoökologie der Martin-Luther- Universität Halle-Wittenberg unter Leitung von Prof. Dr. Manfred Frühauf

Seit 2000 Gutachter auf dem Gebiet der Bodenkunde und der Agrarmeteorologie für die Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) in Südsibirien

Nepperwitz im Juni 2002

Tobias Meinel