

Steuergrößen und Erscheinungsformen des post-sowjetischen agrarischen
Landnutzungswandels und ihre Folgen für die Bodendegradation und den
Bodenwasserhaushalt in der voruralischen Waldsteppenzone
der Republik Baschkortostan

Dissertation
zur Erlangung des
Doktorgrades der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)

der

Naturwissenschaftlichen Fakultät III
Agrar- und Ernährungswissenschaften,
Geowissenschaften und Informatik
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Herrn Liebelt, Peter
Geb. am 16.12.1982 in Magdeburg

Gutachter:

Prof. Dr. Dr. h. c. Manfred Frühauf (Martin-Luther-Universität Halle–Wittenberg)
Prof. Dr. Norbert Hölzel (Universität Münster)

Tag der Verteidigung: 25. Juni 2015

Danksagung

Herr Prof. Dr. Dr. h. c. Frühauf ermöglichte es mir im Rahmen des Projektes "Consequences of (post-socialist) land use and climate change for landscape water budgets, soil degradation and rehabilitation in the forest steppe zone of Bashkortostan" diese Dissertation anzufertigen. Ihm gebührt besonderer Dank für die wissenschaftliche Betreuung und kritische Begleitung während dieser Zeit. Ich danke für sein in mich gesetztes Vertrauen zur selbstständigen Projektbearbeitung.

In diesem Zusammenhang möchte ich mich auch bei der Volkswagenstiftung, insbesondere bei Herrn Dr. Nöllenburg, für die finanzielle Unterstützung des Projekts bedanken.

Ebenso bedanke ich mich bei allen russischen Projektmitarbeitern, die mich bei der Umsetzung der Forschungsarbeiten unterstützten. Dabei möchte die Baschkirisch-Staatliche-Universität Ufa, die Baschkirische-Staatliche-Agraruniversität Ufa und das Institut für Biologie des Ufa-Wissenschaftszentrums der Russischen Akademie der Wissenschaften hervorheben.

Vielen Dank an die Prof. Gareev, Prof. Lukmanov, Prof. Khabirov, Dr. Gabbasova, Dr. Suleymanov und Dr. Komissarov für die große Hilfe vor Ort.

Für die Unterstützung bei der Einrichtung und Durchführung der Feldversuche möchte ich mich bei dem landwirtschaftlichen Betrieb „Artemida“, v.a. bei dem damaligen Hauptagronom, Herrn Jusopov, und dem damaligen Direktor, Herrn Pozhidaev, bedanken.

Des Weiteren gilt mein Dank den Mitarbeitern der Wasserbilanz-Station, die die Durchführung der Versuche zum Oberflächenabfluss ermöglichten.

Hervorheben möchte ich dabei den Direktor der Behörde „Bashmeliovodkhoz“, Herrn Dr. Komissarov, der die wissenschaftlichen Arbeiten genehmigte und organisatorisch wie auch fachinhaltlich unterstützte.

Ein großes Dankeschön möchte ich meinen Kollegen aus dem Fachbereich Geoökologie aussprechen, die mir immer hilfreich zur Seite standen.

Zuletzt danke ich meiner Familie und Partnerin, Linara Arslanova, für ihre Hilfe und ihr Verständnis.

Inhalt

I Tabellen-, Karten-, Diagramm- und Abbildungsverzeichnis	iv
II Abkürzungsverzeichnis	x
1 Problemstellung und Zielsetzung	1
2 Einleitung	5
2.1 Auswahl und Definition des Untersuchungsgebiets	5
2.2 Naturräumliche Einordnung und Ausstattung des Untersuchungsgebiets – voralische Waldsteppe der Republik Baschkortostan	7
2.2.1 Naturräumliche Gegebenheiten	8
2.2.1.1 <i>Relief</i>	8
2.2.1.2 <i>Boden</i>	9
2.2.1.3 <i>Klima</i>	12
2.3 Anthropogene Steuergrößen des Waldsteppenökosystem	16
2.3.1 Folgen des Global Change für das agrarische Landnutzungspotenzial des Waldsteppen- und Steppenbioms	16
2.3.2 Das Problem der Bodendegradation im Kontext des Global Change in Russland	17
2.3.3 Die voralische Waldsteppe Baschkortostans – ein landwirtschaftlicher Gunstraum im Wandel	19
3 Methodik	21
3.1 Methodischer Ansatz	21
3.2 Interview	25
3.2.1 Auswahl der Untersuchungsstandorte	25
3.2.2 Interviewform	25
3.2.3 Auswertung	26
3.3 Geländemethoden	27
3.3.1 Auswahl der Untersuchungsstandorte	27
3.3.2 Anlage der Versuchsfelder und Feldmessungen	27
3.4 Labormethoden	35
3.5 Anderweitige Datenrecherchen	38

4 Ergebnis	39
4.1 Die Entwicklung der agrarischen Landnutzung und ihre generellen natürlichen sowie gesellschaftlichen Steuerfaktoren in Baschkortostan und insbesondere in der voruralischen Waldsteppenzone	39
4.1.1 Grundzüge der sowjetzeitlichen Landnutzungsentwicklung	40
4.1.2 Post-sowjetische Landnutzungsentwicklung	45
4.1.2.1 <i>Entwicklung der Landnutzungsstruktur und ihre Steuergrößen</i>	45
4.1.2.2 <i>Aktuelle Trends der agrarischen Landnutzungsintensität durch regional wirksame Steuergrößen</i>	56
4.1.3 Agrarökonomische Bewertung	66
4.2 Untersuchungsstandort: Wasserbilanzstation	75
4.3 Untersuchungsstandort: ARTEMIDA	93
4.4 Weitere Untersuchungsstandorte – Chronosequenzen	108
5 Diskussion	118
6 Fazit und Ausblick	129
7 Literaturverzeichnis	134
8 Anhang	145

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Naturräumliche Einordnung der Luvic Chernozems	11
Tabelle 2: Erscheinungsformen der Bodendegradation in Russland	18
Tabelle 3: Vergleich der Korngrößeneinteilungen	37
Tabelle 4: Veränderung der agrarischen Landnutzungsstruktur im landwirtschaftlichen Betrieb Rassvet (Tuimazyj) (1996-2006)	54
Tabelle 5: Arbeitsverfahren der Bodenbearbeitung	57
Tabelle 6: Korrelationsmatrix – Agrarökonomie und mögliche räumliche Steuergrößen	69
Tabelle 7: Testplots am Standort WBS	75
Tabelle 8: Korngrößenanalyse der Erosionsfracht zu den Schmelzperioden 2010 und 2011 (WBS)	81
Tabelle 9: Sedimentfracht und Abflusshöhe (WBS)	85
Tabelle 10: Meteorologische Parameter (WBS)	86
Tabelle 11: Einflussgrößen auf die Wassererosion während der Schneeschmelze (WBS)	87
Tabelle 12: Relevante statistische Parameter der Beprobungen zum Bodenwassergehalt am Standort Artemida (2010-2012)	94
Tabelle 13: Relevante statistische Parametern der Beprobungen (0-50 cm) zum Bodenwassergehalt nach Anbauperioden am Standort Artemida	95
Tabelle 14: Relevante statistischen Parametern der Beprobungen (10-20cm) zum Bodenwassergehalt am Standort Artemida nach Anbauperioden	97
Tabelle 15: Statistik zu relevanten statistischen Parametern des Bodenwassergehalts während der Phase I und III (2012)	101
Tabelle 16: Korrelation nach Pearson zwischen den Messreihen Bodenfeuchte und Bodentemperatur während der Vegetationsperiode 2012 (Plot A4 und Plot A3, 2012)	102
Tabelle 17: Mittlerer Ertrag auf den Versuchsplots – Artemida	107
Tabelle 18: Standorte der Chronosequenzen	109
Tabelle 19: Horizontmächtigkeiten an den Chronosequenzmessunkten	110
Tabelle 20: Bodenchemische Parameter an den Chronosequenzmesspunkten (0-20cm)	115

I TABELLEN-, KARTEN- UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Tabelle 21: Eigenschaften zur Bodenphysik sowie den Bodenwasserhaushalt am Standort Artemida (2012)	146
Tabelle 22: Korngrößenzusammensetzung Artemida (2012)	147
Tabelle 23: Struktur-/Aggregatgefüge, Strukturkoeffizient und Aggregatstabilität am Standort Artemida (2012)	148
Tabelle 24: Bodenchemie am Standort Artemida (2012)	149
Tabelle 25: Hang-Catena (WBS)	150

Kartenverzeichnis

Karte 1: Naturräume Russlands (Europäischer Teil sowie Teile Westsibiriens)	5
Karte 2: Naturzonen und Relief in der Republik Baschkortostan	7
Karte 3: Bodentypen in der Republik Baschkortostan	10
Karte 4: Mittlere höhenkorrigierte Lufttemperatur in Baschkortostan	12
Karte 5: Mittlerer Jahresniederschlag in Baschkortostan	14
Karte 6: Bodenerosion in Baschkortostan	20
Karte 7: Untersuchungsstandorte in der voruralischen Waldsteppenzone	23
Karte 8: Agrarische Landnutzungsstruktur in Baschkortostan (1975)	43
Karte 9: Agrarische Landnutzungsdynamik in Baschkortostan (1975-1985)	44
Karte 10: Anteil der Ackerflächen und ihre Degradationsschäden in Baschkortostan (1997)	48
Karte 11: Ackerlandkonversion in Baschkortostan: 1995-2007	53
Karte 12: Räumliche Diversifizierung angewandter ackerbaulicher Konzepte und Methoden in den voruralischen Agrarbodenzonen Baschkortostans	58
Karte 13: Rentabilität, landwirtschaftlicher Ertrag und Infrastrukturelle Anbindung der Rajone	67
Karte 14: Mittlerer Ertrag (Getreidekulturen und Hülsenfrüchte) und mittlerer Humusgehalt der Böden in Baschkortostan	70

Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Klimadiagramm für den Standort Ufa/Dema	15
Diagramm 2: Entwicklung der Getreideerntemenge in Baschkortostan	41
Diagramm 3: Entwicklung der Düngemittelapplikation in Baschkortostan	46
Diagramm 4: Bilanzierung der Düngemittelapplikation und des Nähstoffaustrags während der Ernte in Baschkortostan	47
Diagramm 5: Entwicklung der agrarischen Landnutzungsstruktur in Baschkortostan	50
Diagramm 6: Entwicklung der Aussaatflächen von Getreidekulturen in Baschkortostan	52
Diagramm 7: Oberflächenabfluss – Schneeschmelze 2010 (WBS)	77
Diagramm 8: Abflussspende zur Frühjahrsschmelze 2010 (WBS)	78
Diagramm 9: Erosionsfracht zur Frühjahrsschmelze 2010 (WBS)	78
Diagramm 10: Oberflächenabfluss zur Schneeschmelze 2011 (WBS)	80
Diagramm 11: Abflussspende und Erosionsfracht, Frühjahrsschmelze 2011 (WBS)	81
Diagramm 12: Oberflächenabfluss zur Schneeschmelze 2012 (WBS)	82
Diagramm 13: Durchflussvolumen zur Frühjahrsschmelze 2012 (WBS)	83
Diagramm 14: Erosionsfracht und Humusgehalt zur Frühjahrsschmelze 2012 (WBS)	83
Diagramm 15: Abflusshöhe und Sedimentfracht in den untersuchten Schneeschnmelzperioden 2010-2012 (WBS)	84
Diagramm 16: Anstieg der Tagestemperatur während der Schneeschmelzperiode (2010-2012) am Standort WBS	86
Diagramm 17: Entwicklung der Schneeauflage am Standort WBS	87
Diagramm 18 Wasserleitfähigkeit in der Schneeschmelzperiode 2010 (WBS)	88
Diagramm 19 Wasserleitfähigkeit in der Schneeschmelzperiode 2011 (WBS)	88
Diagramm 20: Wasserleitfähigkeit in der Schneeschmelzperiode 2012 (WBS)	88
Diagramm 21: Mittlerer Eindringwiderstand 2011 (WBS)	89
Diagramm 22: Humusgehalt und Mächtigkeit des Oberbodens – Hang-Catena (WBS)	91
Diagramm 23: Werteverteilung des Bodenwassergehalt auf den verschiedenen Versuchsplots des Standorts Artemida in der Tiefe: 0-50 cm, 2010-2012	94
Diagramm 24: Bodenwassergehalt – Artemida (0-50 cm), Anbauperiode 2011	95

I TABELLEN-, KARTEN- UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Diagramm 25: Bodenwassergehalt – Artemida (0-50 cm), Anbauperiode 2012	95
Diagramm 26: Tiefendynamik des Bodenwassergehalts während der Anbauperiode 2012 am Standort Artemida	96
Diagramm 27: Bodenwassergehalt (10-20cm) am Standort Artemida, Anbauperiode 2012	97
Diagramm 28: Bodenwasserdynamik am Standort Artemida in der Anbauperiode 2012	98
Diagramm 29: Bodenwassergehalt (2012 – Phase I)	100
Diagramm 30: Bodenwassergehalt (2012 – Phase III)	100
Diagramm 31: Klimatische Wasserbilanz am Standort WBS - 2011	101
Diagramm 32: Klimatische Wasserbilanz am Standort WBS - 2012	101
Diagramm 33: Penetrometermessung am Standort Artemida [Vegetationsperiode 2012 (nach der Ernte)]	103
Diagramm 34: Wasserleitfähigkeit am Standort Artemida, 2012	104
Diagramm 35: Zusammenhang von Lagerungsdichte und Infiltrationsrate am Standort Artemida, 2012	104
Diagramm 36: Bodentemperaturdynamik in 5cm Bodentiefe – Auftauphase 2011	105
Diagramm 37: Entwicklung von Bodenwassergehalt/ -temperatur während der Auftauperiode auf den Testplots A3 und A4, 2011	106
Diagramm 38: Vergleich des Bodenwassergehalts (Plot A4 und A3) vor und nach der Frostperiode	106
Diagramm 39: Potenzielle Evaporation auf den Testplots – Artemida, 2011/12	106
Diagramm 40: Dynamik der Bodentemperatur auf den Testplots am Standort Artemida, 2011 (5cm)	106
Diagramm 41: Prozentuale Veränderung der maximalen Feldkapazität (Standort C1-2)	117

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wechselseitige Beziehungen zwischen den Untersuchungsgrößen	3
Abbildung 2: Versuchsdesign am Standort WBS	28
Abbildung 3: Testplot B (WBS)	29
Abbildung 4: Testplot A (WBS)	29
Abbildung 5: Versuchsdesign am Standort Artemida	30
Abbildung 6: Profilaufnahme und Probenentnahme am Standort Artemida	31
Abbildung 7: Bodenfeuchtemessstation mit Hydrasonden am Standort Artemida	33
Abbildung 8: Erscheinungsformen des post-sowjetischen agrarischen Landnutzungswandels	39
Abbildung 9: Hang-Catena – Standort WBS, 2012	91
Abbildung 10: Stark erodierter Typic Chernozem - Messpunkt S4-P4	111
Abbildung 11: Verlust des A-Horizonts	111
Abbildung 12: Geländesituation – Kavkaz	112
Abbildung 13: Anlegen der Messpunkte an dem erodierten Untersuchungsang am Standort Kavkaz	112
Abbildung 14: Messpunktraster zur Mächtigkeit des Oberbodens als Indikator der Bodendegradation	113
Abbildung 15: Bodenprofil - Referenzplot (WBS)	151
Abbildung 16: Bodenprofil – Plot A2 (Artemida)	152

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
agrar.	agrarisch
Aufl.	Auflage
Bd.	Band
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CIS	Commonwealth of Independent States
d. h.	das heißt
Diagr.	Diagramm
Diss.	Dissertation
Eds.	Editors
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
Hrsg.	Herausgeber
ISRIC	International Soil Reference and Information Centre
Jhd.	Jahrhundert
Mio.	Million
nördl.	nördlich
PWP	Permanenter Welkepunkt
SMR	Soil Map of Russia
SMW	Soil Map of the World
stat.	statistisch
südl.	südlich
Tab.	Tabelle
u. a.	unter anderem
UNEP	United Nations Environment Programme
vgl.	vergleiche
v. a.	vor allem
Vol.	Volume
Vol.-%	Volumenprozent
z. T.	zum Teil

1 Problemstellung und Zielsetzung

Seit dem letzten Jahrhundert ist eine Zunahme anthropogen verursachter Veränderungsprozesse zu beobachten, deren Relevanz sich von der regionalen Ebene auf die globale Ebene ausgeweitet hat.

Die Landdegradation gilt als eine wesentliche Komponente des Global Change (*WBGU 2011*). Sie führt dazu, dass sich das Angebot der Geoökosystemleistungen, welche von grundlegender Bedeutung für den Menschen sind, verändert.

Die Ressource Boden nimmt dabei als Träger wichtiger Ökosystemfunktionen eine zentrale Rolle ein. Sie stellt die Grundlage der Land- und Forstwirtschaft dar und hat als größter globaler terrestrischer Kohlenstoffspeicher eine wichtige Reglungsfunktion im Kohlenstoffkreislauf. Dies ist vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels von bedeutender Relevanz ist (*LAL ET AL. 2012, LAL ET AL 2007, ESWARAN et al. 1995, WBGU 1994*).

Der steigende Druck auf die Böden, resultierend aus der Bevölkerungsentwicklung und der Zunahme der Landnutzung – lediglich etwa 11 % der mit Boden bedeckten globalen Landoberfläche muss etwa 7 Mrd. Menschen mit Nahrungsmitteln versorgen - führt zur Intensivierung der Nutzung und auch Übernutzung der Böden (*WORLDBANK 2014 (a), SCHERR 1999, VALENTIN 1996, OLDEMAN 1992, BURINGH & DUDAL 1987*).

In der Folge des ansteigenden Nutzungsdruckes im Kontext des Global Change kommt es somit zunehmend zur Degradation von Böden, welche mit Modifikationen für den Menschen wichtiger Ökosystemleistungen verbunden ist (*JOHNSON & LEWIS 1994, ROUNSEVELL & LOVELAND 1994, WBGU 1994*).

Die Bodendegradation, definiert als Abnahme sowie Verlust der Bodenfunktionen, nimmt somit weltweit kontinuierlich an Bedeutung zu und bedroht terrestrische Ökosysteme sowie die Landwirtschaft (*ESWARAN ET AL. 2001, SCHERR 1999*).

Schätzungsweise 2 Milliarden ha der Ressource Boden sind von Degradation betroffen. Das entspricht etwa 22 % der absoluten Kultur-, Weide- und Waldflächen (*CHEN, JING, TAN, GONG 2002*).

Nur ein Verständnis der wechselseitigen Beziehungen zwischen den natürlichen und den anthropogenen Steuergrößen, wie der agrarischen Landnutzung, der Bodendegradation und dem System Boden als integraler Bestandteil von Geoökosystemen, kann neue Wege aufzeigen, menschliche Wirtschaftsformen nachhaltiger zu gestalten und geoökosystemare Dienste zu erhalten (*MEINEL & FRÜHAUF 2004, MEINEL 2003, MEINEL 2001, SCHRÖTER ET AL. 2005, WALKER & STEFFEN 1996, MC DONNELL & PICKETT 1993*).

Fragen zu der Dynamik von Steuergrößen geökosystemarer Grundfunktionen, deren Folgen und den Möglichkeiten zur Stabilisierung von Geoökosystemen durch nachhaltige Nutzungskonzepte werden in der gegenwärtigen Wissenschaftslandschaft breit diskutiert und weisen einen hohen Forschungsbedarf auf. Dies spiegelt sich in aktuellen Forschungsprojekten wider [BMBF-Fördermaßnahme „Nachhaltiges Landmanagement“ (BMBF 2008)].

Russland kommt hinsichtlich der Bodendegradationsproblematik eine besondere Rolle zu. Trotz der großen Ausdehnung des Landes erlauben die klimatischen und pedologischen Verhältnisse lediglich auf etwa 13 % der Gesamtfläche des Landes eine landwirtschaftliche Nutzung [WORLD BANK 2014 (b)]. Die agrarische Nutzung Russlands konzentriert sich somit vor allem, nach der Klassifikation von Walter & Breckle, auf das Subzonobiom VII – semiaride Steppensysteme Eurasiens – und das Zono-Ökoton VI/VII – Waldsteppenzone Osteuropas (WALTER & BRECKLE 1994).

Die Steppen und Waldsteppen gehören daher aufgrund ihrer im agrarischen Sinne günstigen naturräumlichen Gegebenheiten zu den am stärksten vom Menschen genutzten und daraus resultierend auch geschädigten Naturräumen Russlands (REMMERT 1997).

Dank einer traditionsreichen und entwickelten Bodenkunde gibt es eine recht gute Datenbasis zu den Böden und ihren Degradationserscheinungen sowie den Wechselwirkungen zu der Art und Intensität der Landnutzung in Russland.

Bereits im 19. Jhd. begann man unter der Leitung des Bodenkundlers V. V. Dokuchaev die fruchtbaren Tschernoseme, die in den Steppen- und Waldsteppengebieten Russlands den dominierenden Bodentyp darstellen, insbesondere bezüglich des klimatischen und landnutzungsbedingten Einflusses auf die Bodenbildung und Bodendegradation, zu untersuchen (SCHAETZL & ANDERSON 2005, DOKUCHAEV 1948).

Aktuellere Untersuchungen weisen daraufhin, dass v. a. die Intensivierung und Industrialisierung der Landwirtschaft im Zusammenwirken mit unangepassten Landnutzungsstrategien zu einer Zunahme von Bodendegradationserscheinungen in den Steppen- und Waldsteppenökosystemen Russlands führen, die mit einer Abnahme des Oberbodens und der Bodenfruchtbarkeit verbunden sind (KELLER 2010, GOSKOMZEM 2007, FRÜHAUF & MEINEL 2003, MEINEL 2003, SNAKIN 1996).

Die voruralische Waldsteppenzone der russischen Teilrepublik Baschkortostan gehört aufgrund der günstigen agrarökologischen Gegebenheiten (JAPAROV ET AL. 2005) zu den bedeutendsten Agrargebieten Russlands. Insbesondere die fruchtbaren Chernozems, welche diese Landschaftszone prägen, machen sie zu einem geeigneten Standort für eine ackerbauliche Nutzung (CHANY SHEV 2008).

Folglich ist diese Region einem starken agrarischen Landnutzungsdruck ausgesetzt (STAFICHUK 2002). Resultierend aus der intensiven ackerbaulichen oftmals aber auch an die konkreten Standortverhältnisse unzureichend angepassten Nutzungspraxis kommt es im Zusammenwirken mit den natürlichen Umweltbedingungen zum Auftreten verschiedenster Formen von Bodendegradation (KHAZIEV 2007). Hieraus resultieren nicht nur Beeinträchtigungen der Nutzung selbst, die sich häufig in starken Ertragsrückgängen äußern, sondern auch Verluste anderer ökologischer Bodenfunktionen (GABBASOVA 2004, ROSKOMZEM 1994).

Seit dem Zusammenbruch der ehemaligen Sowjetunion befindet sich die agrarische Landnutzung Baschkortostans in einem Wandlungsprozess (CHANY SHEV 2009, CHANY SHEV ET AL. 2008) dessen genauere Kenntnis, insbesondere über die Erscheinungsformen (Landnutzungsqualität und -intensität) und deren räumliche Muster, von großer Bedeutung ist, um Aussagen zu den bodenseitigen Folgewirkungen bzw. zu den Wechselwirkungen mit der Ressource Boden machen zu können (Abb. 1). Die aus der Dynamik der anthropogenen Steuergröße Landnutzung resultierenden bodenseitigen Folgen müssen dabei im Kontext der besonderen naturräumlichen Voraussetzungen – vor allem der bodenkundlichen und klimatischen Bedingungen – in der voruralischen Waldsteppenzone gesehen werden (KHAZIEV 2007, GABBASOVA 2004, KHABIROV 1995).

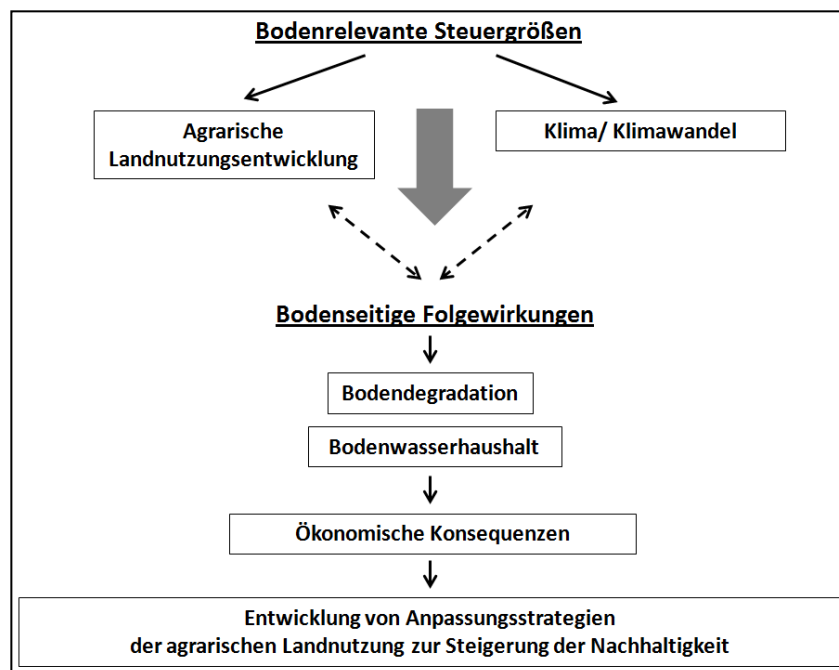


Abb. 1: Wechselseitige Beziehungen zwischen den Untersuchungsgrößen (Eigenes Schema)

In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, in welcher Qualität und Intensität die Dynamik der geökosystemrelevanten Steuergrößen agrarische Landnutzung und Klima auf die Bodendegradation sowie die Bodenwasserdynamik in der Waldsteppenzone

Baschkortostans wirkt und welche Folgen sich daraus wiederum für die agrarische Landnutzung ergeben. Aus den Untersuchungsergebnissen werden mögliche Lösungsansätze zur nachhaltigeren Nutzung von Agrarökosystemen in der Waldsteppe aufgezeigt. Diesbezüglich kommt Baschkortostan eine besondere Rolle zu, da es trotz bekannter und untersuchter Degradationsprobleme nicht an dem internationalen „Desertifikations-Programm“ (1997-2000) zwischen den Vereinten Nationen und dem Russischen Staatskomitee für Ökologie teilgenommen hat (CERNJAKHOVSKY & TISHKOV 2002).

Aus diesem Problemkomplex und sich daraus ergebenden Fragestellungen werden folgende Hypothesen postuliert:

1. Hypothese

Die Veränderungen bezüglich der Art und der Intensität agrarischer Landnutzung im Zuge des postsowjetischen Landnutzungswandels wirken sich auf die Bodendegradationsentwicklung und den Bodenwasserhaushalt aus.

2. Hypothese

Die räumlichen Disparitäten bezüglich der agrarischen Landnutzungsentwicklung und der Anwendung moderner, bodenschonender Bodenbearbeitungstechnologien hängen vor allem von politischen und wirtschaftlichen Faktoren ab.

3. Hypothese

Die konservierenden ackerbaulichen Verfahren sind vor dem Hintergrund der klimatischen Bedingungen und Veränderungen in der voruralischen Waldsteppenzone ein guter Weg zur Anpassung des Ackerbaus an die agrarökologischen Bedingungen und somit zur Stabilisierung der Ernten im Untersuchungsgebiet.

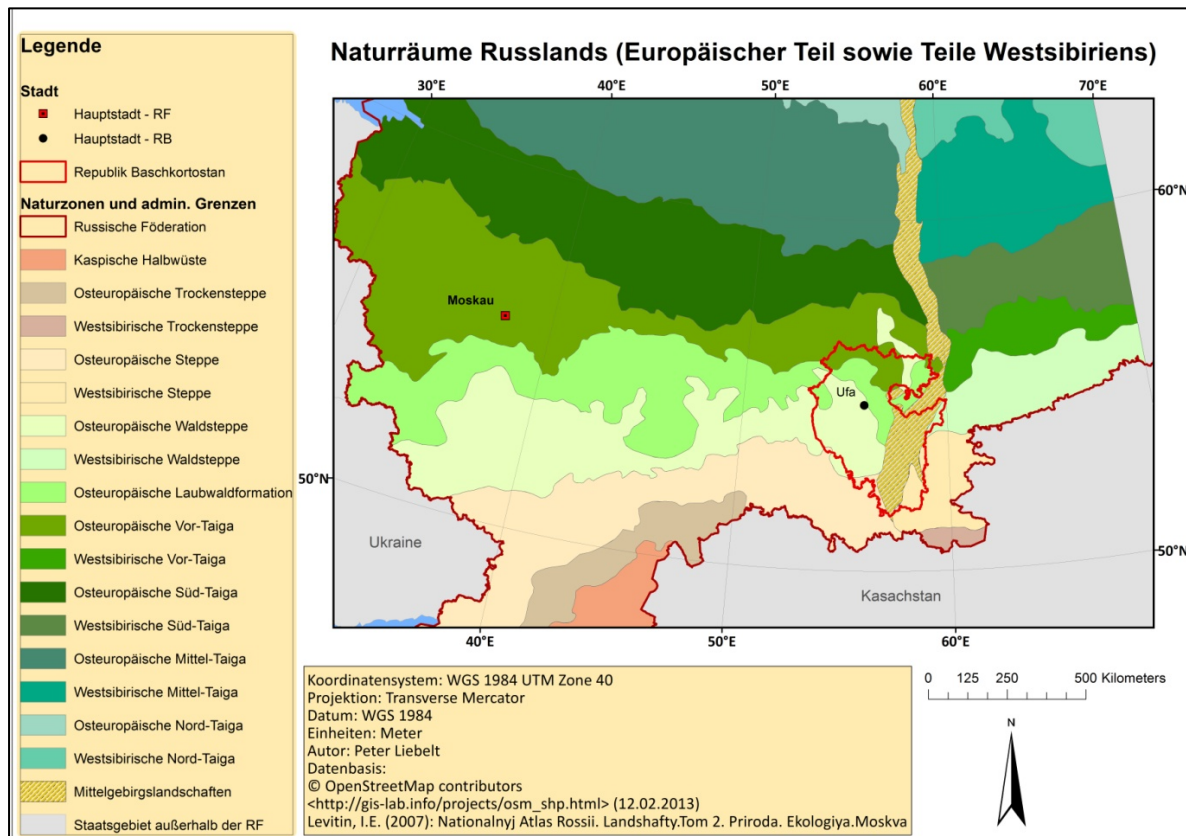
4. Hypothese

Die Anwendung neuer ackerbaulicher Konzeptionen, vor allem der konservierenden Bodenbearbeitung, führt aufgrund ihrer positiven bodenseitigen Folgewirkungen zur Effektivitätssteigerung und damit wirtschaftlichen Verbesserung der landwirtschaftlichen Betriebe.

2 Einleitung

2.1 Auswahl und Definition des Untersuchungsgebiets

Zur Bearbeitung der aus der allgemeinen Problemskizzierung entwickelten Untersuchungsziele und Evaluierung der aufgestellten Hypothesen (siehe Punkt 1) wurde die voruralische baschkirische Waldsteppenzone als Untersuchungsgebiet ausgewählt (siehe Karte 1).



Karte 1: Naturräume Russlands (Europäischer Teil sowie Teile Westsibiriens) (Eigene Karte)

Hierfür sind verschiedene Gründe anzuführen:

Der untersuchte Landschaftsraum hat aufgrund seines großen naturräumlich begründeten agrarischen Nutzungspotenzials eine entscheidende Bedeutung für die Agrarproduktion in Baschkortostan (CHANY SHEV 2008, KHABIROV 1995) und darüber hinaus in ganz Russland (JAPAROV 2005).

Wesentliche Indikatoren für die landwirtschaftliche Bedeutung der voruralischen Waldsteppenzone sind der hohe Anteil landwirtschaftlicher Nutzflächen und insbesondere Ackerflächen sowie die hohe landwirtschaftliche Produktionsleistung, nach welcher Baschkortostan den 3. Rang innerhalb Russlands einnimmt (ISMAGILOV 2005).

Allerdings zeigen ab Mitte der 1990er Jahre von staatlicher Seite durchgeführte Untersuchungen zum Zustand der Landressourcen in Baschkortostan, dass bis zu 50%¹ der ackerbaulich genutzten Böden in der voruralischen Waldsteppenzone Degradationserscheinungen aufweisen (GOSKOMZEM 2012). Diese führen zu Einschränkungen oder gar zum Verlust wichtiger Ökosystemfunktionen des Bodens sowie zur Beeinträchtigung der landwirtschaftlichen Nutzungsfunktion, was anhand der abnehmenden Produktivität der genutzten Böden deutlich wird (CHANY SHEV 2009, KHAZIEV 2007, GABBASOVA 2004).

Der durch den Zusammenbruch der ehemaligen Sowjetunion in Gang gesetzte agrarische Landnutzungswandel (GOSKOMZEM 2004) hat in der voruralischen Waldsteppenzone veränderte Bedingungen für die Bodendegradation geschaffen, deren Folgen und Potenzial für eine nachhaltige Landnutzung bisher noch unzureichend untersucht worden sind. Hierbei spielt auch die Rolle des Klimas/Klimawandels eine entscheidende Bedeutung und ist bislang für diese Region nur unzureichend bekannt.

In diesem Kontext ist die Nichtteilnahme der Republik Baschkortostan an dem Programm „Support of Activity on Prevention of Desertification in CIS-Countries“ (1997-2000) als eine Ursache des Informationsdefizites hervorzuheben (CERNJAKHOVSKY & TISHKOV 2002).

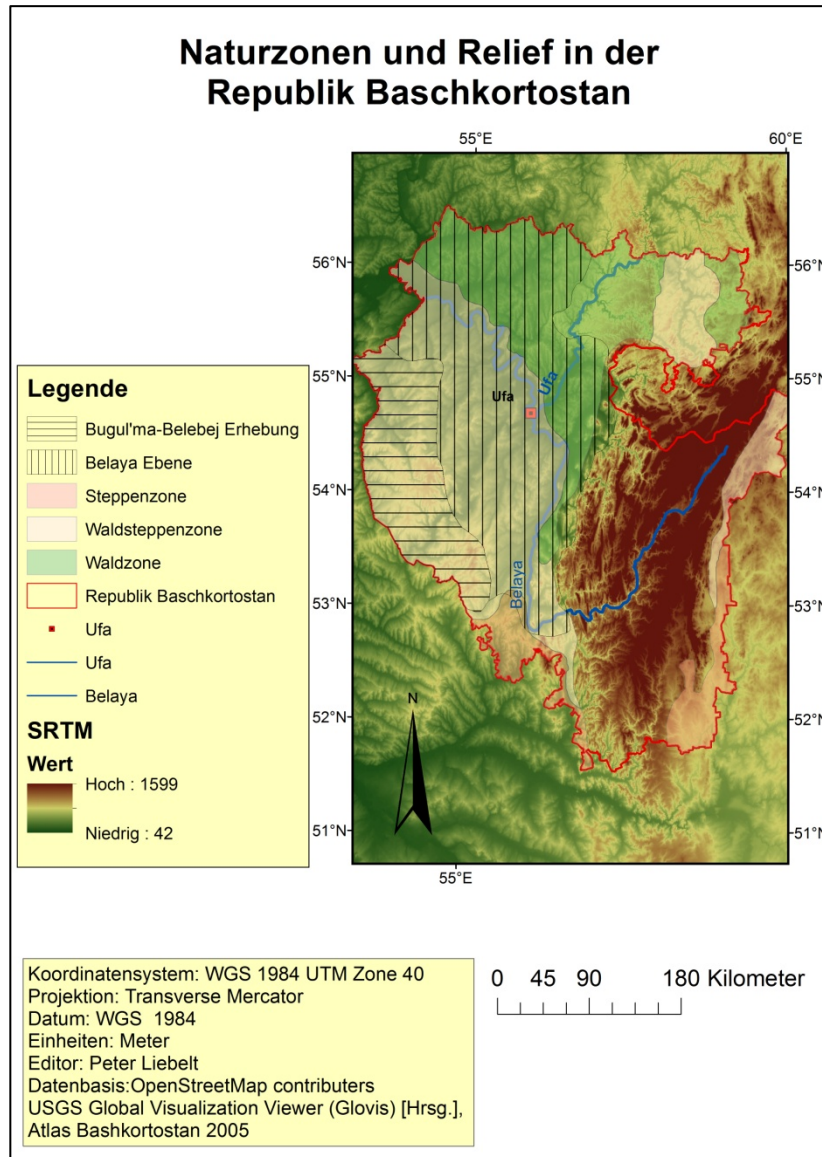
Es besteht demzufolge ein großer Forschungsbedarf zum einen zu den Erscheinungsformen des post-sowjetischen agrarischen Landnutzungswandels sowie zu den resultierenden bodenseitigen Effekten, insbesondere zu der Entwicklung der Bodendegradation und auch zu Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt.

Zur Auswahl des Untersuchungsgebiets sind neben den fachinhaltlichen Aspekten auch organisatorische Vorteile zu nennen. Zwischen den Städten Ufa und Halle bestehen traditionsreiche, bis in die Vorwendezeit reichende, partnerschaftliche Beziehungen, insbesondere auf der wissenschaftlichen Ebene. Als Ergebnis der wissenschaftlichen Beziehungen sind u. a. Forschungsaufenthalte deutscher Studenten, die Ausarbeitung von Qualifikationsarbeiten sowie die Durchführung des Projekts *„Consequences of (post-socialist) land use and climate change for landscape water budgets, soil degradation and rehabilitation in the forest steppe zone of Bashkortostan“* (2011-2013) – Nachfolgeprojekt des Projekts *„Development of land use, soil degradation and their consequences for the forest steppe zone of Bashkortostan“* (2007- 2009) – im Rahmen der Förderinitiative (I/81581) *„Zwischen Europa und Orient – Mittelasien/Kaukasus im Fokus der Wissenschaft“* der Volkswagen Stiftung zu nennen.

¹ Bezug auf die Gesamtfläche einzelner Rajone

2.2 Naturräumliche Einordnung und Ausstattung des Untersuchungsgebiets – voruralische Waldsteppe Baschkortostans

Die Waldsteppenzone erstreckt sich über weite Teile des westlichen Uralvorlands (auch als Vorural bezeichnet). Nach der Agrarbodenzonierung² (JAPAROV 2005) beträgt ihre Ausdehnung im baschkirischen Vorural etwa 64.000 km². Dies entspricht fast der Hälfte der Gesamtfläche Baschkortostans (143.000 km²).



Karte 2: Naturzonen und Relief in der Republik Baschkortostan (Eigene Karte)

Nach der Naturzonierung (JAPAROV 2005) geht die Waldsteppe nördlich des Flusses Belaja in die Waldzone und in ihren südlichen Randbereichen in die Steppenzone über. Die Nord-Süd-Ausdehnung reicht demnach von etwa 56 ° nördl. Breite bis 52 ° nördl. Breite (siehe

² Die Agrarbodenzonierung orientiert sich vor allem an den bodenkundlichen und klimatischen Merkmalen und ist nicht identisch mit der Naturzonierung (Japarov 2005)

Karte 2). Die Grenzen zwischen den Naturräumen sind dabei als fließende Übergänge zu verstehen, weshalb diese je nach Zonierung auch räumlich variieren. Generalisiert kann man sagen, dass in den Gebieten der Belaja-Ebene und Bugul'ma-Belebej-Erhebung (*siehe Karte 2*) der Waldsteppencharakter vorherrscht, weshalb in diesen Gebieten auch die Untersuchungen vorgenommen werden.

Die naturgeographischen Bedingungen in diesem Landschaftsraum weisen besondere klimatische und bodenkundliche Merkmale auf, die diesen charakterisieren und das agrarische Landnutzungspotenzial maßgeblich bestimmen. In den Randbereichen der voruralischen Waldsteppenzone nehmen die Abweichungen zu diesen für die Waldsteppe charakteristischen Merkmalen merklich zu (*KHAZIEV 2007, JAPAROV 2005*).

2.2.1 Naturräumliche Gegebenheiten

2.2.1.1 Relief

Geomorphologisch lässt sich Baschkortostan in das zur russischen Plattform gehörende leicht erhöhte westliche Uralvorland, das Uralgebirge und die an die sibirische Plattform anschließenden hügeligen Erhebungen des östlichen Uralvorlandes unterteilen (*KHAZIEV 2007*).

Das Untersuchungsgebiet umfasst dabei die zur russischen Plattform gehörenden geomorphologischen Strukturen – Belaja-Ebene sowie Teile der Bugul'ma-Belebej-Erhebung (*siehe Karte 2*). Die Bugul'ma-Belebej-Erhebung befindet sich im Südwestteil der Republik und erstreckt sich vom Unterlauf des Flusses Belaja bis zum Oberlauf des Flusses Ashkadar. Die Hochebene erreicht im Südosten eine Höhe von 420 bis 480 m ü. NN. Das Grundgebirge der Bugul'ma-Belebej-Erhebung besteht aus Ablagerungen des Oberen Perm und ist aus Kalksteinen, Mergeln, Sandsteinen, Konglomeraten und teilweise Gipsen zusammengesetzt (*KHABIROV 1995*).

Die Belaja-Ebene nimmt den zentralen Teil Westbaschkortostans ein und erstreckt sich von Nordwesten nach Südosten. Die Ebene fällt von Südosten in Richtung Nordwesten leicht ab und weitet sich im Nordwesten zunehmend aus. In ihrer Axialzone durchfließt sie der Fluss Belaja. Die Reliefenergie der Belaja-Ebene nimmt in östliche Richtung zu. Das dort vorherrschende Relief lässt sich als hügelig bis reihenartig gewellt beschreiben. Die absolute Höhe entlang der Flüsse Belaja und Kama schwankt zwischen 60 und 130 m ü. NN sowie zwischen 200 bis 240 m ü. NN in den Gebieten zwischen den beiden Flüssen. Auf dem Tafelteil der Ebene lagern überwiegend Sandsteine, Tone, Mergel und Kalksteine. Der untere Teil der Ebene zeichnet sich durch terrassenförmige Akkumulationen aus lockeren quartär-zeitlichen Ablagerungen aus (*KHAZIEV 2007, TAJCHINOV 1973*).

2.2.1.2 Boden

In Baschkortostan hat sich eine große Vielfalt an verschiedenen Bodentypen entwickelt. Die Diversifizierung der Böden ist der Kombination verschiedener bodenbildender Bedingungen geschuldet. Dazu zählen vor allem die stark variierenden bioklimatischen Bedingungen sowie verschiedene bodenbildende Substrate (GABBASOVA 2004).

Das Ausgangssubstrat der Bodenbildung besteht in der Waldsteppenzone Baschkortostans vorwiegend aus schweren Lehmen und Tonen mit geringem Wasserinfiltrationsvermögen und einer stark entwickelten Kapillarität. Auf dieser Basis haben sich Böden entwickelt, die aufgrund ihrer schweren mechanischen Zusammensetzung zur Verschlammung neigen und gespeichertes Bodenwasser verhältnismäßig schnell durch die Verdunstung abgeben (KHAZIEV 2007).

Hinsichtlich der Bodentypologie wird sich in dieser Arbeit neben der nationalen russischen Bodenklassifikation – Soil Map of Russia (Kurzform SMR) – auf die internationale Bodenklassifikation der FAO zur Weltbodenkarte – Soil Map of the World (Kurzform: SMW) – bezogen (FAO 1997).

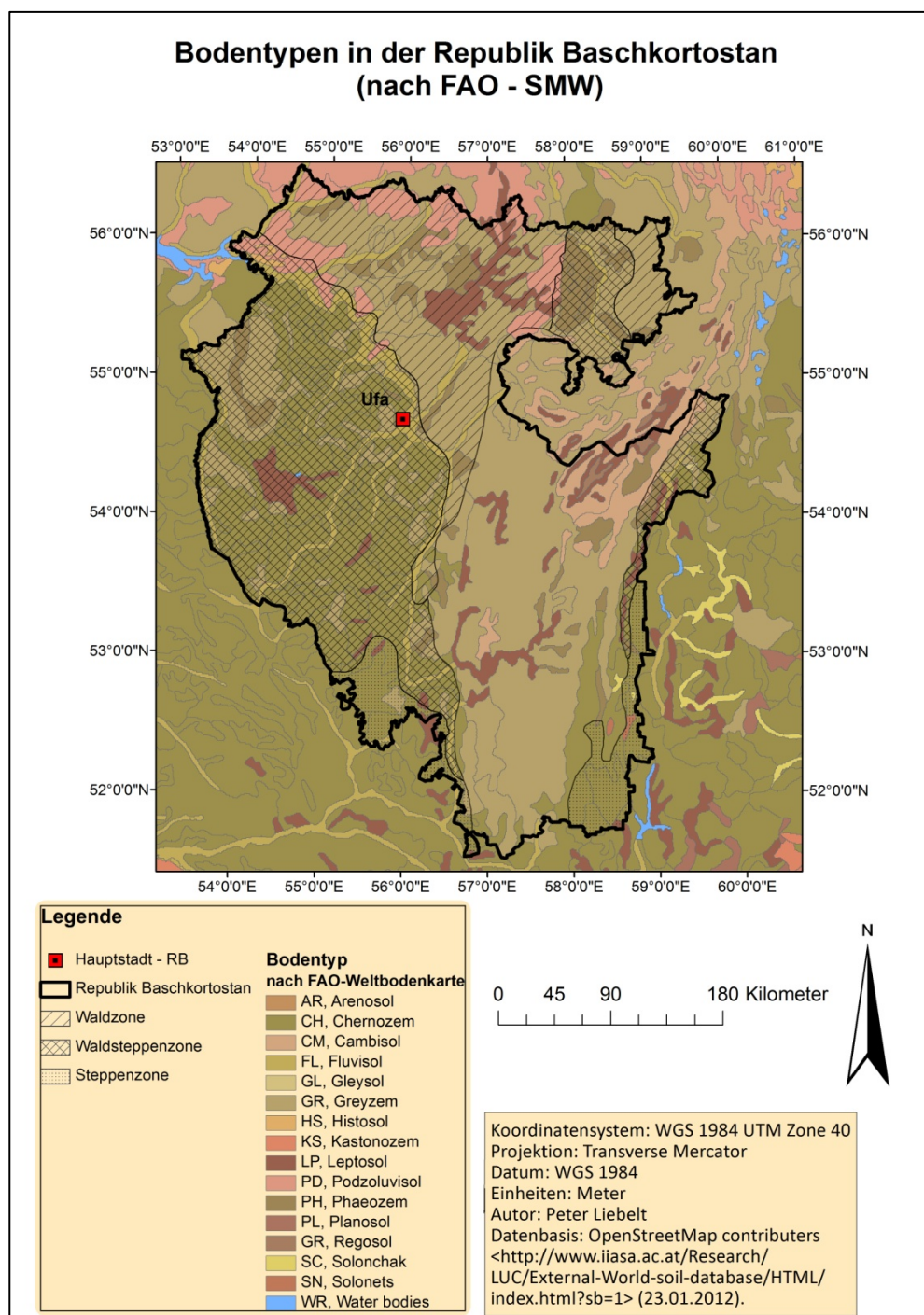
Die russische Bodenklassifikation geht auf die genetische Bodensystematik Dokuchaevs zurück (SCHAETZL & ANDERSON 2005) und wurde für Baschkortostan von Bogomolov sowie in der Folge von Tajchinov geprägt (KHAZIEV 2007, TAJCHINOV 1973, BOGOMOLOV 1954).

Die Klassifikation der SMW stellt das Ergebnis der Zusammenführung verschiedener nationaler Bodenklassifikationen dar und ermöglicht eine internationale Vergleichbarkeit von Bodentypen (STOLBOVOI 2000, STOLBOVOJ 1998).

Die Böden der Bugul'ma-Belebej-Erhebung sowie der Belaja-Ebene im voruralischen Teil Baschkortostans werden überwiegend von zwei Bodentypen geprägt: den in der in der Waldzone dominierenden Greyzems (SMR: engl. Grey Forest Soils/russ. Serye Lesnye pochvy) und den in der Waldsteppen- und Steppenzone vorherrschenden Chernozems (SMR: engl. Chernozems/ russ. Chernozemy) (siehe Karte 3). In der voruralischen baschkirischen Waldsteppenzone dominieren insbesondere die Haplic Chernozems und Luvic Chernozems (FAO 1997).

Die Mehrheit der Untersuchungsstandorte, zu denen Kavkaz, die Wasserbilanzstation und Artemida (siehe Karte 7) gehören, liegen in der zur Waldsteppenzone gehörigen Agrarbodenregion: Levoberezhnyj pribel'skij, welche sich in einem etwa 50-80 km breiten Streifen südlich (linksseitig) des Belaja Flusses erstreckt (JAPAROV 2005). Innerhalb dieser Agrarbodenregion dominieren die Leached Chernozems (russ. Vyshchelochennye chernozemy) mit einem Flächenanteil von 50,2 % vor den Typic Chernozems (russ. Tipichnye chernozemy), die einen Flächenanteil von 27,9 % aufweisen (KHABIROV 1995).

Die großen Vorkommen an Leached Chernozems in der Agrarbodenregion sind u. a. den spezifischen klimatischen Verhältnissen geschuldet.




Karte 3: Bodentypen in der Republik Baschkortostan (*Eigene Karte*)

In den nördlichen voruralischen Waldsteppenbereichen, die in Richtung Norden allmählich in die Waldzone übergehen sind die Niederschläge höher als in den inneren und südlichen Bereichen der voruralischen Waldsteppenzone. Die hat zur Folge, dass dort Chernozems mit leichten Auswaschungsmerkmalen verbreitet sind. Die Kalkauswaschung im A- und AB-Horizont (Horizonte nach SMR) führt zu leichten Lessivierungserscheinungen, wie sie für

die Leached Chernozems typisch sind. Nach der FAO-SMW haben diese Böden die größte Übereinstimmung mit den Luvic Chernozems.

Tabelle 1: Naturräumliche Einordnung der Luvic Chernozems (ISRIC, letzter Zugriff: 15.06.2013)

Temperatur	Niederschlag	Vegetation	Bodentyp (nach FAO SWM)
 Zunahme	> 550 mm	Laubwald	Greyzems, Phaeozems, Luvisols
	500 mm	Waldsteppe	Luvic Chernozems
	500 mm	Langgrassteppe	Haplic Chernozems
	450 mm	Langgrassteppe	Calcic Chernozems

Die Entwicklung der Luvic Chernozems vollzog sich vorwiegend auf pleistozänen chemisch und mechanisch sehr differenzierten Ablagerungen – meist aber karbonathaltigen Tonen und Schluffen unter einer Steppen- und Grasvegetation (typischer Vertreter: lateinisch: *Festuca valesiaca*, *Stipa*) (KHABIROV 1995, TAJCHINOV ET AL. 1973). Die im Frühjahr erzeugte stickstoffreiche Biomasse kann in den Waldsteppengebieten, aufgrund des kontinentalen Klimas und des daraus resultierenden gehemmten mikrobiellen Abbaus von Biomasse, nur teilweise mineralisiert werden. Dies führt zu einer Akkumulation von organischer Substanz, insbesondere von Huminstoffen, welche verknüpft mit Mineralpartikeln stabile organomineralische Komplexe bilden und sich im Boden anreichern können (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002, KHAZIEV 2007).

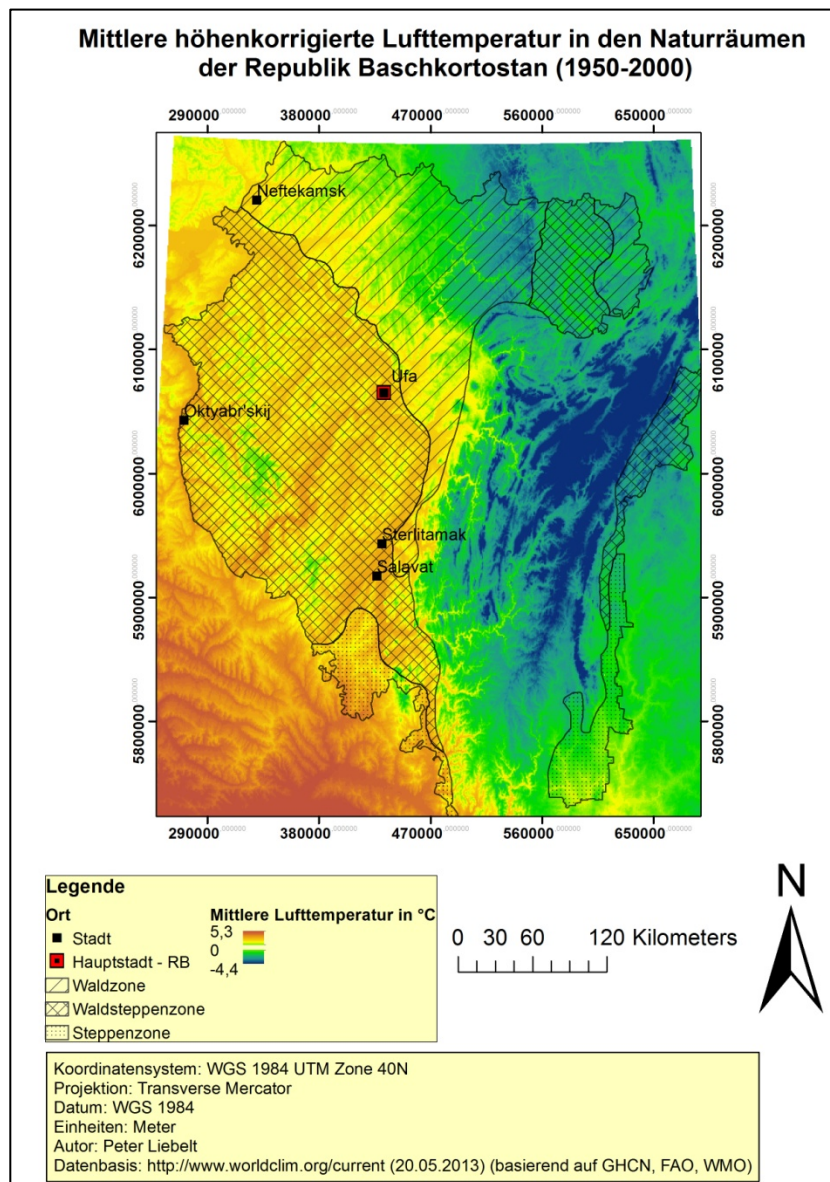
Die typische Profilabfolge der Leached Chernozems im Untersuchungsgebiet ist: A1-A1B-Bt-Bca-Cca. Eine aktive Bioturbation im Boden ermöglicht die Entstehung eines etwa 50-60 cm mächtigen, dunkelgrau bis schwarz gefärbten A1-Horizontes, der aufgrund seines hohen Humusgehalts und einer stabilen Bodenstruktur (Krümel und Subpolyederggefüge) vor allem unter ackerbaulichen Gesichtspunkten sehr hochwertig ist.

Unter den humusreichen A1- und A1B-Horizonten hat sich ein Illuvialhorizont, Bt-Horizont, entwickelt. Ausreichend hohe Niederschläge führen zu einer Kalkauswaschung im Oberboden, was die Abnahme des pH-Wertes in diesen Horizonten zur Folge hat und damit die Tonverlagerung in den Bt-Horizont ermöglicht (ISRIC, letzter Zugriff: 15.06.2013; KHABIROV 1995).

Die günstigen bodenphysikalischen und bodenchemischen Eigenschaften und die große Fruchtbarkeit machen die Chernozems zu einer wichtigen Agrarressource für Baschkortostan (CHANYSHEV 2008, KHAZIEV 2007, STOLBOVOII 2000).

2.2.1.3 Klima

Die voruralische Waldsteppenzone Baschkortostans liegt in der nördlich-gemäßigten Klimazone und ist von einer ausgeprägten Kontinentalität gekennzeichnet, die aus der zentralen Lage auf der eurasischen Landmasse resultiert (nach dem System von Köppen, verändert nach Trewartha: *BSk* und *Dbf*). Charakteristisch sind dementsprechend hohen Temperaturamplituden zwischen den Sommer- und Wintermonaten sowie geringe Niederschlagswerte.



Karte 4: Mittlere höhenkorrigierte Lufttemperatur in Baschkortostan (*Eigene Karte*)

Die große Nord-Süd-Ausdehnung Baschkortostans sowie das sich meridional erstreckende Uralgebirge bewirken eine hohe zonale und azonale Variabilität der klimatischen Bedingungen in der russischen Teilrepublik. Die voruralische Waldsteppenzone gehört

dabei nach *KADILNIKOV & TAJCHINOV (1973)* der klimatischen Einheit der westlichen Ebene an. Das Klima in diesem Raum ist charakterisiert durch kurze Sommer und lange Winterperioden mit niedrigen Temperaturen.

Die mittlere Januar­temperatur beträgt ca. $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ und die mittlere Julitemperatur etwa $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Klimastation Ufa/Dema) (*BASHGIDROMET*). Dementsprechend resultiert daraus eine beträchtliche Temperaturamplitude von 35 K, die die angesprochene Kontinentalität des Klimas widerspiegelt.

Die mittlere Jahrestemperatur in Ufa beträgt $3,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dieser Wert entspricht etwa dem maximalen Jahresmittelwert für die voruralische Waldsteppenzone. Die höchsten Jahresmittelwerte der Lufttemperatur werden v. a. entlang der Flüsse Belaja und Dema. ermittelt und liegen im Bereich von $3,0$ bis $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Am niedrigsten liegen die langjährigen Temperaturmittelwerte in der Region der Bugul'ma-Belebej-Erhebung ($2-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) (*siehe Karte 4*) (*JAPAROV 2005*).

Die Jahressumme der mittleren Tagestemperaturen über $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ liegt in den nördlichen und westlichen Regionen (Bugul'ma-Belebej-Erhebung) etwas niedriger (2400 bis $2550\text{ }^{\circ}\text{C}$) als im restlichen Teil der voruralischen Waldsteppe ($2550-2700\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Im Übergangsbereich zu den südlich an die Waldsteppe anschließenden Steppen, südlich der Stadt Salavat, steigt die Temperatursumme sogar über $2700\text{ }^{\circ}\text{C}$ und im rechtsseitigen Bereich der Belaja Ebene (*Karte 4*), der bereits naturräumlich zur Waldzone zugeordnet wird, aber nach der Agrarbodenzonierung noch der Waldsteppenzone angehört, fällt die Temperatursumme in den Bereich $2250-2400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ab (*JAPAROV 2005*).

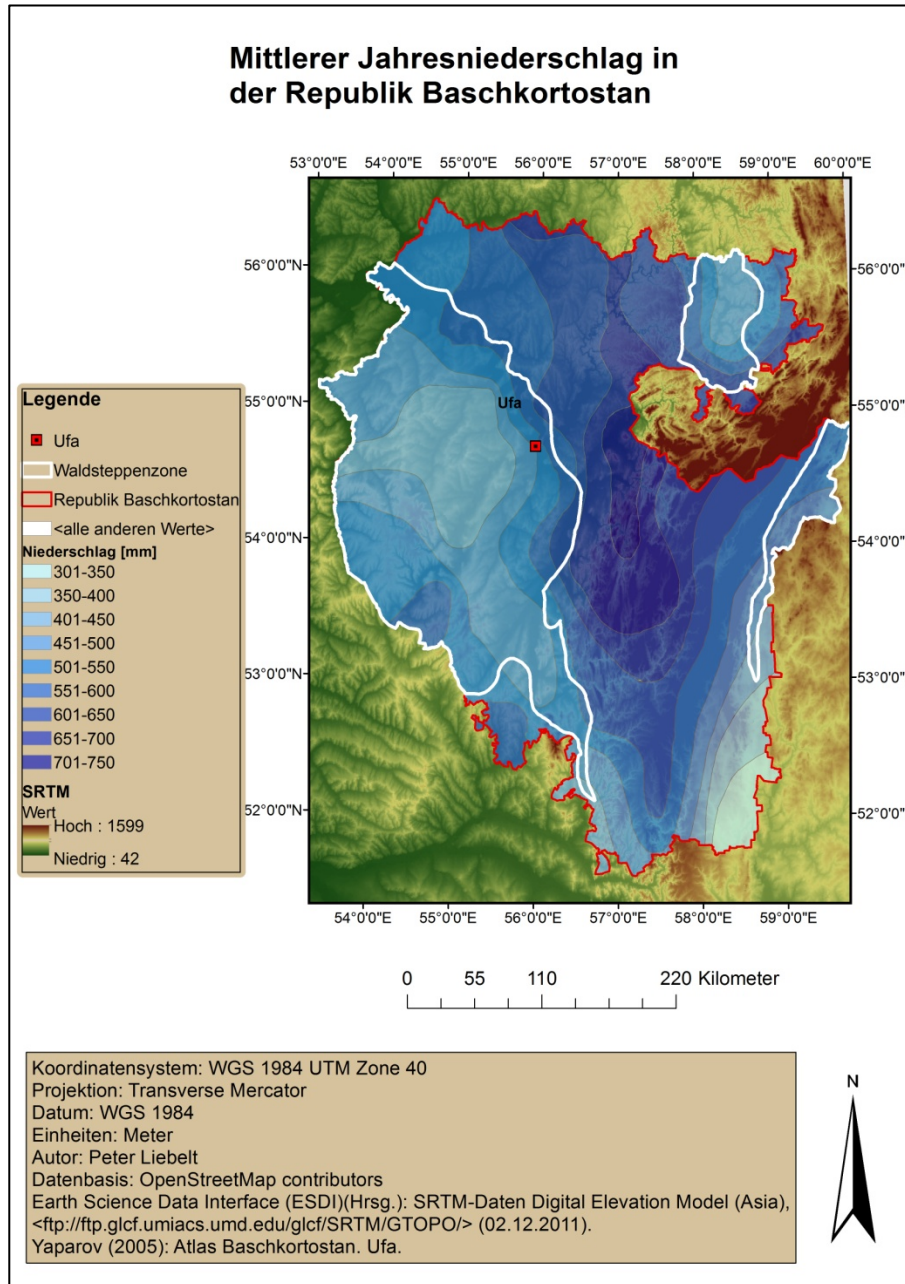
Aufgrund des Reliefs sind die langjährigen mittleren Jahresniederschläge im westlichen Uralvorland einer hohen räumlichen Heterogenität unterworfen. Das Uralgebirge verursacht aufgrund seines Luv-Lee-Effektes einen azonalen Niederschlagsgradienten.

Diese räumlichen Unterschiede treten am deutlichsten in den östlichen Randbereichen der Waldsteppenzone auf. Neben dem Uralgebirge hat auch die Bugul'ma-Belebej-Erhebung (*siehe Karte 4*) einen Einfluss auf den Niederschlag (*siehe Karte 5*).

Der Luv-Effekt durch das Uralgebirge führt zu steigenden mittleren Jahresniederschlagssummen ausgehend von den inneren Gebieten der voruralischen Waldsteppenzone ($400-450\text{ mm}$) auf etwa $500-600\text{ mm}$ entlang des Belay Flusses (*siehe Karte 5*) (*JAPAROV 2005*). Auch in der Region der Bugul'ma-Belebej-Erhebung ist der Jahresniederschlag ($500-600\text{ mm}$) höher als in den inneren Gebieten der voruralischen Waldsteppe.

Diese räumlichen Muster spiegeln sich auch in den Stationsmessungen wider, der geringste mittlere Jahresniederschlag wird in Buzdjak (380 mm), im inneren Teil der Waldsteppe, ermittelt. Dagegen gehören die Stationen Ufa-Dema (533 mm), im östlichen Teil der voruralischen Waldsteppenzone und Aksakovo (530 mm), in der Region der

Bugul'ma-Belebej-Erhebung, zu den niederschlagsreichsten Orten in der voruralischen Waldsteppenzone (*BASHGIDROMET*).



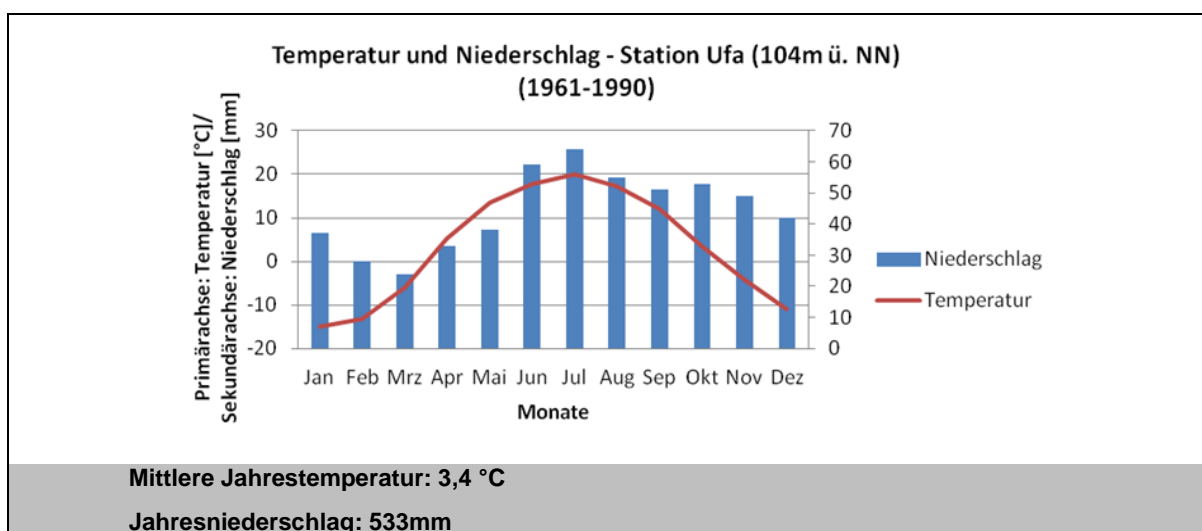
Karte 5: Mittlerer Jahresniederschlag in Baschkortostan (*Eigene Karte*)

Neben der räumlichen Verteilung der Niederschläge ist insbesondere für die Landwirtschaft die jahreszeitliche Dynamik von Bedeutung.

Der Jahrgang der Lufttemperatur sowie des Niederschlags wird im Klimadiagramm (*siehe Diagramm 1*) für den Standort Ufa/Dema repräsentativ für den östlichen Grenzbereich der Waldsteppenzone sowie die Untersuchungsstandorte Wasserbilanzstation Dmitrievka und den Betrieb Artemida dargestellt.

Es ist zu erkennen, dass in der Sommerperiode von Juni bis August im 30-jährigen Mittel die höchsten Niederschlagsmengen verzeichnet werden. Der größte mittlere Monatsniederschlag fällt im Juli (>60 mm) und der geringste mittlere Monatsniederschlag wird im März (<30 mm) verzeichnet. Trotz der relativ hohen Niederschläge in der Sommerperiode sind zu dieser Zeit in den Waldsteppengebieten und noch häufiger in den Steppengebieten des Vor- und Hinterurals längere Trockenwetterperioden und Dürreperioden (Definition der „landwirtschaftlichen Dürre“ nach *FAO: Drought, letzter Zugriff: 14.10.2014*) zu beobachten (*JAPAROV 2005*). Unterbrochen werden diese Dürreperioden überwiegend von konvektiven Starkregenereignissen. Niederschlagsmessungen während der Untersuchungen haben gezeigt, dass die im Vergleich zu den übrigen Jahreszeiten, hohen Monatsniederschläge im Sommer oftmals durch nur wenige Niederschlagsereignisse erreicht werden.

Diagramm 1: Klimadiagramm für den Standort Ufa/Dema (*Eigene Abbildung, basierend auf IPCC Daten*)



Der sich aus den Niederschlags- und Temperaturverhältnissen errechnende hydrothermische Koeffizient³ (HTK) nach Sel'janinov: $R/0,1 \cdot \Sigma t$ (Klimafeuchtezahl) spiegelt die vorherrschenden hydroklimatischen Bedingungen in den Anbaugengebieten während der Vegetationsperiode wider. Er nimmt ausgehend von den Übergangsbereichen zur Waldzone und Gebirgswaldzone im Norden und Osten des Untersuchungsgebiets (1,00-1,15) in Richtung der zentralen Waldsteppengebiete sowie Steppengebiete (0,85-0,99) ab. Dies deutet, interpretiert nach Sel'janinov, auf ein zunehmendes Wasserdefizitrisiko für die Pflanzen in Richtung des abnehmenden Trockenheitsindex hin (siehe Karte 12) (*MÜLLER, BÖTTCHER, SCHMIDT 2008, CHANYCHEV 2008, SEL'JANINOV 1972*).

³ Interpretation des HTK: 1,0-1,3 — ausgeglichene bis leicht defizitäre Feuchteverhältnisse; <1,0 mit abnehmendem Koeffizienten zunehmendes Feuchtedefizit (*SEL'JANINOV 1972*)

2.3 Anthropogene Steuergrößen des Waldsteppenökosystems

2.3.1 Folgen des Global Change für das agrarische Landnutzungspotenzial des Waldsteppen- und Steppenbioms

Die global zunehmende Bodendegradation stellt einen bedeutenden Trend des Global Change dar. Eine wesentliche Ursache dieser Entwicklung besteht in der anthropogen gesteuerten Konversion von Ökosystemen als Folge des ansteigenden Nutzungsdrucks.

Der zunehmende anthropogene Druck auf Ökosysteme, insbesondere auf den Boden, der vor allem durch den Bevölkerungsanstieg sowie der daraus resultierenden Zunahme und Intensivierung der agrarischen Landnutzung erzeugt wird, erhöht besonders in vulnerablen Ökosystemen die Instabilität dieser und steigert die Gefahr der Bodendegradation (*WBGU 2011, VAN VUUREN 2009, FOLEY 2005*).

Besonders betroffen von ökosystemaren Veränderungen, aufgrund sich ändernder agrarischer Landnutzung, sind die temperierten Waldsteppen- und Steppengebiete.

Die naturräumlichen Gunstfaktoren dieser Biome sowie sozioökonomische Veränderungen führen zu einer Forcierung der landwirtschaftlichen Nutzung und damit zu einem Anstieg des Nutzungsdrucks über die letzten Jahrzehnte, im Zuge dessen es zur zunehmenden Konversion der natürlichen Ökosysteme zu landwirtschaftlichen Nutzflächen sowie zu einer Intensivierung bereits bestehender Landnutzungssysteme kommt (*SMELANSKY & TISHKOV 2012*).

Weltweit verursacht der starke Nutzungsdruck auf landwirtschaftlich nutzbare Böden, wie die hochwertigen Böden der temperierten Steppen und Waldsteppen, einen dramatischen Anstieg der Bodendegradation (*OLDEMAN ET AL. 1991*). Gegenwärtig weisen etwa 65 % bis 80 % der weltweit landwirtschaftlich genutzten Flächen Degradationserscheinungen auf. Nach Schätzungen der UNEP gehen jährlich etwa 20.000 bis 50.000 km² produktives Land durch Bodendegradation verloren (*WBGU 2011, BERHE ET AL. 2005*).

Aufgrund der Bedeutung der Ressource Boden für viele Ökosystemfunktionen sowie als Hauptgrundlage und Produktionsmittel für den primären Wirtschaftssektor, der Land- und Forstwirtschaft, stellt eine Schädigung dieser Ressource ein Problem mit großer ökologischer wie auch ökonomischer Relevanz dar.

Unter den Bedingungen des weltweiten Klimawandels führt die Bodendegradation zur Abnahme der Bodenqualität und folglich zur Abnahme der Nutzbarkeit von Böden für die landwirtschaftliche Produktion (*BERHE ET AL. 2005, JOHNSON & LEWIS 1995*). Vor allem die aus der Bodendegradation resultierende erhöhte Instabilität von Landnutzungssystemen gegenüber klimatischen Extremereignissen, wie zum Beispiel in den temperierten Steppen

und Waldsteppen zu beobachtende Starkniederschlägen oder Dürreperioden, erhöht das Risiko von Ernteaufgängen in diesen Naturräumen (*SMELANSKY & TISHKOV 2012*).

Eine Folge der Bodendegradation mit großer ökologischer wie auch ökonomischer Relevanz ist die Abnahme des organischen Kohlenstoffgehalts der Böden, da der organische Kohlenstoff die Fruchtbarkeit und Stabilität der Böden bestimmt und außerdem durch die Freisetzung in die Atmosphäre klimawirksam werden kann.

Die temperierten Steppen sind aufgrund der weitverbreiteten Chernozems eines der kohlenstoffreichsten Biome. Sie speichern etwa $233 \cdot 10^{15}$ g Kohlenstoff, was etwa 16 % des globalen in den Böden vorkommenden Kohlenstoffs entspricht und sie zu einem terrestrischen Kohlenstoffspeicher mit globaler Relevanz macht (*HOUGHTON 1995*). Seit dem Beginn des Mechanisierungsprozesses in der Landwirtschaft, kommt es zur zunehmenden Störung des natürlichen Gleichgewichts innerhalb des Kohlenstoffkreislaufs, in Folge dessen die Funktion der Böden als Kohlenstoffspeicher abnimmt. Die Böden werden durch die intensive landwirtschaftliche Nutzung zunehmend zur Kohlenstoffquelle, weshalb ihre Kohlenstoffvorräte in den temperierten Steppen um bis zu 40% gesunken sind (*BERHE 2005, LAL ET AL. 1996, SCHLESINGER 1996*).

2.3.2 Das Problem der Bodendegradation im Kontext des Global Change in Russland

Trotz der großen Ausdehnung des Landes konzentriert sich die agrarische Landnutzung Russlands, aufgrund des in weiten Teilen begrenzten naturräumlichen Potenzials, auf lediglich 13 % der Landmasse (*STOLBOVOJ 1998*). Vor allem die Steppen und Wälder im Süden Russlands werden aufgrund ihrer zur landwirtschaftlichen Nutzung geeigneten agroklimatischen Bedingungen sowie der überwiegend fruchtbaren Böden ackerbaulich genutzt. Über 50 % der agrarischen Nutzfläche wird von humusreichen hochproduktiven Tschernosemen geprägt, die überwiegend in den Steppen und Waldsteppen Russland vorkommen (*KHAZIEV 2007*).

Die räumliche Konzentration der landwirtschaftlichen Nutzung in Verbindung mit dem in Russland üblichen Landnutzungsmanagement, welches auf einer intensiven mechanischen Bodenbearbeitung basiert – über 70% des Ackerlandes wird mittels Pflugbearbeitung bewirtschaftet – führt zur Übernutzung der Böden, welche sich in der Degradation von Böden widerspiegelt (*MOLTCHANOV & KARMANOV 2002*). Folglich ist die Bodendegradation in Russland hauptsächlich der landwirtschaftlichen Nutzung geschuldet. Etwa 60 % der Ackerflächen Russlands weisen Degradationserscheinungen auf (*STOLBOVOI & FISCHER 1998*). Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, gehören die Wind- und Wassererosion sowie die Bodenverdichtung zu den bedeutendsten durch agrarische Nutzung verursachten Degradationstypen in Russland.

2 Einleitung

Tabelle 2: Erscheinungsformen der Bodendegradation in Russland (STOLBOVOI ET AL. 1998)

Degradationstyp	Ausdehnung		Ursächliche Faktoren (Mio ha)		
	Mio ha	% der Böden	Kultivierung	Überweidung	Kultivierung & Überweidung
Wassererosion	12.8	0.76	12.8		
Wasser- & Winderosion	8.4	0.50	8.4		
Winderosion	4.6	0.27	4.6		
Verdichtung	58.3	3.50	33.8	19.3	5.2
Sekundärversalzung	3.5	0.21	3.5		
Desertifikation	35.7	2.14	0.2	35.4	
Von Bodendegradation betroffene Gesamtfläche	242.7	14.44	63.3	116.6	5.2

Von etwa 222 Mio. ha Ackerland weisen 54 Mio. ha bereits Erosionsschäden oder eine erhöhte Vulnerabilität für Erosion auf (ROMANENKO ET AL. 1999). Etwa 23 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche Russlands ist von Wassererosion betroffen. In den letzten 25 Jahren kam es zu einer Flächenzunahme von 0,5 - 0,6 Mio. ha. Etwa 6 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche zeigen Winderosionserscheinungen (MOLTCHANOV E. & KARMANOV I. 2002, STOLBOVOJ & FISCHER 1998).

Die intensive mechanische Bodenbearbeitung führt zu einer Abnahme der organischen Substanz, was die Abnahme an Bodenstabilität zur Folge hat und folglich die Bodenerodierbarkeit und damit das Erosionsrisiko erhöht (MAX-EYTHGESELLSCHAFT AGRARTECHNIK IM VDI 2007, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002, VALENTIN 1996).

Der Humusgehalt von Böden unter Landnutzung in den oberen 20 cm des Oberbodens entspricht lediglich etwa 55 bis 80 % des Humusgehalts von ungenutzten vergleichbaren Böden (MOLTACHANOV & KARMANOV 2002).

Insbesondere die oftmals undifferenzierte agrarische Landnutzung Russlands, ohne Berücksichtigung spezifischer ökosystemarer Besonderheiten, führte in vulnerablen Ökosystemen, wie den Steppen Südrusslands, zum Verlust der Fähigkeit zur Selbstregulation und folglich zur Land- und Bodendegradation.

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer differenzierten adaptiven agrarischen Landnutzung, um eine nachhaltige Nutzung der temperierten Steppen und Waldsteppen als Kornkammer Russlands zu gewährleisten und die global bedeutsamen ökologischen Funktionen zu sichern (ZHUCHENKO 2005, 1995).

2.3.3 Die voruralische Waldsteppe Baschkortostans – ein landwirtschaftlicher Gunstraum im Wandel

Die voruralische Waldsteppenzone Baschkortostans gehört aufgrund der bereits beschriebenen naturräumlichen Voraussetzungen (vgl. Punkt 1/2.1/2.2) zu den landwirtschaftlich geeignetsten Gebieten Russlands (CHANY SHEV 2009, KHAZIEV 2007).

Der daraus resultierende große Nutzungsdruck führt zu einer großmaßstäbigen Umwandlung des Naturraums zu einem Agrarraum (JAPAROV 2005).

Deutlich wird dies bei einem Blick auf die aktuelle Flächennutzungsstruktur – bis zu 70 bis 80% der Rajonflächen in der voruralischen baschkirischen Waldsteppe werden landwirtschaftlich und bis zu 50-60 % ackerbaulich genutzt (ROSNEDVIZHIMOST' 2008).

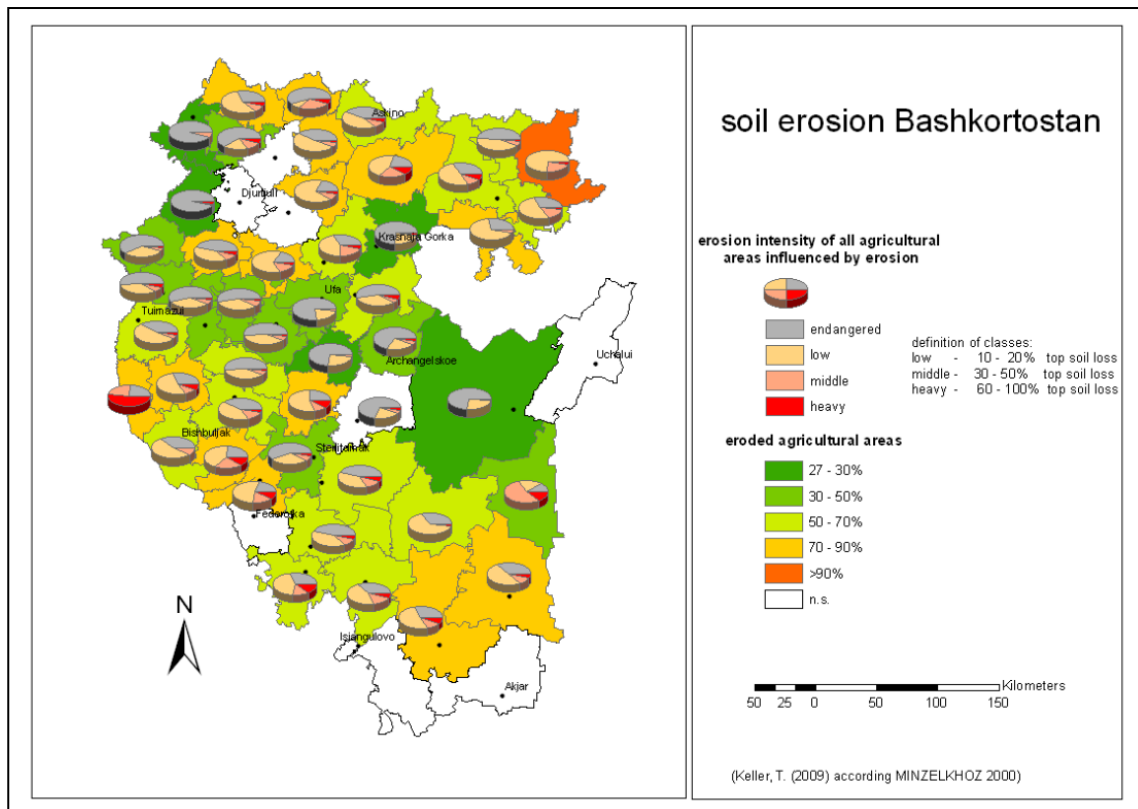
Bereits zu sowjetischen Zeiten gibt es immer wieder Versuche, die landwirtschaftliche Produktion im Untersuchungsgebiet mittels staatlicher Programme zu steigern, wodurch der anthropogene Eingriff auf das Waldsteppenökosystem permanent zunimmt. Insbesondere nach dem Ende des 2. Weltkriegs wird die agrarische Landnutzung in Baschkortostan forciert, um der angespannten Versorgungssituation mit Lebensmitteln entgegenzuwirken. In den 50er Jahren wird die landwirtschaftliche Produktion trotz erheblicher ökologischer Risiken im Rahmen der Zelina (WEIN 1980, EULE 1962) auch in Gebiete mit höherer Aridität im Süden und Südosten Baschkortostans ausgeweitet, häufig ohne die Art und Intensität der agrarischen Landnutzung an die naturräumlichen Gegebenheiten anzupassen (JAPAROV 2005, CHERNIAKHOVSKY & TISHKOV 2002). Folglich kommt es zunehmend zu ökologischen Problemen, insbesondere durch Bodendegradation, die in den Neulandgebieten besonders stark ausgeprägt sind.

Etwa 10 Jahre nach der Zelina-Etappe setzen die ökologischen Risiken der intensiven agrarischen Landnutzung und damit verbundenen Ernteeinbußen zunehmend eine Diskussion um nachhaltigere Ackerbaukonzepte in Gang (BIKBULATOV 2004; SALISHEV & BAKHTIZIN 1993). Trotz verschiedener Lösungsansätze wie von Mal'cev oder Wil'jams⁴ kommt es aber nicht zur Umsetzung dieser. Dagegen wurde die Intensivierung der Landwirtschaft durch die Steigerung der Düngemittelapplikation und eine weiter zunehmende Technisierung weiter fortgeführt (PENKAITIS 1995, URAZBAKHTIN N. KH. 1979).

In den 1990er Jahren zeigt eine durch die Institutionen Goskomzem und Minsel'khoz geleitete Inventarisierung der ackerbaulich genutzten Böden in Baschkortostan die Folgen dieser intensiven agrarischen Landnutzung auf. Demnach sind etwa 1,2 Mio. ha Ackerland degradiert und gering produktiv. In der Waldsteppenzone entspricht der Anteil der degradierten Ackerflächen zwischen 20 und 25 % an der Gesamtackerfläche bzw. etwa 11 % an der Gesamtfläche der Waldsteppenzone. In einigen Rajonen weisen sogar bis zu ein Drittel der Ackerflächen Degradationserscheinungen auf (CHANY SHEV 2009, GOSKOMZEM 2007). Auch verschiedene regionale Publikationen stützen dieses Ergebnis (GABBASOVA 2004, KHABIROV 2000, KHABIROV 1995).

⁴ Transkribiert aus der russ. Sprache

Die Bodenerosion hat sich in der voruralischen Waldsteppenzone wie auch in der gesamten Republik Baschkortostan zu einem der stärksten Bodendegradationsfaktoren entwickelt. Seit den 80er Jahren hat sich der Anteil von Erosionsschäden an der landwirtschaftlichen Nutzfläche von 46 % (3,4 Mio. ha) auf aktuell 64 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen erhöht (KHAZIEV 2007).



Karte 6: Bodenerosion in Baschkortostan (KELLER 2010)

Der große Anteil sowie die hohe Intensität an erodierten Ackerflächen (v. a. durch Wassererosion) in der voruralischen Waldsteppenzone lässt unmittelbare Zusammenhänge zwischen der Art und Intensität der agrarischen Landnutzung sowie den verschiedenen Erscheinungsformen und -folgen der Bodenerosion als wichtiges wissenschaftliches, aber auch agrarökonomisches Themenfeld deutlich werden (siehe Karte 6).

Hierbei spielt der aufgrund veränderter politischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen nach dem Zusammenbruch der ehemaligen Sowjetunion einsetzende agrarische Landnutzungswandel eine entscheidende Rolle, da dieser zu neuen Erscheinungsformen der agrarischen Landnutzung führt. Zu diesen gehören die Aufgabe ehemals genutzter Ackerflächen bzw. die Überführung in eine extensivere weitere Nutzung der Flächen als Heuwiesen und Weiden sowie die Veränderung der Intensität des Ackerbaus durch neue bodenschonendere Landnutzungsstrategien (CHANYSHEV 2008, KHABIROV 2000).

Diese Veränderungen führen zu neuen Bedingungen für die Bodendegradation und auch für Bodenschutzmaßnahmen sowie das Potenzial für eine nachhaltige Bodennutzung im Untersuchungsgebiet, die bisher noch unzureichend bekannt sind.

3 Methodik

3.1 Methodischer Ansatz

Die Untersuchungen basieren auf einem integrierten Forschungsansatz, der sowohl sozioökonomische wie auch naturwissenschaftliche Fragestellungen beinhaltet (*siehe Punkt 1*) und dem das Erlangen eines umfassenden Verständnisses des Ursache-Wirkungsgefüges zwischen dem post-sowjetischen agrarischen Landnutzungswandel und den bodenseitigen Folgewirkungen, der Bodendegradation sowie Veränderungen des Bodenwasserhaushalts, im Kontext des Klimawandels zugrunde liegt. Hierfür werden Konzepte und Methoden verschiedener Disziplinen kombiniert.

Über diese Interdisziplinarität hinaus fußt das Vorhaben auf der intersektoralen Zusammenarbeit mit den lokalen wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen, landwirtschaftlichen Betrieben sowie administrativen Einrichtungen und dem hiermit verbundenen Wissenschafts-Praxis-Wissenschafts-Transfer und kann somit auch als transdisziplinär bezeichnet werden.

Zu den ausgewählten methodischen Ansätzen gehören:

1. Interviews
2. Statistische Analysen
3. GIS-Verfahren
4. Feld- und Laboruntersuchungen

Der erste Teil der Untersuchungen befasst sich mit der Aufnahme und Analyse des post-sowjetischen agrarischen Landnutzungswandels. Hierfür werden unterschiedliche methodische Ansätze genutzt.

Die Studien zur räumlichen und zeitlichen Veränderung der agrarischen Landnutzungsqualität⁵ als eine Erscheinungsform des Landnutzungswandels werden auf der Basis statistischer Daten, die von den lokalen Behörden bereitgestellt werden, durchgeführt. Die akquirierte Datengrundlage ermöglicht dabei Analysen auf der räumlichen Dimensionsebene der Rajone, welche man als Mesoebene bezeichnen kann.

Auch verschiedene agrarökonomische Parameter wie zur Rentabilität oder zum Ertrag werden auf dieser Untersuchungsebene aufgenommen und analysiert.

Ein anderer Ansatz wird gewählt, um Erkenntnisse zu der Entwicklung der ackerbaulichen Landnutzungsintensität zu generieren. Im Fokus der Untersuchungen steht hierbei die

⁵ Der Begriff Landnutzungsqualität bezieht sich auf die verschiedenen Landnutzungstypen wie die Ackernutzung

Frage nach der Etablierung neuer ackerbaulicher Methoden als eine weitere Erscheinungsform des post-sowjetischen Landnutzungswandels.

Da die lokalen Behörden diesbezüglich keine Informationen aufnehmen, kann nicht wie bei den Untersuchungen zur Landnutzungsqualität auf eine bereits existierende statistische Datenbasis zurückgegriffen werden, sondern es besteht vielmehr die Notwendigkeit der Erstellung einer eigenen Datenbasis. Hierfür wird auf eigene⁶ qualitative Interviews mit ausgewählten landwirtschaftlichen Betrieben zurückgegriffen. Aufgrund dieses methodischen Ansatzes, d. h. der auf dem Farmlevel generierten Interviewinformationen, beziehen sich die Studien zur Entwicklung der ackerbaulichen Nutzungsintensität vor allem auf die Mikroebene.

Da eine flächendeckende Befragung der landwirtschaftlichen Betriebe aufgrund der Fläche des Untersuchungsgebietes im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich ist, sind keine gesicherten Aussagen für das gesamte Untersuchungsgebiet möglich. Dennoch können gewisse Trends und Tendenzen im Untersuchungsgebiet aufgedeckt werden. Um eine höhere Sicherheit dieser Aussagen zu gewährleisten, wird sich neben den Informationen aus den Interviews mit den Landnutzungsakteuren auf eine mündliche Aussage eines Experten für Landbau in Baschkortostan gestützt.

In einem zweiten Schritt werden die gewonnenen Erkenntnisse über die aktuelle Dynamik der agrarischen Landnutzung und die daraus resultierenden neuen Nutzungsformen und -intensitäten mit bodenkundlichen Untersuchungsergebnissen verschnitten, um Aussagen über die bodenseitigen Folgewirkungen, insbesondere die Bodendegradation und den Bodenwasserhaushalt, des post-sowjetischen agrarischen Landnutzungswandels treffen zu können und daraus Handlungsempfehlungen für eine nachhaltigere ackerbauliche Nutzung der Böden abzuleiten.

Hierfür werden im Untersuchungsgebiet basierend auf empirischen Feldversuchen Studien in unterschiedlicher zeitlicher Intensität und räumlicher Dimension durchgeführt.

Aufgrund der Ausdehnung der voruraleschen Waldsteppenzonen, können für die Untersuchungen zu den bodenseitigen Folgewirkungen des Landnutzungswandels keine flächendeckenden Beprobungen durchgeführt werden, daher werden verschiedene repräsentative Standorte ausgewählt (*siehe Karte 7*).

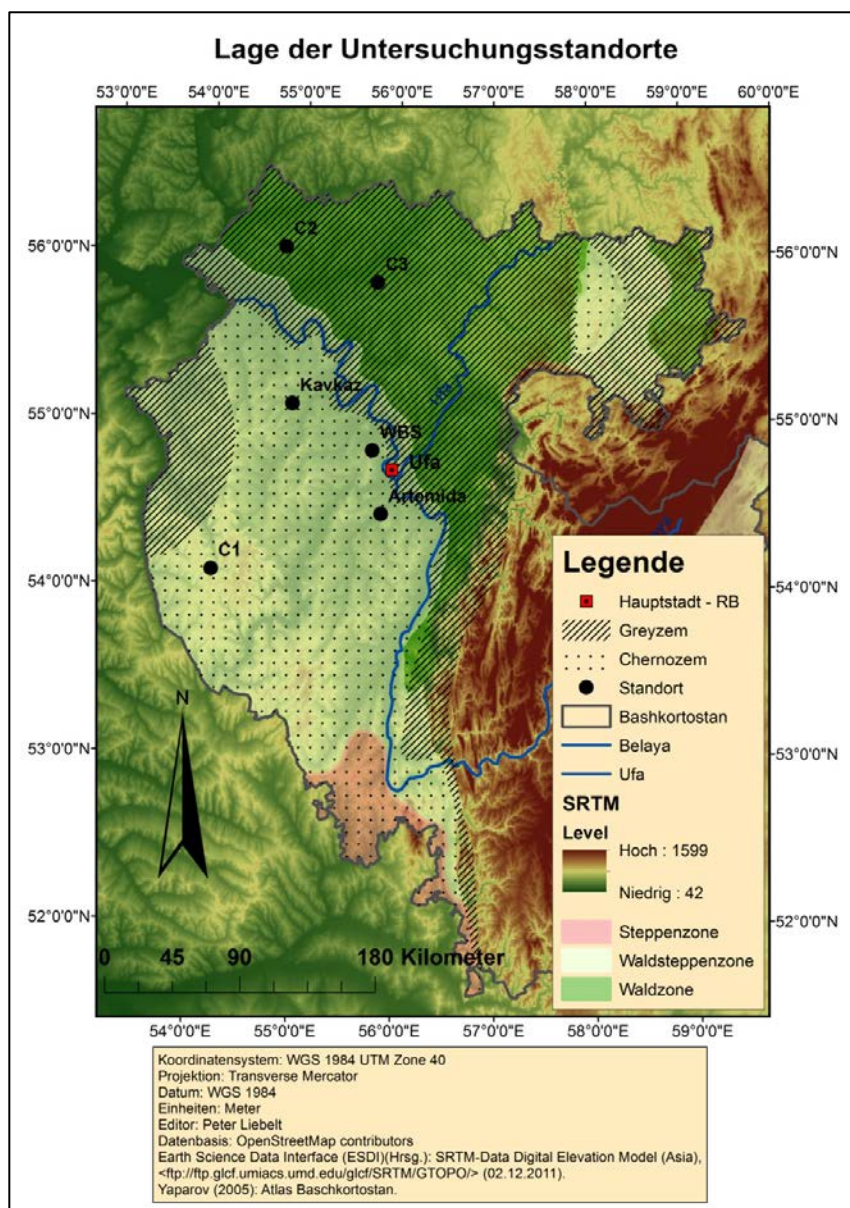
⁶ Die Interviews wurden im Rahmen der Diplomarbeit: „Bodenbearbeitung in Baschkortostan (Russland): Untersuchung angewandter Bodenbearbeitungsverfahren hinsichtlich ihrer Motive und der ökologischen Auswirkungen“ (LIEBELT 2010)

Kurze naturräumliche Einordnung der Standorte

Wasserbilanzstation

Der Standort Wasserbilanzstation (WBS) liegt im nordöstlichen Teil der voruralischen Waldsteppenzone in der Belaja-Ebene (*siehe Karte 7: WBS*).

Der durchschnittliche Jahresniederschlag liegt im Bereich zwischen 500 und 550 mm und der Trockenheitsindex nach Sel'janinov (hydrothermischer Koeffizient⁷) liegt zwischen 1 und 1,15. Dies deutet auf einen ausreichenden bis leicht defizitären Bodenwassergehalt für die Pflanzen hin. Am Untersuchungsstandort kommen Leached Chernozems (SMR)/Luvic Chernozem (FAO) vor.



Karte 7: Untersuchungsstandorte in der voruralischen Waldsteppenzone (*Eigene Karte, nach JAPAROV 2005*)

⁷ Erklärung des HTK unter 2.1.2.3

Testbetrieb Artemida

Der Testbetrieb Artemida befindet sich etwa 40 km südlich des Standortes WBS im östlichen Teil der voruralischen Waldsteppenzone (*siehe Karte 7*).

Der mittlere Jahresniederschlag liegt zwischen 450 und 500 mm und ist damit etwas geringer als am Standort der Wasserbilanzstation. Der Trockenheitsindex ist vergleichbar mit dem Standort WBS (1-1,15). Der Bodentyp auf den Testflächen ist ein Tschernosem [Leached Chernozem (SMR)/Luvic Chernozem (FAO)].

Kavkaz (C4)

Der Standort Kavkaz liegt im nördlichen Teil der voruralischen Waldsteppenzone. Der mittlere Jahresniederschlag liegt zwischen 400 und 450 mm. Bezüglich des hydrothermischen Koeffizienten sowie des Bodentyps ist der Standort Kavkaz vergleichbar mit den Standorten WBS und Artemida.

Standorte der Chronosequenz: C1-1/C1-2/C1-3/C2/C3

Zwischen den Standorten der Chronosequenzen gibt es aufgrund der unterschiedlichen geographischen Lage innerhalb der voruralischen Waldsteppenzone Differenzen bezüglich der naturräumlichen Bedingungen. Die Standorte C1-1, C1-2 und C1-3 liegen im westlichen Teil der voruralischen Waldsteppenzone auf der Bul'guma-Belebej-Erhebung. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt in dieser Region etwa 500-550 mm und der hydrothermische Koeffizient liegt zwischen 1,15 und 1,3. Demzufolge ist entsprechend der Interpretation nach Sel'janinov eine ausreichende Wasserversorgung der Pflanzen gegeben. Die Untersuchungen werden auf Podzolic Chernozems (SMR)/Luvic Phaeozems (FAO) (C1-1), Typic Chernozems (SMR)/Haplic Chernozems (FAO) (C1-2) und Leached Chernozems/Luvic Chernozems (FAO) (C1-3) durchgeführt.

Die Standorte C2 und C3 liegen bezüglich der naturräumlichen Zonierung bereits in der nördlichen Waldzone, nach der Agrarbodenzonierung (*JAPAROV 2005*) gehören die Standorte aber noch zur Waldsteppenzone, daher werden sie auch noch zum Untersuchungsgebiet gezählt.

Der mittlere Jahresniederschlag beträgt am Standort C2 500-550 mm und am Standort C3 550-600 mm. Der hydrothermische Koeffizient beträgt 1-1,15 und ist somit vergleichbar mit den Standorten Artemida, WBS und Kavkaz. Die Untersuchungen am Standort C2 werden auf Grey Forest Soils (SMR)/Eutric Podzoluvisols (FAO) und am Standort C3 auf Dark Grey Forest Soils (SMR)/Haplic Greyzem (FAO) durchgeführt.

3.2 Interview

3.2.1 Auswahl der Interviewpartner

Bei der Auswahl der interviewten Betriebe bzw. Personen wird nach den Methoden der Bekanntenbefragung und des Quotensampling vorgegangen (*HABERMEHL 1992*).

Die Methode der Bekanntenbefragung sieht zur schnelleren und effizienteren Befragung eine Auswahl der Interviewpartner aus dem eigenen Bekanntenkreis vor.

Unter den gegebenen Bedingungen im Untersuchungsgebiet sind persönliche Beziehungen von großer Bedeutung für die erfolgreiche Durchführung der Interviews. Sie ermöglichen ein Vertrauen, auf dessen Grundlage ein Interview mit einflussreichen Akteuren in der Landwirtschaft, Direktoren oder Agronomen stattfinden kann.

Neben der Bedeutung der persönlichen Beziehung für die grundsätzliche Gesprächsbereitschaft der Interviewpartner liegt ein weiterer Vorteil in der unkomplizierteren organisatorischen Durchführung der Interviews.

Weitere Auswahlkriterien nach dem methodischen Ansatz des Quotensamplings sind eine Mindestbetriebsgröße von 2000 ha, die räumliche Lage im Untersuchungsgebiet und die Ausrichtung des Betriebs auf den Pflanzenbau (*PORST 2000*).

Befragt werden 12 landwirtschaftliche Betriebe:⁸ 1. „Pugachev“, 2. „Frunze“, 3. „Inakskoe“, 4. „Igenche“, 5. „Valieva“, 6. „Sajran“, 7. „Il'shimbetovo“, 8. „Agli“, 9. „Timirjazeva“, 10. „Oktjabr“, 11. „Krupskoe“, 12. „Iskra“.

3.2.2 Interviewform

Aufgrund des Ortsbezugs der erfragten Informationen, ist es vorteilhaft, die Personen an ihrem Arbeitsplatz aufzusuchen. Die Interviews werden daher „face-to-face“ in der gewohnten Arbeitsumgebung der Befragten durchgeführt. Dies hat den Vorteil, dass der Arbeitsort Impulse für Antworten geben kann.

Bei den Befragten handelt es sich um sehr fachkundige Akteure, daher kann man von Experteninterviews sprechen. Dies ermöglicht die Aufnahme qualitativ hochwertiger Informationen und fachliche Diskussionen mit den Interviewpartnern (*KRUKER & RAUH 2005*).

Strukturell bestehen die durchgeführten Interviews aus zwei Teilen. Der erste Teil ist stärker strukturiert, hierbei wurden sehr konkrete Fragen gestellt, die dem Interviewpartner keine großen Spielräume zum Antworten gegeben haben. Man spricht in diesem Fall von der Interviewform „Befragung mit Fragebogen“. In diesem Teil des Interviews besteht das

⁸ Weitere Informationen wie zur Lage der Betriebe sind aus der Diplomarbeit von *LIEBELT (2010)* zu entnehmen

Ziel darin, konkretes Faktenwissen von den Experten abzufragen, welches ein breites Spektrum an Informationen zu den interviewten landwirtschaftlichen Betrieben abdeckt, um somit einen Überblick über die Situation in den Betrieben zu bekommen.

In dem zweiten Teil des Interviews steht die Meinung der Befragten im Fokus. Hierfür wird die mündliche Leitfaden-Befragung als Interviewform gewählt, welche einen teilstrukturierten Charakter hat. Es wird ein Interviewleitfaden mit Leitfragen konzipiert, die die Gespräche in bestimmte Richtungen lenken sollen. Durch die Semistrukturierung des zweiten Interviewteils wird ein freier Redefluss möglich, was dazu beigetragen hat, dass diverse Aspekte aufgedeckt werden können, welche sonst im Verborgenen geblieben wären und somit ein Plus an Informationen entsteht.

Die Fragen zur Bodenbearbeitung stehen im Fragenkomplex des Interviews im Vordergrund und stellen den roten Faden der Befragung dar (*KRUKER & RAUH 2005, ATTESLANDER 2003*).

Die Interviews wurden so konzipiert und geleitet, dass die Gesprächszeit die Dauer von einer Stunde nicht überschritt. Dabei wurde sich auf die Empfehlung von *ATTESLANDER (2003)* gestützt, der von maximal 30 bis 60 Minuten spricht, um Probleme bei der Aufnahmefähigkeit zu vermeiden.

3.2.3 Auswertung

Aufgrund der im Verhältnis zur Grundgesamtheit geringen Stichprobenauswahl ist eine statistisch-quantitative Auswertung der Interviews nicht möglich, weshalb sich diese vielmehr an wiederkehrenden Aussagemustern orientiert, die dazu genutzt werden ein Bild zur befragten Gruppe zu zeichnen – hierbei spricht man auch von einer dichten Beschreibung (*GEERTZ 1983*).

Durch ständiges Vergleichen (*STRÜBING 2004*) der Interviews untereinander, innerhalb der Gruppen, d. h. der verschiedenen Agrarbodenzonen sowie in der Gesamtheit, wird versucht, zu einer Theorie zu kommen. Dieses Verfahren entspricht der Methode der Grounded-Theory, welche auch aufgrund der zentralen Rolle des Vergleichens als „Comparative-Method“ bezeichnet wird. Aus dem Vergleich der Ergebnisse untereinander entstehen allmählich immer allgemeinere Kategorien und Zusammenhänge. Die in den Interviews erhobenen empirischen Daten werden somit schrittweise in eine durch Daten begründete Theorie überführt (*STRAUSS & CORBIN 1996*). Diese Vorgehensweise ermöglicht somit die Generierung neuer Erkenntnisse zu den aktuellen Trends angewandter Bodenbearbeitungsstrategien in der gesamten voruralschen Agrarregion sowie den verschiedenen voruralschen Agrarbodenzonen (*siehe Karte 12*).

3.3 Geländemethoden

3.3.1 Auswahl der Untersuchungsstandorte

Wie bereits im vorangegangenen Punkt 3.1 erwähnt, wird bei der Auswahl der Untersuchungsstandorte vor allem darauf geachtet, dass diese eine höchst mögliche Repräsentativität für den Naturraum voruralische Waldsteppe aufweisen.

Neben den natürlichen Umweltbedingungen stellt vor allem auch die agrarische Landnutzung ein wichtiges Auswahlkriterium dar. Um Erkenntnisse zu den Auswirkungen unterschiedlicher Formen der agrarischen Landnutzung auf die Böden im Untersuchungsgebiet zu erlangen, werden Standorte für die Untersuchungen ausgewählt, die einer unterschiedlichen Nutzungsintensität oder auch -qualität unterstehen.

Bei der Auswahl der Dauerfeldversuche (WBS und Artemida) wird darauf geachtet, dass an den Standorten natürliche Referenzflächen vorhanden sind und die jeweilige Landnutzungsintensität und -art auf den Versuchsplots während des Untersuchungszeitraums konstant bleibt, um Störeffekte zu vermeiden.

Des Weiteren sind für die Auswahl der Versuchsstandorte an den Standorten WBS und Artemida auch persönliche Kontakte, infrastrukturelle Gegebenheiten und organisatorische Momente von Relevanz.

3.3.2 Anlage der Versuchsfelder und Feldmessungen

Versuchsanlage Wasserbilanzstation (WBS)

Die Versuchsanlage am Standort der Wasserbilanzstation (WBS) bei Dmitrievka (*siehe Karte 7*) wird installiert, um zeitlich hochaufgelöste Messungen zur zeitlichen Dynamik des Bodenwasserhaushalts während der Schneeschmelze in dem Zeitraum von 2010-2012 durchführen zu können. Dabei geht es vordergründig darum, die Steuergrößen des Oberflächenabflusses sowie die damit verbundene Erosionsfracht während der Frühjahrsschmelze zu untersuchen.

Hierzu werden zwei schwach geneigte, nach Süden exponierte Versuchsplots (Neigung: 2-3 °) eingerichtet, welche einer unterschiedlichen Nutzung unterstehen. Der Hang, an welchem die Messungen stattfinden, stellt eine typische Geländesituation der voruralischen Waldsteppenzone dar. Die beiden Testplots, folgend als A und B bezeichnet, werden mit einer identischen Flächengröße (0,15 ha) und Hangneigung von 2-3 ° angelegt, um einen direkten Vergleich des Oberflächenabflusses sowie der Erosionsfracht zwischen den Plots zu ermöglichen. Auch der Bodentyp – Leached Chernozem (SMR)/Luvic Chernozem (FAO) ist auf beiden direkt aneinandergrenzenden Plots vergleichbar.

Zur Untersuchung des Einflusses der agrarischen Landnutzung auf den Oberflächenabfluss und die Wassererosion während der Frühjahrsschneesmelze werden zwei unterschiedliche Landnutzungstypen in den Feldversuch aufgenommen – auf Plot B eine Mähwiese (mehrjährige Gräser) als eine Form der extensiven agrarischen Landnutzung und auf Plot A ein konventionell bearbeiteter Acker (28-30 cm tiefe wendende Pflugbodenbearbeitung) als eine Form der konventionellen und intensiven agrarischen Landnutzung. Beide Landnutzungstypen bestehen bereits seit dem Jahr 2005 Jahren an diesem Standort und haben somit eine gewisse Vorlaufzeit.

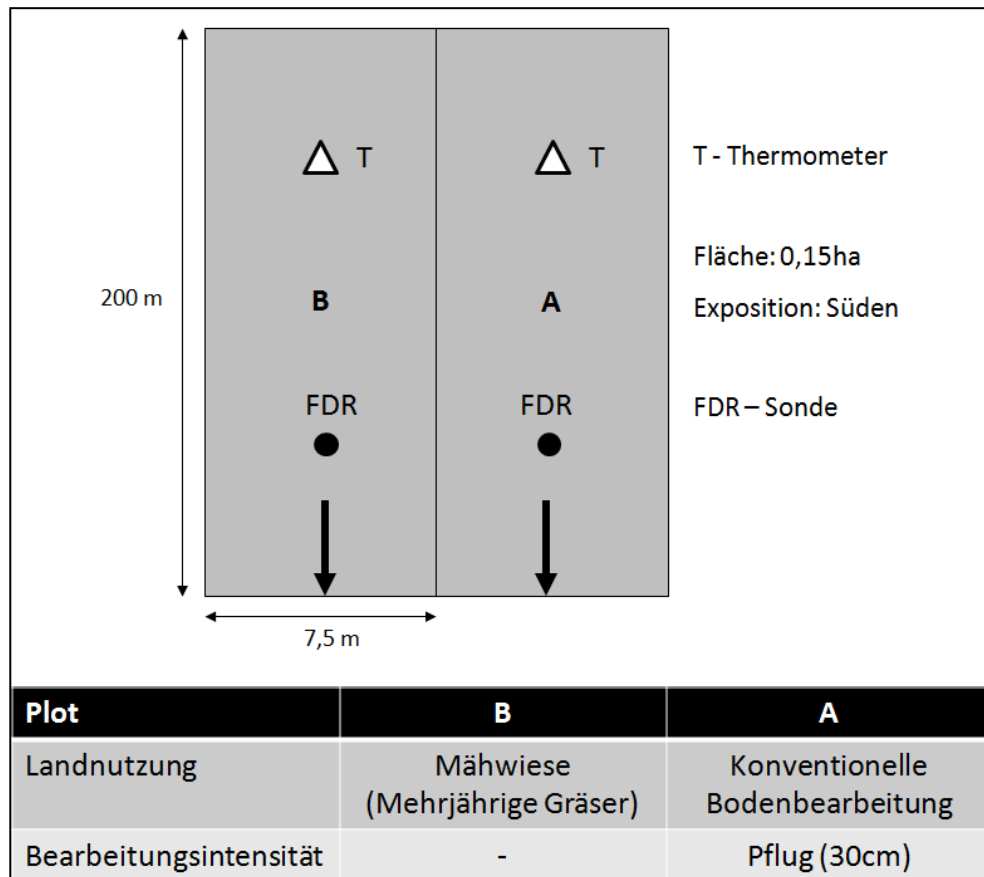


Abb. 2: Versuchsdesign am Standort WBS (Eigene Abbildung)

Um den Oberflächenabfluss auf den beiden Testplots isoliert voneinander messen zu können, werden die Grenzen der Versuchsplots mit Erdwällen präpariert, welche spitz aufeinander zulaufen und es somit ermöglichen, den Oberflächenabfluss auf beiden Plots konzentriert an einem Punkt mithilfe eines installierten Thomson-Wehres messen zu können.

Zur Messung der Infiltration des Schmelz- und Niederschlagswassers auf den Versuchsflächen werden Doppelringinfiltrimeter genutzt. Weitere Parameter, welche aufgrund ihres Einflusses auf die bodenseitigen Prozesse während der Schneesmelze relevant sind, wie die Mächtigkeit der Schneeauflage, deren Wasseräquivalent, die Bodentemperatur (Keytag KTL-108 Datenlogger) im Oberboden (5 cm, 15 cm und 30 cm),

die Tiefe des Bodenfrostes, die Bodenfeuchte (Messung mittels mobiler FDR-Sonde, Bodenfeuchtemessstation) sowie die Witterungsverhältnisse, werden ebenfalls gemessen. Für die Bestimmung der meteorologischen Parameter wird eine Wetterstation installiert.



Abb. 3: Testplot B (WBS) (*Eigenes Foto, 2011*)



Abb. 4: Testplot A (WBS) (*Eigenes Foto, 2011*)

Versuchsanlage Artemida

Bei den Untersuchungen am Standort des landwirtschaftlichen Betriebs Artemida stehen die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungsintensitäten auf den Bodenwasserhaushalt sowie agrochemische und agrophysikalische Bodeneigenschaften im Fokus. Hierfür werden Feldversuche, bestehend aus 5 Plots bzw. 4 Plots⁹ unterschiedlicher Bearbeitungsintensität, angelegt (*siehe Abb. 5*), die von 2010-2012 im Rahmen der Untersuchungen beprobt werden. Die Versuchspartzellen (Versuchsplots) weisen jeweils eine Breite von 30 m und eine Länge von 700 m auf. Die Fläche eines Plots beträgt dementsprechend etwa 0,02 km² bzw. 2 ha. Von Plot A1 bis zu Plot A4 nimmt die Bodenbearbeitungsintensität stetig zu.

Der Versuchsplot A1 wird im Direktsaatverfahren (No-till Verfahren) gemanagt. Aus betrieblichen Gründen wurde dieser Plot allerdings bis 2012 noch im gleichen Verfahren wie Plot A2 bearbeitet.

Auf Plot A2 erfolgt die Grundbodenbearbeitung durch die Kompaktscheibenegge „Catros“, welche den Boden bis in eine Bodentiefe von etwa 6-8 cm lockert.

Die Grundbodenbearbeitung auf Plot A3 erfolgt mittels Bodenbearbeitungsaggregat „Cenius“, einer Kombination aus Kompaktscheibenegge und Grubber. Die Bearbeitungstiefe beträgt etwa 14-16 cm. Die intensivste Grundbodenbearbeitung wird auf Plot A4 durchgeführt.

⁹ Aus organisatorischen Gründen konnte das No-till Verfahren erst im letzten Jahr des Untersuchungszeitraums aufgenommen werden.

3 Methodik

Das Pflugaggregat bearbeitet den Boden bis in eine Tiefe von 28-30 cm. Der Boden wird dabei im Gegensatz zu den anderen bearbeiteten Plots zur Lockerung gewendet.

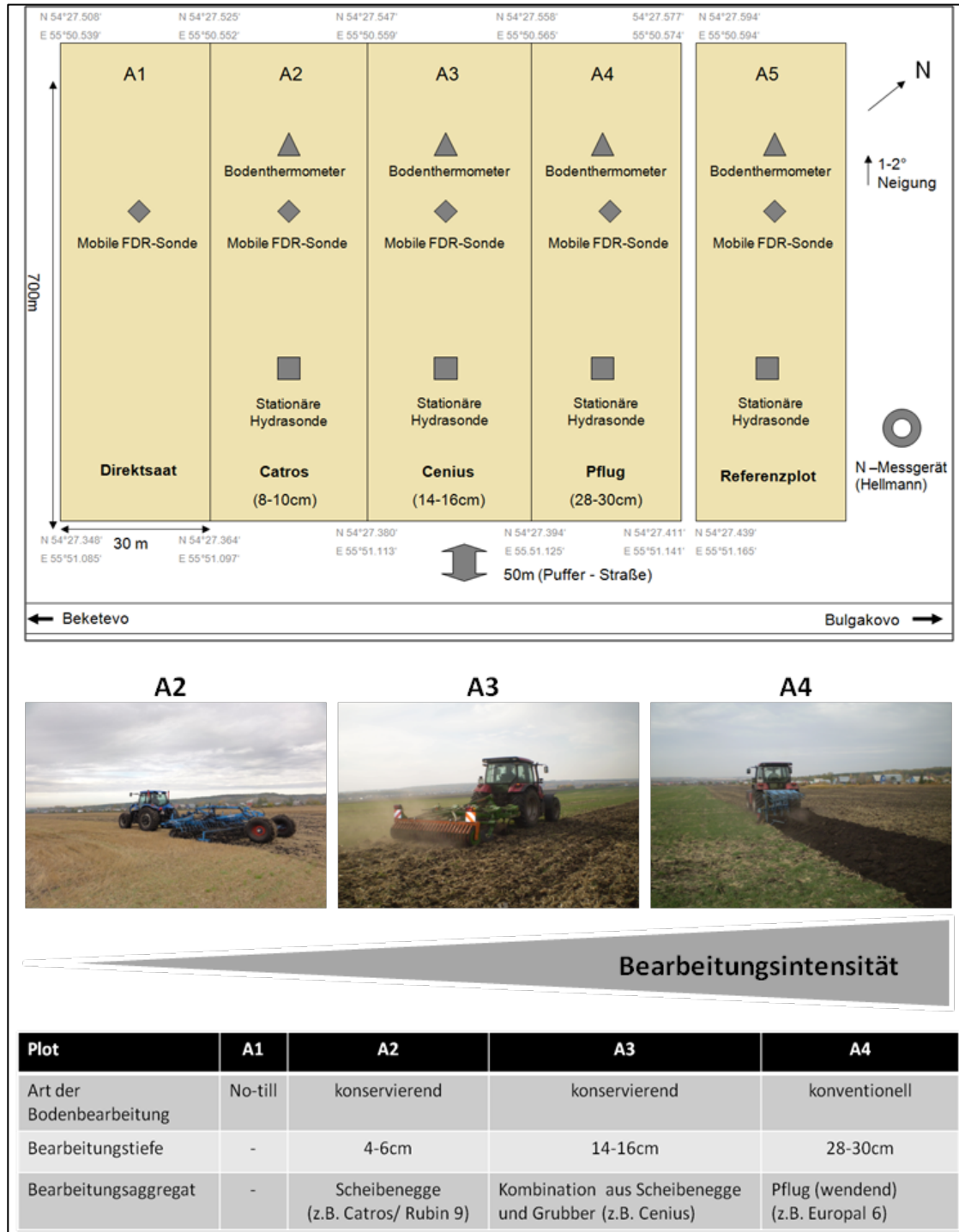


Abb. 5: Versuchsdesign am Standort Artemida (Eigene Abbildung: Eigene Fotos 2011, Eigenes Schema)

Der Testplot A5 wurde als Referenzplot eingerichtet. Seit über 10 Jahren wird der Boden auf diesem Plot nicht mehr bearbeitet, weshalb er mittlerweile durch natürliche Sukzession von einer üppigen Kraut- und Strauchschicht bestanden ist.

Die verschiedenen Nutzungsintensitäten von Plot A2 bis Plot A4 bestehen bereits seit 2009 und haben daher während der Messperiode bereits einen Vorlauf von 2-3 Jahren.

Zwischen den Testplots A1 bis A4 gibt es über den Untersuchungszeitraum keine Unterschiede bezüglich der angebauten Getreidekulturen, um keine unterschiedliche Beeinflussung der untersuchten Bodenparameter durch die Pflanzen zu bewirken.

Mittels stationärer FDR-Sonden und Bodenthermometer werden der Bodenwassergehalt und die Bodentemperatur in einer hohen zeitlichen Auflösung bestimmt.

Neben den kontinuierlichen Messungen des Bodenwassergehalts- und der Bodentemperatur werden ebenfalls regelmäßige Messungen physikalischer und chemischer Bodenparameter durchgeführt, die einen Erklärungsansatz für mögliche Differenzen des Bodenwassergehalts liefern können.

Zur Messung des Niederschlags wird ein Hellmann-Regenmesser in unmittelbarer Nähe zu den Versuchsfeldern installiert.

Die Ertragsbestimmung am Ende der Anbauperiode soll Hinweise darüber geben, in welchem Maße mögliche Differenzen des Bodenwassergehalts sowie der chemischen und physikalischen Bodenparameter einen Einfluss auf diesen haben.

Profilansprache und Probenentnahme

Auf den ausgewählten Untersuchungsstandorten werden zur ersten Sondierung der bodenkundlichen Verhältnisse Bohrstockeinschläge vorgenommen, um die optimale repräsentative Position der Leitprofile festzulegen.



Abb. 6: Profilaufnahme und Probenentnahme am Standort Artemida (*Eigenes Foto 2012*)

Die Profilansprache erfolgt nach der nach der Aufnahmeleitlinie der „Bodenkundlichen Kartieranleitung – KA5“ (*BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE 2005*).

Nach Abschluss der Profilsprache werden horizont- und auch tiefenabhängig Bodenproben entnommen. Entsprechend der geplanten Analysen werden die Bodenproben entweder vertikal mittels Stechzylinder genommen oder auch lose in Tüten abgefüllt (*SCHLICHTING ET AL. 1995*). An allen genannten Untersuchungsstandorten werden Profilsprachen und Probenentnahme vorgenommen. Die Auswahl der zu analysierenden Bodenparameter hängt von den jeweiligen Untersuchungsschwerpunkten an den Standorten ab.

Bodenwassergehalt und Bodentemperatur

Zur in-situ Wassergehaltsbestimmung im Boden werden FDR-Sonden (Thetasonde ML2x und Hydrasonde) genutzt. Mittels der Frequency-Domain-Reflectometry-Technik wird der volumetrische Wassergehalt indirekt über die Dielektrizitätskonstante des umgebenen Mediums bestimmt (*SCHERZER ET AL. 1996, ECOTECH UMWELT-MESSGERÄTE GMBH, letzter Zugriff: 23.10.2014*). Durch die Multiplikation des relativen Bodenwassergehalts mit der Dezimeterangabe der Horizontmächtigkeit, kann der gebräuchlichere absolute Bodenwassergehalt in mm errechnet werden (*HARTKE & HORN 2009*).

Neben dem relativen Bodenwassergehalt können die Hydra-Sonden auch die Bodentemperatur bestimmen.

Die Messgenauigkeit der Hydrasonde liegt unter der Nutzung der Standardkalibrierung bei etwa $\pm 3\%$ hinsichtlich des volumetrischen Wassergehaltes und $\pm 0,1\text{ °C}$ bezüglich der Bodentemperatur. Für die Theta-Sonde ML2 liegt die Messgenauigkeit im Bereich von $\pm 2-5\%$ (*ECOTECH UMWELT-MESSGERÄTE GMBH, letzter Zugriff: 23.10.2014*). Laut *SCHERZER ET AL.* (1996) ist die Ungenauigkeit der FDR-Sonde bei Standardkalibrierung nicht höher als $\pm 5\%$.

Die Bodenfeuchte- und Bodentemperaturmessungen werden an den Standorten Wasserbilanzstation (WBS) und dem landwirtschaftlichen Betrieb Artemida durchgeführt.

Am Standort WBS wird eine Bodenfeuchtemessstation eingerichtet, die die Bodenfeuchte an einem natürlichen ungestörten Standort zeitlich hochaufgelöst, mittels vier installierter Sonden (Theta-Sonde ML2) in einem stündlichen Messintervall aufzeichnet. Drei Sonden werden im Ah-Horizont installiert (15 cm/30 cm/45 cm) und eine Sonde im darunterliegenden B-Horizont (60 cm).

Neben der permanenten Bodenfeuchtemessung durch die Messstation wird am Standort WBS vor der Winterperiode und nach der Schneeschmelze der Bodenwassergehalt mittels mobiler Theta-Sonde ML2 auf den Versuchsplots bestimmt.

Auf der Versuchsanlage Artemida werden mit jeweils vier Hydrasonden ausgestattete Messstationen zur Bestimmung der Bodenfeuchte auf den Plots A2, A3, A4, und A5

installiert. Die Sonden werden anfangs in den Tiefen 40 cm, 60 cm, 80 cm und 100 cm installiert um keinen Schaden der Sonden durch die Bodenbearbeitung zu riskieren. Im zweiten Jahr der Messperiode (2012) wird die unterste Sonde (100 cm) in die Tiefe von 20 cm versetzt um Informationen zu den oberflächennaheren Bodenbereichen zu erhalten.

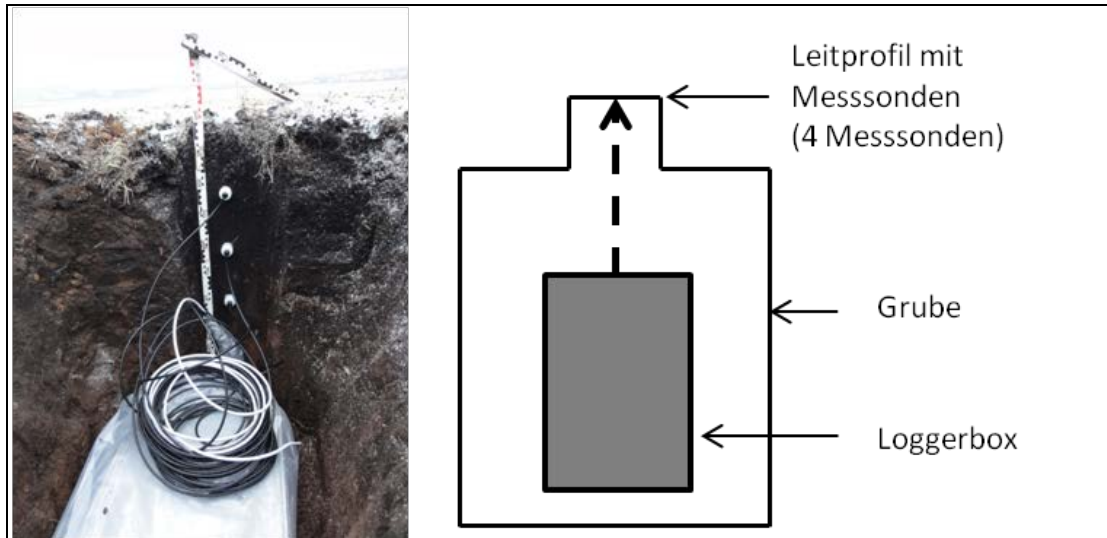


Abb. 7: Bodenfeuchtemessstation mit Hydrasonden am Standort Artemida
(Eigene Abbildung: Eigenes Foto 2011, Eigenes Schema)

Neben den stationären Messungen wird der Bodenwassergehalt am Standort Artemida auch mittels der mobilen Theta-Sonde ML2 bestimmt, um zusätzlich zu den Messungen durch die stationären Geräte weitere Vergleichswerte zu bestimmen. Des Weiteren ermöglichen die mobilen FDR-Sonden Messungen in dichteren vertikalen Abständen, insbesondere im Oberboden. In einem Messintervall von etwa 10-14 Tagen wird in zweifacher Wiederholung auf jedem Versuchsplot in den Tiefen: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm und 40-50 cm gemessen.

Bestimmung des Eindringwiderstandes mittels Penetrometer

Mittels Penetrometer wird der Scherwiderstand des Bodens bestimmt. Die Bodentiefe wird dabei mit einem Tiefensensor ermittelt. Auch der Eindringwiderstand in den Boden wird mit einem Sensor ermittelt und in [kPa] oder [PSI] angegeben (*Spectrum Technologies, letzter Zugriff: 04.07.2011*). Das benutzte Penetrometer „SC 900 SOIL“ kann den Eindringwiderstand bis in eine Tiefe von 40 cm ermitteln. Der gemessene Widerstand, welcher sich dem Eindringen der Sonde entgegenstellt, ist im Wesentlichen von den drei Faktoren Porenvolumen, Wassergehalt und Scherfestigkeit abhängig (*HARTKE & HORN 2009*). Die Messungen zum Eindringwiderstand werden am Standort WBS sowie am Standort Artemida durchgeführt, um Informationen über die Auswirkungen der Bodennutzung und -bearbeitung auf die Bodenstruktur (Lagerungszustand) der Böden zu bekommen.

Infiltrationsmessung

Die Infiltrationsrate wird mittels eines Doppelringinfiltrometers nach der üblichen Vorgehensweise (*SCHLICHTING ET AL. 1995*) während und nach der Schneeschmelze am Standort WBS bestimmt.

Abflussmessung

Während der Schneeschmelze werden am Standort WBS direkte Abflussmessungen an den Versuchsplots in einer festgelegten Messdauer (5 min) mit zweimaliger Wiederholung durchgeführt (i. d. R. im zeitlichen Abstand von 3 h). Die Messung erfolgt dabei unmittelbar über ein volumetrisch kalibriertes Auffanggefäß.

Die Abflussrate ($Q = V/t$) wird durch die Division des mittels Auffanggefäß ermittelten Durchflussvolumens an dem Thomsonwehr durch die jeweilige Zeiteinheit bestimmt.

Auf der Basis der 3 stündlichen Messungen der Abflussrate ($Q = V/t$) werden das tägliche Durchflussvolumen und die tägliche Abflusspende ($q = Q/A_{\text{plot}} \cdot t$) für die Abflussplots berechnet.

Neben der Abflussrate wird außerdem zu den 3-stündlichen Abflussmessungen die Erosionsfracht bestimmt. Hierfür werden bei den Abflussmessungen Proben von jeweils 1 l genommen und im Labor durch Filterung der Trübe-Faktor nach der Methode von *SURMACH (1976)* bestimmt. Durch die Multiplikation des Trübefaktors mit den gemittelten 3-stündlichen Abflussraten wird die mittlere Erosionsfracht im Oberflächenabfluss berechnet.

Bestimmung der Bodentemperatur

Neben der Bestimmung durch die Hydrasonden wird die Bodentemperatur im Bereich von 0 bis 30 cm im Oberboden durch digitale Bodenthermometer (LogTag Temperature Recorder) bestimmt. Installiert wurden die Thermometer an den Standorten „WBS“ und „Artemida“. Die Geräte zeichnen, zeitlich hochaufgelöst, den Temperaturverlauf auf. Laut Hersteller liegt die Ungenauigkeit der Geräte bei $\pm 0,5\%$ (*LOGTAG RECORDERS, letzter Zugriff: 04.12.2014*).

Messung klimatischer Parameter

Am Standort WBS wird eine Wetterstation installiert, welche alle untersuchungsrelevanten klimatischen Parameter wie den Niederschlag und die Lufttemperatur im stündlichen Messintervall aufgezeichnet.

Mittels Hellmann-Niederschlagsmesser, kombiniert mit einer Kippwaage und einem Datenlogger, wird der Niederschlag an den Versuchsplots des Standorts Artemida aufgenommen.

Weiterreichende Klimadaten zur Analyse des Klimas in voruralischen Waldsteppenzone Baschkortostans werden von der baschkirischen Behörde für Hydrologie und Meteorologie

(*BASHGIDROMET*) bereitgestellt. Eine weitere Quelle für Klimadaten zum Untersuchungsgebiet stellt der „National Climatic Data Center“ der „National Oceanic and Atmospheric Administration“ (*NOAA*, letzter Zugriff: 06.10.2014) dar.

3.4 Labormethoden

Die Gesamtheit der Analysen wird in den Laboren des Instituts für Biologie der Russischen Akademie der Wissenschaften in Ufa nach den üblichen russischen Methoden durchgeführt (*VADJUNINA & KORCHAGINA 1973*, *ARINUSHKA 1961*). Dies ermöglicht eine sehr gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse untereinander sowie mit anderen Untersuchungsergebnissen aus der Region, die von russischen Institutionen stammen.

Organische Substanz

Die organische Substanz wird mittels Nassveraschung bestimmt. Bei diesem Verfahren wird der Reduktionswert der organischen Substanz gegenüber dem Oxidationsmittel Kaliumdichromat ermittelt. Nach einer Vorhydrolyse mit Schwefelsäure (H_2SO_4) werden durch die Zugabe von Kaliumdichromat ($K_2Cr_2O_7$) sämtliche Kohlenstoffverbindungen oxidiert. Im Anschluss wird der Verbrauch an Dichromat trimetrisch erfasst und auf Kohlenstoff umgerechnet.

Zur Bestimmung des Humusgehalts wird dieser Wert mit dem Faktor 1,724 multipliziert. Es wird dabei ein Kohlenstoffgehalt von 58 % vorausgesetzt (*ARINUSHKINA 1961*).

Lagerungsdichte

Zur Bestimmung der Lagerungsdichte (Trockendichte) werden die Stechzylinderproben im Trockenschrank bei 105 °C getrocknet und gewogen. Danach wird die Trockendichte bestimmt, indem die getrocknete Probenmasse durch das Volumen des Stechzylinders dividiert wird (*VADJUNINA & KORCHAGINA 1973*).

Bodenwassergehalt

Die Bestimmung des Bodenwassergehalts wurde u. a. mithilfe der gravimetrischen Methode durchgeführt. Aus der Gewichts Differenz der Bodenproben nach der Trocknung (etwa 16 Stunden bei 105 °C) und vor der Trocknung wird der gravimetrische Wassergehalt ermittelt (*HARTKE & HORN 1989*).

Maximale Feldkapazität

Zur Ermittlung der maximalen Feldkapazität werden die Stechzylinderproben bei 105 °C im Trockenschrank getrocknet und die Trockenmasse ermittelt. Danach werden die Stechzylinder 24 Stunden so in ein Wasserbad gestellt, dass sie komplett mit Wasser

umschlossen sind. Im Anschluss erfolgt die Abdeckung der wassergesättigten Proben zum Schutz vor der Evaporation und die Proben werden so lange stehen gelassen, bis ein weiterer Wasserverlust vernachlässigbar ist. Dies geschieht nach etwa 2 Tagen. Aus der Gewichtsänderung zu den getrockneten Bodenproben wird die maximale Feldkapazität ermittelt (VADJUNINA & KORCHAGINA 1973).

Hygroskopisches Wasser

Die Bestimmung basiert auf der Trocknung des Bodens bei 100-105 °C in bestimmten Zeitintervallen und daraus resultierenden Gewichtsveränderungen. Aus dem maximalen hygroskopischen Wassergehalt wird durch die Multiplikation mit dem Welkefaktor (1,2 - 2,3) der Wassergehalt des Permanenten Welkepunktes ermittelt (VADJUNINA & KORCHAGINA 1973).

Infiltrationskoeffizient (Labormethode)

Zur Ermittlung des Infiltrationskoeffizienten wird so lange Wasser auf die Stechzylinderprobe (unbehandelt) gegeben, bis dieses aus der Unterseite der Stechzylinderprobe herausdringt. Aus der Zeitdifferenz und den räumlichen Maßen des Stechzylinders wird die Leitfähigkeit des Bodens ermittelt. Die Prozedur wird über den Zeitraum von einer Stunde durchgeführt. Aus dem Mittelwert wird der Koeffizient ermittelt (laborinterne Methode nach VADJUNINA & KORCHAGINA 1973).

Evaporation über der Bodenoberfläche

Die Stechzylinderproben werden zuerst mit Wasser gesättigt. Bei Eintritt der Wassersättigung wird das Gewicht der Proben ermittelt. Im nächsten Arbeitsschritt werden die Stechzylinderproben nach unten abgedichtet und über den Zeitraum von drei Tagen stehen gelassen, dass das Bodenwasser ungestört über die Oberfläche der Bodenprobe verdunsten kann. Anhand des Gewichtsverlustes der Endprobe im Vergleich zum gesättigten Ausgangsgewicht kann die Masse des verdunsteten Wassers ermittelt werden (VADJUNINA & KORCHAGINA 1973).

Strukturpotenzial/Strukturfaktor nach Vadjunina A.F. (R-Strukturnost')

Nach Vadjunina A.F. wird der Faktor aus granulometrischen Kennziffern nach folgender Formel berechnet:

$$R_s = (\text{Tonanteil [\%]} + \text{feiner Schluffanteil [\%]}) / \text{mittlerer und grober Schluffanteil} * 100$$

Je höher der granulometrische Koeffizient des Strukturpotenzials, desto größer ist die Fähigkeit des Bodens eine Struktur auszubilden (VADJUNINA & KORCHAGINA 1986).

Dispersionspotenzial nach Kachinskij (K-Dispersnost‘)

Der Dispersionskoeffizient nach Kachinskij N.A. charakterisiert den Zerstörungsgrad von Mikroaggregaten im Wasser durch das prozentuale Verhältnis von Tonen (Teilchen < 0,001 mm), im Sinne von Mikroaggregaten, zu Tonen, im Sinne der Granulometrie.

$K = \text{Tonanteil [\%] (Mikroaggregat) / Tonanteil [\%] (granulometrische)} * 100$ (VADJUNINA & KORCHAGINA 1986).

Aggregatstabilität

Die Bestimmung der Aggregatstabilität erfolgt mit dem Gerät BTK-500 (nach Andrianov) Das Prinzip des Geräts basiert auf der Zerstörung von Aggregaten nach einer bestimmten Zeit unter Wassersättigung. Zu Beginn wird die zu untersuchende Aggregatgröße (1-10 mm) ausgesiebt, um im Anschluss ihre Stabilität mittels Gerät zu ermitteln (VADJUNINA & KORCHAGINA 1986).

Korngrößen und Aggregatbestimmung

Die Korngrößen im Feintonbereich werden durch die Sedimentationsmethode bestimmt. Für die Ermittlung der Aggregatzusammensetzung werden die Methoden der Nass- und Trockensiebung genutzt (VADJUNINA & KORCHAGINA 1986).

Das in Russland üblicherweise angewendete System der Korngrößenverteilung unterscheidet sich geringfügig von dem FAO-System.

Eine Übersicht zu den unterschiedlichen Grenzwerten bietet die folgende Tabelle 3.

Tabelle 3: Vergleich der Korngrößeneinteilungen (FAO System – Russisches System) (STOLBOVOI 2000)

Name of texture fraction	Particle size (mm), FAO system (1988)	Particle size (mm), Russian system (1967)
Gravel, fine gravel	≥2	≥1
Sand		
Coarse		–0.5
Medium	–0.06	–0.25
Fine		–0.05
Silt		
Coarse		–0.01
Medium	–0.002	–0.005
Fine		–0.001
Clay	≤0.002	≤0.001
General classes		
Coarse	–0.06	0.05
Medium	–0.002	–0.001
Fine	<0.002	<0.001

3.5 Anderweitige Datenrecherchen

Neben den eigenen Messwerten, die bei Feld- und Laboruntersuchungen erhoben werden, stützen sich insbesondere die Studien zum agrarischen Landnutzungswandel auf anderweitige Datenquellen.

Von großer Bedeutung sind dabei Daten zur Landnutzungsstruktur sowie statistische Daten zu verschiedenen agrarökonomischen Parametern wie dem Ertrag oder der Rentabilität, die von verschiedenen Behörden wie dem Ministerium für Landwirtschaft der Republik Baschkortostan zu Verfügung gestellt werden. Die Bezugsebene der mehrjährigen Daten stellen dabei die Rajone im Untersuchungsgebiet dar.

Die Informationen zur agrarischen Landnutzungsstruktur werden von der Staatlichen Behörde ROSREESTR¹⁰ (Upravlenie Federal'noj Sluzhby Gosudarstvennoj Registracii, Kadastra i Kartografii po Respublike Baschkortostan) bezogen. Diese ist seit 2009 für die Inventarisierung der landwirtschaftlich genutzten Flächen in der Republik Baschkortostan zuständig. Dies geschieht in einem jährlichen „Bericht über den Zustand der Landnutzung in der Republik Baschkortostan“ [Gosudarstvennyy (nacionalnyj) doklad o sostojanii i ispol'zovanii zemel Respubliki Baschkortostan].

Des Weiteren werden Daten zu den naturgeographischen sowie wirtschaftsgeographischen Bedingungen in den untersuchten Rajonen aus verschiedenen Datenquellen wie dem Atlas der Republik Baschkortostan (*JAPAROV 2005*) und frei zugänglichen Vektor- und Rasterdatensätzen gewonnen.

Über den Atlas der Republik Baschkortostan hinaus werden Klimadaten von der lokalen meteorologischen Behörde BASHGIDROMET in Ufa sowie der US-amerikanischen Behörde NOAA¹¹ bezogen.

Um mögliche statistische Abhängigkeiten zwischen den erhobenen agrarökonomischen Rajondaten und verschiedenen wirtschaftsgeographischen wie auch naturgeographischen Faktoren zu erkennen, werden diese Daten mittels GIS-Programm verschnitten.

Die bivariate Korrelation der verschiedenen Parameter wird mit dem Statistik Programm SPSS durchgeführt.

¹⁰ In den letzten 20 Jahren wurde die Bezeichnung für die Behörde, die diesen Bericht herausgibt mehrfach geändert: vor 1990: Glavnoe Upravlenie po zemleustrojstvu Ministerstva sel'skogo khozjajstva SSSR; 1990-1998 ROSKOMZEM (teilweise auch als GOSKOMZEM bezeichnet); April 1998 bis Sept. 1998: MINZEMSTROJ ROSSII – Ministerstvo Rossijskoj Federacii po zemel'noj politike stroitel'stvu i zhilishno-komunal'nomu kompleksu; Sept., 1998 – 2000: GOSKOMZEM – Gosudarstvennyj Komitet Respubliki Bashkortostan po zemel'nym ressurсам; 2000-2004: ROSZEMKADASTR ROSSII – Federal'naja Sluzhba zemel'nogo kadastra Rossii; 2004-2008: Rosnedvizhimost'; ab März 2009 ROSREESTR: Federal'naja Sluzhba gosudarstvennoj registracii kadastra i kartografii

¹¹ NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

4 Ergebnis

4.1 Die Entwicklung der agrarischen Landnutzung und ihrer generellen natürlichen sowie gesellschaftlichen Steuerfaktoren in Baschkortostan und insbesondere in der voruralischen Waldsteppenzone

Zur Verifizierung der Hypothese 1 (*siehe Punkt 1*), welche die Beeinflussung der Böden durch den post-sowjetischen agrarischen Landnutzungswandel in der voruralischen Waldsteppenzone postuliert, sollen zu Beginn des Ergebnisteils die Erscheinungsformen des Landnutzungswandels im Untersuchungsgebiet untersucht werden.

Mit dem Ziel der Präzisierung der Untersuchungen innerhalb des Problemfeldes agrarischer Landnutzungswandel, wird sich auf der Kenntnisgrundlage internationaler Fachliteratur (*PRISHCHEPOV ET AL. 2012, LJURI ET AL. 2010, LINDNER 2008, CHERNJAKHOVSKY & TISHKOV 2002*) sowie vorliegender Projektergebnisse (*FRÜHAUF & KELLER 2010*) auf zwei im Rahmen des post-sowjetischen agrarischen Landnutzungswandels erwartete Erscheinungsformen konzentriert.

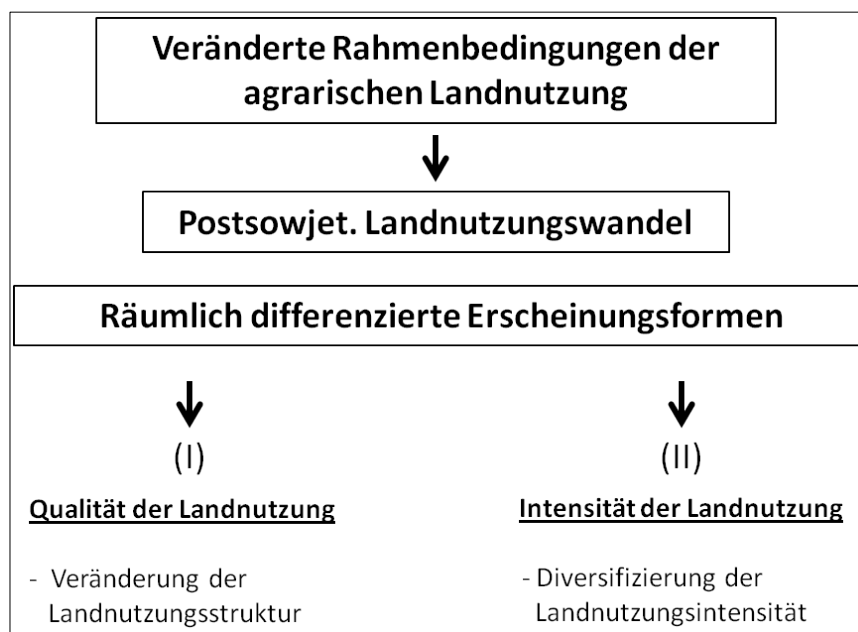


Abb. 8: Erscheinungsformen des post-sowjetischen agrarischen Landnutzungswandels (*Eigene Abbildung*)

Erscheinungsformen des Landnutzungswandels:

- (I) → Konversion ackerbaulich genutzter Flächen in Brache oder Grünlandnutzung;
- (II) → Etablierung neuer ackerbaulicher Methoden und Konzeptionen, welche den klassischen ackerbaulichen Methoden gegenüberstehen.

4.1.1 Grundzüge der sowjetzeitlichen Landnutzungsentwicklung

Aus den statistischen Landnutzungsdaten zur Republik Baschkortostan, welche überwiegend von lokalen Behörden wie dem Ministerium Landwirtschaft der Republik Baschkortostan (Ministerstvo sel'skogo khozjajstva Respubliki Bashkortostan), dem Föderalen Dienst für Registrierung, Kataster und Kartographie in Baschkortostan (Upravlenie Federal'noj Sluzhby Gosudarstvennoj Registracii, Kadastra i Kartografii po Respublike Bashkortostan – ROSREESTR¹²), dem Territorialen Organ des Föderalen Dienstes für Staatliche Statistiken der Republik Baschkortostan (Territorial'nyj Organ Federal'noj Sluzhby Gosudarstvennoj Statistiki po Respublike Bashkortostan) und untergeordneten administrativen Einrichtungen, bereitgestellt werden, aus der lokalen Literatur sowie aus Geofernerkundungsdaten geht hervor, dass die agrarische Landnutzungsstruktur in Baschkortostan räumliche Unterschiede aufweist und einer zeitlichen Dynamik unterliegt.

Ausgehend von der sowjetzeitlichen Entwicklung der agrarischen Landnutzungsstruktur wird untersucht, inwiefern sich die neuen Steuergrößen der post-sowjetischen Landnutzungsphase auf die sich in der damaligen Baschkirischen Autonomen Sozialistischen Sowjetrepublik (BASSR) entwickelte agrarische Landnutzungsstruktur, insbesondere auf den Anteil ackerbaulich genutzter Flächen, auswirken.

Die Analysen zur sowjetischen Landnutzungsstruktur in der ehemaligen BASSR zeigen, dass der Ackerbau in dieser Zeit von staatlich gelenkten Expansions- und Intensivierungswellen geprägt wird.

Seit dem Beginn des Sowjetregimes und der damit verbundenen Aufnahme der Landwirtschaft in die staatliche Planwirtschaft führen die neu entstandenen politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen dazu, dass sich die Landnutzungsstruktur verändert und sich die landwirtschaftliche Anbaufläche in der damaligen Baschkirischen ASSR wie in ganz Russland deutlich vergrößert (AKMANOV ET AL. 2006, VANJUKOV, ET AL. 1979, SCHILLER 1960).

Die aus dem politischen Systemwandel resultierende Kollektivierung der landwirtschaftlichen Betriebe führt im Zusammenspiel mit der in den 1930er Jahren zunehmenden Mechanisierung der Landwirtschaft zur Ausdehnung der ackerbaulichen Landnutzung (AKMANOV ET AL. 2006, URAZBAKHTIN 1979). Dementsprechend steigt zwischen 1917 und 1940 die Ausdehnung der Ackerflächen in Baschkortostan von 3,9 Mio.

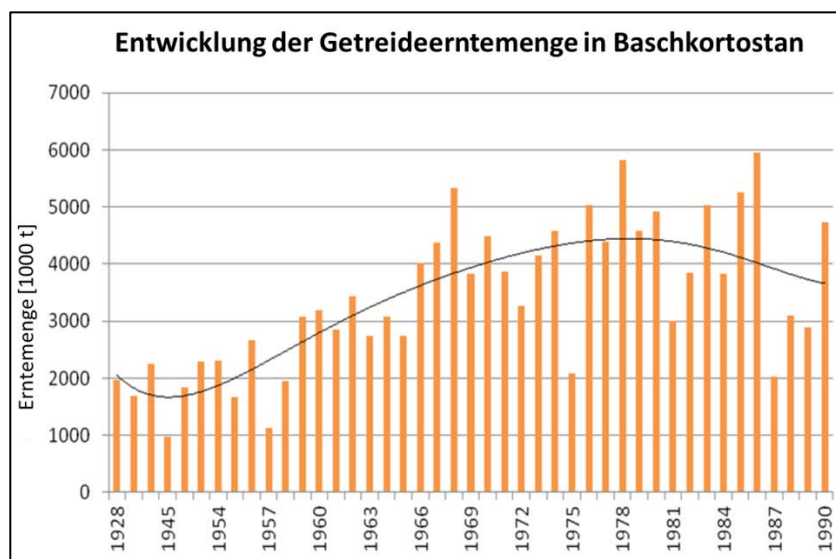
¹² Die staatliche Behörde ROSREESTR (Upravlenie Federal'noj Sluzhby Gosudarstvennoj Registracii, Kadastra i Kartografii po Respublike Bashkortostan) ist seit 2009 für die Inventarisierung der landwirtschaftlich genutzten Flächen in der Republik Bashkortostan zuständig. Dies geschieht in einem jährlichen „Bericht über den Zustand der Landnutzung in der Republik Baschkortostan [Gosudarstvenny (nacionalny) doklad o sostojanii i izpol'sovanii zemel Respubliki Bashkortostan]

ha auf 4,7 Mio. ha. Dies entspricht einem prozentualen Anstieg von über 20 % (URAZBAKHTIN 1979).

Die von der administrativen Führung der Baschkirischen ASSR 1954 eingeleitete Zelina-Kampagne gilt heute als eine der bedeutendsten Extensivierungs- und auch Intensivierungsphase des 20. Jhd. in der agrarischen Landnutzung Baschkortostans. Nach den Daten der CSU SSSR¹³ wurde in der Zeit von 1954 – 1960 etwa 564.000 ha Land im Rahmen der Zelina in die ackerbauliche Nutzung aufgenommen (AKMANOV 2006, URAZBAKHTIN 1979). Im gesamten Uralgebiet werden in dieser Zeit etwa 4,5 Mio. ha Neuland kultiviert (EULE 1962). Insbesondere in den Steppengebieten kann im genannten Zeitraum ein großer Anstieg der Ackerflächen verzeichnet werden. In der Konsequenz steigt der Anteil an Ackerflächen in Baschkortostan von 4.539.000 ha (1953) auf 4.902.000 ha (1960).

Die Aussaatfläche steigt dementsprechend deutlich von 3.728.000 ha auf 4.255.000 ha an. Dies spiegelt sich auch in der Entwicklung der Erntemengewider (siehe Diagramm 2) (BASHSTAT¹⁴ 2007, URAZBAKHTIN 1979). Die stetig zunehmende Mechanisierung der Landwirtschaft gepaart mit der Expansion des Ackerbaus führt zu einem deutlichen Anstieg der mittleren Getreideproduktion von 1.815.000 t (1949-53) bis auf 3.223.000 t (1959-1963) (URAZBAKHTIN 1979, BASHSTAT 2007).

Diagramm 2: Ernteentwicklung von Getreidekulturen in Baschkortostan (BASHSTAT 2007)



Sie führt aber auch zu einem zunehmenden anthropogenen Druck auf die Agarökosysteme und daraus resultierend zu steigenden ökologischen Problemen vor allem in den Neulandgebieten. Weitere negative Tendenzen wie administrative Probleme und die

¹³ Central'noe statisticheskoe upravlenie SSSR (Zentrale Statistikbehörde der Sowjetunion)

¹⁴ Territorialnyj Organ Federal'noj Sluzhby Gosudarstvennoj Statistiki po Respublike Bashkortostan (Föderale Statistikbehörde für die Republik Baschkortostan)

Abnahme der staatlichen Kapitalunterstützung führen bereits in den 60er Jahre zu einer Abbremsung des Produktionswachstums in der BASSR wie auch in der gesamten damaligen UdSSR (AKMANOV ET AL. 2006, WEIN 1983, URAZBAKHTIN 1979).

Die Stagnation der landwirtschaftlichen Produktion in Verbindung mit dem Bevölkerungswachstum lässt in den 1970er Jahren in ganz Russland einen Mangel an landwirtschaftlichen Produkten entstehen, dem durch ein umfangreiches Programm zur Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion entgegengewirkt werden soll.

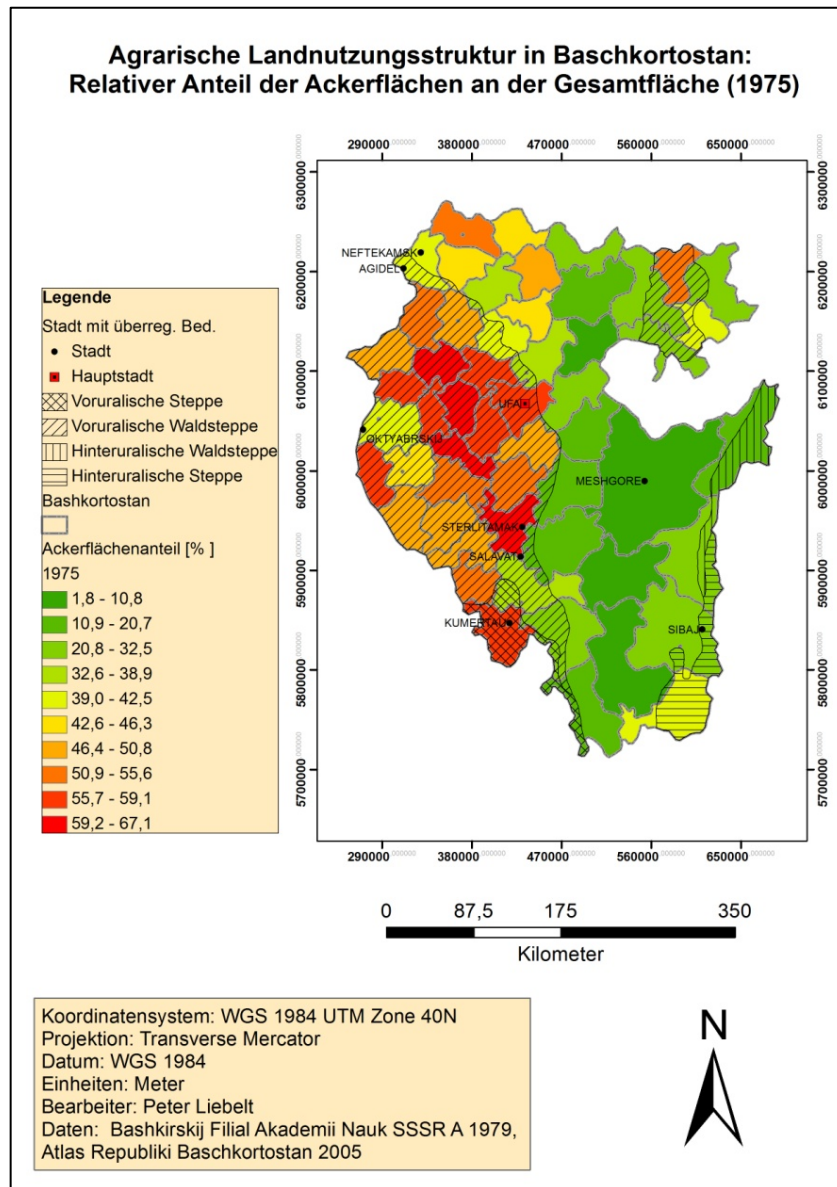
Es gibt zu dieser Zeit russlandweit Bestrebungen, die agrarische Landnutzung zu intensivieren aber auch parallel den Bodenschutz voranzutreiben (BRUISCH 2007, PENKAITIS 1995). Auch in der Baschkirischen ASSR entsteht etwa 10 Jahre nach der Zelina-Etappe aufgrund zunehmender ökologischer Probleme eine Diskussion um nachhaltigere und bodenschonendere Landnutzungskonzepte [BIKBULATOV 2004; SALISHEV & BAKHTIZIN 1993, SALISHEV 2009 (Interview 1 (Frage 4), Anhang 1)].

Folglich greift man wieder zunehmend die Theorien von Vasilij Robertovich Will'jams¹⁵ auf, der bereits vor der Zelina-Etappe ein Landnutzungssystem (Travopolnaja Sistema [Feldgraswirtschaft]) entwickelte, welches darauf abzielt die Bodenfruchtbarkeit durch extensivere Landnutzungsmodelle zu sichern. T.S. Mal'cev entwickelte darauf aufbauend in den 50er Jahren das Mal'cevskaja Sistema Zemledelija (Landnutzungssystem nach Mal'cev), welches die Bedeutung einjähriger Gräser im Fruchtwechsel zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit besonders berücksichtigt. Es gelingt aber nicht, diese extensiven und ökologisch nachhaltigeren Landnutzungskonzepte in die Landnutzungspraxis zu implementieren (BIKBULATOV 2004, SALISHEV, BAKHTIZIN ET AL. 1993). Man setzt dagegen zunehmend auf eine weitere Technisierung und erhöhte Düngemittelapplikationen, um die Produktion zu steigern und die Importabhängigkeit zu vermindern (PENKAITIS 1995, WEIN 1983, URAZBAKHTIN 1979). Weil die angestrebte Intensivierung der agrarischen Landnutzung allerdings keine deutlichen Produktionszuwächse mit sich bringt und verschiedene Bodenschutzmaßnahmen zu Verlusten ehemals ackerbaulich genutzter Flächen in den klassischen Ackerbaugebieten der voruralischen Waldsteppe und Steppe führen, kommt es in der Baschkirischen ASSR zu einer weiteren staatlich geplanten Expansionsphase des Ackerbaus durch den Plan zur „Umverteilung der Waldflächen“ [russ. „Plan pereraspredelenija lesov po territorii Respubliki“], der vorsieht in den Waldsteppen und Steppengebieten zum Bodenschutz aufzuforsten und im Gegenzug Waldgebiete in Baschkortostan in landwirtschaftliche Nutzflächen umzuwandeln (siehe Karte 9) (ZHDANOV 1976). Mit diesem Programm soll ein Beitrag zur Verminderung der der einseitigen Agrarstruktur und damit für eine hohe ökologische Nachhaltigkeit der agrarischen

¹⁵ transkribiert

Landnutzung sowie zur Stabilisierung und Steigerung der Agrarproduktion geleistet werden (URAZBAKHTIN 1979).

Anhand der untersuchten Landnutzungsdaten für das Jahr 1975 wird deutlich wie stark sich die ackerbauliche Nutzung auf die voruralische Waldsteppenzone konzentriert (Karte 8).



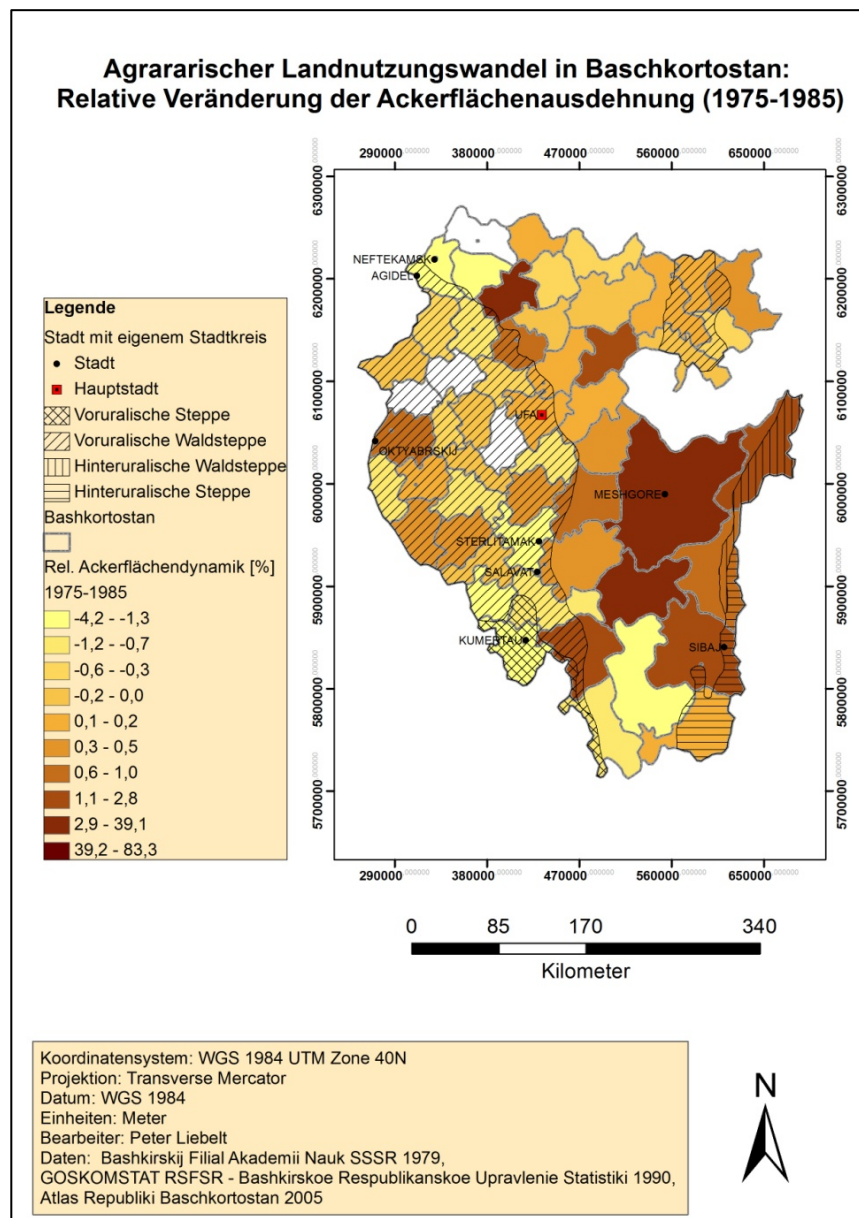
Karte 8: Agrarische Landnutzungsstruktur in Baschkortostan, 1975 (Eigene Karte)

In den zur voruralischen Waldsteppenzone gehörigen Regionen der Belaja Ebene liegt der Ackerlandanteil an der Gesamtfläche der Rajone teilweise über 60 %, in den Rajonen Blagovarskij, Sterlitamakschij und Davlekanovskij bspw. zwischen 63,4 % und 67,1 % (MINISTERSTVO SELSKOGO KHOZAJSTVA BASSR 1975¹⁶, URAZBAKHTIN 1979).

Dass die ackerbaulichen Expansionsbemühungen in den 70er und 80er Jahren im Vergleich zur Zelina - Kampagne nur geringere Auswirkungen auf die Agrarstruktur in der

¹⁶ Ministerium für Landwirtschaft der Baschkischen Autonomen Sozialistischen Sowjetrepublik

BASSR haben, zeigen die Daten der Landnutzungsstruktur (*GOSKOMSTAT RSFSR – BASHKIRSKOE UPRAVLENIE STATISTIKI, URAZBAKHTIN 1979*). Aus der kartographischen Darstellung der analysierten Daten für die BASSR geht aber trotz der stagnierenden Gesamtentwicklung der agrarischen Nutzungstypen eine räumlichen Heterogenität bezüglich der Landnutzungsentwicklung hervor, die auf das bereits erwähnte Bestreben der damaligen Agrarpolitik nach einer Ausdehnung der Ackerflächen in agrarische Ungunsträume zurückzuführen ist (*URAZBAKHTIN 1979, ZHDANOV 1976, ROSTANKOWSKI 1979*).



Karte 9: Agrarische Landnutzungsdynamik in Baschkortostan, 1975-1985 (*Eigene Karte*)

Somit kommt es vor allem in den Rajonen der voruralischen Waldsteppen- und Steppenzzone zwischen 1975 und 1985 zur Stagnation oder leichten Abnahme des Ackerflächenanteils (*URAZBAKHTIN 1979; GOSKOMSTAT RSFSR 1990*). Beispielhaft für diese

Entwicklung können die Rajone Sterlitamakskij, Karmaskalinskij sowie Alscheevskij angeführt werden, welche in der landwirtschaftlich geeigneten Belaja-Ebene der voruralischen Waldsteppenzonen liegen. Im Rajon Sterlitamakskij beträgt die Abnahme des Ackerflächenanteils an der Gesamtfläche 1,2 % und in den beiden übrigen Rajonen stagniert sie bei Nahe 0 % (-0,3 % im Rajon Karmaskalinskij und -0,4 % im Rajon Alscheevskij). Dagegen erhöht sich die Ausdehnung der Ackerflächen in dem genannten Zeitraum vereinzelt deutlich in den naturräumlich ungünstigeren Rajonen im Uralgebirge sowie in der nördlich an die Waldsteppenzonen angrenzenden Waldzone und den hinteruralischen Steppen- und Waldsteppengebieten. In dem walddreichen Gebirgsrajon Beloreckskij, im Uralgebirge, steigt die Ausdehnung der Ackerflächen von 1975 bis 1985 um 14,1 %, in den hinteruralischen Waldsteppen und Steppenrajonen Uchalinsky und Baimaksky um 1,4 bzw. 2,4 % (siehe Karte 9) (*URAZBAKHTIN 1979; GOSKOMSTAT RSFSR – BASHKIRSKOE UPRAVLENIE STATISTIKI*).

Trotz der Versuche die Agrarstruktur nach der Zelina-Aktion in der BASSR ökologisch nachhaltiger zu gestalten bleibt diese bis zum Ausgang der sowjetischen Landnutzungsetappe weiterhin sehr unausgewogen, mit einer hohen Konzentration der Ackerflächen in der voruralischen Waldsteppenzonen Baschkortostans (*STAFICHUK & AKTUGANOVA 2002*).

4.1.2 Post-sowjetische Landnutzungsentwicklung

4.1.2.1 Entwicklung der Landnutzungsstruktur und ihre Steuergrößen

Nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion geht die russische Landwirtschaft in eine Transformationsphase über. Eingeleitet wird diese bereits am Ende der sowjetischen Landnutzungsperiode mit der Forcierung der Reformierung des Agrarsektors unter Gorbatschow, die vor allem die Vergrößerung der Möglichkeiten privaten Wirtschaftens zum Ziel hat (*BRUISCH 2007, WANDEL 2001*). Jelzin treibt nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion die Liberalisierung in der Landwirtschaft weiter voran, mit dem Ziel Boden zu privatisieren und eine effektive und ökologische Nutzung des Bodens zu ermöglichen (*LINDNER 2008, PETRIKOV 2000*). Die russlandweit einsetzenden Veränderungen der politischen und auch ökonomischen Rahmenbedingungen für die agrarische Landnutzung spiegeln sich auch in der Republik Baschkortostan wider und führen dort zur Entstehung neuer landnutzungsrelevanter Steuergrößen. Wie aus der Analyse regionaler Landnutzungsdaten und Literatur hervorgeht, führt ihr Zusammenwirken zur Entstehung neuer Entwicklungsimpulse auf die sowjetzeitlich gewachsene Landnutzungsstruktur (*siehe 4.1.1*) und ihre ehemals, in der damaligen Baschkirischen ASSR, prägenden Entwicklungstrends

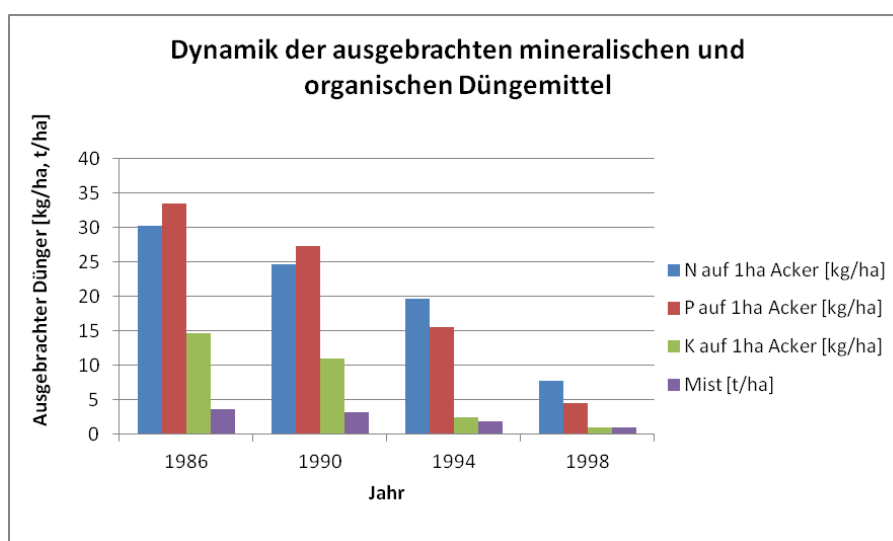
Veränderte Steuergrößen der agrarischen Landnutzungsstruktur

Wirtschaftliche Steuergrößen

Infolge des Zusammenbruchs der UdSSR kommt es in der Republik Baschkortostan zu einem wirtschaftlichen Systemwechsel mit großer Relevanz für die Entwicklung der agrarischen Landnutzungsstruktur. Die ökonomischen Reformen in den 1990er Jahren lassen Marktmechanismen entstehen, die eine ackerbauliche Nutzung unter ungünstigen naturräumlichen Bedingungen, wie auf degradierten Böden, in den Hanglagen oder in besonders dürrgefährdeten Gebieten für die aus den reorganisierten Kolchosen und Sowchosen hervorgegangenen, meist privatrechtlich organisierten, landwirtschaftlichen Betrieben unrentabel machen (ZHUCHENKO 2005, CHERNJAKHOVSKY & TISHKOV 2002).

Mit dem Übergang von der sowjetischen „Verlustwirtschaft“, mit einzelnen unabhängigen Plänen zu jedem landwirtschaftlichen Arbeitsgang und ohne den Versuch einer Gesamtkostenaufstellung zur „Effektivwirtschaft“, mit der Gegenüberstellung von Erntekosten und Marktpreisen, wird diese nicht mehr gegebene Rentabilität offensichtlich. Es zeigt sich dass der Getreideanbau in vielen agrarischen Ungunsträumen Baschkortostans verlustreich ist (MIRKIN 1998).

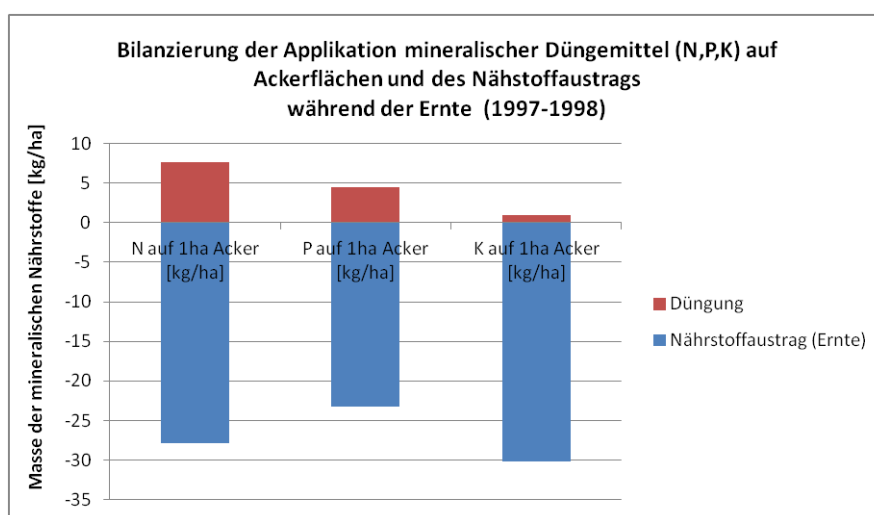
Diagramm 3: Entwicklung der mittleren Düngemittelapplikation in Baschkortostan (KHABIROV 2000)



Eine bedeutende Ursache hierfür ist die Abnahme der finanziellen Investitionen in den landwirtschaftlichen Sektor. In ganz Russland sinkt der Anteil des Investitionskapitals für die Landwirtschaft von etwa 15,9 % (1990) auf nur noch 3 % (1997). In Kombination mit den deutlich gestiegenen Kosten für Energieträger führt dies dazu, dass die Revalorierung der anthropogenen Energie in agrarisch ungünstigen Gebieten, wie auf degradierten Böden, welche nur geringere Ernten ermöglichen, kaum noch gegeben ist (BATYRSHIN 2002, MIRKIN 1998).

Der Kostendruck in den landwirtschaftlichen Betrieben führt dazu, dass notwendige Maßnahmen gegen die Bodendegradation und zur Aufwertung geringwertiger degradierter Böden und Meliorationsmaßnahmen, wie der Düngemittelapplikation, abnehmen und infolge dessen Bodendegradationserscheinungen, wie die Abnahme der Bodenfruchtbarkeit, soweit zunehmen, bis sich eine ackerbauliche Nutzung nicht mehr rentiert (CHERNJAKHOVSKY UND TISHKOV 2002, MIRKIN 1998).

Diagramm 4: Bilanzierung der mittleren Düngemittelapplikation und des Nährstoffaustrags während der Ernte in Baschkortostan (KHABIROV 2000)



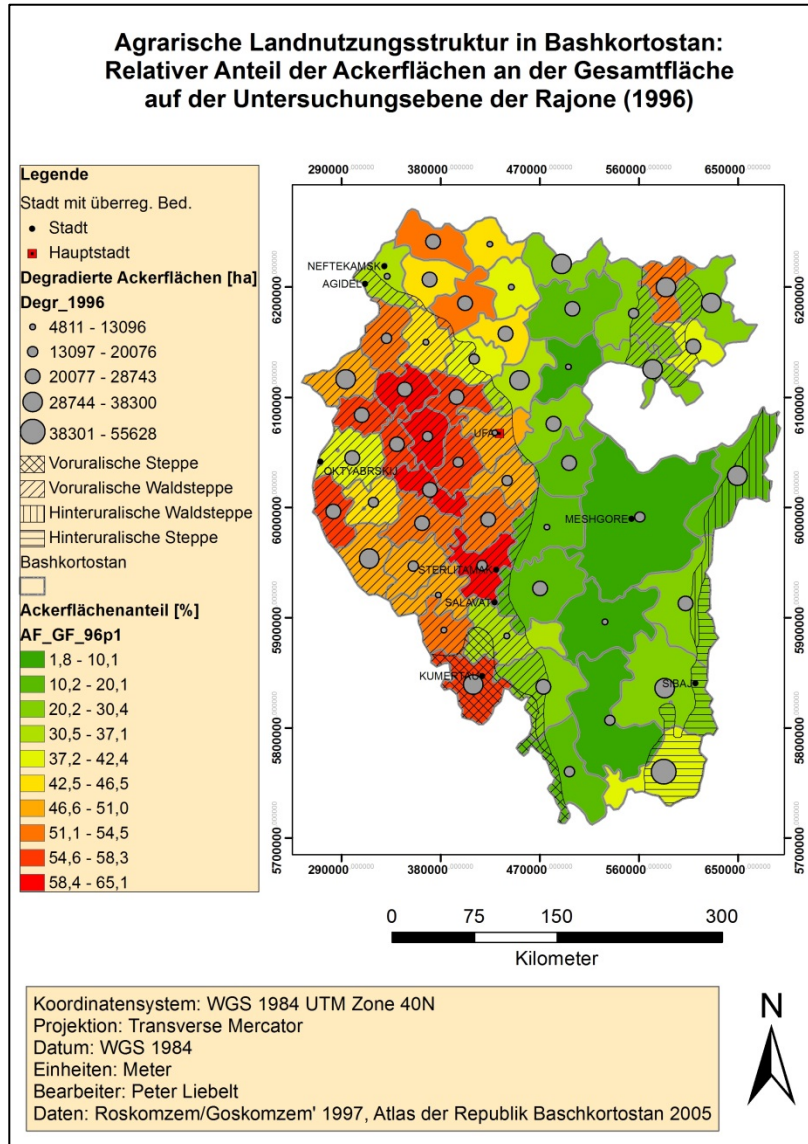
Hieraus wird die Relevanz der neuen wirtschaftlichen Bedingungen für die Landnutzungsstruktur bzw. ihren Wandel deutlich.

Die Neuausrichtung des Wirtschaftssystems nach dem Zusammenbruch der UdSSR und der damit verbundene Rentabilitätsdruck führt zu einem Bedeutungsgewinn der naturräumlichen Standortbedingungen, insbesondere der klimatischen, geomorphologischen und bodenkundlichen Verhältnisse bei agrarischen Landnutzungsentscheidungen und förderte in der Konsequenz den post-sowjetischen Strukturwandel in der agrarischen Landnutzung (CHERNJAKHOVSKY UND TISHKOV 2002).

Politische Steuergrößen

Neben den neuen ökonomischen Rahmenbedingungen fördern auch die politischen Veränderungen zu Beginn der post-sowjetischen Landnutzungsperiode einen Wandel der agrarischen Landnutzungsstruktur. Über verschiedene Landnutzungsprogramme soll vor allem die zunehmende Bodendegradationsproblematik, die nun auch aus ökonomischen Gründen eine höhere Relevanz erlangt, in der Republik Baschkortostan stärker berücksichtigt werden (AFZALOV & CHANYSHEV 2002, CHERNJAKHOVSKY & TISHKOV 2002, MIRKIN 1998). Das große räumliche Ausmaß der Bodendegradation verdeutlicht das Ergebnis einer durch das Komitee für Landressourcen der Republik Baschkortostan

(GOSKOMZEM-RB) und das Ministerium für Landwirtschaft der Republik Baschkortostan (MINSEL'KHOZ-RB) zwischen 1996 und 2007 in mehreren Etappen durchgeführten Inventarisierung der Ackerflächen in der Republik Baschkortostan, wonach etwa 1,2 Mio. ha Ackerland in Baschkortostan degradiert und gering produktiv sind.



Karte 10: Anteil von Ackerflächen in Baschkortostan und ihre Degradierung 1997 (*Eigene Karte*)

In der Waldsteppenzone entspricht der Anteil der degradierten Ackerflächen damit gemäß den Untersuchungsergebnissen zwischen 20 und 25 % an der Gesamtackerfläche¹⁷ bzw. etwa 11 % an der Gesamtfläche (*GOSKOMZEM 2007*).

Chanyshv, leitender Spezialist für agrarische Landnutzungsfragen bei GOSKOMZEM-RB in der Republik Baschkortostan, sieht aufgrund dieses gewaltigen Ausmaßes der Bodendegradation eine Gefahr für die Ernährungssicherheit und die ökologische Stabilität

¹⁷ Da die Inventarisierung der Ackerflächen im Zeitraum von 1996-2007 durchgeführt wurde und daher keinem konkreten Jahr zugeordnet werden kann, wurde die Ackerflächenausdehnung von 1996 als Bezugsfläche für die degradierten Ackerflächen ausgewählt

in Baschkortostan (*CHANY SHEV 2009*). Das Staatliche Komitee für Landressourcen führt das große Ausmaß der Bodendegradation v.a. auf die unausgewogene Agrarstruktur nach dem Ausgang der sowjetzeitlichen Landnutzungsepoche zurück und beschließt daher verschiedene staatliche Programme zur Gegensteuerung, die zur Bildung einer stabilen, produktiven und ökologisch ausbalancierten Agrarlandschaft führen sollen (*AFZALOV & CHANY SHEV 2002*).

Aus der kartographischen Darstellung der rajonbezogenen Daten zur Ausdehnung der Ackerflächen sowie degradierter Ackerflächen im Jahr 1997 geht die Einseitigkeit der Agrarstruktur sowie das Ausmaß der Bodendegradation auf den Ackerflächen in Baschkortostan deutlich hervor (*ROSKOMZEM/GOSKOMZEM 1997, ROSNEDVIZHIMOST' 2008*). Vor allem in der voruralischen Waldsteppenzone werden die Böden zu Beginn der post-sowjetischen Landnutzungsphase intensiv ackerbaulich genutzt. Der Anteil ackerbaulich genutzter Flächen übersteigt im Jahr 1996 sogar teilweise 60 % der Gesamtfläche einzelner Rajone (z. B. Davlekanovskij Rajon: 65,1 %). Nach *CHANY SHEV, MUKATANOV UND KIRAEV (2008)* bedeutet dies eine Überschreitung der maximalen ökologisch nachhaltigen Nutzungsgrenze, welche die Autoren bei etwa 60 % sehen und unterhalb dieser, in Abhängigkeit der natürlichen Bedingungen, von einer stabilen agrarischen Nutzungsstruktur gesprochen werden könne.

Aus der intensiven ackerbaulichen Nutzung der Waldsteppenzone resultieren die in der Karte erkennbaren großflächigen Degradationsschäden in diesen Landschafts- bzw. Agrarräumen. Aber auch in weniger intensiv genutzten Gebiete, wie in der nördlichen Waldzone, in Teilen des Uralgebirges sowie in den hinteruralischen Gebieten, zeigen sich Degradationsschäden bei den ackerbaulich genutzten Böden, die sich dort vor allem auf naturräumlichen Ungunstoffaktoren wie das Relief oder auch die Böden zurückführen lassen (*ROSNEDVIZHIMOST' 2008, KHAZIEV 2007, GABBASOVA 2005, JAPAROV 2005*).

Durch das Ministerialkabinet wurde, vor dem Hintergrund der festgestellten Degradationsschäden von Ackerflächen, 1996 ein Plan zur Nutzungsaufgabe oder Überführung degradierter Ackerflächen in extensivere Nutzungsformen mit dem Ziel der "Verhinderung von Erosionsprozessen, des Schutzes und der Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit" beschlossen (*Beschluss Nr. 254, 27.08.1996*). Zur Durchführung der Maßnahmen wurden gemeinsame Verordnungen durch das Staatliche Komitee für Landressourcen der Republik Baschkortostan und das Ministerium für Landwirtschaft und Ernährung zur „Konvertierung degradierter Ackerflächen zu Grünland in landwirtschaftlichen Betrieben der Republik Baschkortostan herausgegeben (*Verordnung Nr.135/65: Prikaz o zaluzhenie degradirovannykh pakhotnykh zemel' v sel'khozpredpriyatijakh Respubliki Bashkortostan, 29.05.1997*). Bis 2007 werden so

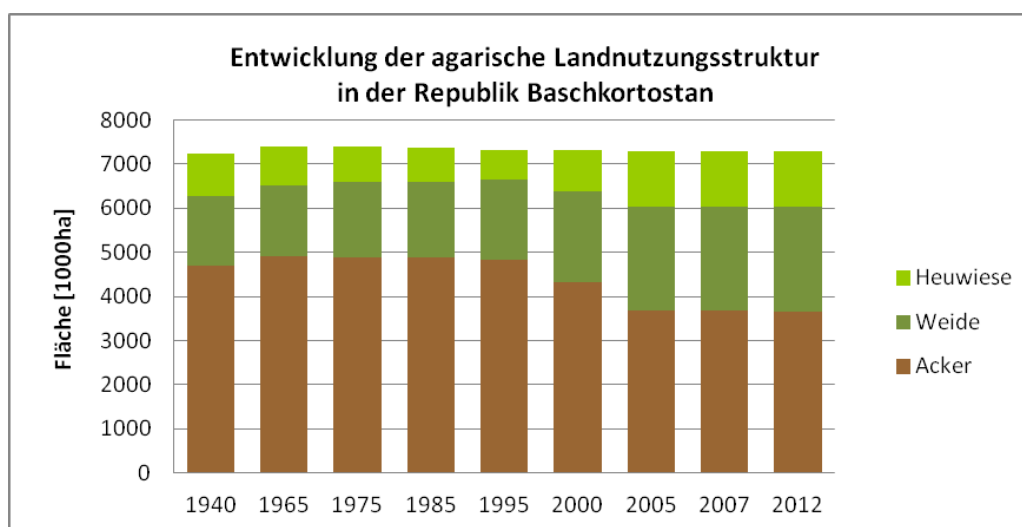
1.162.000 ha degradierter Ackerflächen (dies entspricht etwa 25 % der gesamten Ackerfläche von 1996) aufgegeben und in andere Nutzungsformen überführt (*CHANYSHEV 2009, AFZALOV & CHANYSHEV 2002*).

Wie aus den Untersuchungen zur sowjetzeitlichen Dynamik der agrarischen Landnutzungsstruktur hervorgeht, gibt es bereits während dieser Landnutzungsperiode insbesondere nach der Zelina-Aktion eine erkennbaren Zunahme des Bewusstseins für die große Relevanz der Bodendegradation bezüglich einer nachhaltigen und stabilen agrarischen Bodennutzung und Versuche von der wissenschaftlichen Seite, wie der Baschkirischen Filiale der Akademie der Wissenschaften der SSSR (*URAZBAKHTIN N. KH. 1979*), und auch von politischer Seite Impulse für einen Wandel in der Landnutzungsstruktur zu initiieren (*siehe 4.1.1*). Aber erst nach dem Zusammenbruch der ehemaligen UdSSR kommt es unter den neuen post-sowjetischen politischen und wirtschaftlichen Steuergrößen zu einem deutlichen Strukturwandel der agrarischen Landnutzung in der Republik Baschkortostan, der erstmals seit den sowjetischen Expansion des Ackerbaus zu einer deutlichen Abnahme der Ackerflächen in ganz Baschkortostan führt. Ein zentraler Punkt, der dazu beigetragen haben dürfte, dass verschiedene staatliche Maßnahmen zur Steigerung der ökologischen Nachhaltigkeit der Landnutzungsstruktur besser in die Landnutzungspraxis implementiert werden als zum Ende der sowjetischen Landnutzungsperiode, sind die neuen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und der damit verbundene neue Rentabilitätsdruck (*CHERNJAKHOVSKY & TISHKOV 2002, MIRKIN 1998*).

In der Analyse der statistischen Landnutzungsdaten für die Republik Baschkortostan zeigt sich deutlich, dass die neuen politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen zu Beginn der post-sowjetischen agrarischen Landnutzungsphase, ab Mitte der 90er Jahre, zu einem deutlichen Wandel in der agrarischen Landnutzungsstruktur des Landes führen, der bis Mitte der 2000er Jahre andauert. Die seit den 60er Jahren, nach dem Abschluss der Zelina-Aktion in der damaligen Baschkirischen ASSR etwa gleichbleibenden Flächenausdehnungen der agrarischen Landnutzungstypen, Acker, Heuwiese und Weide, verändern sich nun signifikant, was zu einer Verschiebung der Flächenverhältnisse zwischen den Landnutzungstypen führt. Während die Ausdehnung der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche zwischen 1995 und 2005 nur gering abnimmt, kommt es im gleichen Zeitraum zu einer rapiden Abnahme von Ackerflächen, welche bis etwa zur Mitte der 2000er Jahre andauert (*siehe Diagramm 5*). Um etwa ein Viertel (24 %), von 4.835.000 Mio. ha auf 3.686.200 Mio. ha sinkt die Ackerflächenausdehnung in diesem Zeitraum, bis sie sich ab 2005 auf diesem Niveau stabilisiert. Die zur Grünlandnutzung zugehörigen Heuwiesen und Weiden verzeichnen dagegen einen deutlichen

Flächenanstieg, von 2.493.500 Mio. ha im Jahr 1995 auf 3.609.600 Mio. ha im Jahr 2005 (Anstieg um 45 %), der bei ganzheitlicher Betrachtung Baschkortostans die Verluste an Ackerflächen kompensiert, wodurch sich die Flächenausdehnung der gesamten Landwirtschaftlichen Nutzfläche kaum verändert – 1995 beträgt die Ausdehnung der landwirtschaftlichen Nutzfläche 7.375.200 Mio. ha und im Jahr 2005 liegt sie kaum verändert bei 7.339.800 Mio. ha (GOSKOMSTAT 2007).

Diagramm 5: Entwicklung der agrarischen Landnutzungsstruktur in Baschkortostan (Daten von 1940-2005: GOSKOMSTAT 2007; ab 2005: GOSKOMSTAT-Zemel'nyj Fond RB, jährlich)

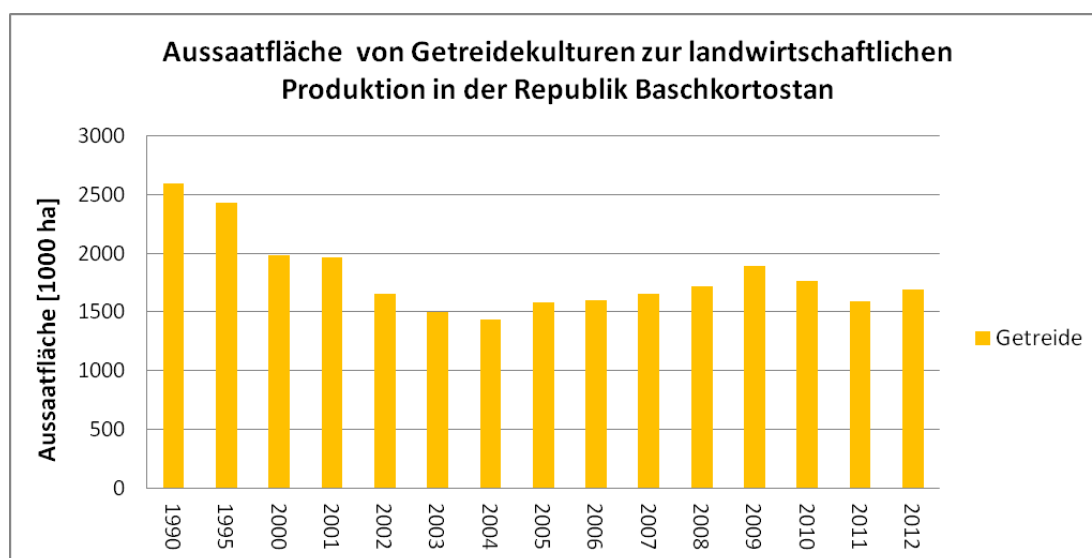


Der Trend der Ackerflächenentwicklung spiegelt sich auch bei der Entwicklung der Aussaatfläche wider wie am Beispiel der Getreidekulturen zu sehen ist. Von 1990 bis 2004 sinkt die Aussaatfläche dieser in Baschkortostan dominierenden landwirtschaftlichen Kulturen um mehr als 40 %. Nach dem Minimum im Jahr 2004 setzte eine leichte Aufwärtsbewegung des Trends ein, die ihr Maximum 2009 erreichte (www.bashstat.ru, 01.02.2014) (siehe Diagr. 6).

Die Dynamik der post-sowjetischen Landnutzungsstruktur ist dabei keineswegs in der gesamten Republik gleich. Die Auswertung der Landnutzungsdaten zeigt vielmehr, dass die Veränderungen hinsichtlich der Landnutzungsqualität (Landnutzungsstruktur) räumlich sehr differenziert ablaufen. Eine wesentliche Ursache hierfür ist der aufgrund der politischen und wirtschaftlichen Veränderungen entstandene Bedeutungsgewinn der naturräumlichen Rahmenbedingungen und vor allem des Zustandes bzw. des Degradationsgrades der Böden bei landnutzungsrelevanten Entscheidungen. Die Analyse der räumlich differenzierten Ackerflächendynamik auf Rajonebene verdeutlicht die Bedeutung der naturräumlichen Bedingungen. Während die Rajone in Gebieten begünstigter agrarökologischer Standortbedingungen und relativ geringen Anteilen degradierter Ackerflächen, zu denen vor allem die Belaja-Ebene in der voruralischen Waldsteppe

gehört, prozentual weniger stark von Ackerflächenkonversionen betroffen sind, wird in den Rajonen agrarökologisch ungünstigerer Gebiete wie dem Uralgebirge und weiten Teilen der voruralischen Waldzone sowie Teilen der Bugul'ma-Belebej-Erhebung eine deutliche prozentuale Abnahme der Ackerflächen registriert.

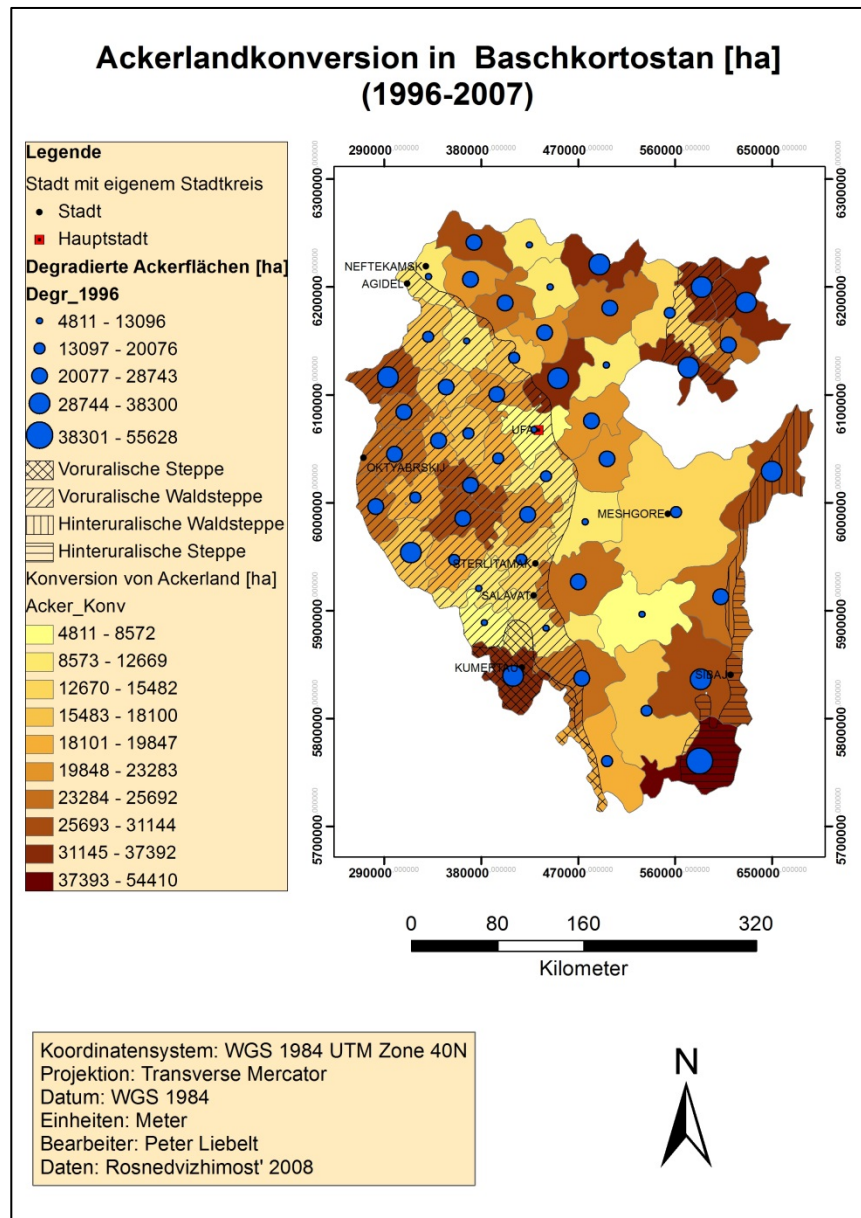
Diagramm 6: Entwicklung der Aussaatflächen von Getreidekulturen in Baschkortostan (Daten: www.bashstat.ru, letzter Zugriff: 02.03.2014)



Die ungünstigeren Boden- und auch Reliefbedingungen in den Gebirgsregionen und in weiten Teilen der nördlichen Waldsteppenzzone, welche vor allem an den geringmächtigeren Humushorizonten und dem geringeren Humusgehalt deutlich werden, führen zu einer höheren Vulnerabilität der Böden unter ackerbaulicher Nutzung (KHAZIEV 2007). Daher sind vor allem in diesen Gebieten die ackerbaulich genutzten Böden zu einem großen Anteil von Degradationsschäden betroffen und weisen folglich nur noch ein vermindertes Nutzungspotenzial auf. In den südlichen Steppengebieten dagegen spielen die ungünstigen klimatischen Bedingungen eine größere Rolle (KHAZIEV 2007, CHANY SHEV & ARZALOV 2002).

Zwei typische Rajone aus dem Uralgebirge sind Arkhangelskij und Beloreckij. In beiden Rajonen dominieren geringmächtige humusarme Böden, die aufgrund der dortigen hohen Reliefenergie große Erosionsschäden unter ackerbaulicher Nutzung aufweisen (JAPAROV 2005). Entsprechend der Inventarisierung durch GOSKOMZEM-RB und MINSEL'KHOZ-RB (GOSKOMZEM 2007) sind in Arkhangeskij etwa 55 % und Beloreckij 57 % der ackerbaulich genutzten Böden von Degradationsschäden betroffen. Folglich wird ein Großteil der ehemals ackerbaulich genutzten Flächen in Grünlandnutzung konvertiert (Konvertierung zwischen 1996 und 2007: Arkhangelskij: 54,8 % der Ackerflächen, Beloreckij: 42 % der Ackerflächen) (siehe Karte 11).

Die Rajone Askinskij und Blagoveshenskij liegen in der voruralischen baschkirischen Waldzone und auch hier führen die naturräumlichen Bedingungen, wie ein erhöhtes Relief und die im Vergleich zu den Chernozems der Waldsteppenzezone ackerbaulich geringerwertigen Greyzems, zu einem hohen prozentualen Anteil von Bodendegradationserscheinungen an ackerbaulich genutzten Böden. In Askinskij beträgt der Anteil degradierter Ackerflächen 53 % und in Blagoveshenskij 42,7 %.



Karte 11: Ackerlandkonversion in Baschkortostan: 1995-2007 (Eigene Karte)

Wie auch in den im Uralgebirge liegenden Rajonen führen die großen Bodendegradationsschäden von Ackerflächen zu deren Konvertierung in unterschiedliche Typen der Grünlandnutzung. In den Rajonen Askinskij Blagoveshenskij wurden 49,5 % bzw. 42,7 % der ehemals ackerbaulich genutzten Flächen in Grünlandnutzungen umgewandelt.

Anders als in den genannten ackerbaulich „problematischen“ Agrarräumen, zeichnen sich weite Teile der voruralischen Waldsteppenzone durch geeignetere agrarökologische Umweltfaktoren (*siehe 2.2.1*) aus und weisen daraus resultierend geringere relative Ackerlandkonversionsraten auf. Im östlichen zur Belaja-Ebene zugehörigen Teil der Waldsteppenzone sind die ackerbaulichen Bedingungen aufgrund der mächtigen humusreichen Chernozems und der geringeren Reliefenergie und günstigen klimatischen Verhältnissen besser und die Degradationsgefahr auch unter intensiver agrarischer Landnutzung wesentlich geringer (*KHAZIEV 2007, CHANYSHEV 2008*). Demzufolge ist der relative Konversionsanteil ackerbaulicher Flächen an der Gesamtackerfläche in diesem Landschaftsteil Baschkortostans im Zeitraum von 1996-2007 am geringsten.

In den Rajonen Sterlitamskij, Karmaskalinskij und Fedorovskij, die ausnahmslos in der Belaja Ebene der voruralischen Waldsteppenzone zu finden sind, spiegeln sich die günstigen bodenkundlichen, geomorphologischen und klimatischen Bedingungen in den niedrigeren Degradationsanteilen von Ackerland (11-26 %) und in den dementsprechend niedrigen prozentualen Ackerlandkonversionen wider (7,7-9,1 %) (Datengrundlage: *GOSKOMZEM/ROSREESTR 2008*).

Die Entwicklung der Ackerflächenausdehnung über den untersuchten Zeitraum verläuft somit entgegengesetzt zu der Entwicklung am Ende der sowjetischen Landnutzungsphase zwischen 1975 und 1985, während derer die Expansion des Ackerbaus in agrarökologisch ungünstigere Gebiete, wie das Uralgebirge, von staatlicher Seite forciert wird (*siehe 4.1.1*).

Die Analyse der rajonbezogenen Landnutzungsdaten zeigt die Raumwirksamkeit des post-sowjetischen agrarischen Strukturwandels in Abhängigkeit zu den erläuterten Steuergrößen deutlich auf. In Untersuchungen auf der darunter liegenden Maßstabsebene, der Betriebsebene, wird der Strukturwandel ebenfalls deutlich.

Tabelle 4: Veränderung der agrarischen Landnutzungsstruktur im landwirtschaftlichen Betrieb Rassvet (Tuimazyj) (1996-2006) (*CHANYSHEV 2008*)

Landnutzungstyp	Fläche vor der Durchführung der Ackerland-Konversion	Anteil an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche	Fläche nach der Durchführung der Ackerland - konversion	Anteil an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche
Acker	4357,0 ha	76 %	3176,0	55 %
Heuwiese	45,0 ha	1 %	727,0 ha	13 %
Weide	1348,0 ha	23 %	1847,0 ha	32 %
Landwirtschaftliche Nutzfläche	5750,0 ha	100 %	5750,0 ha	100 %

Als Beispiel hierfür soll der landwirtschaftliche Betrieb „Rassvet“ im Tyjmazinskij-Rajon dienen. Der Rajon Tujmazinskij befindet sich im agrarisch etwas ungünstigeren westlichen Teil der voruralischen Waldsteppenzone, auf der Bugul'ma-Belebej-Erhebung (*siehe 2.2.1*).

In dem Rajon werden etwa 26 % der ackerbaulich genutzten Flächen als degradiert eingestuft, 21,8 % der ehemals ackerbaulich genutzten Flächen werden in Grünland umgewandelt (*ROSNEDEVIZHIMOST' 2008*). Auch in dem Betrieb „Rassvet“ wird zur Optimierung der Landnutzungsstruktur die Entwicklung eines stabilen und nachhaltigen Verhältnisses zwischen den Nutzungstypen: Ackerland, Weideland und Heuwiesen angestrebt, wie aus Tabelle 4 hervorgeht.

Durchgeführte Experteninterviews mit Entscheidungsträgern, Direktoren und Agronomen aus Agrarbetrieben deuten auf die Bedeutung der neuen post-sowjetischen Steuergrößen der agrarischen Landnutzung (*siehe 4.1.2.1*) für Veränderungsprozesse in der Landnutzungsstruktur der Agrarbetriebe hin (*Interview 1-12, Anhang 1*).

So berichten zahlreiche Agrarbetriebe, dass sie aufgrund ihrer geringen Finanzkraft potenzielle Ackerflächen zu Grünlandflächen umwidmen müssen, wenn diese zum Beispiel aufgrund finanziell nicht zu leistender Düngung nicht rentabel bewirtschaftet werden können. Neben der ökonomischen Steuergröße des Rentabilitätsdrucks werden bei den Interviews auch ökologische Gründe angeführt, wie beispielsweise die Erosionsgefahr sowie Gefahr des Verlustes der Bodenfruchtbarkeit (*Interview 1-12; Anhang 1*).

Durch die bereits beschriebenen staatlichen Maßnahmen wird diese Entwicklung, hin zu einer ökologisch nachhaltigeren agrarischen Landnutzung, gefördert.

Zusammenfassend zeigt die Auswertung der Landnutzungsdaten in den verschiedenen Maßstabsebenen deutlich, dass es in der voruralischen Waldsteppenzone Baschkortostans sowie in der gesamten Republik Baschkortostan nach dem Zusammenbruch der UdSSR infolge eingetretener politischer und wirtschaftlicher Veränderungen zu einem räumlich differenzierten agrarischen Strukturwandel kommt, der dazu führt, dass ehemalige ackerbauliche Nutzflächen zu Grünlandnutzungen konvertiert werden.

4.1.2.2 Aktuelle Trends der agrarischen Landnutzungsintensität durch regional wirksame Steuergrößen

Nachfolgend wird untersucht, ob es neben der Konversion von Ackerflächen auch zu einem Wandel der ackerbaulichen Nutzungsintensität als eine weitere Erscheinungsform des post-sowjetischen Landnutzungswandels kommt (*siehe 4.1*).

Bodenbearbeitungsintensitäten - Bodenbearbeitungsverfahren

Unter der Bodenbearbeitung ist das mechanische Einwirken auf den Boden mit Hilfe diverser Bodenbearbeitungstechnologien, welche zur Optimierung der Bodenbedingungen für den Anbau landwirtschaftlicher Kulturen beitragen sollen, zu verstehen (*SIRAEV 2007*).

Aufgrund der Komplexität der in Baschkortostan angewandten Bodenbearbeitungssysteme (*KIRAEV & SIRAEV 2009*) wird sich in den Untersuchungen auf die in Wissenschaft und Praxis übliche generalisierte Dreiteilung in konventionelle Bodenbearbeitung (klassische Bodenbearbeitung), konservierende Bodenbearbeitung (minimale Bodenbearbeitung) und Direktsaat bezogen (*GATTERMANN 2005*). Die Unterteilung ist insbesondere deshalb geeignet, da sie sich insbesondere an der Bodenbearbeitungsintensität der Bodenbearbeitungsverfahren orientiert. Diese nimmt von der Direktsaat über die konservierende Bodenbearbeitung bis zur konventionellen Bodenbearbeitung zu (*KÖLLER 1985*).

Die durchgeführten Untersuchungen dieser Arbeit beziehen sich auf die Grundbodenbearbeitung als Teil der Primärbodenbearbeitung¹⁸, da vor allem während der Grundbodenbearbeitung die Intensitätsunterschiede der verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren deutlich werden.

Während das Verfahren der konventionellen Bodenbearbeitung im Prozessabschnitt der Grundbodenbearbeitung den Pflug als Bearbeitungsaggregat vorsieht, kommt dieser bei der konservierenden Bodenbearbeitung nicht zum Einsatz. Die konservierende Bodenbearbeitung zeichnet sich durch eine Reduzierung der üblichen Intensität der Grundbodenbearbeitung nach Art, Tiefe und Häufigkeit des mechanischen Eingriffes sowie durch ein Belassen von Pflanzenreststoffen nahe der Bodenoberfläche aus (*GATTERMANN 2005*). Für das Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung werden nur lockernde und mischende Bodenbearbeitungsgeräte eingesetzt. Typische Geräte zur Grundbodenbearbeitung unter einer konservierenden Bodenbearbeitungsstrategie sind der Grubber und die Scheibenegge (*KÖLLER 1985*).

¹⁸ Als Primärbodenbearbeitung bezeichnet man sämtliche Arbeitsgänge nach der Ernte (*KÖLLER 1985*)

4 Ergebnis

Im Direktsaatverfahren findet von der vorangegangenen Ernte bis zur Aussaat keine Grundbodenbearbeitung statt (GATTERMANN 2005).

Tabelle 5: Arbeitsverfahren der Bodenbearbeitung (KÖLLER 1985)

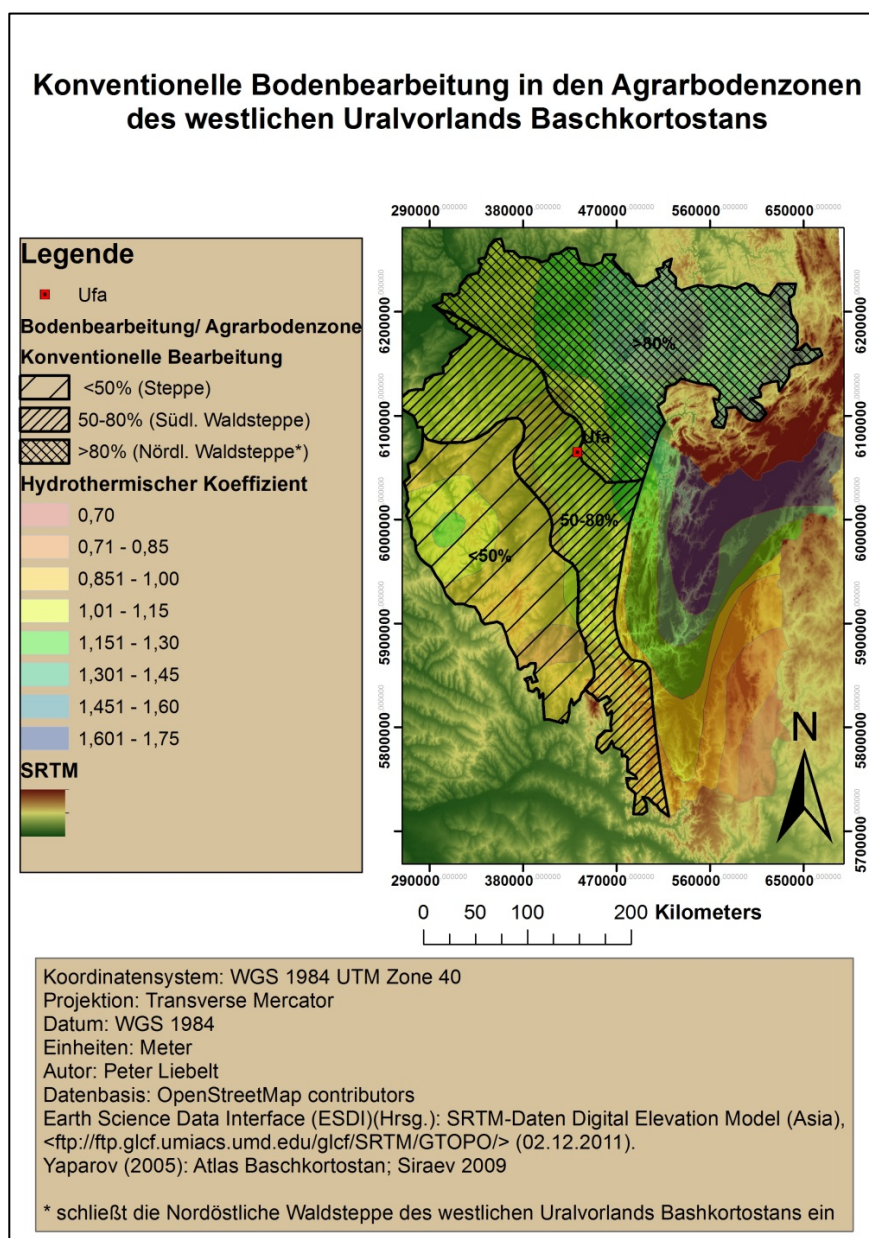
Prozessabschnitte	Verfahren		
	Bodenbearbeitung mit Pflug (Konventionelle Bodenbearbeitung)	Bodenbearbeitung ohne Pflug (Konservierende Bodenbearbeitung)	Direktsaat
Geräte			
Stoppelbearbeitung (Arbeitstiefe bis ca. 10cm)	gezogene und zapfwellenbetriebene Geräte, z. B.: Grubber, Scheibeneggen, Fräsen usw.		findet nicht statt
Grundbodenbearbeitung (Arbeitstiefe bis ca. 40cm)	Pflug	gezogene und zapfwellenbetriebene Geräte, z.B. Grubber, Scheibeneggen, Fräsen, Spatenmaschinen u.s.w.	findet nicht statt
Saatbettbereitung (Arbeitstiefe bis ca. 10cm)	gezogene und zapfwellengetriebene Eggen, Walzen usw.		findet nicht statt
Saat	verschiedene Sämaschinen		spezielle Scheiben- und Zinkenscharsämaschinen

Aus den Literaturrecherchen (KIRAEV & SIRAEV 2009) sowie den in der voruralschen Waldsteppenzone und den angrenzenden Landschaftszonen Baschkortostans durchgeführten Interviews (siehe Anhang 1) geht hervor, dass die wendende Pflugbodenbearbeitung am Ende der sowjetischen Landnutzungsetappe das dominierende Grundbodenbearbeitungsverfahren in diesen Gebieten zur ackerbaulichen Nutzung darstellt.

Auf Initiative T. S. Malcevs und A. I. Baraevs (siehe 4.2) beginnt man bereits während der sowjetischen Landnutzungsepoche, als Reaktion auf die bodenseitigen ökologischen Probleme insbesondere nach der Zelina-Aktion, Verfahren für eine nichtwendende, flache Bodenbearbeitung (minimale Bodenbearbeitung) zu entwickeln und versucht diese in die agrarische Landnutzungspraxis Baschkortostans zu implementieren, was allerdings nicht gelingt (KIRAEV ET AL. 2009). Somit gibt es zu Beginn der post-sowjetischen agrarischen Landnutzungsphase eine deutliche Dominanz der konventionellen Bodenbearbeitungsverfahren in den voruralschen Agrargebieten Baschkortostans. Aus der lokalen Literatur geht hervor, dass aber seit etwa der Mitte der 1990er Jahren neben den in Baschkortostan vorherrschenden klassischen konventionellen Bodenbearbeitungsverfahren, welche auf der Pflugbodenbearbeitung basieren, auch zunehmend konservierende, oberflächennahe Bodenbearbeitungsverfahren, ohne eine wendende Pflugbodenbearbeitung, in die Ackerbaupraxis eingeführt werden (KHAMIDULLIN 2009). Dies bestätigt auch der Salishev, Agronom der ehemaligen Sovkhoze „Pugashevskoe“ (53.000 ha) im Federovskij Rajon in der voruralschen Waldsteppenzone Baschkortostan [Interview 1 (Frage 4); Anhang 1].

In Baschkortostan dominiert aber trotz des Trends zur minimalen Bodenbearbeitung, laut Salishevs, auch aktuell noch die klassische pflugbasierte Bodenbearbeitung (SALISHEV

2009). Im Gegensatz zur agrarischen Landnutzungsstruktur gibt es zum Status quo sowie der Dynamik und der räumlichen Diversifizierung der in Baschkortostan angewandten ackerbaulichen Konzepte und Methoden keine statistische Datenbasis, da diese Informationen nicht von staatlichen Institutionen erfasst werden. Aus diesem Grund wurden zur Datengenerierung Experteninterviews¹⁹ mit landwirtschaftlichen Entscheidungsträgern (Agronomen und Direktoren landwirtschaftlicher Betriebe) in den voruralischen baschkirischen Agrargebieten durchgeführt.



Karte 12: Räumliche Diversifizierung angewandter ackerbaulicher Konzepte und Methoden²⁰ in den voruralischen Agrarbodenzone Baschkortostans (*Eigene Karte*)

¹⁹ Es wurden 12 Experteninterviews in den verschiedenen Voruralischen Agrarbodenzone Baschkortostans (*siehe Karte 12*) durchgeführt.

²⁰ Informationen zur Interpretation des auf der Karte abgebildeten hydrothermischen Koeffizienten befindet sich unter Punkt 2.1.2.3

Die aktuelle räumliche Differenzierung der angewandten Bodenbearbeitungssysteme wurde auf der Informationsgrundlage der durchgeführten Experteninterviews mit den Landnutzungsakteuren und auf Basis der mündlichen Mitteilung eines führenden Spezialisten für agrarische Landnutzung in Baschkortostan, M.G. Siraev, ermittelt (*siehe Karte 12*). Die Karte 12 zeigt den geschätzten Anteil der klassischen Pflugbodenbearbeitung an den angewandten ackerbaulichen Bearbeitungsmethoden in den voruralischen baschkirischen Ackerbaugebieten. Deutlich zu erkennen ist der räumliche Gradient der Bodenbearbeitungsintensität von Südwesten nach Nordosten.

Am geringsten ist der Flächenanteil der Pflugbodenbearbeitung in der voruralischen Steppenzone²¹ (<50 %). Dementsprechend dominieren in diesen Gebieten konservierende Bodenbearbeitungsverfahren. Bewegt man sich von dieser Zone ausgehend weiter in Richtung Norden oder auch Osten, in die Gebiete der südlichen Waldsteppenzone, nimmt der Anteil der Pflugbodenbearbeitung merklich zu (50-80 %). In der nördlichen voruralischen Waldsteppenzone im Norden der Republik Baschkortostan werden über 80 % der ackerbaulichen Flächen unter Einsatz des Pflugs bearbeitet. Somit nimmt der post-sowjetische Trend zur Minimierung der Bodenbearbeitung über die letzten 20 Jahre von der nördlichen voruralischen Waldsteppenzone über die südliche voruralische Waldsteppenzone bis hin zur voruralischen Steppenzone zu.

Die post-sowjetische Dynamik der Intensität angewandter Bodenbearbeitungsverfahren wirft Fragen nach der Motivation für die Einführung neuer Bodenbearbeitungskonzeptionen und -methoden und nach der Ursache der räumlichen Differenzierung der Stärke dieses Trends auf. Beruhend auf den Kenntnissen aus den Befragungen der landwirtschaftlichen Akteure lässt sich sagen, dass die Umstellung der in den baschkirischen Agrargebieten, westlich des Uralgebirges, angewandten ackerbaulichen Konzeptionen und Methoden wie auch die unter Punkt 4.1.2.1 untersuchte Landnutzungsstruktur von verschiedenen Faktoren gesteuert wird.

Sozioökonomische Motive zur Auswahl angewandter Bodenbearbeitungsverfahren

Fehlende finanzielle Mittel zum Kauf neuer Bodenbearbeitungstechnik, Düngemittel, Pflanzenschutzmittel und generell fehlendes Know-how in den landwirtschaftlichen Betrieben führen in ihrer Konsequenz zu qualitativ wie auch quantitativ schlechten Ernten und hohen Produktionskosten, woraus eine erschwerte Konkurrenzfähigkeit der Agrarbetriebe auf dem internationalen Markt resultiert.

²¹ Die Untersuchungen in Punkt 4.3 beziehen sich auf die Agrarbodenzonierung. Diese basieren auf bodenkundlichen und klimatischen Parametern und weichen in ihrer räumlichen Ausdehnung von den Landschaftszonen ab

Viele landwirtschaftliche Betriebe Baschkortostans befinden sich daher in einer angespannten wirtschaftlichen Situation [*Interview 1-12 (Frage 5), BIKBULATOV 2004*].

Die Bodenbearbeitung mit ihrer Bedeutung für die Effizienz der agrarischen Landnutzung stellt eine wichtige mögliche Stellschraube für die Verbesserung der ökonomischen Situation dar. Die aktuelle einseitige Ausgabenverteilung für Agrartechnik im baschkirischen Agrarsektor, 80 % für Erntemaschinen sowie Traktoren und 20 % für die übrigen Investitionen, zu denen auch Bodenbearbeitungsaggregate gehören, zeigt, dass der Bodenbearbeitung noch zu wenig Aufmerksamkeit beigemessen wird und dass es hier ein großes Potenzial für eine verbesserte Effizienz der agrarischen Landnutzung gibt.

Das zunehmende Verständnis der Landnutzungsakteure hierüber und die damit verbundene steigende Bereitschaft zur Abkehr von traditionellen Bodenbearbeitungsverfahren führen zu einer hohen Aktualität neuer Bodenbearbeitungsverfahren im Untersuchungsgebiet, die vor allem auf eine Minimierung der Bodenbearbeitungsintensität ausgerichtet sind (*BIKBULATOV 2004*).

Das steigende Bewusstsein der Landwirte für die wirtschaftliche Relevanz der Bodenbearbeitung spiegelt sich deutlich in den Interviews wider. Alle befragten landwirtschaftlichen Akteure sind der Auffassung, dass eine minimale Bodenbearbeitung wirtschaftlicher sei als die klassische konventionelle Bodenbearbeitung [*Interview 1-12 (Frage 7); Anhang 1*]. Die Auswertung der Interviews zeigt, dass die ökonomischen Steuergrößen für die Auswahl der geeigneten Bodenbearbeitungsverfahren über alle untersuchten Agrarbodenzone hinweg relativ einheitlich sind und keine räumliche Differenzierung zu erkennen ist [*Interview 1-12 (Frage 7); Anhang 1*]. Die Gesamtheit aller befragten Betriebe, von der nördlichen Waldsteppenzone bis zur Steppenzone des Vorurals, vertritt die Meinung, dass es wirtschaftlich sinnvoll sei, konservierende Bodenbearbeitungsverfahren durchzuführen. Eine wesentliche Rolle für die höhere Wirtschaftlichkeit spiele die unter minimalen Bodenbearbeitungssystemen gesteigerte Effizienz. „Aufgrund der weniger aufwendigen Minimalbodenbearbeitung ist das Risiko geringer, aus zeitlichen Gründen nicht alle Felder bearbeiten zu können [...]“, so Salishev [*Interview 1 (Frage 7); Anhang 1*]. Durch eine schnellere Bodenbearbeitung erhöhe sich, nach Aussage Salishevs die Rentabilität des Betriebs [*Interview 1 (Frage 9); Anhang 1*].

Die Gesamtheit aller interviewten landwirtschaftlichen Betriebe ist überzeugt, dass die finanziellen Ausgaben für eine konservierende Bodenbearbeitung geringer seien [*Interview 1-12 (Frage 9); Anhang 1*]. Cherepanov, Agronom im landwirtschaftlichen Betrieb „Iskra“, berichtete im Interview, dass früher beispielsweise über Kraftstoffausgaben gar nicht nachgedacht hätte, weil diese unbedeutend gering gewesen wären [*Interview 12 (Frage 8); Anhang 1*]. Gegenwärtig entfielen im landwirtschaftlichen Betrieb „Oktjabr“ mittlerweile

mehr als 50 % der Ausgaben auf den Kauf von Kraftstoff [Interview 10 (Frage 9); Anhang 1]. Neben der Verringerung der Kraftstoffausgaben würden bei einer Minimierung der Bodenbearbeitung auch die Kosten für Arbeitskräfte sinken, wie die landwirtschaftlichen Betriebe „Igenche“, „Inakskoe“, „Oktjabr“, „Agli“, „Timirjazeva“ und „Sajran“ angeben [Interview 4, 8 (Frage 7); Interview 3, 9, 10 (Frage 9); Interview 6 (Frage 5.2); Anhang 1]. Auch die aufgrund von Technikverschleiß entstehenden Ausgaben seien laut der Betriebe „Sajran“, „Valieva“, „Agli“, „Inakskoe“ und „Igenche“ unter der konservierenden Bodenbearbeitung geringer [Interview 3, 4, 5 (Frage 9); Interview 8 (Frage 7); Interview 6 (Frage 5); Anhang 1]. Jusopov, Hauptagronom des Betriebs „Valieva“, zufolge, hätten die Betriebe durch die mit der konservierenden Bodenbearbeitung in Zusammenhang stehende Reduzierung der finanziellen Ausgaben „[...] eine größere Gewinnspanne [...]“ [Interview 8 (Frage 7); Anhang 1].

Trotz der von sämtlichen befragten landwirtschaftlichen Betrieben genannten ökonomischen Vorteile konservierender Bodenbearbeitungsverfahren, werden dieses nur von der Hälfte der befragten Betriebe verfolgt. Daher stellt sich die Frage, ob es sozioökonomische Steuergrößen gibt, die für die konventionelle Bodenbearbeitung sprechen.

In dem Interview mit Jusopov, Hauptagronom des Betriebs „Agli“, wird deutlich, dass in seinem Betrieb die konventionelle Bodenbearbeitung aufgrund der langen Tradition noch bis heute dominiert [Interview 8 (Frage 7); Anhang 1]. „Man hat sehr lange nach dem System gewirtschaftet und sich dadurch einen großen Erfahrungsschatz erarbeitet [...]“, so Jusopov [Interview 8 (Frage 7); Anhang 1]. Insgesamt führen sechs der zwölf interviewten Betriebe an, dass die lange Tradition der konventionellen Bodenbearbeitung die Auswahl des gegenwärtigen Bodenbearbeitungsverfahrens in ihren landwirtschaftlichen Betrieben beeinflusse [Interview 12, 9, 11, 5, 8, 2 (Frage 7); Anhang].

Ein wesentlicher wirtschaftlicher Faktor, der den Trend zur Minimalbodenbearbeitung bremst, ist die bereits angesprochene angespannte ökonomische Situation, in welcher sich viele Betriebe befinden und die dazu führt, dass eine deutliche Dominanz an traditioneller Bodenbearbeitungstechnik in den Betrieben vorhanden ist (BIKBULATOV 2004).

Der Direktor des Betriebs „Krupskoe“, Nurgaliev, berichtet, dass früher sämtliche landwirtschaftlichen Betriebe eine konventionelle Bodenbearbeitung verfolgten und die Betriebe aufgrund der langen Tradition dieses Bodenbearbeitungsverfahrens für diese Form der Bodenbearbeitung technisch sehr gut ausgestattet seien. Um das Verfahren auf konservierende Bearbeitung umstellen zu können, fehle gegenwärtig die nötige Technik [Interview 11 (Frage 7); Anhang 1]. Für den landwirtschaftlichen Betrieb „Timirjazeva“ ist

laut Rudnev moderne ausländische Technik noch nicht finanzierbar [*Interview 9 (Frage 9); Anhang 1*].

Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor auf die Auswahl der Bodenbearbeitungsverfahren in den interviewten Betrieben ist nach Meinung des Hauptagronomen des landwirtschaftlichen Betriebs „Frunze“ die Fachkompetenz [*Interview 2 (Frage 7); Anhang 1*]. Bukharif ist der Meinung, dass die Entscheidung für ein Bodenbearbeitungsverfahren von der Fachkompetenz und den Erfahrungen der Landwirte abhängig sei. „*Viele Bauern haben das System der konservierenden Bodenbearbeitung noch nicht verstanden [...]*“, so Bukharif [*Interview 2 (Frage 7); Anhang 1*].

Zusammenfassend haben die Interviews ergeben, dass sich 100 % der befragten Betriebe vor dem Hintergrund der höheren Wirtschaftlichkeit für eine konservierende Bodenbearbeitung entscheiden würde (*Interview 1-12, Frage 7*). Die lange Tradition der konventionellen Bodenbearbeitung und der Kapitalmangel in den Betrieben, der den Kauf neuer moderner Bodenbearbeitungstechnologien erschwert, wirken den ökonomischen Vorteilen der konservierenden Bodenbearbeitung allerdings entgegen und bremsen den Trend zur Minimierung der Bodenbearbeitung.

Agrarökologische Motive zur Auswahl angewandter Bodenbearbeitungsverfahren

Welchen Einfluss die agrarökologischen Bedingungen eines bestimmten Standortes auf die Auswahl des Bodenbearbeitungsverfahrens haben hängt davon ab, wie die landwirtschaftlichen Akteure diese bewerten und welche Schlüsse sie aus der Bewertung ziehen. Dies ist wiederum stark vom Know-how und den wirtschaftlichen Möglichkeiten (*siehe Abschnitt: „Sozioökonomische Motive“*) in den jeweiligen Betrieben abhängig. Grundsätzlich erhofft man sich durch die Minimierung der Bodenbearbeitungsintensität neben den bereits erwähnten positiven wirtschaftlichen Effekten vor allem auch positive ökologische Effekte, insbesondere vor dem Hintergrund der weit verbreiteten Bodendegradation in den ackerbaulich genutzten Gebieten sowie der klimatischen Risikofaktoren (*CHANY SHEV ET AL. 2008, GABBASOVA 2004*).

Fußten tun diese Hoffnungen unter anderem auf Untersuchungen zu mehrjährigen Feldversuchen durch regionale wissenschaftliche Einrichtungen, wie der Baschkirischen Staatlichen Agraruniversität und der Akademie der Wissenschaften der Republik Baschkortostan, die bereits gezeigt haben, dass die nichtwendende oberflächennahe Bodenbearbeitung der Böden unter der Berücksichtigung der agrarökologischen Besonderheiten viele positive Effekte mit sich bringt (*KIRAEV ET AL. 2009, GABBASOVA 2004*).

Als die Einführung konservierender Bodenbearbeitungsverfahren ab der Mitte der 1990er Jahre zunehmend einsetzt, geschieht dies allerdings oft ohne das notwendige Know-how, was daran deutlich wird, dass die standortspezifischen boden-klimatischen Bedingungen nicht beachtet oder die Umstellung des Bodenbearbeitungsverfahrens losgelöst von den empfohlenen Fruchtwechselln vollzogen werden. Auch der Einsatz von Düngemitteln und Herbiziden unter minimalen Bodenbearbeitungsverfahren ist noch unzureichend untersucht oder bekannt (KHAMIDULLIN 2009). Die mangelnde Expertise in der Landnutzungspraxis stellt somit ein Risikofaktor für die landwirtschaftlichen Betriebe dar und ist daher, wie sich in den ausgewerteten Interviews zeigt, ein Hemmnis für die Umstellung der angewandten Bodenbearbeitungsverfahren.

Im Gegensatz zu den wirtschaftlichen Motiven, die in sämtlichen interviewten Betrieben ähnlich sind, unterscheiden sich die agrarökologischen Motive in den verschiedenen voruralischen Agrarbodenzonen voneinander.

In der voruralischen Steppenzone und südliche Waldsteppenzone können auf Basis der Interviewdaten keine größeren Unterschiede hinsichtlich der agrarökologischen Motive zur Auswahl der Bodenbearbeitungsverfahren festgestellt werden, was auf die ähnliche naturräumliche Ausstattung zurückgeführt werden kann. Daher werden diese Zonen in der Auswertung der Interviews zusammengefasst (siehe 2.2.1).

Agrarbodenzonen: Voruralische Steppenzone und voruralische südliche Waldsteppenzone

Die interviewten acht Betriebe „Sajran“, „Pugachev“, „Il'shimbetovo“ und „Frunze“, zugehörig zur voruralischen Steppenzone, und „Inakskoe“, „Agli“, „Igenche“ und „Valieva“, zugehörig zur voruralischen südlichen Waldsteppenzone, berichten einheitlich, dass ihre Motivation zur Auswahl der Bodenbearbeitungsverfahren in großem Maße aus den jeweiligen naturräumlichen Gegebenheiten resultiere [Interview 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (Frage 7, 4.1, 9); Anhang 1].

Insbesondere werden die klimatischen und bodenkundlichen Einflussfaktoren von den Betrieben hervorgehoben [Interview 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (Frage 4.1, 7, 9); Anhang 1].

Die vorherrschenden Klimabedingungen und insbesondere die mit zunehmender Aridität in Richtung der Steppenzone erhöhte Gefahr an Dürreperioden während der Vegetationsperiode stellen ein Risiko für die Landwirtschaft dar, welches einen großen Einfluss auf die Auswahl der Bodenbearbeitungsverfahren habe (siehe 2.1.2.3 sowie Karte 12). „Sajran“, „Pugachev“ und „Frunze“ Inakskoe“, „Igenche“ und „Valieva“ geben an, minimale Bodenbearbeitungsverfahren anzuwenden, um den Verlust an Bodenwasser zu verringern [Interview 1-8 (Frage 7); Anhang 1].

Salishev, Agronom des Betriebs „Pugachev“, erklärt, dass der Wassermangel ein großer Risikofaktor in der Steppenregion sei [Interview 1 (Frage 7); Anhang 1]. Um die Verdunstungsverluste der Böden so stark wie möglich zu minimieren, solle man lediglich eine konservierende Bodenbearbeitung verfolgen [Interview 1 (Frage 7); Anhang 1].

Nach Ansicht von Kamalov, Direktor des landwirtschaftlichen Betriebs „Valieva“, müsse bei der ausschließlicher Betrachtung des Faktors Niederschlag eine konservierende Bodenbearbeitung verfolgt werden, allerdings könne man die „[...]schweren und lehmigen Böden [...]“ besser mit dem Pflug bearbeiten [Interview 5 (Frage 7, 9); Anhang 1]. Daraus wird deutlich, dass die pedologischen Bedingungen neben den klimatischen Bedingungen, einen weiteren bedeutenden naturgeographischen Faktor darstellen, der die befragten landwirtschaftlichen Betriebe in der Steppenzone bei der Auswahl des Bodenbearbeitungsverfahrens beeinflusst [Interview 1-8 (Frage 7); Anhang 1].

Bis auf den Betrieb „Valieva“, der sich an der nördlichen Grenze der südlichen Waldsteppenzone, im Übergangsbereich der Chernozems zu den Greyzems befindet und größere Vorkommen von tonigen und im Vergleich zu den südlicheren Gebieten relativ feuchten Böden aufweist, würden sich sämtliche befragten Betriebe der beiden Agrarbodenzone unter pedologischen Gesichtspunkten für die minimale Bodenbearbeitung entscheiden [Interview 1-8 (Frage 7) Anhang 1].

Hierfür nennen die Betriebe zahlreiche positive bodenseitige Effekte, die sie sich von der konservierenden Bodenbearbeitung erhoffen. Die Betriebe „Inakskoe“, „Igenche“ und „Frunze“ führen die Verringerung der Erosionsgefahr als einen wichtigen Entscheidungsfaktor für die Auswahl der konservierende Bodenbearbeitung an [Interview 2-4 (Frage 7); Anhang 1]. Auch Jusopov, Hauptagronom des Betriebs „Agli“, betont, dass die Erosionsgefahr, verstärkt durch das Relief, unter der konventionellen Bodenbearbeitung zu groß sei. „Besonders problematisch ist die Wassererosion im Frühjahr [...]“, so Salishev [Interview 8 (Frage 7); Anhang 1]. Salishev, Agronom des Betriebs „Pugachev“, macht in dem Interview darauf aufmerksam, dass der Humusgehalt durch die konventionelle Bodenbearbeitung kontinuierlich abnehme. Diese negative Tendenz könne man durch die Minimalbearbeitung stoppen [Interview 1 (Frage 4.1); Anhang 1]. Auch der Betrieb „Frunze“ ist überzeugt, dass durch die konservierende Bodenbearbeitung der Mineralisationsprozess gebremst werde und Nährstoffe besser im Boden gespeichert werden könnten (Interview 2 (Frage 7); Anhang 1). Khamidullin („Igenche“) erklärt im Gespräch, dass er mithilfe der konservierenden Bodenbearbeitung den Trend der Humusabnahme stoppen könne [Interview 4 (Frage 7, 9); Anhang 1]. Jusopov („Agli“) hofft den Humusgehalt der Ackerböden und damit die Bodenfruchtbarkeit mit Hilfe der konservierenden Bodenbearbeitung erhöhen zu können [Interview 8 (Frage 7); Anhang 1]. Die Mehrzahl der befragten Betriebe aus der voruralischen südlichen Waldsteppenzone und Steppenzone

hält das konservierende Bodenbearbeitungsverfahren für das am besten an die natürlichen Bedingungen angepasste Bearbeitungssystem [Interview 3-5, 8 (Frage 7, 9); Anhang 1]. Mithilfe der konservierenden Bodenbearbeitung versuchen die landwirtschaftlichen Betriebe die positiven Eigenschaften der in dieser Agrarbodenzone dominierenden Chernozems zu stabilisieren [Interview 1-8 (Frage 4.1, 7); Anhang 1] und dem Problem der Trockenheit entgegenzuwirken [Interview 1- 8 (Frage 7); Anhang 1].

Nördliche und nordöstliche Waldsteppenzone

In der nördlichen und nordöstlichen Waldsteppenzone sind 100 % der befragten landwirtschaftlichen Betriebe der Meinung, dass die naturgeographischen Bedingungen eine konventionelle Bodenbearbeitung verlangen [Interview 9-12 (Frage 7); Anhang 1].

„Ohne den Pflug ist eine Bearbeitung des Bodens nicht möglich [...]“, so der Direktor des landwirtschaftlichen Betriebs „Oktjabr“ [Interview 10 (Frage 4.1); Anhang 1]. Nurgaliev, Direktor des landwirtschaftlichen Betriebs „Krupskoe“, weist im Interview darauf hin, dass es bei feuchten Bodenverhältnissen nur schwer möglich sei, eine konservierende Bodenbearbeitung durchzuführen [Interview 11 (Frage 7); Anhang 1]. Bei feuchten Bodenverhältnissen sei laut Rudnev nur eine Pflugbearbeitung möglich [Interview 9 (Frage 7); Frage 1]. Auch Cherepanov erklärte im Interview, dass sich die „schweren Böden“ nicht einfach bearbeiten ließen [Interview 12 (Frage 7); Anhang 1]. Neben der Lockerung auch bei schwierigen Bedingungen, liege ein weiterer Vorteil der Pflugbearbeitung laut Rudnev („Timirjazeva“) in der höheren Nährstoffverfügbarkeit der gepflügten Böden. „Bei der konservierenden Bodenbearbeitung müsse zusätzlich gedüngt werden, um gleiche Erträge zu erzielen wie mit der klassischen Bodenbearbeitung [...]“, so Rudnev [Interview 9 (Frage 7), Anhang 1].

Auf der Basis der geführten Interviews entsteht ein differenziertes Bild darüber, wie die natürlichen Umweltfaktoren die Bodenbearbeitung der Betriebe beeinflussen.

Während die Betriebe der nördlichen und nordöstlichen Waldsteppenzone die konventionelle Bodenbearbeitung aufgrund der klimatischen und bodenkundlichen Verhältnisse favorisieren, halten die Agrarbetriebe in der südlichen Waldsteppenzone und Steppenzone überwiegend die konservierende Bodenbearbeitung als die am besten an die natürlichen Bedingungen angepasste Form der Bodenbearbeitung (siehe 2.2.1).

Eine wesentliche Ursache für diese Differenz liegt in der höheren Aridität in der voruralischen Steppenzone und Waldsteppenzone, die die Auswahl der Bodenbearbeitungsverfahren dort zugunsten minimaler Bearbeitungstechnologien beeinflusst [Interview 9-12 (Frage 7); Anhang 1].

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass es seit dem Beginn der post-sowjetischen agrarischen Landnutzungsphase zu einer räumlich unterschiedlich stark ausgeprägten Diversifizierung der Bodenbearbeitungsintensität, das heißt der Bodenbearbeitungsverfahren und -konzepte, in den voruralischen Agrarregionen Baschkortostans kommt, die von sozioökonomischen Faktoren und auch agrarökologischen Faktoren beeinflusst wird.

4.1.3 Agrarökonomische Bewertung

In den Untersuchungen zur agrarischen Landnutzungsstruktur (*siehe 4.1.2.1*) und der agrarischen Landnutzungsintensität (*4.1.2.2*) in der Republik Baschkortostan wird deutlich, dass es in den ersten beiden Jahrzehnten der post-sowjetischen Landnutzungsphase aufgrund sich verändernder sozioökonomischer und auch natürlicher Steuergrößen zu räumlich differenzierten Veränderungsprozessen in der agrarischen Landnutzung kam.

Trotz dieser Dynamik gehören die Gebiete der voruralischen Waldsteppen und Steppenzone²² auch weiterhin zu den am stärksten ackerbaulich genutzten Gebieten Baschkortostans, wobei sich die Intensität des Ackerbaus in diesem agrarischen Gunstraum Baschkortostans verändert hat. Zum einen hat der Anteil der Ackerflächen abgenommen und zum anderen haben die Bodenbearbeitungsverfahren an Intensität verloren (*siehe 4.1.2.1/ 4.1.2.2*). Folgend wird untersucht, wie sich nach der dynamischen Phase der agrarischen Landnutzungsentwicklung die agrarökonomische Situation der landwirtschaftlichen Betriebe darstellt. Als Parameter zur agrarökonomischen Bewertung der landwirtschaftlichen Betriebe werden der *landwirtschaftliche Ertrag*²³ sowie die *Rentabilität*²⁴ der Betriebe genutzt (*LANDWIRTSCHAFTSMINISTERIUM DER REPUBLIK BASHKORTOSTAN*²⁵).

Dabei soll vor allem auf mögliche lageabhängige Unterschiede sowie deren Ursachen eingegangen werden. Die zur Verfügung stehenden Daten beziehen sich auf die einzelnen Rajone im Untersuchungsgebiet und darüber hinaus in ganz Baschkortostan.

Beide untersuchten Attribute, „mittlerer landwirtschaftlicher Ertrag von Getreidekulturen“ und „mittlere Rentabilität im Pflanzenbau“, werden in die Vektordaten der administrativen Einheiten (Rajone) im erstellten GIS (Arc GIS - Arc Map 10) eingepflegt (*siehe Karte 13*). Deutlich zu erkennen ist die räumliche Heterogenität der rajonbezogenen statistischen

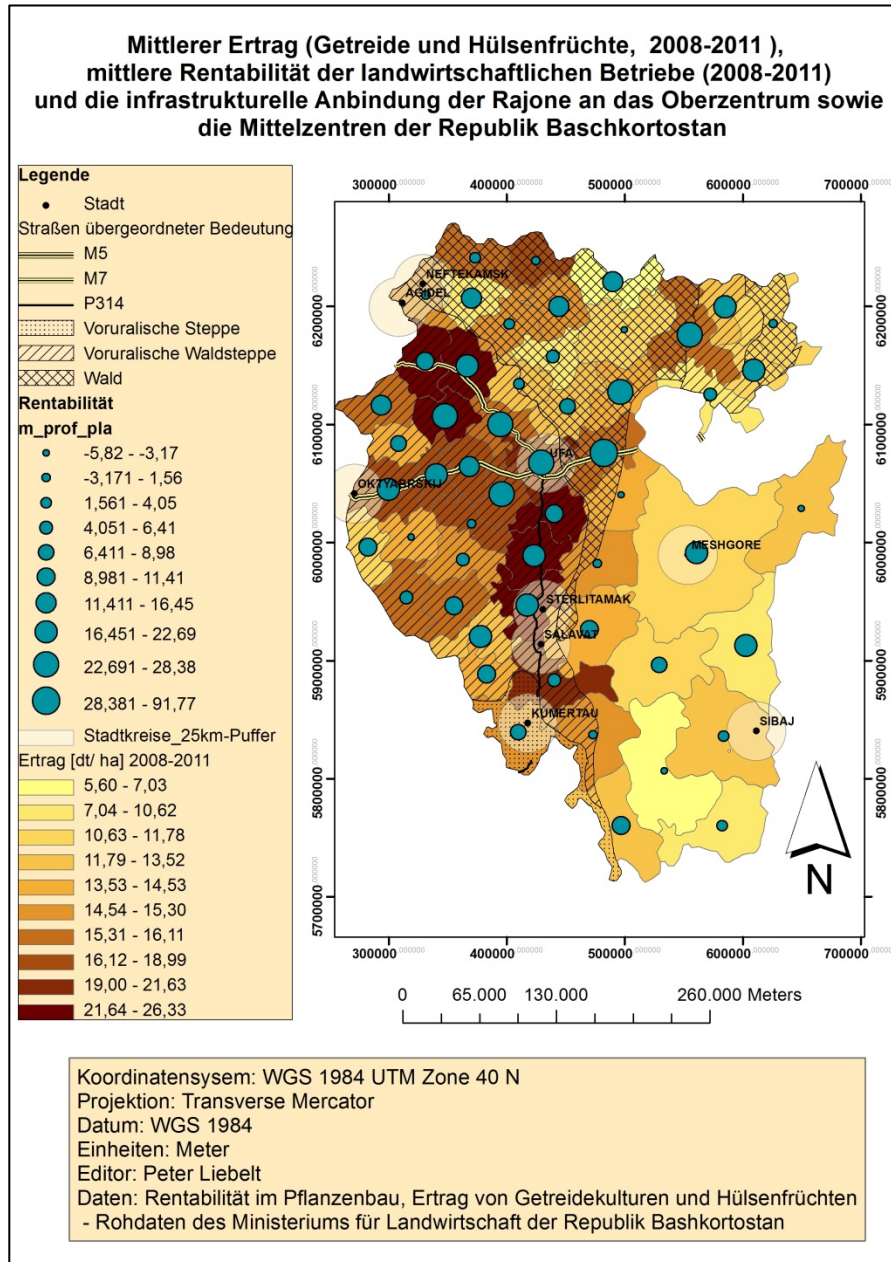
²²Wie in der gesamten Arbeit, bis auf die Ausnahme von Punkt 4.3, Bezug auf Landschaftszonen (*JAPAROV 2005*)

²³Bezug auf die in Bashkortostan dominierenden Getreidekulturen

²⁴Bezug auf den Pflanzenbau

²⁵Rohdaten aus dem Datenarchiv der Behörde

Werte, wobei sich die Rajone der nördlichen und östlichen Bereiche der Waldsteppenzone durch hohe Ertrags- und Rentabilitätswerte deutlich hervorheben.



Karte 13: Rentabilität, landwirtschaftlicher Ertrag und infrastrukturelle Anbindung der Rajone (*Eigene Karte*)

Um Erkenntnisse über mögliche Ursachen für die Herausbildung des aktuellen räumlichen Musters der betrachteten agrarökonomischen Parameter zu erlangen, werden diese mit potenziellen naturräumlichen Einflussfaktoren wie dem Humusgehalt, der Mächtigkeit des Ah-Horizonts der Böden, den Dürretagen, dem Trockenheitsindex (hydrothermischer Koeffizient nach Seljaninov), der Höhe, der Reliefenergie (LS-Faktor), dem Niederschlag und der Temperatur sowie mit potenziellen wirtschaftsgeographischen Einflussfaktoren wie den infrastrukturellen Voraussetzungen in den Rajonen (Gesamtlänge überregionaler

Staßen) (*siehe Karte 13*), der Lage zu den bedeutenden Absatzmärkten (Flächenanteil an Städten sowie deren Einzugsgebiet) (*siehe Karte 13*) und mit den Organisationsstrukturen der landwirtschaftlichen Betriebe, die ebenfalls in das GIS (in die Vektordaten der Rajone) eingearbeitet werden, verschnitten²⁶:

Zur Untersuchung eines möglichen geostatistischen Zusammenhangs zwischen den räumlich variierenden agrarökonomischen Parametern und naturräumlichen sowie wirtschaftsgeographischen Parametern wird eine bivariate Korrelationsanalyse zwischen den genannten Daten, welche für den Zeitraum von 2008 bis 2011 gemittelt werden, durchgeführt.

Für die Analyse werden unterschiedlich große räumliche Ausschnitte gewählt: 1. Republik Baschkortostan, 2. voruralischer Teil Baschkortostans, 3. voruralische baschkirische Waldsteppe. Genauer wird nun auf die Ergebnisse der geostatistischen Analyse für den westlich des Uralgebirges gelegenen Bereich Baschkortostans, d. h. die voruralische Waldsteppenzone samt der nördlich angrenzenden Waldzone und südlich angrenzenden Steppenzone eingegangen. Das Uralgebirge wird bewusst nicht berücksichtigt, da es die Statistik vor allem aufgrund seiner naturräumlichen Spezifik stark beeinflussen würde und landwirtschaftlich von geringerer Relevanz ist. Die voruralische nördliche Waldzone wird mit in die Untersuchungen einbezogen, um eine breitere Spannweite an naturgeographischen Bedingungen zu erreichen und somit eventuelle räumliche Abhängigkeiten besser zu erkennen.

Korrelationsmatrix

Die untersuchten Attribute in der Korrelationsmatrix werden für 41 Rajone der Republik Baschkortostan erhoben und umfassen somit die Grundgesamtheit der Rajone in der voruralischen Waldzone, Waldsteppenzone und Steppenzone Baschkortostans.

In Anlehnung an den Interpretationsschlüssel von *Zimmermann-Janschitz 2014* wurden nur die Korrelationskoeffizienten $Rho > 0,50$ bei einem dementsprechenden Bestimmtheitsmaß ($B=Rho^2$) von über 0,25 in der Korrelationsmatrix berücksichtigt, um ein Mindestmaß an Stärke und somit Bedeutung des statistischen Zusammenhangs zu gewährleisten. Somit ist sichergestellt, dass bei allen abgebildeten Korrelationen über 25 % der Wert der jeweiligen Attribute durch die lineare Regressionsgerade erklärt werden kann (*ZIMMERMANN-JANSCHITZ 2014*).

²⁶ Quellen der in der Korrelationsmatrix untersuchten Parameter: Klimadaten (Atlas Bashkortostan 2005), Morphologie (U.S. Geologic0,62al Survey (USGS) Earth Resources Observation & Science (EROS) Center (2011): Global Multi-resolution Terrain Elevation Data 2010 (GMTED2010)), Straßen (Hijmans, Robert, E. Rojas, M. Cruz, R. O'Brien, und I. Barrante (2012a). Spatial Data, Country: Russia, Subject: Roads. DIVA-GIS.org), Städte (Lokalisation aus dem Atlas der Republik Bashkortostan 2005))

Aussagekraft des Korrelationskoeffizienten (nach: ZIMMERMANN-JANSCHITZ 2014).

0-0,4 – kein Zusammenhang erkennbar

0,4-0,6 – schwacher Zusammenhang erkennbar

0,6-0,8 – deutlicher Zusammenhang ablesbar

Aus der großen Auswahl an auf Korrelation untersuchten Attributen bleibt nach der Selektion nur eine kleine Anzahl derer übrig, die einen schwachen bis deutlichen Zusammenhang mit den agrarökonomischen Parametern Rentabilität und landwirtschaftlicher Ertrag erkennen lassen (Tabelle 6).

Darunter sind räumlich variierende naturgeographische Faktoren wie auch wirtschaftsgeographische Faktoren zu finden. Während die selektierten naturgeographischen Faktoren ausschließlich mit dem Ertrag (Getreide und Hülsenfrüchte) korrelieren, sind bezüglich der wirtschaftsgeographischen Faktoren Zusammenhänge mit dem landwirtschaftlichen Ertrag (Getreide und Hülsenfrüchte) sowie mit der Rentabilität (Pflanzenbau) zu erkennen.

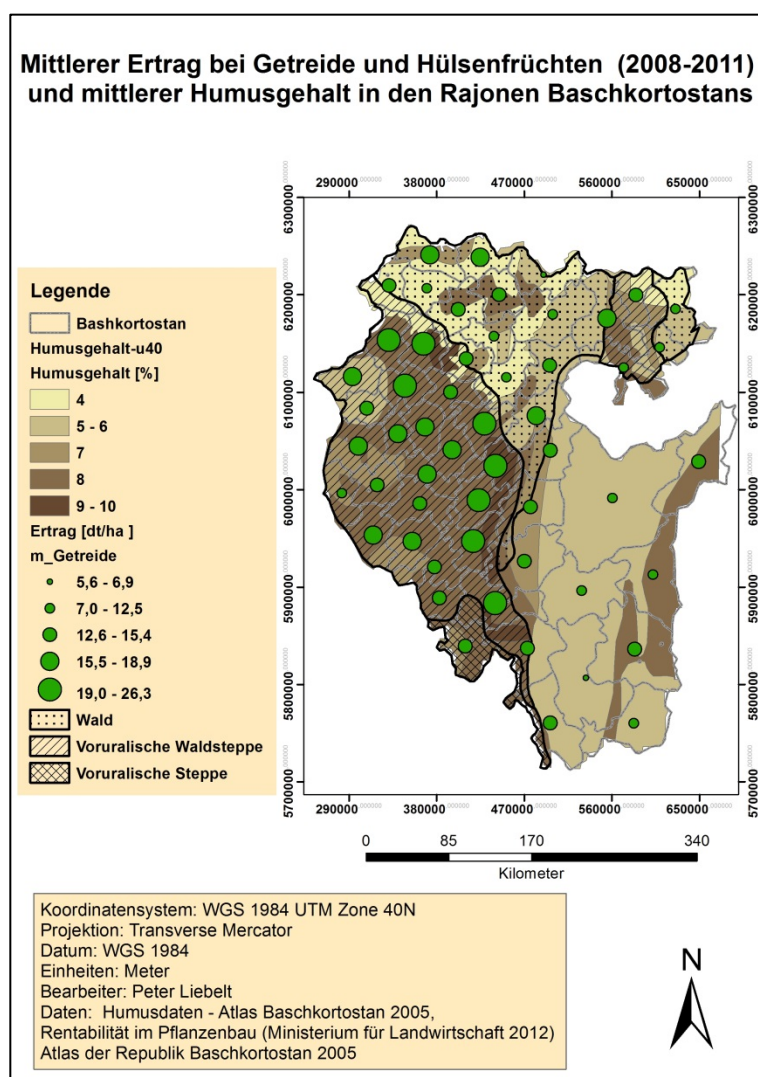
Tabelle 6: Korrelationsmatrix – Agrarökonomie und mögliche räumliche Steuergrößen (Eigene Tabelle)

Korrelationsmatrix N=41	Ertrag (Getreide und Hülsenfrüchte)	Rentabilität (Getreide und Hülsenfrüchte)	Rentabilität (Pflanzenbau)
Wirtschaftsgeographische Faktoren			
Straße (Länge) [km]	0,58	< 0,5	< 0,5
Flächenanteil von Farmen an den gesamten landw. Organisationsformen	< 0,5	< 0,5	0,53
Flächenanteil von landw. Kooperationen an den gesamten landw. Organisationsformen	< 0,5	< 0,5	-0,53
Naturgeographische Faktoren			
Mittlerer rel. Humusgehalt [Masse %]	0,55	< 0,5	< 0,5
Mittlere Mächtigkeit des Ah- Horizonts [cm]	0,52	< 0,5	< 0,5
Maximale Mächtigkeit des Ah- Horizonts [cm]	0,62	< 0,5	< 0,5
Mittlerer LS—Faktor	-0,56	< 0,5	< 0,5

Zu den naturgeographischen Faktoren, die einen räumlichen Zusammenhang mit den Ertragswerten aufzeigen, gehören vor allem die pedologischen Bedingungen, konkret: der mittlere Humusgehalt (siehe Karte 14), die mittlere Mächtigkeit des Ah-Horizonts und die

maximale Mächtigkeit des Ah-Horizonts. Außerdem konnte eine Korrelation mit dem mittleren LS-Faktor²⁷ erkannt werden.

Die Richtung der Korrelation zwischen den selektierten bodenkundlichen Parametern und dem landwirtschaftlichen Ertrag ist positiv, was bedeutet, dass bei einem Anstieg der Werte der untersuchten bodenkundlichen Merkmale (mittlerer Humusgehalt, die mittlere Mächtigkeit des Ah-Horizonts und die maximale Mächtigkeit des Ah-Horizonts) in den untersuchten Rajonen der voruralischen Baschkirischen Waldzone, Waldsteppenzone und Steppenzone auch ein Anstieg der mittleren Erntemenge bei den Getreidekulturen und Hülsenfrüchten zu erwarten ist. Wobei sich die Stärke des Zusammenhangs nach dem genutzten Interpretationsschlüssel (ZIMMERMANN-JANSCHITZ 2014) im Übergangsbereich von „schwacher Zusammenhang erkennbar“ zu „deutlicher Zusammenhang ablesbar“ einzuordnen ist.



Karte 14: Mittlerer Ertrag (Getreidekulturen und Hülsenfrüchte) und mittlerer Humusgehalt in den Böden Baschkortostans (*Eigene Karte*)

²⁷ Korrelationskoeffizienten sind der Korrelationsmatrix zu entnehmen

Der Umstand, dass gleich mehrere bodenkundliche Parameter einen Zusammenhang zu der Erntemenge aufzeigen, unterstreicht die Sicherheit des statistischen Zusammenhangs zwischen den bodenkundlichen Bedingungen und der Ernte.

Der in der Korrelationsanalyse aufgezeigte lineare statistische Zusammenhang ist nicht automatisch gleichzusetzen mit einem direkten kausalen Zusammenhang (ZIMMERMANN-JANSCHITZ 2014, BAHRENBERG & GIESE 1999). Er legt allerdings die Vermutung nahe, dass günstigere Bodenbedingungen, wie sie in den Tschernosemgebieten der Belaja-Ebene in der voruralischen Waldsteppenzone anzutreffen sind, eine höhere Erntemenge begünstigen.

Daneben zeigt sich eine negative Korrelation, $Rho=-0,6$, zwischen dem L-S-Faktor und dem landwirtschaftlichen Ertrag. Interpretiert bedeutet dies, dass je höher der L-S-Faktor, welcher sich aus der mittleren Hanglänge (L-Faktor) und Hangneigung (S-Faktor) zusammensetzt in den Rajonen ist, desto geringer sind die mittleren Ernten im Untersuchungszeitraum ausgefallen.

Auch hinsichtlich dieser statistischen räumlichen Beziehung ist Vorsicht bezüglich möglicher Schlussfolgerungen auf kausale Zusammenhänge geboten. Es ist aber zu vermuten, dass die Korrelation auf einem kausalen Zusammenhang basiert, da die ackerbauliche Nutzung bei zunehmender Reliefenergie technisch anspruchsvoller wird und die Gefahr von Bodenerosion bei steigendem L-S-Faktor zunimmt, was wiederum zu einer Abnahme des Humusgehalts und der Ah-Mächtigkeit der Böden führen kann (vgl. Erosionsgefahr bei hoher Reliefenergie – CHANYTSHEV, MUKATANOV & KIRAEV 2008, KHAZIEV 2007, GABBASOVA 2004). Somit könnte der geostatistische Zusammenhang zwischen dem L-S-Faktor und dem Ertrag unter anderem auf eine indirekte kausale Abhängigkeit über die Bodenqualität zurückzuführen sein.

Die lokalen wissenschaftlichen Publikationen bestärken die Vermutung, dass der geostatistische Zusammenhang zwischen Bodenparameter und Relief mit der Höhe des Ertrags auf einen kausalen Zusammenhang zurückzuführen ist.

Insbesondere die Böden, welche unter anderem vom Relief beeinflusst werden, bilden die Grundlage des landwirtschaftlichen Erfolgs (MUKATANOV & KIRAEV 2008, KHAZIEV 2007, GABBASOVA 2004, KHABIROV 1995).

Neben den bodenkundlichen Bedingungen und dem Relief sind laut Literatur (CHANYTSHEV ET AL. 2008) und Interviews mit landwirtschaftlichen Akteuren (Interview 1-12; Anhang 1) auch die klimatischen Verhältnisse, insbesondere das Dürrierisiko, von großer Bedeutung für den Ackerbau. Daher scheint es auf den ersten Blick überraschend, dass zwischen den klimatischen Bedingungen und agrarökonomischen Parametern, wie dem Ertrag oder der Rentabilität, kein geostatistischer Zusammenhang festgestellt werden kann.

Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die räumlichen Unterschiede der untersuchten klimatischen Parameter im Untersuchungsgebiet zu gering sind und daher auch die Unterschiede der Effekte dieser Faktoren zu gering sind, um einen räumlichen Zusammenhang festzustellen. Vermutlich wird der Zusammenhang durch andere Einflussgrößen überlagert.

Des Weiteren kann auch ein recht deutlicher statistischer Zusammenhang ($Rho=0,6$) zwischen der Infrastruktur und dem landwirtschaftlichen Ertrag festgestellt werden.

Das Attribut infrastrukturelle Anbindung wird anhand der Länge von Straßen übergeordneter Bedeutung in den untersuchten Rajonen quantifiziert. Hierfür werden die Fernverkehrsstraße M5 (Samara-Ufa-Cheljabinsk) und M7 (Kazan-Ufa) sowie die wichtige Nord-Süd-Verbindung P314 entlang der Industrieachse von Ufa über Sterlitamak und Salavat nach Kumertau berücksichtigt.

Ob der Korrelation ein direkter kausaler Zusammenhang zu Grunde liegt, kann man nicht mit Sicherheit sagen. Die Vermutung liegt allerdings nahe. Die Entfernung sowie die infrastrukturelle Anbindung zum Absatzmarkt hat eine große Relevanz für die landwirtschaftlichen Akteure und spiegelt sich in der Lagerente wider. Je geringer die Entfernung zum Absatzmarkt und je besser die Verkehrsanbindung ist, desto geringer sind die Transportkosten und -zeiten und desto weniger sind die Agrarbetriebe auf Zwischenhändler angewiesen.

Die wichtigen Verkehrswege, welche in die Korrelationsanalyse einbezogen werden, ermöglichen einen schnellen Transport zum wichtigsten Absatzmarkt – dem Oberzentrum Ufa sowie zu mehreren Mittelzentren wie Sterlitamak oder auch Salavat auf der P314.

Die höhere Lagerente führt zu höheren Bodenpreisen infrastrukturell gut angeschlossener Rajone im Vergleich zu den peripherer gelegenen Rajonen (*ROSREESTR (a)*, letzter Zugriff: 03.08.2014, *ROSREESTR (b)*, letzter Zugriff: 03.08.2014). Diese höheren Bodenpreise wiederum führen vermutlich dazu, dass sich vor allem kapitalstärkere Unternehmen, welche in der Lage sind, finanziell wie auch organisatorisch, höher Ernten zu erwirtschaften als die durchschnittlichen Agrarbetriebe, in den infrastrukturell gut angeschlossenen Gebieten ansiedeln. Dies würde auch eigene Erfahrungen aus zahlreichen Aufenthalten und Besuchen von Agrarbetrieben im Untersuchungsgebiet bestätigen.

Die mittlere Rentabilität im Pflanzenbau, als zweite untersuchte agrarökonomische Größe, zeigt im Gegensatz zum Ertrag in der Korrelationsanalyse lediglich zu der Organisationsform der landwirtschaftlichen Betriebe im Untersuchungsgebiet einen schwachen geostatistischen Zusammenhang.

Die Korrelationsanalyse hat ergeben, dass je höher der Anteil an Farmbetrieben in den Rajonen ist, desto höher ist auch die mittlere Rentabilität im Pflanzenbau der jeweiligen

Rajone. Dagegen sinkt bei steigendem Anteil an Kooperativen die mittlere Rentabilität der Rajoner ($Rho = 0,5$).

Ob ein landwirtschaftlicher Betrieb rentabel ist oder nicht, ist wesentlich von staatlichen Subventionen abhängig. Mit der Liberalisierung der Preise ab 1992 kommt es zur deutlichen Abnahme der Rentabilität (*SULTANOV & GUSMANOV 2000*), sodass auch gegenwärtig noch die landwirtschaftlichen Betriebe stark von staatlichen Subventionen abhängig sind (*BRUISCH 2007*). Eigene Untersuchungen zu der aktuellen wirtschaftlichen Situation der landwirtschaftlichen Betriebe Bazy und Zarja bestätigen dies. Sie zeigen, dass beide Betriebe aufgrund der im Verhältnis zu den Produktionskosten zu geringen Einnahmen durch den Verkauf ohne ausreichend hohe staatliche Subventionen unrentabel wirtschaften würden (*FRÜHAUF & LIEBELT 2014*).

Im Jahr 2005 erklärt V. V. Putin die Entwicklung der russischen Landwirtschaft zu einem nationalen Projekt, was mit dem Ziel einer verstärkten finanziellen Unterstützung verbunden ist, um die schlechte wirtschaftliche Situation vieler Agrarbetriebe, die sich besonders zur Zeit der Russlandkrise in der 2. Hälfte der 90er Jahre verschlechtert, zu verbessern. Die Förderung von kleinen Privatbetrieben (Farmbetriebe) spielt in diesem Programm eine besondere Rolle (*BRUISCH 2007*). Dies könnte den schwachen statistischen Zusammenhang zwischen dem Flächenanteil von Farmbetrieben an der Gesamtfläche aller landwirtschaftlichen Betriebsformen und der mittleren Rentabilität im Pflanzenbau erklären.

Aus den Karten 13 und 14 geht hervor, dass vor allem in den Gebieten mit fruchtbaren Tschernosemen und einer guten infrastrukturellen Anbindung an die Märkte, die vor allem in der voruralischen Waldsteppenzone liegen, die Rentabilität relativ hoch ist. Daher ist zu vermuten, dass sich diese Faktoren positiv auf die Rentabilität der landwirtschaftlichen Betriebe auswirken. Eine Korrelation zwischen der mittleren Rentabilität der Rajone zu diesen Größen hat dies aber nicht zur Folge, da teilweise auch die Rajone in ungünstigeren Gebieten wie in der nordöstlichen voruralischen Waldsteppenzone höhere Rentabilitätswerte aufweisen, die nicht allein auf diese Faktoren zurückzuführen sind. Ein Erklärungsansatz hierfür ist die Vergabe von staatlichen Subventionen im Rahmen verschiedener staatlicher Entwicklungsprogramme, wie aktuell durch das „Komplexprogramm zur sozialökonomischen Entwicklung der nordöstlichen Rajone der Republik Baschkortostan 2011-2015“ (*Beschluss vom 09.11.2011, Nr. 395*) (*PRAVITEL'STVO RESPUBLIKI BASHKORTOSTAN, letzter Zugriff: 14.03.2014*).

Die staatliche Unterstützung von Rajonen ungünstiger Agrarräumen wie der voruralischen nordöstlichen Waldsteppenzone oder auch den Gebirgsräumen (Uralgebirge) führt dazu, dass sich die Rentabilität der dortigen landwirtschaftlichen Betriebe deutlich verbessert und sich die das mittlere Rentabilitätsniveau einzelner Rajone, trotz ungünstiger naturräumlicher Bedingungen oder schwachen infrastrukturellen Ausbaus auf einem

ähnlich hohen Niveau befindet wie in den begünstigteren Rajonen der voruralischen Waldsteppenzone (ASKAROV 2006).

Die Untersuchungen zeigen, dass unter den Bedingungen des post-sowjetischen agrarischen Landnutzungswandels ein räumlich differenziertes Bild der agrarökonomischen Größen Rentabilität und Ertrag entstanden ist.

Die Analyse der Ursachen hat ein unterschiedliches Bild ergeben. Während der landwirtschaftliche Ertrag von Getreide und Hülsenfrüchten einen linearen statistischen Zusammenhang zu natürlichen räumlich variierenden Parametern wie der Bodengüte und zu der infrastrukturellen Anbindung aufzeigt, ist dies bei der Rentabilität nicht der Fall. Lediglich zu einem untersuchten Parameter – der Organisationsstruktur der Landwirtschaftlichen Betriebe – zeigt die Rentabilität einen schwachen statistischen Zusammenhang. Die Ursache liegt darin begründet, dass die mittlere landwirtschaftliche Rentabilität der Betriebe vorrangig nicht durch die Steuergrößen des Ertrags sowie des Ertrags selbst abhängt (kein statistischer Zusammenhang nachweisbar), sondern vorwiegend durch staatliche Subventionen gesteuert wird.

Diese staatlichen Subventionen sind weniger abhängig von räumlich variierenden Steuergrößen, sondern vielmehr von aktuellen Subventionsprogrammen und der Frage, ob die jeweiligen Betriebe in die Anforderungsprofile der jeweiligen Programme passen.

Die schwache Korrelation der Rentabilität zum Anteil an Farmbetrieben in den untersuchten Rajonen, ist möglicherweise damit zu begründen, dass diese Betriebsform häufiger die staatlichen Förderbedingungen erfüllen.

4.2 Wasserbilanz-Station

Am Standort Wasserbilanzstation (WBS²⁸) werden zeitlich und räumlich hochauflösende Untersuchungen im Umfeld einer Klima-/Lysimeterstation zu den Einflüssen unterschiedlicher Landnutzung auf On- und Off-Site-Effekte der Wasserbilanz und den Stoffkreislauf an der Schnittstelle von terrestrischen und aquatischen Ökosystemen durchgeführt.

Der Schwerpunkt der Untersuchungen besteht in der Analyse der Intensität sowie der zeitlichen Dynamik des Oberflächenabflusses und der Bodenerosion während der Frühjahrsschmelze. Dabei stehen insbesondere der anthropogene Einfluss durch die agrarische Landnutzung, aber auch allgemeine natürliche Umweltbedingungen wie die klimatischen/meteorologischen Bedingungen im Fokus.

Durchgeführt werden die Versuche von 2010 bis 2012. Der Standort Wasserbilanzstation gehört zur staatlichen Einrichtung „Bashmeliovodkhoz“ und befindet sich in der voruralischen Waldsteppenzonen im Rajon Ufa. An dem Standort werden 3 Schmelzperioden untersucht, die durch unterschiedliche klimatische/ meteorologische Bedingungen und daraus resultierende Effekte für den Oberflächenabfluss und den erosionsbedingten Bodenabtrag charakterisiert sind.

Zur Umsetzung der Untersuchungsziele werden 2 Versuchsplots, die eine Fläche von jeweils 0,15 ha einnehmen und eine unterschiedliche agrarische Nutzung aufweisen, in der Folge als A/B bezeichnet, an einem leicht geneigten Hang (2-3 ° Hangneigung) angelegt. Am unteren Ende des Hangs wird der oberirdische Abfluss zu jedem Plot mittels Thomson Wehr bestimmt.

Tabelle 7: Testplots am Standort WBS²⁹ (*Eigene Tabelle*)

Merkmal	Testplot A	Testplot B
Landnutzung	Acker unter Konventionelle Bodenbearbeitung	Vieljährige Gräser Keine Bodenbearbeitung
Fläche [ha]	0,15	0,15
Länge [m]	200	200
Neigung	2-3°	2-3°
Exposition	Süden	
Bodentyp	Luvic Chernozem (nach FAO)	

²⁸ Nähere naturräumliche Einordnung in der Einleitung

²⁹ Weitere Informationen im Einleitungsteil

Die Repräsentativität der Hangneigung zeigt sich daran, dass etwa 42 % der landwirtschaftlichen Anbaufläche in Baschkortostan eine Hangneigung im Bereich zwischen 1 ° und 3 ° aufweisen.

Das Versuchsdesign (*siehe 3.3.2*) ermöglicht vergleichende Untersuchungen zweier bezüglich ihrer Intensität und grundsätzlich verschiedener Landnutzungsformen.

Auf Plot A wird eine konventionelle Bodenbearbeitungsstrategie verfolgt, demzufolge findet die Grundbodenbearbeitung im Herbst durch wendendes Pflügen statt (*siehe Tab. 5*). Im Anschluss wird der Boden ungeschützt im aufgepflügten Zustand über den Winter offen gelassen. Auf Plot B werden mehrjährige Gräser angebaut und keine Bodenbearbeitung durchgeführt. Die Gräser werden im Herbst abgemäht, sodass etwa 10 cm hohe Stoppeln über dem Winter bestehen bleiben. Durch die beiden Versuchsplots werden somit zwei in der voruralischen Waldsteppenzone verbreitete landwirtschaftliche Nutzungsformen repräsentiert, die sich deutlich in ihrer Intensität unterscheiden. Während die konventionelle Pflugbodenbearbeitung die intensivste Form der agrarischen Landnutzung im Untersuchungsgebiet darstellt und eine große Beanspruchung der Böden verursacht, wird der Anbau von vieljährigen Gräsern zur Regeneration von Böden und zum Erosionsschutz empfohlen.

Die am Standort vorkommenden Luvic Chernozems (nach FAO) haben im nicht erodierten Zustand einen etwa 60 cm mächtigen A+AB-Horizont mit einem mittleren Humusgehalt von 6-8 % und einer hohen Aggregatstabilität sowie einem hohen Strukturfaktor³⁰ (*siehe 3.4*). Die Bodentextur ist tonig-sandig und es gibt einen illuvialen B-Horizont. Auf dem untersuchten Hangabschnitt sind die Böden überwiegend leicht erodiert. Demzufolge variieren der Humusgehalt und die Mächtigkeit des A-Horizonts³¹.

Stellt man die vereinfachte Wasserhaushaltsgleichung $N = A_o + A_u + V$ (*nach HÖLTING 1996*) nach A_o um und vernachlässigt die Verdunstung: $A_o = N - A_u$, so wird deutlich, dass der Oberflächenabfluss vor allem durch den Niederschlag und die Infiltration des Oberflächenwassers in den Boden beeinflusst wird. Daher konzentrieren sich die Untersuchungen neben der Aufnahme des Abflusses und der Erosionsfracht auf die Einflussgrößen Infiltration und Niederschlag. Die Infiltrationsrate wiederum hängt von verschiedenen bodenseitigen Faktoren wie dem Bodengefüge, dem Sättigungsgrad des Oberbodens mit Wasser oder auch dem Auftauprozess der Schneeeauflage ab, weshalb hierzu ebenfalls Messungen durchgeführt werden (*ZIMMERLING 2004, GIESKE 2003, EHLERS 1996*).

³⁰ Erläuterung des Strukturfaktors bzw. Strukturpotenzials unter 3.4

³¹ Bodenprofile zu Testplot A/Testplot B sowie ein ungestörtes Profil auf einem ebenen Reliefabschnitt oberhalb des Hanges mit Analyseergebnissen (physikalische und chemische Parameter) und Horizontbeschreibung sind in Anhang 2 aufgeführt

Der in den Wintermonaten gefallene Niederschlag ist vor allem in der Schneeauflage gespeichert. Demzufolge werden die Parameter Schneebedeckung, Wasseräquivalent und der Geschwindigkeit des Abschmelzens aufgenommen. Ein bedeutender Einflussfaktor auf das Abschmelzen des Wassers ist der zeitliche Verlauf der Lufttemperatur während der Schneeschmelzphase, welcher mittels Wetterstation aufgezeichnet wird.

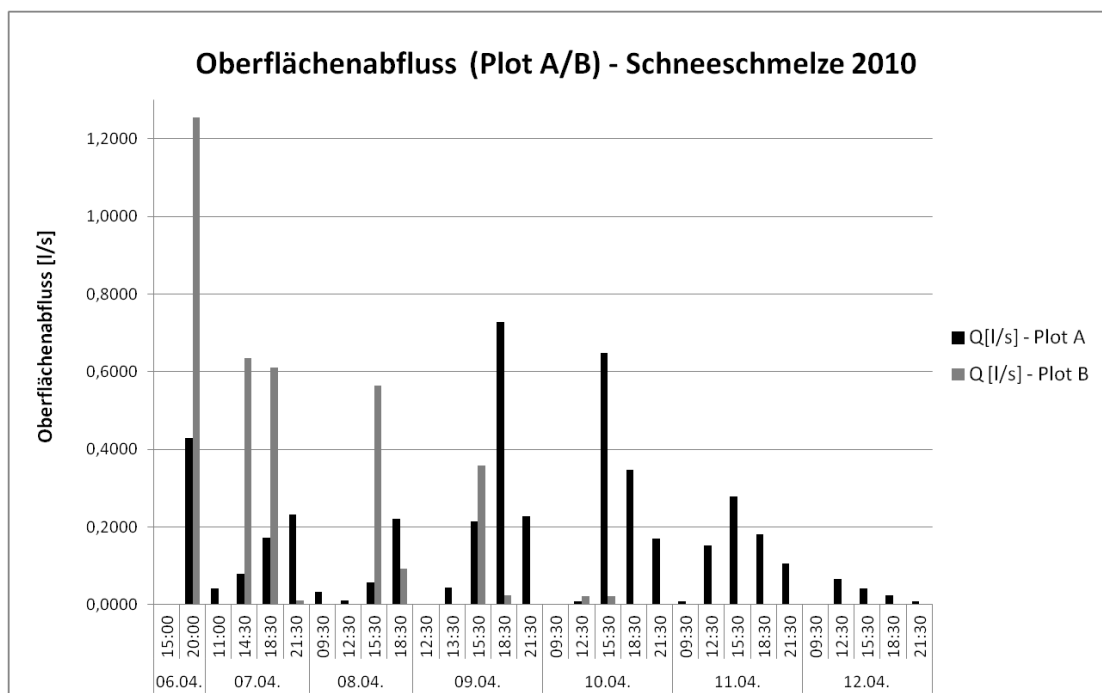
Durch die umfangreichen Messungen zu den beschriebenen potenziellen Einflussfaktoren sowie dem Oberflächenabfluss und der Erosion selbst, wird ein Einblick in das komplexe Ursache-Wirkungsgefüge zwischen dem oberirdischen Abfluss sowie der Bodenerosion und den natürlichen und anthropogenen Umweltbedingungen ermöglicht.

Charakterisierung der Abflussereignisse

Schneesmelze 2010

Die Abflussmessungen zur Untersuchungsperiode im Frühjahr 2010 zeigen deutliche Unterschiede zwischen Plot A (Konventionelle Bodenbearbeitung) und Plot B (mehrjährige Gräser) auf. So gibt es markante Differenzen zwischen den gemessenen Abflussraten, der daraus resultierenden Durchflussmengen, der Abflussspende und ihrer zeitlichen Dynamik.

Diagramm 7: Oberflächenabfluss – Schneeschmelze 2010 (WBS) (Eigene Daten)



Generell ist zu beobachten, dass die Abflussraten vor allem nachmittags und abends am höchsten sind. Der Oberflächenabfluss setzt auf beiden Versuchsfächen am 06.04.2010 zwischen 15:00 Uhr und 20:00 Uhr ein. Am 06.04.2010 um 20:00 Uhr wird auf der Ackerfläche eine Abflussrate von 0,43 l/s und auf der unbearbeiteten Fläche mit mehrjährigen Gräsern von 1,25 l/s gemessen. Damit ist die Abflussrate auf Plot B zu

Beginn der Untersuchungsperiode etwa 3-mal so hoch wie auf Plot A und stellt den höchsten gemessenen Einzelwert der gesamten untersuchten Periode dar.

Auch an den folgenden beiden Tagen, am 07.04.2010 und am 08.04.2010, übersteigen die gemessenen Abflussspitzen auf dem Plot B deutlich die Werte von Plot A. Am 08.04.2010 (15:30 Uhr) beträgt die Abflussrate auf Plot B etwa 0,56 l/s – dagegen auf Plot A lediglich 0,06 l/s. Letztmals übersteigt die Abflussrate von Plot B die Abflussrate von Plot A am 4. Tag der Abflussperiode – 09.04.2010 um 15:30 Uhr deutlich.

In den darauffolgenden Messungen, ab etwa der Mitte der gesamten Messperiode, wird auf Plot B kein nennenswerter Oberflächenabfluss mehr gemessen (letzte Abflussregistrierung am 10.04.2010, 15:00 Uhr).

Auf Plot A dagegen dauert der Oberflächenabfluss bis zum 12.04.2010 an. Die höchsten Abflusswerte werden auf der Pflugvariante am 09.04.2010 und 10.04.2010 gemessen, danach sinken die Werte kontinuierlich bis zum Ende der Abflussperiode.

Somit treten die größten Intensitäten (Abflussraten) an Schmelzwasserabfluss auf der Pflugvariante um etwa 3 Tage verzögert im Vergleich zur Versuchsvariante der mehrjährigen Gräser ein.

Diagramm 8: Abflussspende zur Frühjahrsschmelze 2010 (WBS) (Eigene Daten)

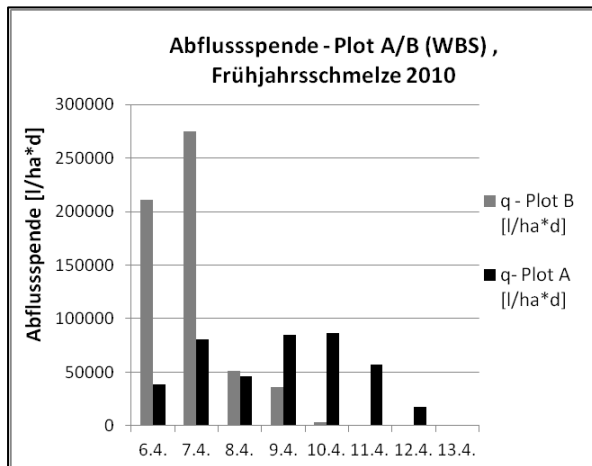
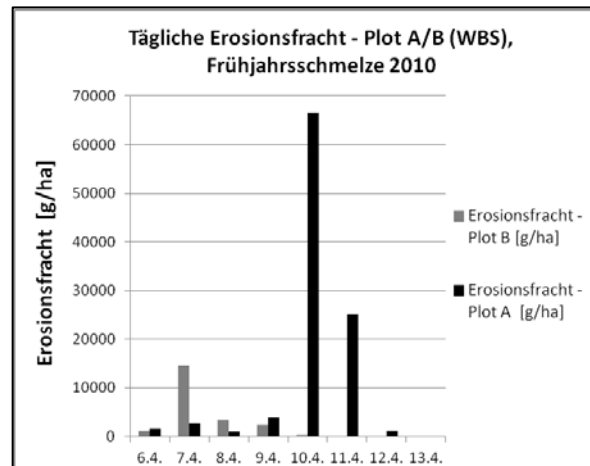


Diagramm 9: Erosionsfracht zur Frühjahrsschmelze 2010 (WBS) (Eigene Daten)



Das Diagramm 8 zeigt die aus den gemittelten Abflussraten berechnete tägliche Abflussspende auf den beiden Testplots an und spiegelt die zeitliche Versetzung des Schmelzwasserabflusses zwischen den Varianten wider.

An den ersten beiden Tagen mit Oberflächenabfluss wird die mit Abstand höchste Abflussspende am Messpunkt auf Plot B ermittelt (06.04.2010, Plot B: 210.740 l/ha; 7.4.2010, Plot B: 274.720 l/ha).

Die Untersuchungen zu den Erosionsausträgen zeigen, dass diese ihr Maximum nicht während der höchsten gemessenen Abflussrate (06.04.2010) oder der höchsten ermittelten

mittleren 24-stündigen Abflussspende (07.04.2010) auf Plot B, sondern unter einer vergleichsweise geringeren Abflussrate auf Plot A haben. Am 10.04.2010, an dem Tag der höchsten Abflussrate auf der Pflugvariante, beträgt die 24-stündige Erosionsfracht etwa 67 kg/ha. An den 3 Tagen vom 09.04.2010 bis zum 11.04.2010 werden auf der Pflugvariante Sedimentfrachten von 3,9 (09.04.2010), 66,5 (10.04.2010) und 25,1 kg/ha (11.04.2010) bestimmt. Analysen zum Humusgehalt der abgespülten Feinbodensubstanz ergeben mittlere Humusgehalte von 6,5 % (09.04.2010), 7,4 % (10.04.2010) und 8,7 % (11.04.2010).

Während der großen Abflussintensitäten (Abflussraten) auf Plot B wird dagegen eine deutlich geringere Erosionsfracht ermittelt. Die größte ermittelte Masse an ausgetragener Feinbodensubstanz auf Plot B beträgt lediglich etwa 15 kg/ha und wird am 07.04. 2010 gemessen.

Dies deutet auf eine hohe Abhängigkeit der Bodenerosion von der Landnutzung, im konkreten Fall auf eine höhere Erosionsanfälligkeit unter Pflugnutzung auch bei geringeren Abflussraten und Abflussspenden hin.

Auffällig ist, dass die mit Abstand größten gemessenen Sedimentfrachten im Schmelzwasserabfluss auf der Pflugvariante erst im dritten Viertel der Gesamtabflussperiode (10.04.2010 und 11.04.2010) registriert werden, obwohl bereits schon vorher ähnliche Abflussintensitäten und Abflussspenden ermittelt werden.

Die größere Erosionsanfälligkeit auf der Pflugvariante könnte demzufolge auch dadurch verstärkt werden, dass auf der Pflugvariante der Abfluss über eine längere Periode reicht und zum Ende dieser Periode die Bodenaggregate zunehmend auftauen und dadurch an Stabilität verlieren.

Schneesmelze 2011

Zur Frühjahrssmelze 2011 wird auf der Pflugvariante kein Oberflächenabfluss registriert. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass auf Plot A das gesamte Schmelzwasser in den Boden infiltriert und somit in den unterirdischen Abfluss übergeht.

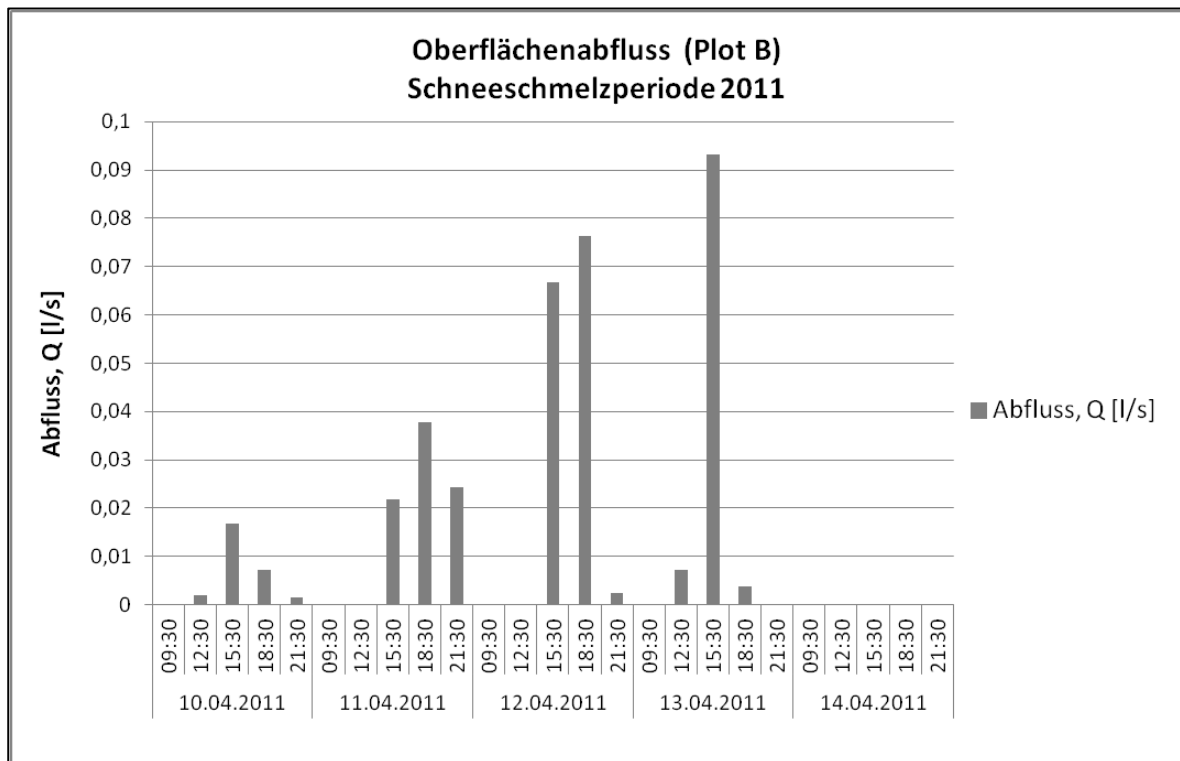
Die Intensität des Abflusses (Abflussraten) ist im Vergleich zu 2010 auf Plot B wesentlich geringer.

Auf dem Testfeld der mehrjährigen Gräser (Plot B) wird über 4 Tage, in dem Zeitraum vom 10.04.2011 bis 13.04.2011, ein Oberflächenabfluss registriert. Am 10.04.2011 um 12:30 Uhr wird erstmals ein Oberflächenabfluss aufgenommen (0,0019 l/s). Im Gegensatz zur Schmelzperiode 2010 steigt die maximale tägliche Abflussrate vom ersten Tage der Abflussperiode, vom 10.04.2011, bis zum vierten Tag kontinuierlich an.

Am 13.04.2011 um 15:30 Uhr wird die höchste Abflussrate (0,09 l/s) gemessen. Diese ist aber deutlich geringer im Vergleich zur maximalen Abflussrate während der Messperiode 2010 (1,25 l/s am 06.04. um 20:00 Uhr).

Bei der Beachtung des Tagesgangs der Abflussrate erkennt man, dass wie auch in den anderen Untersuchungsjahren die höchsten Abflussraten am Nachmittag (15:30 Uhr) und Abend (18:30 Uhr) gemessen werden. Entsprechend der zeitlichen Dynamik der gemittelten Abflussraten verhält sich auch die Abflussspende.

Diagramm 10: Oberflächenabfluss zur Schneeschmelze 2011 (WBS) (Eigene Daten)

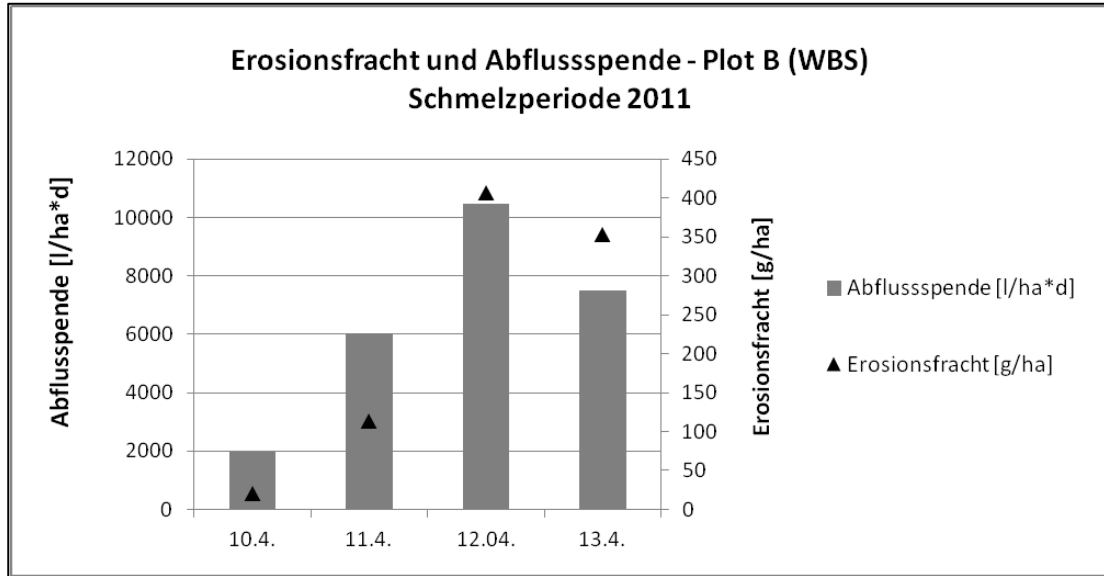


An dem ersten Tag mit gemessenen oberflächigen Schmelzwasserabfluss beträgt die 24-stündige Abflussspende 1960 l/ha*d. Bis zum 12.04.2011 kommt es zum Anstieg der Abflussspende auf 10.480 l/ha*d. Am 13.04.2011 geht die tägliche Abflussspende trotz der gemessenen maximalen Abflussrate um 15:30 Uhr bereits wieder zurück – 7513 l/ha*d, da nach der Abflussspitze der Schmelzwasserabfluss aufgrund der bereits fast vollständig abgeschmolzenen Schneeaufgabe – der Schneebedeckungsgrad beträgt am 13.04.2011 um 09:00 Uhr etwa 20 % – deutlich nachlässt.

Die Messwerte lassen einen Zusammenhang zwischen der Erosionsfracht und der Intensität des Abflusses (Abflussraten) und der Abflussspende erkennen. Demzufolge wird der höchste tägliche Sedimentaustrag (407 g/ha) an dem Tag der höchsten mittleren täglichen Abflussspende (10.480 l/ha, 12.04.2011) ermittelt.

Im Vergleich zu den quantitativ gemessenen Erosionsfrachten der Schmelzperiode 2010 sind diese allerdings fast zu vernachlässigen.

Diagramm 11: Durchflussvolumen und Erosionsfracht, Frühjahrsschmelze 2011 (WBS) (Eigene Daten)



Die Korngrößenanalyse³² zu der in den Schneeschmelzperioden 2010 und 2011 ermittelten Abflussfrachten zeigt, dass die mechanische Zusammensetzung der ausgetragenen Bodensubstanz Feinboden entspricht.

Tabelle: 8 Korngrößenanalyse der Erosionsfracht zu den Schmelzperioden 2010 und 2011 (WBS)(Eigene Daten)

Probenentnahme	Bodenfraktionen [mm], Anteil [%]						Partikeleinteilung [mm], Anteil [%]	
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	>0,01	<0,01
Sedimentfracht in Abflussproben								
Plot A (mittel) 2010	0,76	3,50	31,92	13,85	28,20	21,77	36,18	63,82
Plot B 12.04.2011	2,08	15,77	27,94	16,68	18,43	19,10	45,79	54,21
Plot B 13.04.2011	0,65	8,18	34,13	10,83	26,31	19,90	42,96	57,04

Es dominieren vor allem Partikelgrößen im Bereich von Schluff und Ton. Der größte Anteil liegt im Korngrößenbereich von 0,05 bis 0,001 mm, dies entspricht nach der russischen Systematik dem Schluffbereich und geht nach der deutschen Systematik noch leicht in den Grobtonbereich hinein (siehe Tabelle 3). Für die Bodennutzung ist der Verlust aufgrund der zahlreichen positive Eigenschaften – im Sinne der agrarischen Nutzung – dieser Korngrößenfraktionen problematisch und kann insbesondere auf die Bodenstruktur und

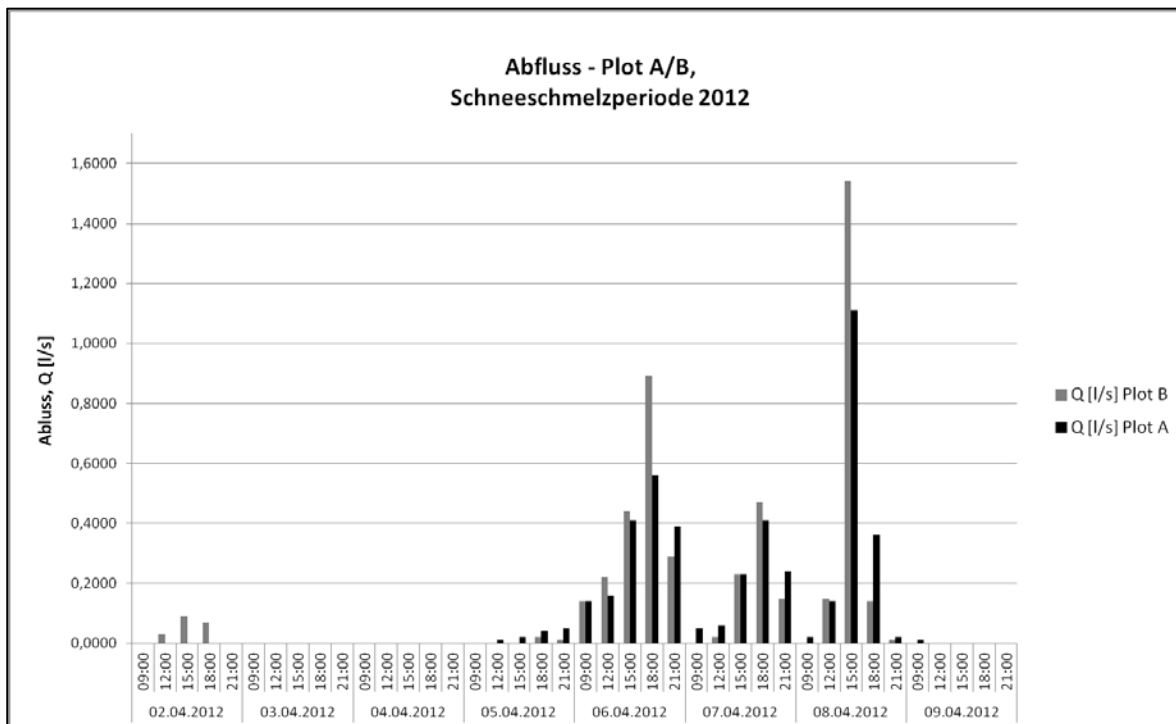
³² Die Grenzen der unterschiedlichen Korngrößenfraktionen wurden nach russischer Systematik festgelegt, welche sich leicht von der deutschen unterscheidet (siehe Tabelle 3)

auch die Bodenfruchtbarkeit negative Auswirkungen haben (GIESKA 2003, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002).

Schneesmelze 2012

Die Abflussperiode im Frühjahr 2012 erstreckt sich vom 02.04. bis zum 09.04.2012. Am 02.04.2012 bildet sich auf Plot B ein geringer Oberflächenabfluss. Um 12:00 Uhr werden 0,03 ml/s gemessen und um 18:00 Uhr 0,09 ml/s. An den folgenden beiden Tagen wird auf beiden Testfeldern kein Oberflächenabfluss ermittelt. Am 05.04.2012 setzt ab 12:00 Uhr erneut Oberflächenfluss ein. Auf beiden Untersuchungsvarianten werden am 06.04., 07.04. und 08.04.2012 um 15:00 und 18:00 Uhr die größten Abflussraten ermittelt. Wie auch zur Frühjahrsschmelze 2010 werden die höchsten Abflussspitzen auf dem Testfeld der mehrjährigen Gräser, Plot B, ermittelt (06.04. bis 08.04.2012). Am 08.04.2012 um 15:00 Uhr beträgt die Abflussrate auf Plot B etwa 1,54 l/s. Auf Plot A erreicht die Intensität des Abflusses um 15:00 Uhr ebenfalls sein Maximum (1,11 l/s), die gemessene Abflussrate ist aber um fast ein Drittel niedriger als auf Plot B.

Diagramm 12: Oberflächenabfluss zur Schneesmelze 2012 (WBS) (Eigene Messwerte)

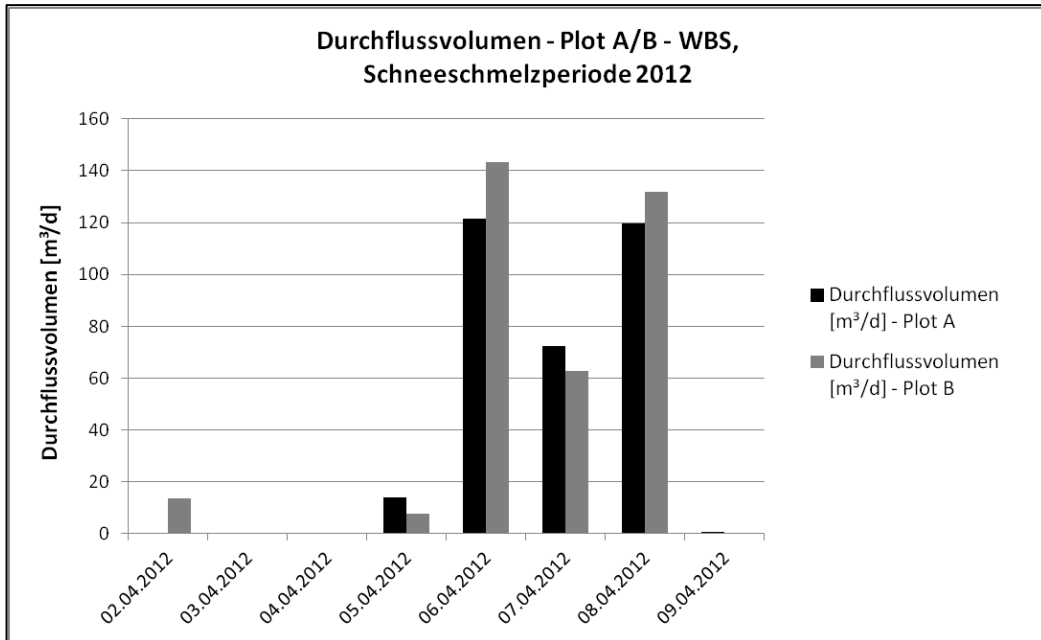


Die gemessenen maximalen Abflussraten zur Frühjahrsschmelze 2012 sind auf einem außergewöhnlich hohen Niveau, höher als in den Jahren 2010 und 2011, sodass es zu zahlreichen größeren Überschwemmungen im Umfeld des Untersuchungsgeländes kommt.

4 Ergebnis

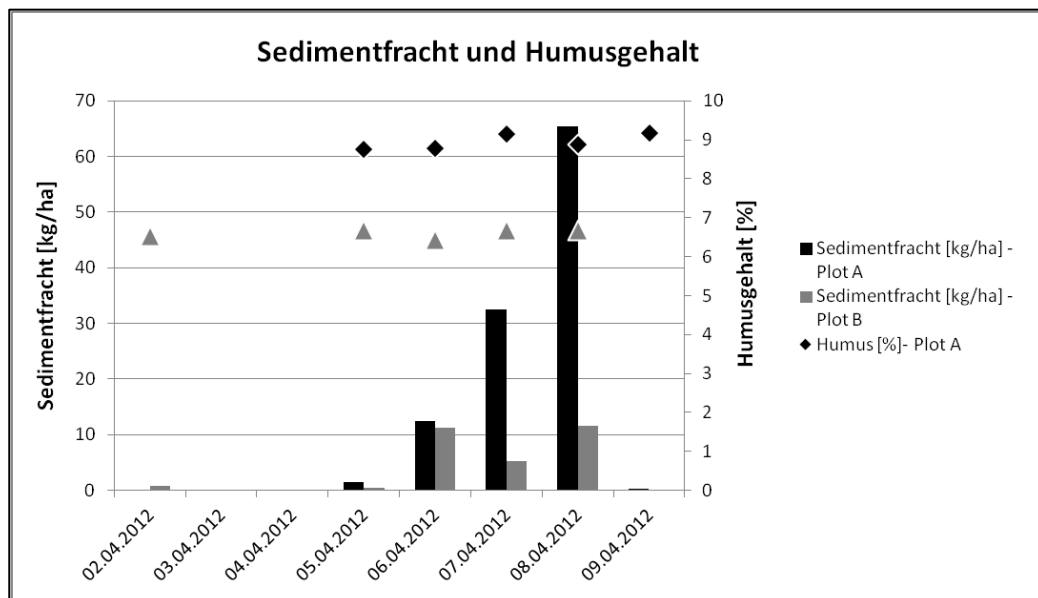
Die hohen Abflussraten vom 06.04.2012 bis 08.04.2012 führen auf beiden Testplots zu sehr hohen täglichen Durchflussmengen. Die höchsten Werte werden am 06.04. (143 m³/d) und 8.4.2012 (132 m³/d) auf Plot B gemessen.

Diagramm 13: Durchflussvolumen zur Frühjahrsschmelze 2012 (WBS) (Eigene Daten)



Wie auch zu der Schmelzperiode 2010 werden trotz der hohen Abflussraten und Durchflussvolumina auf dem Plot mit mehrjährigen Gräsern deutlich geringere Sedimentfrachten festgestellt als auf Plot A.

Diagramm 14: Erosionsfracht und Humusgehalt zur Frühjahrsschmelze 2012 (WBS) (Eigene Daten)



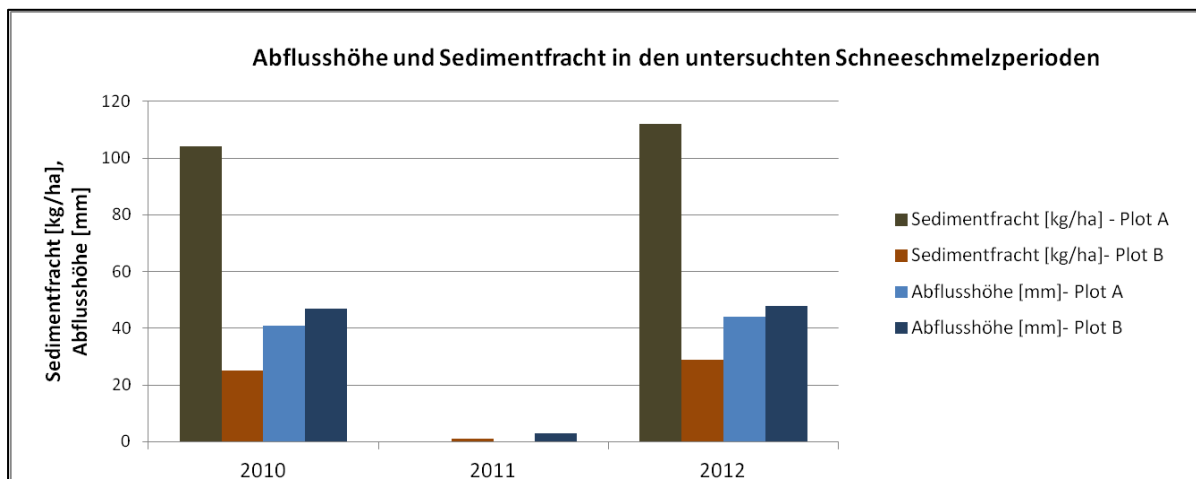
Die maximalen Sedimentausträge auf Plot A betragen 65 kg/ha (08.04.2012) und 33 kg/ha (07.04.2012). Auf der Nutzfläche der mehrjährigen Gräser steigt die Sedimentfracht am

06.04. und 08.04.2012 nur leicht über 10 kg/ha. Dies spricht für die Schutzfunktion der Stoppeln (mehrjährige Gräser) vor der Bodenerosion.

Bezüglich der Sedimentfracht fällt auf, dass die höchsten Austräge auf der Pflugvariante vor allem am Ende der Schmelzperiode registriert werden, auch wenn bereit zu einer früheren Phase der Abflussperiode höhere Abflussraten registriert werden. Auch während der Schmelzperiode 2010 ist dies der Fall. Vermutlich sind die Bodenaggregate zu Beginn der Abflussperioden aufgrund der hohen Aggregatstabilität noch widerstandsfähig genug, zerfallen dann aber nach den ersten Tagen mit Oberflächenabfluss zunehmend, so dass insbesondere am Ende der Abflussperiode die hohen Sedimentfrachten entstehen. Ein Grund für das Zerfallen der Aggregate könnte neben der kinetischen Energie des Wassers auch der Auftauprozess darstellen, der die Bodenaggregate möglicherweise destabilisiert (VGL. OZTAS & FAYCTORBAY 2003). Eine weitere Ursache könnte die Filterfunktion der zu Beginn der Schneeschmelze noch weitestgehend geschlossenen Schneeauflage sein.

Zusätzlich zu der Bestimmung der Abflussfracht wird zur Frühjahrsschmelze 2012 der Humusgehalt in der ausgetragenen Sedimentfracht bestimmt. Er beträgt auf der Pflugvariante etwa 9 % und auf der Variante mit mehrjährigen Gräsern zwischen 6 und 7 %. Somit wird auf Plot B aufgrund der geringeren Sedimentfracht und des geringeren Humusgehalts dieser im Vergleich zu Plot A deutlich weniger Humus durch die Wassererosion zur Schneeschmelze im Jahr 2012 ausgetragen. Dies bestätigt die Schutzfunktion der mehrjährigen Gräser vor der Boden-/Wassererosion.

Diagramm 15: Abflusshöhe und Sedimentfracht in den untersuchten Schneeschmelzperioden 2010-2012 (WBS) (Eigene Daten)



Die Messungen zum Oberflächenabfluss in den Jahren 2010-2012 zeigen, dass sich dessen Intensität und zeitliche Dynamik sowohl zwischen den unterschiedlichen Messperioden sowie auch zwischen den unterschiedlichen agrarischen Nutzungen unterscheiden. Daraus ergibt sich auch eine unterschiedlich große Erosionsgefahr.

Zum Abschluss der Charakterisierung des Oberflächenabflusses zu den untersuchten Schneeschmelzperioden sollen anhand der Parameter Gesamtabflusshöhe und Erosionsfracht bedeutende Unterschiede zwischen den beiden Versuchsflächen nochmal zusammengefasst dargestellt werden (*Diagramm 15*).

Tabelle 9: Sedimentfracht und Abflusshöhe in den Untersuchungsperioden (WBS) (*Eigene Messwerte*)

Jahr	Sedimentfracht [kg/ha] Plot A	Abflusshöhe [mm] Plot A	Sedimentfracht [kg/ha] Plot B	Abflusshöhe [mm] Plot B
2010	104	41	25	47
2011	0	0	0,9	3
2012	112	44	29	48

Eine wesentliche Erkenntnis der Untersuchungen besteht darin, dass die Abflusshöhe in allen drei untersuchten Schmelzwasserabflussperioden auf der unbearbeiteten Testfläche mit mehrjährigen Gräsern – Plot B höher ist als auf der konventionell bearbeiteten Testfläche - Plot A. Neben den aufsummierten Abflussvolumina betrifft dies auch die ermittelten Maxima der Abflussraten, während der Schmelzperioden.

Die zweite wesentliche Erkenntnis besteht darin, dass trotz der höheren Abflusshöhen auf Plot B aber die Erosionsfracht auf Plot A um ein Vielfaches höher ist. Folgend werden die ursächlichen Steuergrößen für die Differenzen des Oberflächenabflusses sowie der Erosionsfracht untersucht.

Steuergrößen

Meteorologische/ klimatische Steuergrößen

Wie bereits zu Beginn erläutert, sind die meteorologischen Parameter – vor allem der Niederschlag und die Lufttemperatur – wichtige Steuergrößen für den Bodenwasserhaushalt, insbesondere für den Oberflächenabfluss und somit auch für das Erosionsgeschehen. Bezüglich der zeitlichen Dynamik der Tagesmitteltemperaturen ist vor allem der Temperaturübergang vom negativen in den positiven Bereich zwischen März und April entscheidend. Die schnelle Erhöhung der Temperatur zwischen März und April 2012 ermöglicht ein schnelles Abschmelzen der Schneeauflage, was zur Freisetzung großer Wassermengen führt und damit die Bildung eines oberirdischen Abflusses unterstützt. Somit ist die Temperaturdynamik im Frühjahr 2012 ein möglicher Erklärungsansatz für die sehr hohen Abflussraten in diesem Frühjahr. Aus dem folgenden Diagramm (*Diagramm 16*) geht der markante Temperaturanstieg im Frühjahr 2012 deutlich hervor.

Die Tagesdurchschnittstemperatur steigt von etwa 1 °C am 05.04.2012 auf etwa 14 °C am 10.04.2012 an.

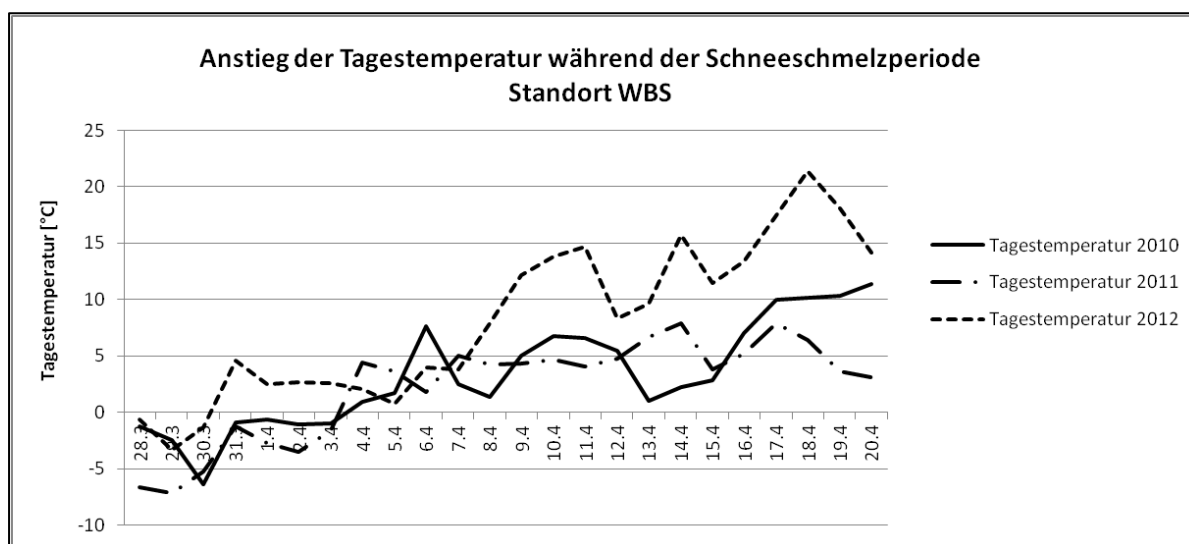
4 Ergebnis

Tabelle 10: Meteorologische Parameter (*Eigene Messwerte 2009/10/11*)

Parameter	Jahr	November	Dezember	Januar	Februar	März	April
Tagesmitteltemperatur [°C]	2009-2010	-2,6	-13,7	-18,3	-15,3	-5,2	6,9
	2010-2011	0,3	-9,0	-13,7	-18,6	-6,7	5,5
	2011-2012	-6,9	-9,3	-12,1	-14,9	-4,2	12,3
Niederschlag [mm]	2009-2010	19,0	47,3	42	21,1	30,4	41,9
	2010-2011	64,0	71,5	21,8	29,4	41,7	51,5
	2011-2012	40,9	37,6	5,3	3,9	46,2	30,7

Neben dem Anstieg der Temperaturkurve ist die Mächtigkeit der Schneeauflage beziehungsweise das Wasseräquivalent der Schneeauflage von entscheidender Bedeutung für die Bildung des Oberflächenabflusses, da sie die potenzielle Menge an Schmelzwasser bestimmt. Die Winterniederschläge (*siehe Tabelle 10*) sind vor allem in der Schneeauflage gespeichert.

Diagramm 16: Anstieg der Tagestemperatur während der Schneeschmelzperiode (2010-2012) am Standort WBS (*Eigene Daten*)



Die mächtigste Schneeauflage wird im Frühjahr 2011 bestimmt (31.03.2011 – 57 cm), gefolgt von der Schneeauflage 2012 (31.03.2012 – 48 cm), demzufolge wird die geringste Schneeauflage 2010 (25.03.2010 – 44 cm) gemessen. Folgerichtig fällt das maximale Wasseräquivalent von 155 mm – 2012 auf 105 mm – 2010 bis 98 mm -2011.

Die Daten zum maximalen Wasseräquivalent in der Schneeauflage lassen aber keinen direkten Zusammenhang mit dem Oberflächenabfluss erkennen.

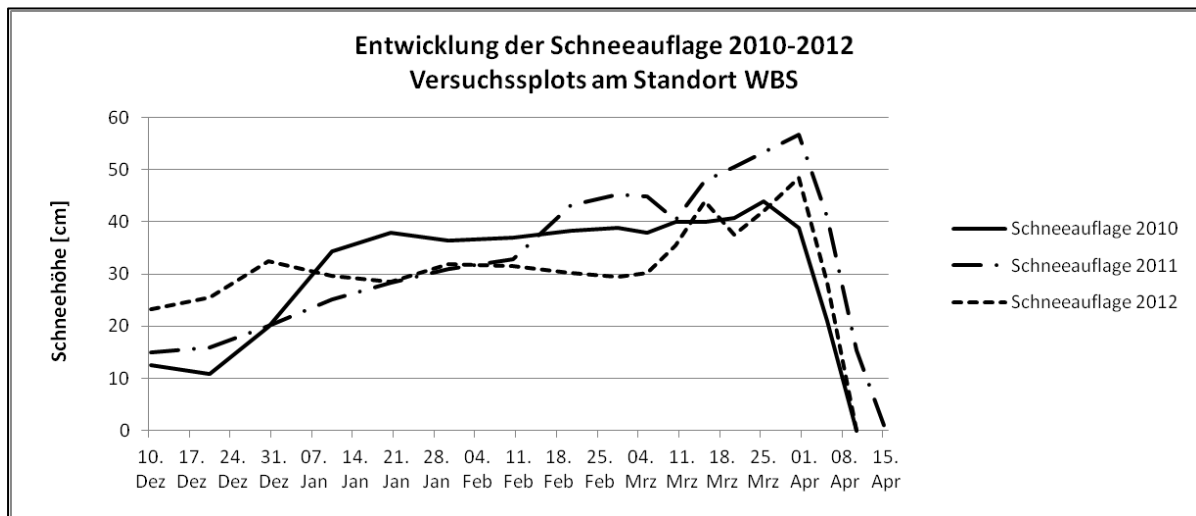
4 Ergebnis

Tabelle 11: Einflussgrößen auf die Wassererosion während der Schneeschmelze (*Eigene Messwerte 2010/11/12*)

Parameter	Jahr	Plot A	Plot B
Bodenwassergehalt vor der Winterperiode (0-50 cm) [mm]	2009	148.8	149.7
	2010	122.4	123.5
	2011	144,1	145,4
Maximaler Wassergehalt in der Schneeauflage [mm]	2010	105	
	2011	155	
	2012	98	
Maximale Frosttiefe	2010	67	
	2011	38	
	2012	62	

Im abflussreichen Frühjahr 2012 liegt das maximale Wasseräquivalent auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau von 98 mm (*siehe Tabelle 11*). Dies spricht dafür, dass der Abfluss nicht vordergründig von der in der Schneeauflage gebundene Wassermenge, sondern, wie schon beschrieben, vielmehr von der Intensität der Schneeschmelze abhängt.

Diagramm 17: Entwicklung der Schneeauflage am Standort WBS (*Eigene Daten*)



Die Kombination aus der Mächtigkeit der Schneeauflage mit dem schnellen Temperaturanstieg hat zur Folge, dass 2012 in vergleichsweise kurzer Zeit viel Wasser aus der Schneedecke freigesetzt wird (Schmelzwasserabfluss). Es kommt zum Schmelzen der Schneeauflage von etwa 48 cm am 31.03.2012 auf 0 cm am 10.04.2012.

Die hohe Intensität der Schneeschmelze 2012, welche stärker als in den Schneeschmelzperioden 2010 und 2011 ist, verursacht in kurzer Zeit große Schmelzwassermengen, die sich in den hohe Abflussraten 2012 wiederfinden.

Die Unterschiede der Schneeschmelzintensität zwischen den untersuchten Untersuchungsjahren sind allerdings zu gering, um die deutlichen Unterschiede der

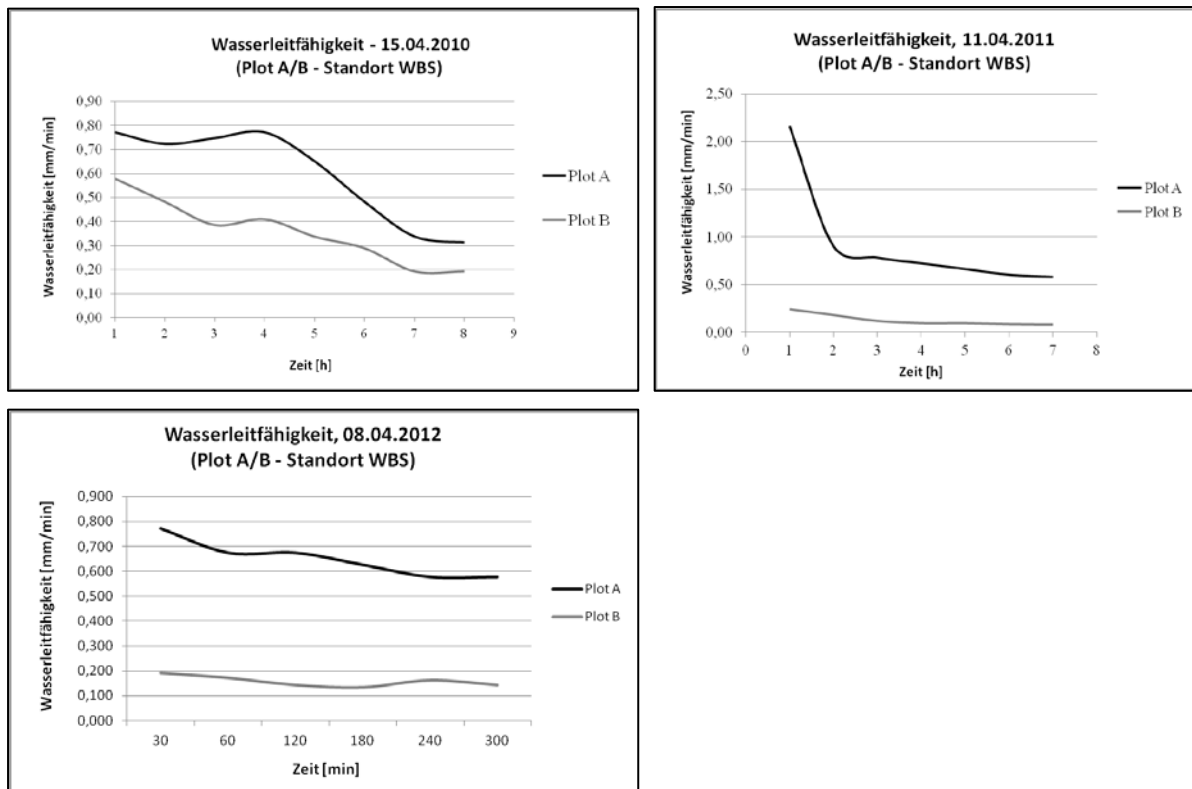
4 Ergebnis

Abflussrate und des Durchflussvolumens zwischen 2012 und 2011 erklären zu können. Dies spricht für das Vorhandensein weiterer wichtiger Steuergrößen.

Da die meteorologischen Steuergrößen auf den beiden Plots gleich sind, können diese nur die versuchsfeldübergreifenden Unterschiede zwischen den Jahren erklären, aber nicht die Unterschiede zwischen den Testplots.

Hierfür sind vor allem bodenseitige Faktoren, wie das Infiltrationsvermögen, verantwortlich. Die Analyse der Werte zur potentiellen Infiltrationsrate des Bodens zeigt, dass offensichtlich die intensive konventionelle Grundbodenbearbeitung auf Plot A zu einer besseren Aufnahmefähigkeit des Schmelzwassers führt.

Diagramm 18/19/20: Wasserleitfähigkeit in den Schneeschmelzperioden 2010/11/12 (Standort WBS) (Eigene Daten)

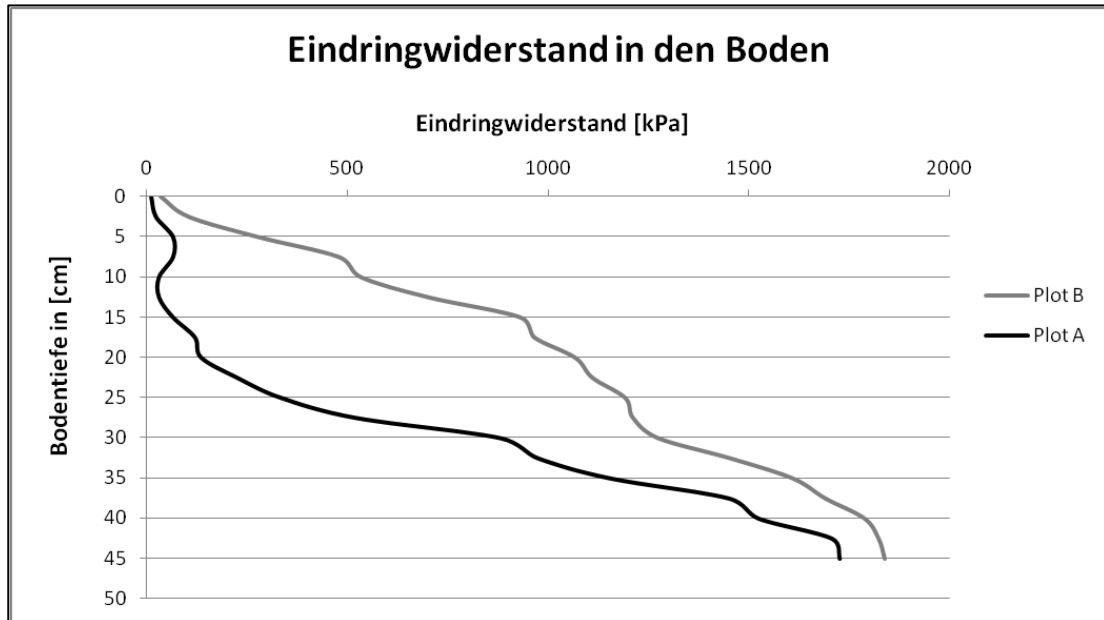


Eine Ursache könnte das lockerere Bodengefüge im Oberboden sein. Das größere Porenvolumen und vor allem der größere Grobporenanteil wären ein Erklärungsansatz dafür, dass der Boden die großen Schmelzwassermengen im Frühjahr auf dem Plot A besser und schneller aufnehmen kann als der dichter gelagerte Boden von Plot B.

Die Penetrometermessungen nach der Schneeschmelze 2011 unterstützen diese Vermutung. Auf der Pflugvariante wird in den oberen 30 cm ein wesentlich geringerer Eindringwiderstand gemessen. Das ist ein Hinweis auf eine weniger dichte Lagerung des Oberbodens. Messungen zur Bodendichte bestätigen dies. Auf der Pflugvariante variiert die

Dichte des A-Horizonts zwischen 1,17 und 1,26 g/cm³ und auf der Grünbrache (Plot B) zwischen 1,22 und 1,44 g/cm³ (*Eigene Laborwerte*).

Diagramm 21: Mittlerer Eindringwiderstand* 2011 (WBS) (*Eigene Daten*)



* Arithmetischer Mittelwert, n= 9/Plot

JASINSKII ET AL (2008) hält Mulchen für das beste Verfahren um die Infiltration während der Schneeschmelze zu fördern und schätzt dies als wesentlich effektiver ein als die Schneemelioration. Auf dem Versuchsplot mit mehrjährigen Gräsern ist die organische Auflage allerdings zu geringmächtig (etwa 1 cm) und der Boden ist durch die fehlende Bodenbearbeitung zu dicht, um positive Effekte gegenüber der Pflugbodenbearbeitung erkennen zu können.

Mögliche weitere Einflussfaktoren auf das Infiltrationspotenzial des Bodens während der Schneeschmelze sind die Durchfrierung des Bodens (Tiefe des Bodenfrostes) und die Vorfeuchte des Bodens, die aus den Herbstniederschlägen resultiert und durch die Messung des Bodenwassergehalts vor der Winterperiode ermittelt wird.

Die Durchfrierung des Bodens hängt von verschiedenen Parametern, wie der Schneedichte, der Lufttemperatur und der Schneehöhe ab.

Aufgrund der geringeren Wärmeleitfähigkeit wirkt die Schneeauflage wie eine Isolationsschicht und schützt somit den Boden vor der Durchfrierung. Kompakter Boden dagegen hat bereits eine erhöhte Wärmeleitfähigkeit.

Die mächtige Schneeauflage im Frühjahr 2011 hat zur Folge, dass der Boden im Vergleich zu den anderen Untersuchungsjahren nicht so tief gefroren ist (30-38 cm, vor der Schneeschmelze).

Die relativ schwache Durchfrierung des Bodens 2011 und der geringe Bodenwassergehalt vor der Schneeschmelzperiode (Herbst 2010) könnten die Infiltration des Schmelzwassers im Frühjahr 2011 begünstigen, dafür sprechen die trotz der großen Schneelast sowie des großen Wasseräquivalents geringen Abflussraten auf Plot B und der nicht vorhandene Abfluss auf Plot A 2011.

Die eigenen Beobachtungen und Überlegungen zum Einfluss der Bodendurchfrierung auf den Oberflächenabfluss werden bestätigt durch *BARABANOV ET AL. (2012)*, der zeigt, dass der Oberflächenabfluss in den südlichen Gebieten der Nichtschwarzerdegebiete und in der Wolgaregion bei einer Bodendurchfrierung von 30-50 cm nicht vorhanden ist.

Der geringe bzw. nicht existierende Oberflächenabfluss im Frühjahr 2011 ist auch auf die geringe Vorfeuchte des Bodens zurückzuführen. Der Bodenwassergehalt vor der Schneeschmelze resultiert aus den Niederschlägen vor der Winterperiode 2010/11. Da das Jahr 2010 sehr trocken war, ist die Vorfeuchte des Bodens zu Beginn der Schneeschmelze dementsprechend gering (*siehe Tabelle 11 – Bodenwassergehalt*).

Die geringe Durchfrierung des Bodens in Kombination mit der geringen Vorfeuchte begünstigen vermutlich die Infiltration des Schmelzwassers so stark, dass es im Frühjahr 2011 trotz der sehr großen Schneelast/Wasseräquivalent zu geringem bis keinem Oberflächenabfluss kommt.

Die gemessene potenzielle Bodeninfiltration spiegelt dies aber nur bedingt wider. Zu Beginn des Infiltrationsversuchs, in den ersten beiden Stunden des Abflussversuchs ist sie sehr hoch – fällt dann aber deutlich ab.

Hang-Catena

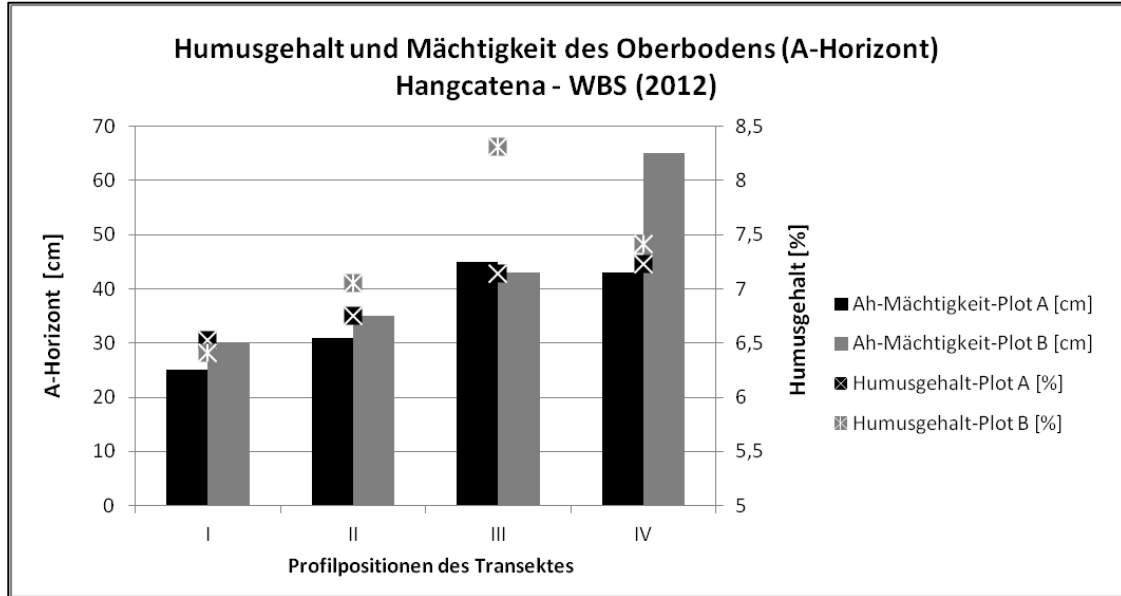
Auf den beiden Testplots wurden zwei parallel zueinander liegende Transekte vom oberen Teil des Hangs (I – oberster Messpunkt) hangabwärts über die Länge von 200 m angelegt. Im gleichmäßigen Abstand von 67 m werden jeweils 4 Profile erstellt und Horizontproben analysiert, um die bodenseitigen Folgen der erosionswirksamen Abflussereignisse zur Frühjahrsschmelze zu untersuchen.

Die Ergebnisse der Profilansprachen zeigen deutliche Horizontverkürzungen im Oberboden, die hangabwärts bei leicht abnehmender Hangneigung abnehmen.

Beim Vergleich der A-Horizontmächtigkeit zwischen den Plots wird deutlich, dass diese im oberen Hangbereich (I) sowie in den unteren Hangbereichen (III/IV) auf Plot A von deutlich geringer ist als auf Plot B. Im Hangbereich I ist der A-Horizont auf der konventionell bearbeiteten Variante um 5cm geringmächtiger (25 cm) als auf Plot B (30 cm). Im

Hangbereich IV erreicht die Mächtigkeit des A-Horizonts auf der Pflugvariante 43 cm und ist damit um 12 cm geringer als auf Plot B.

Diagramm 22: Humusgehalt und Mächtigkeit des Oberbodens – Hang-Catena (WBS) (Eigene Daten)



Neben der geringeren Mächtigkeit des A-Horizonts auf dem konventionell bearbeiteten Plot A zeigen die Ergebnisse der chemischen Bodenanalyse an den 3 Hangstandorten: II/III/IV auch einen geringeren Humusgehalt in den Ap-Horizonten auf diesem Versuchsplot im Vergleich zu den entsprechenden A-Horizonten von Plot B an.

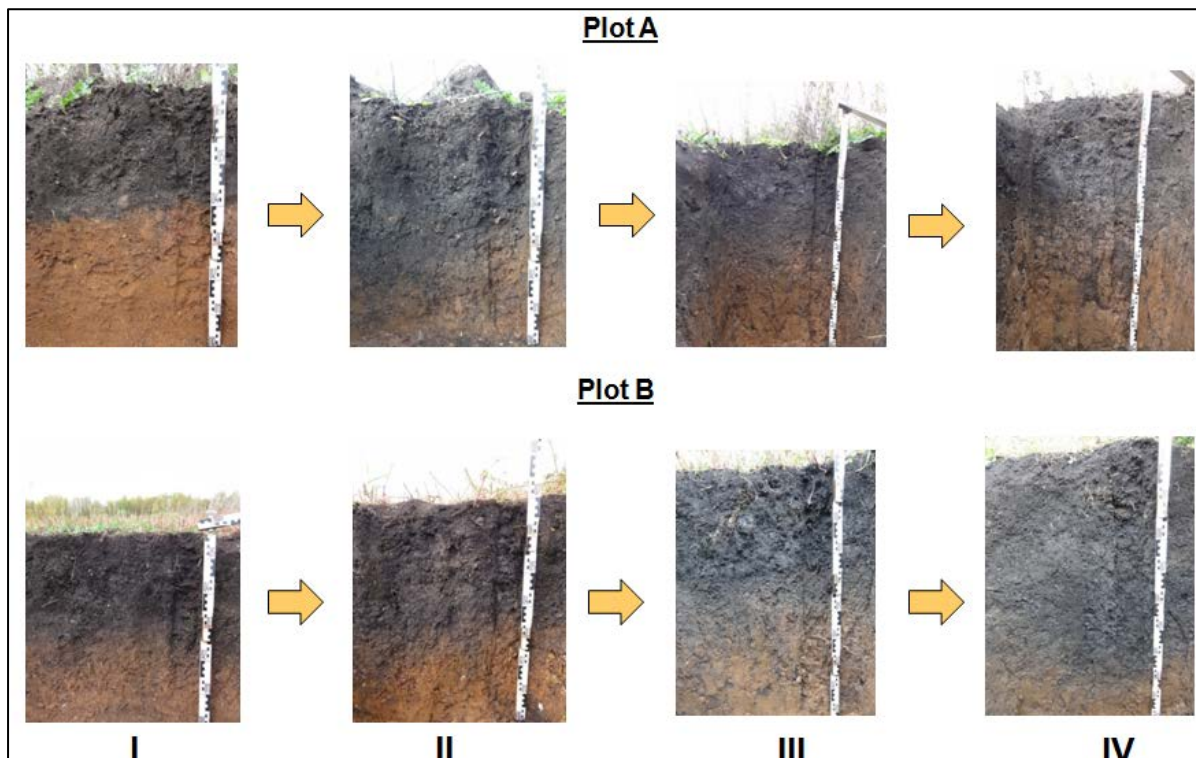


Abb. 9: Hang -Catena – Standort WBS, 2012 (Eigene Daten)

Der größte Unterschied bezüglich des Humusgehalts (*siehe Diagramm 22*) besteht an Hangposition III. Während der Humusanteil im Ap-Horizont auf Plot A in diesem Hangbereich etwa 7,14 % beträgt, liegt er auf Plot B um 1,17 % höher bei 8,31 %.

Auf beiden Plots gibt es einen hangabwärtsgerichteten Trend zum Humusanstieg (*siehe Diagramm 22; Tabelle 25, Anhang 6*).

Die in den Abfluss- und Erosionsmessungen festgestellten Differenzen bezüglich der Masse der Erosionsfracht sowie des Humusgehalts (Analyse zur Abflussmessung 2012) zwischen den Testplots spiegeln sich demzufolge deutlich in den Profiluntersuchungen wider. Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen bestätigen und sichern somit die Ergebnisse der Messungen zu Erosionsfracht.

Aufgrund der bereits langjährig (<10a) bestehenden unterschiedlichen agrarischen Nutzung auf den Plots, sind diese Unterschiede der Mächtigkeit des A-Horizonts sowie des Humusgehalts zwischen den Plots ein deutlicher Hinweis auf den Einfluss der agrarischer Nutzungsart und -intensität auf die Bodenerosion und dessen resultierende On-Site-Schäden.

4.3 Untersuchungsstandort: Artemida

Am Standort Artemida³³ werden auf einem Versuchskomplex, bestehend aus 5 Versuchspartzen unterschiedlicher Bearbeitungsintensität, nachfolgend auch als Testplots (A1-A5) bezeichnet (*Schema und genauere Erläuterung des Versuchsaufbaus unter 3.2.2*), an einem leicht geneigten Hang (KA5) die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren bzw. -intensitäten auf die dortigen Luvic Chernozems (nach FAO) untersucht.

Im Fokus der über einen Zeitraum von 2010 bis 2012 durchgeführten zeitlich hochaufgelösten stationären Messungen (Messintervall: 2h/ 12h, Messtiefen: 20, 40, 60, 80, 100 cm) und den zusätzlich mit einer mobilen Messsonde durchgeführten Messungen (Messintervall: 14 Tage, Messtiefen: 0-10/10-20/20-30/30-40/40-50) steht dabei die Auswirkung unterschiedlicher Bodenbearbeitungsintensität auf die Bodenwasserhaushaltseigenschaften und die Bodenwasserdynamik.

Die Messungen zum Bodenwassergehalt werden ergänzt durch jährliche Untersuchungen zu den bodenphysikalischen und bodenchemischen Parametern für die unterschiedlich bearbeiteten Testplots.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen folgendes Bild:

Die statistische Analyse der mittels mobiler FDR-Sonde über den Gesamtzeitraum von Oktober 2010 bis Oktober 2012³⁴ gemessenen Werte zum Bodenwassergehalt machen deutlich, dass die Beprobungen der einzelnen Test-Plots unterschiedliche Werteverteilungen erkennen lassen.

Das Hauptinteressenfeld liegt hierbei auf dem unteren Bereich der Werteverteilungen, da aufgrund der räumlichen Nähe des Untersuchungsgebiets zur agronomischen Trockengrenze, Wassermangel ein besonders limitierender Faktor für die landwirtschaftliche Produktion im Untersuchungsgebiet ist (*CHANYCHEV 2008, JAPAROV 2005*).

Der folgende Boxplot (*Diagramm 24*) stellt die Verteilung der gemessenen Werte zum absoluten Bodenwassergehalt im A-Horizont in der Tiefe von 0-50 cm über die Gesamtmessperiode von 2010 bis 2012 dar. Ermittelt werden die Werte durch die Aufsummierung der Messungen in verschiedenen Tiefen (0-10, >10-20, >20-30, >30-40, >40-50 cm). Es wird deutlich, dass bedeutende statistische Parameter zu den gemessenen Werten des Bodenwassergehalts, wie der Median, das 25 %-Perzentil und die untere

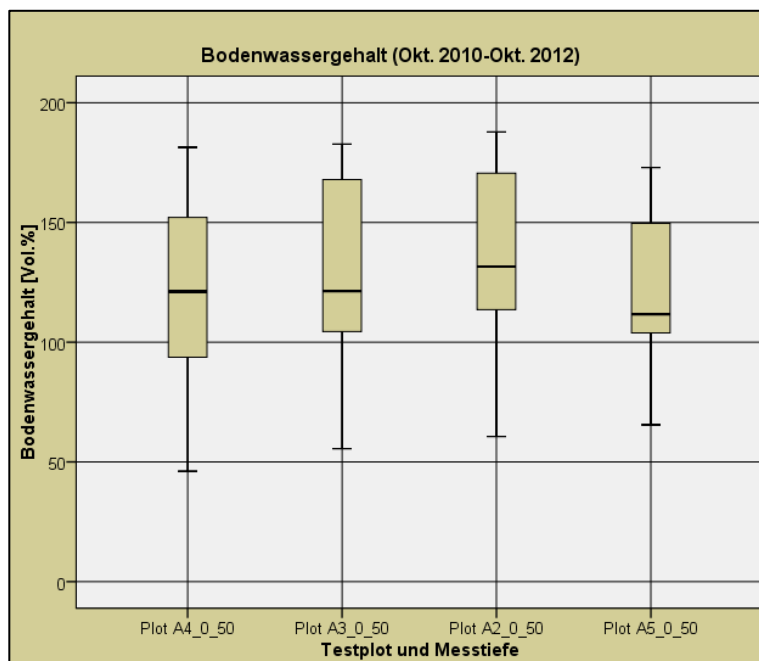
³³ Die naturräumliche Einordnung und Beschreibung des Standorts unter 2.2.1, 3.3.1 und 3.3.2

³⁴ Die Messungen mit der mobilen FDR-Sonde wurden bei Bodenfrost oder Schneebedeckung ausgesetzt

4 Ergebnis

Wertespannweite, von Plot A4 über Plot A3 zu Plot A2, also bei abnehmender Bodenbearbeitungsintensität, einen steigenden Gradienten aufweisen.

Diagramm 23: Werteverteilung des Bodenwassergehalts auf den verschiedenen Versuchsplots des Standorts Artemida in der Tiefe: 0-50 cm, 2010-2012 (*Eigenes Daten*)



Der Medianwert steigt dabei von 121,2 mm auf Plot A4 (konventionelle Bodenbearbeitung) auf 131,6 mm auf Plot A2 (konservierende Bodenbearbeitung). Dies entspricht einer Erhöhung von 10,4 mm/8,6 %.

Tabelle 12: Relevante statistische Parametern der Beprobungen zum Bodenwassergehalt am Standort Artemida (2010-2012) (*Eigene Daten*)

2010-2012	Statistik			
	Plot A4 - Pflug	Plot A3 - Cenius	Plot A2 - Catros	Plot A5 - Zalezh
N	84	84	84	84
Mittelwert	120,3	130,0	136,2	123,1
Median	121,2	121,4	131,6	111,7
25%-Perzentil	93,7	104,0	113,3	113,7
Minimum	46,1	55,5	60,6	65,5
Standartabweichung	35,6	35,7	35,5	29,6

Das 25 %-Perzentil liegt auf Plot A2 bei 113,3 mm und damit um 19,6 mm/20,9 % höher im Vergleich zum konventionell bearbeiteten Plot A4.

Von großer Relevanz für die Landwirtschaft ist vor allem der Bodenwassergehalt während der Anbauperioden der landwirtschaftlichen Kulturen. In dem untersuchten Betrieb Artemida wird 2011 Sommerweizen und 2012 Sommergerste angebaut. Die Anbauperiode erstreckt sich für diese Kulturen von Mai bis August.

4 Ergebnis

Die Analyse der Messwerte zu den beiden Anbauperioden zeigt Unterschiede wie auch Gemeinsamkeiten auf.

Diagramm 24: Bodenwassergehalt – Artemida (0-50 cm), Anbauperiode 2011 (*Eigene Daten*)

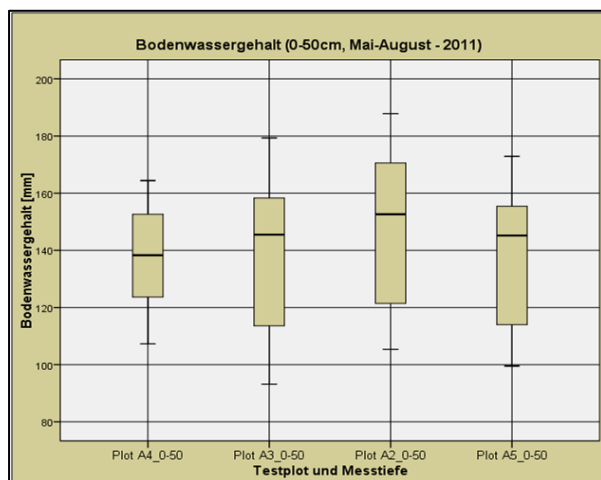
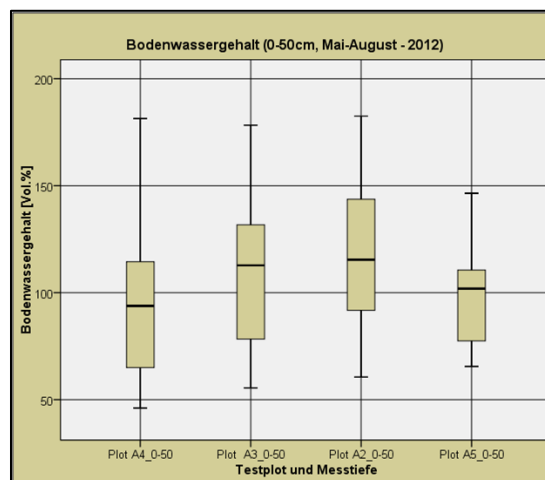


Diagramm 25: Bodenwassergehalt - Artemida (0-50 cm), Anbauperiode 2012 (*Eigene Daten*)



Beim allgemeinen Vergleich der Messperioden wird zuerst deutlich, dass sich der überwiegende Teil der 2012 gemessenen Werte über alle Versuchsplots hinweg auf einem niedrigeren Niveau befindet als 2011, was auf die trockeneren Witterungsbedingungen zurückzuführen ist. Demzufolge sind relevante statistische Parameter wie der Median oder das 25 %-Perzentil 2012 deutlich geringer als 2011 (*siehe Tabelle 13*).

Tabelle 13: Relevante statistische Parameter der Beprobungen (0-50 cm) zum Bodenwassergehalt nach Anbauperioden am Standort Artemina (*Eigene Daten*)

Statistik				
2011/ 2012	Plot A4 - Pflug	Plot A3 - Ceniuss	Plot A2 - Catros	Plot A5 - Zalezh
N (2011)	27	27	27	27
N (2012)	27	27	27	27
Mittelwert (2011)	137,3	138,6	148,0	137,6
Mittelwert (2012)	101,0	112,7	119,6	102,7
Median (2011)	138,3	145,5	152,6	145,2
Median (2012)	93,8	112,8	115,4	101,9
25%-Perzentil (2011)	119,5	110,6	121,4	112,1
25%-Perzentil (2012)	62,1	78,1	91,2	76,7
Minimum (2011)	107,3	93,2	105,4	99,5
Minimum (2012)	46,1	55,5	60,6	65,5
Standardabw. (2011)	17,3	26,5	27,5	23,8
Standardabw. (2012)	43,5	39,7	38,4	26,9

Unter einer differenzierteren analytischen Betrachtung der beiden Untersuchungsperioden und der Berücksichtigung der verschiedenen Bodenbearbeitungsintensitäten wird deutlich, dass sich auch die relativen Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsplots in den untersuchten Perioden verändern.

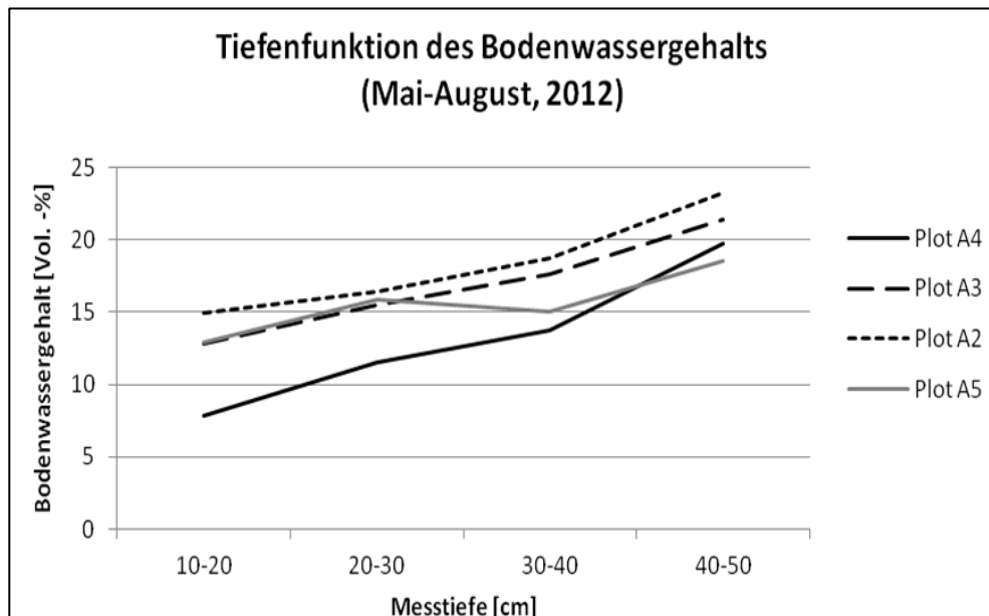
In der Untersuchungsperiode 2012 ist der Anstieg der unteren Wertespannweite und auch des 25 %-Perzentil von Plot A4 über Plot A3 bis zu Plot A2 noch deutlicher ausgeprägt als über den gesamten Untersuchungszeitraum – die untere Wertespannweite steigt von 46,1 mm unter konventioneller Bodenbearbeitung bis auf 60,6 mm auf dem unter konservierender Bodenbearbeitung stehenden Versuchsplot A2; das 25 % Perzentil steigt in gleicher Abfolge von 62,1 mm auf 91,2 mm. In der Anbauperiode 2011 dagegen findet sich dieser Anstieg nicht wieder. Das 75 %-Perzentil und der Median steigen dagegen in beiden Jahren, 2011 und 2012, bei abnehmender Bodenbearbeitungsintensität an.

Die deutlichen Unterschiede im unteren Bereich der Wertespannweite sind von sehr großer Bedeutung für die Wasserversorgung der angebauten Kulturen, insbesondere bei trockeneren Witterungsbedingungen, wie zur Anbauperiode 2012.

Dass die Differenzen während der trockenen Anbauperiode 2012 so markant sind, lässt vermuten, dass sich v. a. unter trockenen Bedingungen eine minimale Bodenbearbeitung günstiger – im Sinne des Pflanzenbaus – auf den Bodenwassergehalt auswirkt.

Der bei abnehmender Bodenbearbeitungsintensität festgestellte steigende Gradient des 25 %- und 50 %-Perzentils und auch der unteren Spannweite ist besonders deutlich in den oberflächennahen Bereichen des Bodens – 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm – zu sehen (siehe Diagramm 26.).

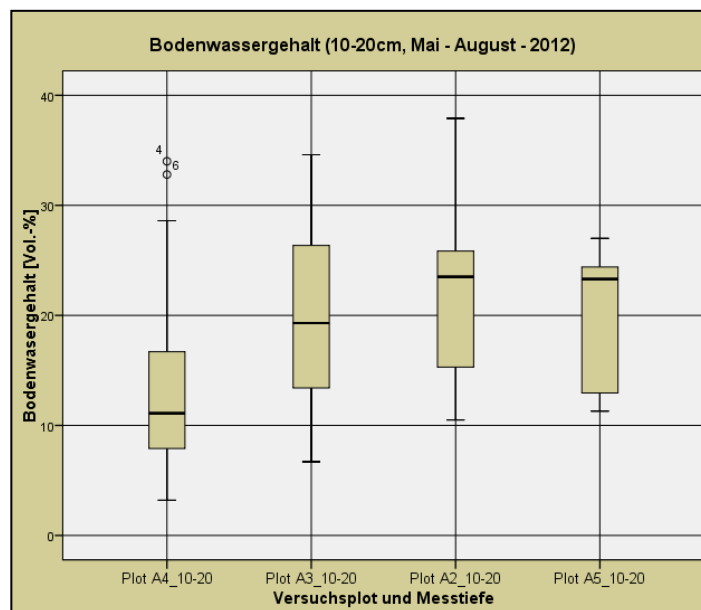
Diagramm 26: Tiefendynamik des Bodenwassergehalts während der Anbauperiode 2012 am Standort Artemida (Eigene Daten)



Der folgende Boxplot (Diagramm 27) veranschaulicht den angesprochenen Gradienten in der oberflächennahen Bodenschicht, zwischen 10 und 20 cm, sehr deutlich.

4 Ergebnis

Diagramm 27: Bodenwassergehalt (10-20 cm) am Standort Artemida, Anbauperiode 2012 (*Eigene Daten*)



In dieser Messtiefe steigt die untere Grenze der oberen 75% der gemessenen Werte zum Bodenwassergehalt (25%-Perzentil) von 7,8 % auf Plot A4 über 12,8 % auf Plot A3 bis auf 14,9 % auf Plot A2 an.

Tabelle 14: Relevante statistischen Parametern der Beprobungen (10-20 cm) zum Bodenwassergehalt am Standort Artemida nach Anbauperioden (*Eigene Daten*)

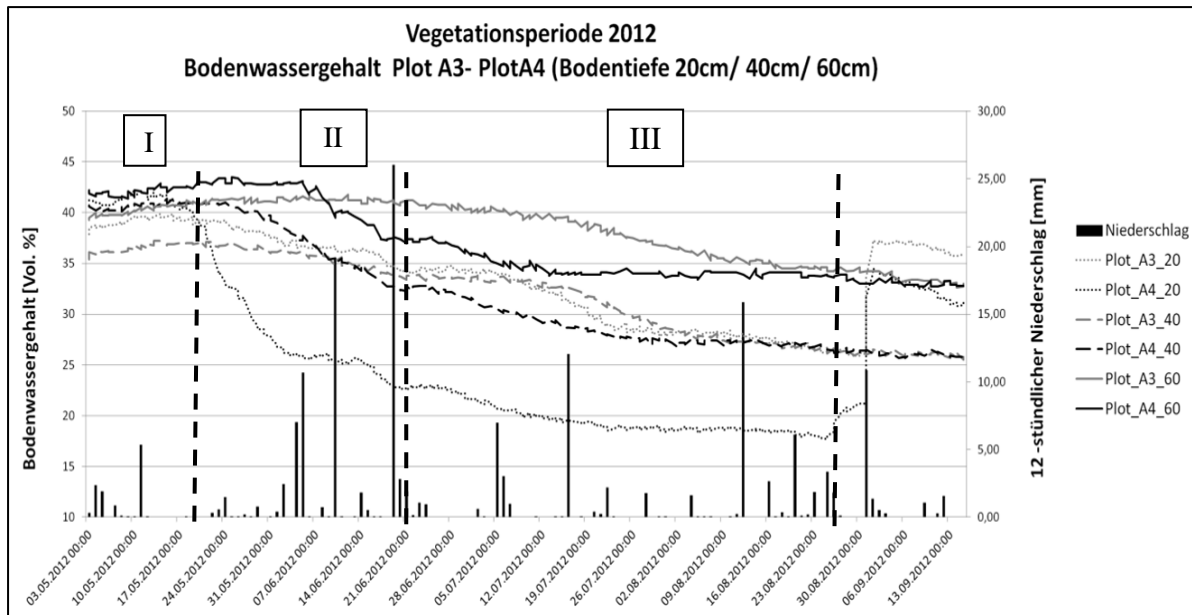
Statistik				
Anbauperiode 2012	Plot A4 - Pflug	Plot A3 - Cenius	Plot A2 - Catros	Plot A5 - Zalezh
N	27	27	27	27
Mittelwert	13,8	20,5	22,8	19,3
Median	11,1	19,3	23,5	23,3
25%-Perzentil	7,8	12,8	14,9	12,9
Minimum	3,2	6,7	10,5	11,3
Standartabweichung	9,2	8,3	8,3	6,0

Diese deutlichen Unterschiede zwischen den verschiedenen Bearbeitungsintensitäten in dem unteren Wertebereich, die sich auch bei der unteren Spannweite zeigen, sind von großer Relevanz, da sich die Werte bereits im Bereich des Permanenten Welkepunkt (nach Laboranalyse 2010: mittlerer PWP im Ah: 16 Vol.- %) oder darunter befinden. Während sich unter der oberflächennahen konservierenden Bodenbearbeitung auf dem Versuchsplot A2 etwa 75% der gemessenen Werte noch oberhalb des Permanenten Welkepunkts liegen, sind es unter der konventionellen Bodenbearbeitung nur unter 50% der Werte. Darin zeigt sich die große Bedeutung der in Abhängigkeit von den verfolgten Bodenbearbeitungsverfahren, insbesondere der Bearbeitungsintensität, unterschiedlichen

Werteverteilungen für das Pflanzenwachstum. Aus der Analyse geht hervor, dass in dem betrachteten Untersuchungszeitraum 2012 bei abnehmender Bodenbearbeitungsintensität mehr Bodenwasser für die Pflanzen zur Verfügung steht, insbesondere in den oberflächennahen Bodenbereichen.

Die stationären Bodenfeuchtemessstationen ermöglichen eine detaillierte Analyse der zeitlichen Dynamik des Bodenwassergehalts in verschiedenen Tiefen. Folgend soll auf den zeitlichen Verlauf der Bodenwasserdynamik auf den Versuchspartellen Plot A3 – konservierende Bodenbearbeitung – und Plot A4 – konventionelle Bodenbearbeitung – in den Tiefen 20, 40 und 60 cm während der Anbauperiode 2012 eingegangen werden.

Diagramm 28: Bodenwasserdynamik am Standort Artemida in der Anbauperiode 2012 (*Eigene Daten*)



Bezüglich des Verlaufs der Bodenfeuchtekurven sind 3 Phasen unterschiedlicher Charakteristik während der Vegetationsperiode 2012 zu erkennen.

Phase I (03.05. – 18.05.2012)

Die Befunde zeigen, dass zu Beginn der Anbauperiode, etwa von Beginn bis zur Mitte des Monats Mai, die Böden auf den untersuchten Testplots in den Tiefen von 20, 40 und 60 cm einen ähnlich hohen Bodenwassergehalt von etwa 40 Vol.-% aufweisen, lediglich die Messsonde in 40 cm Bodentiefe auf dem Plot A2 zeigt etwas geringere Werte an.

Damit liegen die Werte im Bereich bis leicht über der maximalen Feldkapazität (Laboranalyse 2010: 37 – 39 Vol.-%). Der hohe Bodenwassergehalt lässt sich dadurch erklären, dass im April die Schneeschmelzperiode endet und daher große Mengen an Schmelzwasser in den Boden infiltrieren. Das Wasseräquivalent der Schneeaufgabe beträgt vor dem Einsetzen der Schneeschmelze etwa 90 mm/90 l/m².

Dabei zeigen sich landnutzungsbedingte Unterschiede. Auf dem konventionell bearbeiteten Versuchsplot A4 ist der Bodenwassergehalt in allen drei Messtiefen höher als auf dem konservierend bearbeiteten Plot A3 zur Phase I. Die Differenzen betragen am 10.05.2012 in den Tiefen 20/40/60 cm: 5,0/4,1/2,3 Vol.-% (siehe Diagramm 28).

Die Unterschiede deuten darauf hin, dass unter der Pflugbodenbearbeitung das Schmelzwasser besser in den Boden infiltrieren kann als unter der pfluglosen minimierten Bodenbearbeitung.

Phase II (19.05. - 20.06.2012)

Im Verlauf des Monats Mai und Juni kommt es unter relativ trockenen Witterungsbedingungen und einer steigenden Lufttemperatur zum Ab- bzw. teilweise Austrocknen der Böden. Dieser Prozess läuft mit zunehmender Messtiefe zeitlich verzögert und weniger deutlich ab. Während auf Plot A4 in 20 cm Bodentiefe bereits ab Mitte des Monats Mai ein deutliches Abfallen der Bodenfeuchte zu erkennen ist, ist dies in der Bodentiefe von 60 cm erst zu Beginn der zweiten Juniwoche der Fall.

Neben den tiefenbedingten Unterschieden der Bodenwasserdynamik, beeinflusst vor allem die Bodenbearbeitungsintensität diese deutlich.

Die definierte Phase 2 („Abtrocknungsphase“) bezieht sich vor allem auf den konventionell bearbeiteten Plot A4. Wie dem Diagramm entnommen werden kann, fällt die Bodenfeuchte unter dieser Strategie der Bodenbearbeitung sehr stark und abrupt in diesem Zeitraum ab.

Anders entwickelt sich der Bodenwassergehalt unter konservierender Bodenbearbeitung auf Plot A3 nach Ende der Phase I weiter. Der Wassergehalt sinkt hierbei sehr viel moderater und gleichmäßiger, die Abnahme des Bodenwassergehalts lässt sich somit nicht wie bei der konventionell bearbeiteten Versuchsparzelle einer kurzzeitigen Periode bzw. Phase zuordnen, sondern erstreckt sich bis zum Ende der Anbauperiode – zur Ernte am Ende des Monats August. Aufgrund dieser unterschiedlichen Intensität des Abtrocknens der Böden in Abhängigkeit von den Bearbeitungsverfahren kommt es in Phase III zur Umkehr der Bodenfeuchteverhältnisse im Vergleich zur Phase I.

Phase III 21.06. – 25.08.2012

Nach der Phase des deutlichen Absinkens des Bodenwassergehalts auf der konventionellen Versuchsparzelle stabilisieren sich diese etwa ab der dritten Juniwoche, wobei der Zeitpunkt je nach Bodentiefe etwas variiert.

Während zur Phase I auf der Pflugvariante höhere Bodenwassergehalte gemessen werden, hat sich dieses Verhältnis nun umgedreht, so dass zur Phase III ab der dritten Junidekade unter der konservierenden Bodenbearbeitung in allen Tiefenbereichen ein höherer Bodenwassergehalt gemessen wird als auf dem konventionellen Versuchsplot –

A4. Am deutlichsten sind diese Unterschiede von der letzten Junidekade bis zur zweiten Julidekade 2012. Am 10.07.2012 ist der Bodenwassergehalt unter konservierender Bearbeitung – Plot A3 – in 20 cm Tiefe um 12,7 % höher, in 40 cm Tiefe um 3,4 % und in 60 cm Tiefe um 5,0 % höher als unter konventioneller Bearbeitung – Plot A4.

Diese Unterschiede haben eine größere Bedeutung für die angebauten Kulturen als die Differenzen während der Phase I, kurzzeitig nach der Schneeschmelze, da das Niveau des Bodenwassergehalts im Juli bereits deutlich geringer ist. In 20 cm Bodentiefe auf Plot 4 unterschreitet der Bodenwassergehalt bereits die 20 %-Marke und nähert sich damit bereits dem permanenten Welkepunkt, während der Bodenwassergehalt in der gleichen Bodentiefe auf Plot A3 noch über der 30 Marke liegt. Diese zusätzlichen Wasserreserven im Boden sind von großer Bedeutung für die Landwirtschaft, da sie auch bei längeren Dürreperioden, die in der voruralschen Waldsteppenzone regelmäßig auftreten (JAPAROV 2005), eine ausreichende Wasserversorgung der angebauten Kulturen ermöglichen.

Diagramm 29: Bodenwassergehalt – Artemida (2012 – Phase I) (Eigene Daten)

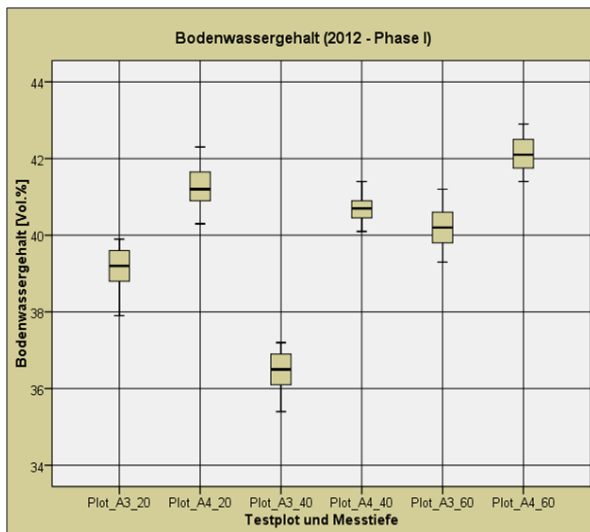
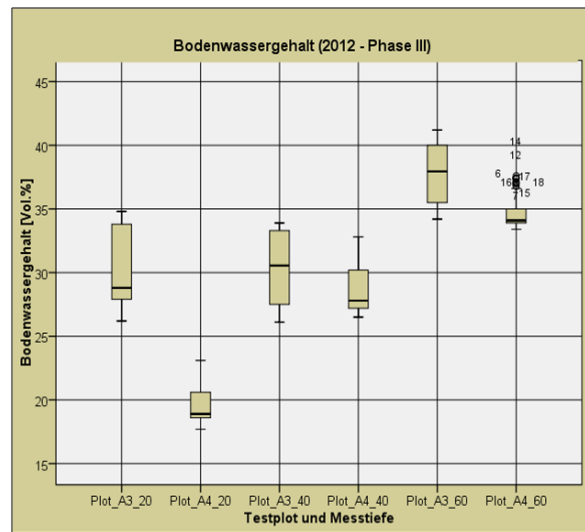


Diagramm 30: Bodenwassergehalt – Artemida (2012 – Phase III) (Eigene Daten)



Die Boxplots geben die in den beiden Phasen I und III unterschiedlichen Bodenfeuchteverhältnisse zwischen den Plots A3 und A4 wieder.

Die bereits angesprochenen besonders großen Unterschiede bei den gemessenen Bodenwassergehaltswerten während der Phase III in 20 cm Bodentiefe zwischen den unterschiedlichen Bodenbearbeitungsintensitäten gehen aus dem Diagramm deutlich hervor. Über 50 % der gemessenen Werte in dieser Tiefe auf Plot A4 befinden sich unterhalb der Marke von 20 Vol.-% Bodenwasser, dagegen liegt die untere Wertespannweite auf Plot A3 in 20 cm Bodentiefe über 25 Vol.-%.

4 Ergebnis

Zum Ende der Anbauperiode nähern sich die Kurvenverläufe zwischen Plot A3 und Plot A4 in den Tiefen von 40 und 60 cm wieder an. In der Tiefe von 20 cm bleiben die großen Unterschiede weiter bestehen.

Tabelle 15: Statistik zu relevanten statistischen Parametern des Bodenwassergehalts während der Phase I und III (2012) (*Eigene Daten*)

Statistik						
2012	A3_20	A4_20	A3_40	A4_40	A3_60	A4_60
N (Phase I)	32	32	32	32	32	32
N (Phase III)	134	134	134	134	134	134
Median (Phase I)	39,2	41,2	36,5	40,7	40,2	42,1
Median (Phase III)	28,8	18,9	30,6	27,8	38,0	34,1
25 %-Perz. (Phase I)	38,8	40,9	36,1	40,4	39,8	41,7
25 %-Perz. (Phase III)	27,9	18,6	27,5	27,2	35,5	33,9
STD (Phase I)	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4
STD (Phase III)	2,9	1,6	2,8	2,0	2,3	1,2

Um zu klären wie diese deutlichen Unterschiede der Bodenwasserdynamik zustande kommen, ist es notwendig die Einflussfaktoren des Bodenwassergehalts näher zu betrachten:

Eine wesentliche Ursache der ungleichen Werteverteilung des Bodenwassergehalts sowie der unterschiedlichen zeitlichen Dynamik des Bodenwassergehalts zwischen den Vegetationsperioden (April-September) 2011 und 2012 besteht in den unterschiedlichen klimatisch-meteorologischen Bedingungen während der beiden Jahre (*Diagramm 31/32*).

Diagramm: 31 Klimatische Wasserbilanz am Standort WBS - 2011 (*Eigene Daten*)

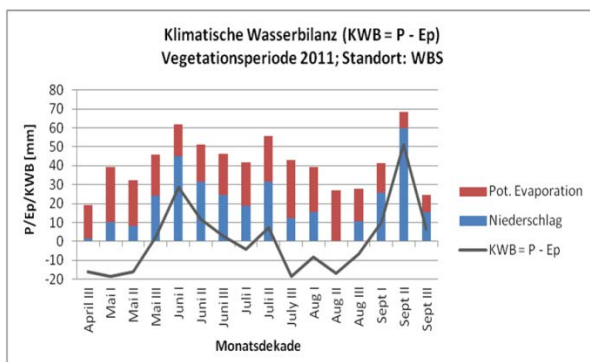
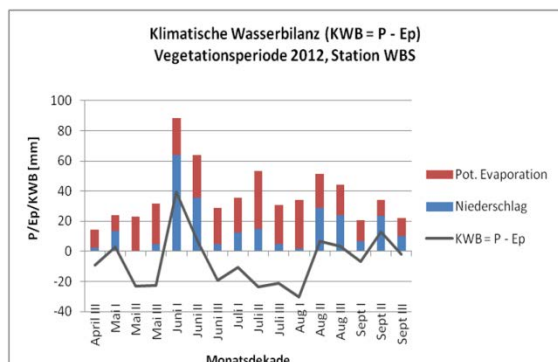


Diagramm 32: Klimatische Wasserbilanz am Standort WBS - 2012 (*Eigene Daten*)



Sie werden besonders in den ermittelten Werten zwischen den gemessenen Niederschlagssummen und der Höhe der potenziellen Evaporation (beide Werte wurden in Dekaden zusammengefasst) erkennbar.

So wird deutlich, dass es im Jahr 2011 einen deutlich höheren Wassereinput für den Bodenwasserhaushalt gab, als dies im Jahr 2012 der Fall war. Das Jahr 2012 war hierbei sehr trocken.

Neben einer deutlich geringeren Schneeeauflage im Frühjahr (Wasseräquivalent 2012: 90 mm; dagegen Wasseräquivalent 2011: 155 mm; Standort WBS), fällt auch weniger Niederschlag während der Vegetationsperiode (N in Vegetationsperiode 2012: 265 mm; dagegen N in Vegetationsperiode 2011: 315 mm). Die gefallenen Niederschläge treten dabei meist als kurzzeitiger Starkregen auf. Sie zeigen kaum erkennbare Reaktion bzw. Erhöhung des Bodenwassergehalts in den Bodenbereichen unterhalb von 20 cm. Dies lässt auf entsprechend hohe Interzeptions- und Verdunstungsverluste, aber auch einen adäquaten Oberflächenabfluss auf den leicht geneigten Testflächen schließen.

Die Bedeutung der Verdunstungsverluste, insbesondere unter trockenen klimatischen Verhältnissen, für den Bodenwasserhaushalt kann auch aus der negativen Korrelation der Bodentemperatur mit dem Bodenwassergehalt in der Vegetationsperiode 2012 geschlussfolgert werden, da die Bodentemperatur die Evaporation bedeutend beeinflusst (SCHLICHTING ET AL. 1995). Aus der Korrelationsmatrix geht somit ein negativer statistischer Zusammenhang zwischen den Zeitreihen der Bodenfeuchte und Bodentemperatur hervor.

Die Korrelation ist auf dem konventionell bearbeiteten Plot (A 4) jedoch stärker als auf dem konservierend bearbeiteten Plot A3. Dies lässt den Schluss zu, dass auf dem Pflugplot die Bodenfeuchte noch stärker von der Bodentemperatur und damit der Evaporation abhängt als dies auf dem konservierend bearbeiteten Testplot A3 der Fall ist.

Tabelle 16: Korrelation nach Pearson zwischen den Messreihen Bodenfeuchte und Bodentemperatur während der Vegetationsperiode 2012 (Plot A4 und Plot A3, 2012) (Eigene Daten)

Bodenfeuchte	Bodentemp. Plot A4 (20cm)*	Bodentemp. Plot A4 (40cm)*	Bodentemp. Plot A3 (20cm)*	Bodentemp. Plot A3 (40cm)*
SM Plot A4 (20cm)*	-0,79	-0,94		
SM Plot A4 (40cm)*	-0,66	-0,84		
SM Plot A3 (20cm)*			-0,56	-0,74
SM Plot A3 (40cm)*			-0,46	-0,65

*n=216

Der Vergleich zwischen den meteorologischen Bedingungen und der Bodenwasserdynamik sowie der Werteverteilung des Bodenwassergehalts lässt erkennen, dass trockene Witterungsphasen und Dürreperioden die positiven Effekte der konservierenden Bodenbearbeitung auf den Bodenwasserhaushalt noch verstärken.

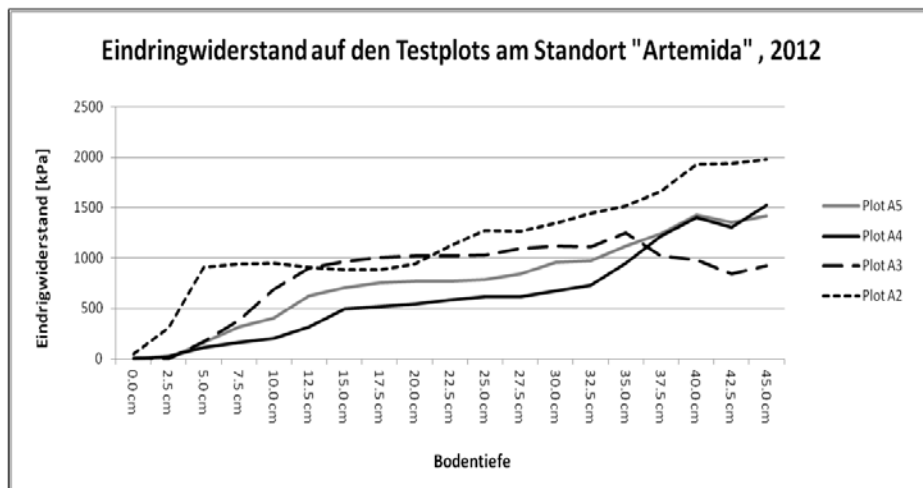
Bodenseitige Steuergrößen des Bodenwassergehalts

Die erzielten Messergebnisse lassen deutlich werden, dass neben den klimatisch-meteorologischen Einflussgrößen auch die Landnutzungsintensität selbst den Bodenwasserhaushalt und seine Dynamik maßgeblich beeinflusst.

Besonders relevant für die Infiltration sind hierbei die Bodenart und das Bodengefüge, da hiervon maßgeblich die Ausbildung des im Boden vorhandenen Porensystems, durch welches der Wassertransport stattfindet, abhängt (EYTH-GESELLSCHAFT AGRARTECHNIK IM VDI 2007, GIESKA 2003, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002).

Während sich die Granulometrie (siehe Tabelle 23/24, Anhang 3/4) der Böden zwischen den Testplots kaum unterscheidet, zeigen sich jedoch größere Differenzen vor allem im Bodengefüge (siehe Tabelle 21/23, Anhang 2/4). Diese werden u. a. aus den Ergebnissen der Penetrometermessungen und Messungen zur Lagerungsdichte sichtbar.

Diagramm 33: Penetrometermessung* am Standort Artemida [Vegetationsperiode 2012 (nach der Ernte)] (Eigene Daten)



* Arithmetischer Mittelwert, n=20/Plot

Die Ergebnisse der Penetrometermessung 2012 deuten darauf hin, dass die Lagerungsdichte im Ap-Horizont der Pflugvariante geringer ist als auf den minimal bearbeiteten Plots A2 und A3. Die Labormessungen zur Bodendichte bestätigen dies. In dem Bereich des Ap-Horizonts von Plot A4 schwankt die Lagerungsdichte von $1,01 \text{ g/cm}^3$ (0-10) bis $1,06 \text{ g/cm}^3$ (20-30). Während sich die Lagerungsdichte innerhalb der unterschiedlich mächtigen Ap-Horizonten zwischen den verschiedenen Plots kaum unterscheidet, bestehen vor allem Unterschiede in den Bodentiefen 10-20 und 20-30 cm, das heißt bereits im A1-Horizont von Plot A2 und A3 (unter 15 cm). In den Bereichen von 10-20 cm und 20-30 cm beträgt die Lagerungsdichte unter Pflugbearbeitung (Plot A4): $1,03$ und $1,06 \text{ g/cm}^3$, unter Ceniuss-Bearbeitung (Plot A3): $1,16$ und $1,25 \text{ g/cm}^3$ sowie unter Catros-Bearbeitung $1,18$ und $1,13 \text{ g/cm}^3$ (Laboruntersuchungen – RAS, 2012). Damit wird

deutlich, dass unter der intensiven mechanischen Bodenlockerung Poren und Hohlräume zwischen den Aggregaten geschaffen werden, was in der Konsequenz zu einer Zunahme der Infiltration führen kann (ZIMMERLING 2004, WOHLRAB ET AL. 1992). Nach den Ergebnissen der Laboranalysen gibt es keine markanten Unterschiede zwischen den Porenvolumina im Ap-Horizont auf beiden Plots (62 Vol.-%), aber unterhalb des Bearbeitungshorizonts von A3 (15 cm) sinkt das Porenvolumen auf 53 %, dagegen liegt es in dieser Tiefe im Ap-Horizont von Plot A4 noch bei 58% [Laboranalysen der Akademie der Wissenschaften Ufa (2012)].

Nach EHLERS (1996) hängt die Erhöhung des Infiltrationskoeffizienten von verschiedenen Faktoren ab. Zum einen führt eine hierbei erhöhte Rauigkeit der Bodenoberfläche, die durch Bodenlockerung erreicht werden kann, zu einer Zunahme der Infiltration. Zum anderen entsteht dabei eine größere Anzahl an Grobporen zwischen den Aggregaten. Die Analysen zur Infiltration zeigen, dass das Wasser im Oberboden bei der Pflugvariante die höchsten Werte aufweist.

Diagramm 34: Wasserleitfähigkeit am Standort Artemida, 2012 (Eigene Daten)

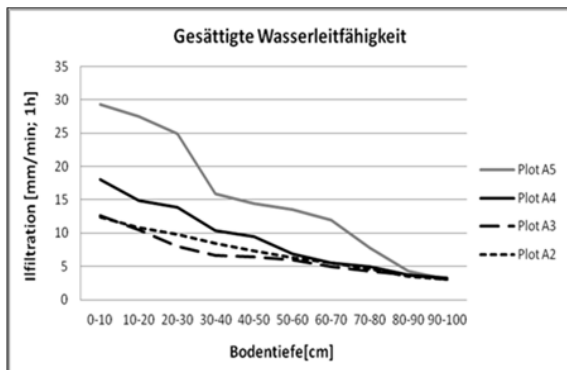
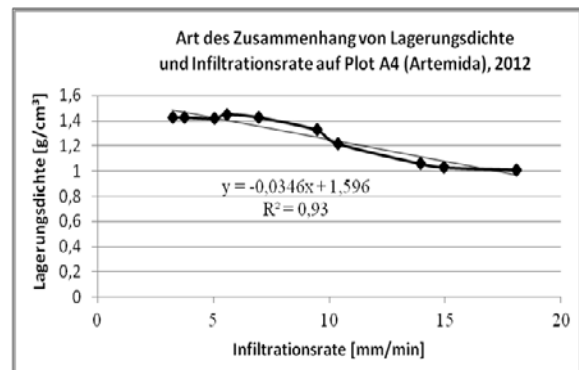


Diagramm 35: Zusammenhang von Lagerungsdichte und Infiltrationsrate am Standort Artemida, 2012 (Eigene Daten)



Damit wirkt plausibel, dass sich die Pflugbodenbearbeitung positiv auf das Infiltrationsvermögen des Oberbodens ausgewirkt hat. Allerdings besteht bei konventionell bearbeiteten Böden ein erhöhtes Risiko von Aggregatzerfall sowie Verschlämmung, was wiederum zu einer Absenkung der Infiltration führen kann (GIESKA 2003, TEBRÜGGE 2003, EHLERS 1996).

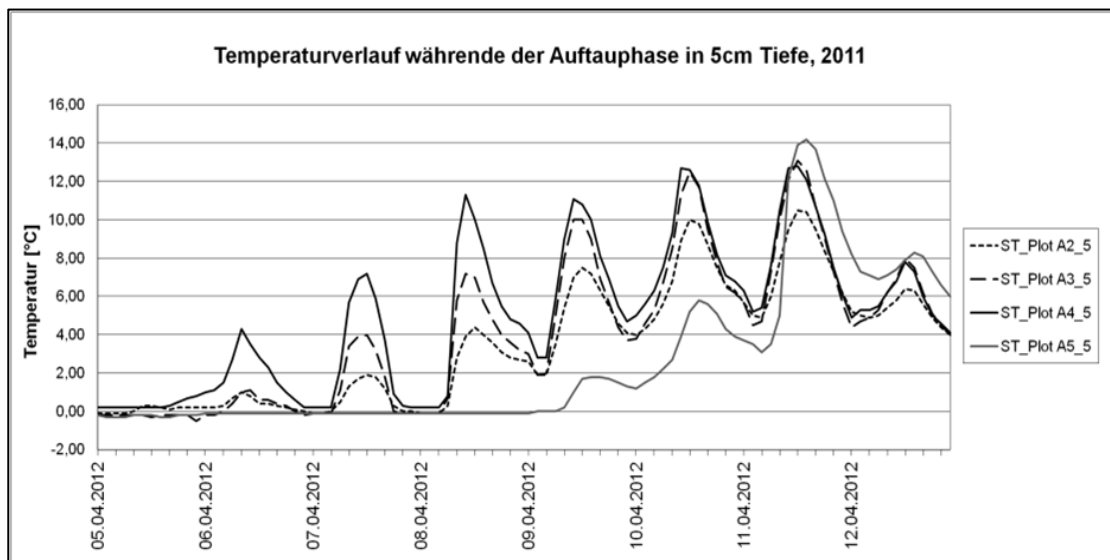
Eigene Untersuchungen zur Aggregatstabilität (Tabelle 23, Anhang 4) auf den Testplots zeigen, dass die Aggregatstabilität im Vergleich zu den anderen Plots unter der Pflugbodenbearbeitung am geringsten ist. Der Koeffizient der Aggregatstabilität sinkt bei zunehmender Intensität der Bodenbearbeitung in den Ap-Horizonten von 92,93 auf Plot A2 auf 88,38 auf Plot A3 auf 79,76 auf Plot A4. Trotz der Differenz, vor allem zwischen der Pflugvariante und den unter konservierender Bodenbearbeitung stehenden Varianten, kann

man die Aggregatstabilität auch auf Plot A4 noch als hoch interpretieren (VADJUNINA & KORCHAGINA 1973).

Die Infiltration ist hierbei besonders im Frühjahr während der Schneeschmelze von großer Bedeutung. Von ihr hängt maßgeblich ab, wie groß der Anteil des Schmelzwassers ist, der vom Boden aufgenommen werden kann und welcher Anteil oberirdisch abfließt und damit erosionswirksam werden kann.

Neben dem vor allem bodenstrukturell bedingten potenziellen Infiltrationsvermögen durch das Bodengefüge ist die Menge an Schmelzwasser wesentlich für die Sickerwassermenge. Untersuchungen zur Schneehöhe und dem Wasseräquivalent auf den Plots ergeben deutliche Unterschiede zwischen den konventionell (Plot A4) und den konservierend bearbeiteten Testplots A2 und A3. Für die Plots A2 und A3 konnte vor Beginn der Schneeschmelze ein Wasseräquivalent von 122 und 116 mm und für Plot A4 ein deutlich höheres Wasseräquivalent von 162mm (n: 30/Plot) ermittelt werden. Die Ursache hierfür besteht vermutlich in der höheren Oberflächenrauigkeit und der somit früher einsetzenden Schneeakkumulation. Am Ende der Schneeperiode sprechen höhere Bodentemperaturamplituden (siehe Diagramm 36) auf der Pflugvariante dafür (ST_Plot A4_5), dass der Boden schneller auftaut und das Sickerwasser aufnehmen kann.

Diagramm 36: Bodentemperaturdynamik in 5cm Bodentiefe – Auftauphase 2011 (Eigene Daten)



Welche Auswirkungen die Infiltrationsrate auf den Bodenwassergehalt hat, zeigt sich insbesondere während der Schneeschmelzperioden 2011 und 2012.

In beiden Perioden steigt der Bodenwassergehalt in den untersuchten Tiefen des A-Horizonts auf dem Pflug-Plot (SM_Plot A4_40) stärker an als auf dem Ceniis-Plot (SM_Plot A4_40) (siehe Diagramm 28 - Bodenwasserdynamik 2012).

Im Frühjahr 2011 steigt, infolge der höheren Infiltrationsrate, auf dem konventionell bearbeiteten Plot A4 der Bodenwassergehalt schneller und höher als auf dem Ceniug-Plot - A3.

Diagramm 37: Entwicklung von Bodenwasser-gehalt -temperatur während der Auftauperiode auf den Testplots A3 und A4, 2011 (*Eigene Daten*)

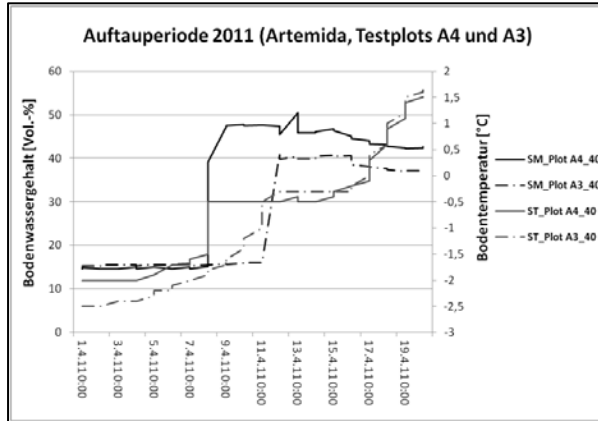
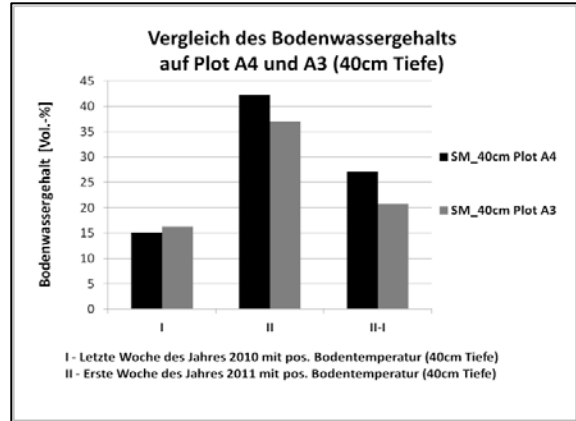


Diagramm 38: Vergleich des Bodenwassergehalts (Plot A4 und A3) vor und nach der Frostperiode (*Eigene Daten*)



Ein weiterer aus der unterschiedlichen Bodenbearbeitung resultierender Einfluss auf den Bodenwasserhaushalt zeigt sich bezüglich der unterschiedlichen Evaporation.

Wie bereits im Abschnitt zu den klimatischen Einflussfaktoren auf den Bodenwassergehalt dargestellt wurde, zeigen Analysen in der Vegetationsperiode 2012 eine deutliche negative Korrelation zwischen der Bodentemperatur und dem Bodenwassergehalt. Ein Vergleich der Bodentemperatur im Oberboden (5 cm) nach der Aussaat des Sommergetreides zwischen den Testplots A4 und A2 macht deutlich, dass sich die oberflächennahe Bodentemperatur auf dem konventionell bearbeiteten Testplot deutlich über der des konservierend bearbeiteten Testplots liegt. Diese Befunde werden auch durch Arbeiten von *KÖLLER & LINKE* (2001) bestätigt.

Diagramm 39: Potenzielle Evaporation auf den Testplots – Artemida, 2011/12 (*Eigene Daten*)

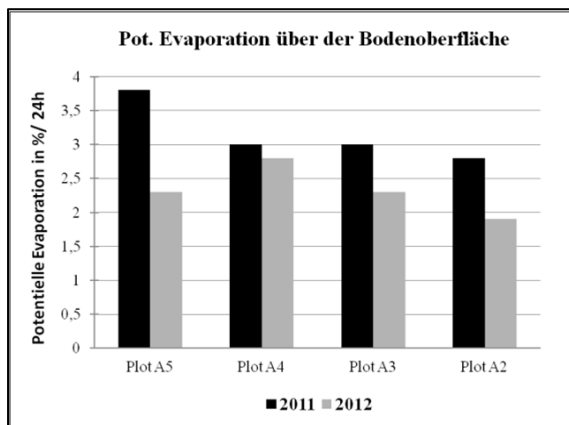
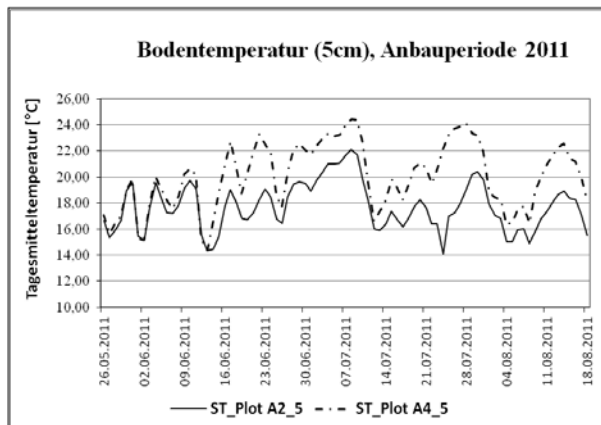


Diagramm 40: Dynamik der Bodentemperatur auf den Testplots – Artemida, 2011 (5 cm) (*Eigene Daten*)



Aufgrund der geringeren Erwärmung der oberflächennahen Bodenschicht auf Plot A2 ist somit auch von einer geringeren Evaporationsrate auszugehen. Außerdem wirkt die Mulchschicht auf dem ungepflügten Testplot A2 wie eine Verdunstungsbarriere. Laboruntersuchungen zur Verdunstungsrate bestätigten dies. Dies bedeutet, dass auf dem konventionell bearbeiteten Testplot A4 mehr Bodenwasser aufgrund der Evaporation verloren geht, als auf den konservierend bearbeiteten Feldern mit einer existierenden Mulchschicht (Testplot A2) (KÖLLER & LINKE 2001, EHLERS 1996).

Tabelle 17: Mittlerer Ertrag auf den Versuchsplots – Artemida (*Eigene Daten*)

Bodenbearbeitung	Sommerweizen [dt/ha] (2011)	Sommergerste [dt/ha] (2012)
Pflug (Plot A4)	40,7	13,2
Cenius (Plot A3)	33,3	17,8
Catros (Plot A2)	28,3	21,8

Hierbei zeigen sich wiederum Unterschiede im Kontext der klimatisch-meteorologischen Variabilitäten. Im Jahr 2011 gab es aufgrund der feuchten Witterungsbedingungen einen ausreichenden Wasserinput, so dass die positive Wirkung der Minimalbodenbearbeitung auf den Bodenwassergehalt kaum oder gar nicht zur Geltung kam. Unter diesen Bedingungen konnten sogar auf dem konventionell bearbeiteten Plot A4 die größten Erträge ermittelt werden.

Unter den sehr trockenen und wärmeren Bedingungen im Jahr 2012 entsteht jedoch ein anderes Bild der Ertragssituation. Der geringe klimatischen Wasserinput und die Fähigkeit der konservierend bearbeiteten Plots (A3 und A2), das Bodenwasser besser zu speichern, hat dazu geführt, dass der Ertrag 2012 auf den konservierend bearbeiteten Plots höher war als auf dem konventionell bearbeiteten Plot.

4.4 Weitere Untersuchungsstandorte – Chronosequenzen

Während an den Untersuchungsstandorten Wasserbilanzstation (siehe unter 4.2) und Artemida (siehe unter 4.3) durch kleinräumige, zeitlich hochaufgelöste Untersuchungen über die Messperiode von 2010 bis 2012 vor allem Erkenntnisse zu den Auswirkungen unterschiedlicher agrarischer Landnutzungsintensitäten und -arten auf die untersuchten Böden, insbesondere den Bodenwasserhaushalt aber auch den Ertrag, generiert werden, besteht das Ziel an weiteren für die voruralische Waldsteppenzone repräsentativen Standorten auch Erkenntnisse zu den langfristigeren landnutzungsinduzierten bodenseitigen Veränderungen im Untersuchungsgebiet zu erlangen. Zusätzlich soll durch die Erweiterung der Untersuchungsstandorte und Messergebnisse bzw. Datenauswertungen eine höhere Repräsentativität der Aussagen für den Landschaftsraum voruralische Waldsteppe erreicht werden.

Realisiert werden können die Untersuchungen zur Langzeitdynamik durch die Einbeziehung bereits vorhandenen Datenmaterials des Wissenschaftszentrum Ufa der Russischen Akademie der Wissenschaften in Ufa (Bodenkundliches Labor am Institut für Biologie).

In den 1970er und 1980er Jahren wurden durch Wissenschaftler dieser Einrichtung Untersuchungen zu den Eigenschaften unterschiedlich stark erodierter Böden im voruralischen Teil Baschkortostans durchgeführt (*KHABIROV 1995* [Pochvy Bashkortostana]).

Auf der Basis dieser Daten und mit Unterstützung dieser Wissenschaftler können die Untersuchungsstandorte erneut analysiert werden, um so, im Sinne von Chronosequenzen, Erkenntnisse zur weiteren Veränderung der Bodenparameter zu generieren.

Die bodenanalytischen Untersuchungen werden dabei nach denselben Methoden, wie in den 1970er und 1980er Jahren durchgeführt (*ARINUSHKINA 1970, VADJUNINA & KORCHAGINA 1986*). Die Probenentnahme erfolgt auch in den gleichen Horizonten und Tiefen wie zur Probenentnahme in den 1970er Jahren.

In die Untersuchungen werden zudem an den Standorten C2 und C3 die in der voruralischen Waldsteppenzone üblichen Fruchtwechselfolgen Getreide-Brache-Gräser [russ. Zernoparotravjanoj sevooborot] und an den Standorten C1-1/C1-2/C1-3 die Fruchtwechselfolge Getreide-Hackfrucht (russ. Zernopropashnoj sevooborot) in die Betrachtung einbezogen. Dabei gilt das besondere Interesse dem Fruchtwechsel: Getreide-Brache-Gräser, da von ihm grundsätzliche Effekte zum Bodenschutz erwartet werden (*siehe Karte 7*).

Tabelle 18: Standorte der Chronosequenzen* (*Eigene Daten*)

Standort	Landschaftszone/ Agrarbodenzone	Bodentyp: SMR/SMW	Bodenbearbeitungsmethode/ Fruchtwechselfolge
C2	Voruralische Waldzone/ Nördliche Waldsteppenzone	Grey Forest/Eutric Podzoluvisol	Minimale Bodenbearbeitung, Getreide-Brache-Gräser
C3	Voruralische Waldzone/ Nördliche Waldsteppenzone	Dark Grey Forest/Haplic Greyzems	Kombinierte Bodenbearbeitung Getreide-Brache-Gräser
C1-1	Voruralische Waldzone/ Nördliche Waldsteppenzone	Podzolic Chernozems/ Luvic Phaeozems	Konventionelle Bodenbearbeitung, Getreide-Hackfrucht
C1-2	Voruralische Waldsteppenzone/ Südliche Waldsteppenzone	Typic Chernozems/ Haplic Chernozems	Konventionelle Bodenbearbeitung, Getreide-Hackfrucht
C1-3	Voruralische Waldsteppenzone/ Südliche Waldsteppenzone	Leached Chernozems/ Luvic Chernozems	Konventionelle Bodenbearbeitung, Getreide-Hackfrucht
C4 (Kavkaz)	Voruralische Waldsteppenzone/ Südliche Waldsteppenzone	Leached Chernozems/ Chernozems Luvic	Konventionelle Bodenbearbeitung, Getreide-Hackfrucht

* Lageeinordnung unter 3.1 – Karte 7

Die betrachteten Standorte decken somit das gesamte typische Spektrum der Bodenbearbeitungsverfahren von der minimalen Bodenbearbeitung über die kombinierte Bodenbearbeitung bis hin zur konventionellen Bodenbearbeitung mit wendenden Pflugaggregaten ab. Hierbei ergibt sich zudem die Möglichkeit, Langzeitwirkungen verschiedener Intensitätsstufen der Bodenbearbeitung sowie verschiedener Fruchtwechselfolgen auf landwirtschaftlich relevante Bodenparameter zu untersuchen.

Ein bedeutsamer Indikator zur Bestimmung des Degradationsgrades von Böden stellt die Veränderung der Mächtigkeit der Bodenhorizonte dar (aktueller Identifikationsschlüssel - *KOMITEE DER RUSSISCHEN FÖDERATION FÜR LANDRESSOURCEN UND RAUMPLANUNG 1994*). Da die diesbezüglichen Untersuchungen bis in die 1970er Jahre zurückreichen und zu dieser Zeit ein anderer Indikationsschlüssel genutzt wird, wird für die eigenen Arbeiten auch auf diesen Indikationsschlüssel (*SOBOLEV 1961, 1973*) zurückgegriffen.

Die Analysen ergeben, dass unter den Bedingungen der Getreide-Hackfrüchte-Fruchtwechsel und einer konventionellen Bodenbearbeitung mit wendenden Pflugaggregaten sich nicht nur an Standorten mit einem mittleren und starken

4 Ergebnis

Erosionsgrad, sondern auch an den in den 1970er Jahren noch nicht oder nur schwach erodierten Messpunkten auf den schwach geneigten Hangabschnitten die Mächtigkeit der Bodenhorizonte des humosen Oberbodens klar verringert hat (*siehe Tabelle 19*).

Tabelle 19: Horizontmächtigkeiten an den Chronosequenzmesspunkten (*Eigene Daten*)

Degradationsstufe ³⁵ bei Erstbeprobung	Mächtigkeit der Horizonte bezüglich der unteren Grenze [cm]			
	Ap+A1		Ap+A1+AB	
	I	II	I	II
C2: Grey Forest (SMR)/ Eutric Podzoluvisol (FAO) (Minimalbodenbearbeitung, Fruchtwechsel: Getreide-Brache-Gräser)				
P0 Referenzboden		35		50
P1 Keine Erosion	27	33	39	50
P2 Schwache Erosion	23	29	25	50
P3 Mäßige Erosion	-	-	22	27
P4 Starke Erosion	-	-	-	10
C3: Dark Grey Forest (SMR)/Haplic Greyzem (FAO) (Kombinierte Bodenbearbeitung, Fruchtwechsel: Getreide-Brache-Gräser)				
P0 Referenzboden		48		63
P1 Keine Erosion	46	45	53	53
P2 Schwache Erosion	25	23	34	34
P3 Mäßige Erosion	-	-	26	26
C1-1: Podzolic Chernozem (SMR)/Luvic Phaeozems (FAO) (Konventionelle Bodenbearbeitung, Fruchtwechsel: Getreide-Hackfrucht)				
P0 Referenzboden		53		65
P1 Keine Erosion	50	47	62	59
P3 Mäßige Erosion	-	-	36	34
P4 Starke Erosion	-	-	20	15
C1-2: Typic Chernozem (SMR)/Haplic Chernozems (FAO) (Konventionelle Bodenbearbeitung, Fruchtwechsel: Getreide-Hackfrucht)				
P0 Referenzboden		47		60
P1 Keine Erosion	44	40	58	55
P2 Schwache Erosion	35	32	45	45
P3 Mäßige Erosion	-	-	28	20
P4 Starke Erosion	-	-	-	-
Bestimmungszeitraum: I – 1975-1977, II – 2010-2011				

Gegenwärtig können auf den beiden konventionell bearbeiteten Standorten C1-1 und C1-2 an allen untersuchten Messpunkten stärkere Erosionsschäden nachgewiesen werden.

Am Standort C1-1 in der voruralschen Waldzone, an dem zur Erstbeprobung in den 1970er Jahren noch keine erosionsbedingte Profilverkürzung erkennbar war, lässt sich eine

³⁵ Nach Sobolev S. S. 1961, 1973

deutliche Abnahme der Mächtigkeit des Ap+A1 Horizonts nachweisen. An den vor 38 Jahren ebenfalls noch kaum erodierten Messpunkt C1-1-P1 wird eine Profilverkürzung um 3 cm von 50 auf 47 cm festgestellt. Am Standort C1-2 in der voruralischen Waldsteppenzone können bei den dortigen Typic Chernozems ebenfalls Verluste der Horizontmächtigkeiten des Oberbodens festgestellt werden. Die ehemals nicht oder nur schwach erodierten Böden an den Messpunkten C1-2-P1 und C1-2-P2 weisen ebenfalls eine Verkürzung des Ap+A1 Horizonts von 44 cm um 4 cm (C1-2-P1) und von 35 cm um 3 cm (C1-2-P2) auf.

An den Messpunkten auf den konventionell bearbeiteten Schlägen mit mäßiger bis starker Erosionsschäden (C1-1-P3/P4 sowie C1-2-P3) sind bereits gegenwärtig schon keine deutlich ausgebildeten Ap- und A1-Horizonte mehr vorhanden.

Die Abtragung der Ap- und A1-Horizonte und teilweise sogar schon auch der AB-Horizonte (C1-2-P3) führt zu einer bräunlichen Färbung des Bodens an der Oberfläche. Durch die Pflugbodenbearbeitung wird somit in den Bereichen mäßiger bis starker Erosionsschäden (SOBOLEV S. S. 1961,1973) schon Material aus dem B-Horizont in den Ap-Horizont integriert. Dies führt zu einer bräunlichen Färbung der sonst schwarz gefärbten Bodenoberflächen der Tschernoseme.



Abb.10 : Stark erodierter Typic Chernozem - Messpunkt S4-P4
(Eigenes Foto 2011)



Abb. 11: Verlust des A-Horizonts (Eigenes Foto 2011)

Eine andere Situation zeigt sich demgegenüber an den Standorten C2 und C3. Am Standort C3 (kombinierte Bodenbearbeitung, Getreide-Brache-Gräser Fruchtwechsel) ist die Mächtigkeit des Oberbodenhorizonts Ap+A1+AB bis auf minimale Veränderungen über die untersuchten 35 Jahre nahezu gleich geblieben. Lediglich auf den ehemals nicht und leicht erodierten Hangpunkten C3-P1 und C3-P2 werden minimale Abnahmen des Ap-/A1-Horizontes erkannt.

Am Standort C2 (minimale Bodenbearbeitung, Getreide-Brache-Gräser-Fruchtwechsel), der die geringste Bearbeitungsintensität aufweist, haben sich in den letzten 35 Jahren in den Oberbodenhorizonten (Ap/A1/AB), wie auch bei den Standorten unter der kombinierten Bodenbearbeitung an Standort C2 kaum Veränderungen, z. T. sogar ein Anstieg der Horizontmächtigkeiten des Oberbodens, ermitteln lassen. So steigt die Mächtigkeit des Ap+A1-Horizonts von der Bodenoberfläche an den Standorten ehemals nicht bis schwach erodierter Böden, C2-P1 und C2-P2, um 6 cm.

Auch die Mächtigkeit der Horizontabfolge Ap+A1+AB vergrößert sich damit an allen vier untersuchten Messpunkten. Am größten ist diese Zunahme der Mächtigkeit an den Messpunkten C2-P1 und C2-P2, bei gering bis nicht erodierten Böden, feststellbar. Die Erhöhung der Oberbodenmächtigkeiten an Messpunkt C2-P1 betrug 11 cm und an Messpunkt C2-P2 sogar 25 cm.

Aber auch an den Punkten der zur Erstaufnahme mäßig bis stark erodierten Böden können deutliche Zunahmetendenzen der humusreichen Horizonte ermittelt werden. An Messpunkt C2-P3 nahm die Horizontabfolge Ap-A1-AB um 5 cm zu. Am Messpunkt C2-P4 bildet sich nach dem ursprünglichen kompletten Verlust der Humushorizonte nach 35 Jahren wieder ein mit Humus angereicherter Horizont (AB-Horizont) mit einer Mächtigkeit von etwa 10 cm heraus.

Am Standort C 4 - Kavkaz³⁶ - sollen durch die Aufnahme eines engmaschigen Rasters an Profilpunkten auf einem schwach bis mittelstark geneigten Hang (KA5) die räumliche Differenzierung der Oberbodenmächtigkeiten am Beispiel der dort vorkommenden Leached Chernozems (SMR) ermittelt werden, um so Aussagen zu den morphologisch bedingten Unterschieden der Erosionbeeinflussung sichtbar zu machen.



Abb. 12: Geländesituation – Kavkaz (untersuchter Hang ist grot markiert) (*Eigenes Foto 2011*)



Abb. 13: Anlegen der Messpunkte an dem erodierten Untersuchungshang am Standort Kavkaz (*Eigenes Foto 2011*)

³⁶ Lageeinordnung im Einleitungsteil

Die Ergebnisse (eigene Messwerte) der Untersuchungen werden mittels der Kriging-Methode auf das betrachtete Areal interpoliert. Hieraus ergibt sich ein differenziertes Bild bezüglich der Oberbodenmächtigkeiten.

Die geringste Mächtigkeit der zusammengefassten Ap+A1+AB Horizonte wird im mittleren Bereich des untersuchten Hangabschnitts bei geringer bis mittelstarker Hangneigung (KA5) festgestellt. In diesem Bereich erreichen die humusreichen Horizonte Ap+A1+AB in ihrer Gesamtmächtigkeit nicht mehr als 45 cm (Interpolationswert).

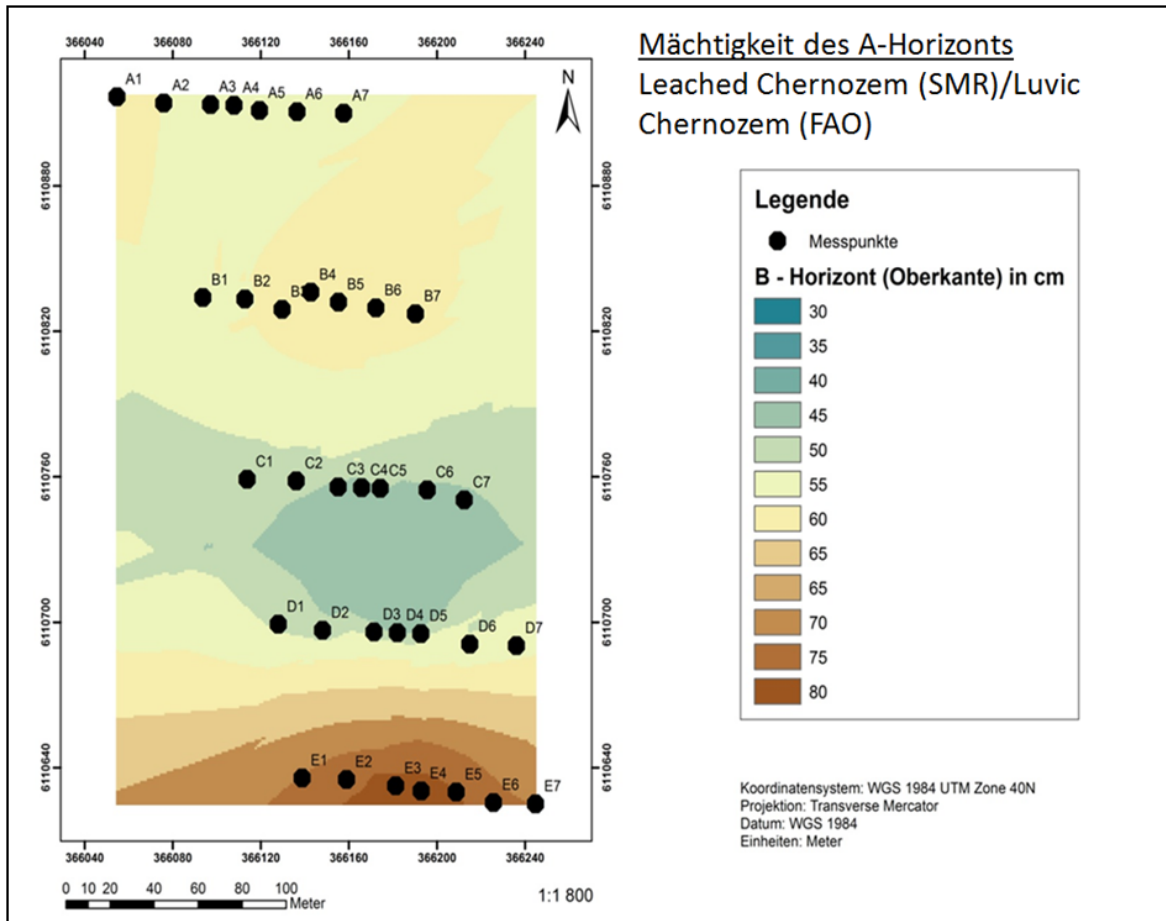


Abb. 14: Messpunktraster zur Mächtigkeit des Oberbodens als Indikator des Bodendegradationsgrads (*Eigene Daten*)

Im oberen Teil des untersuchten Hangabschnitts, der durch einen Erosionsschutzstreifen (Gehölze und Sträucher) begrenzt wird, liegt die Obergrenze des B-Horizonts bei etwa 55 bis 60 cm. Dies zeigt, dass der Oberboden (Ap+A1+AB) dort bei gleicher Hangneigung um deutliche 20-30 % mächtiger ist als im mittleren Hangbereich. Die interpolierten Bodenwerte am flacheren Unterhang zeigen, dass sich in diesem Akkumulationsbereich bis zu 80 cm mächtige Oberböden ausgebildet haben (Ap+A1+AB).

Aus der Karte geht weiter hervor, dass die den humosen Oberboden betreffenden Erosionsverluste und Akkumulationen in den zentralen Bereichen der Messreihen (Messreihen: C/D/E) besonders stark ausgeprägt sind. Im Akkumulationsbereich zeigt sich

demgegenüber eine Art „Fächerstruktur“, wobei die Mächtigkeit der Akkumulationen von den zentralen Bereichen (Messpunkte: E3/E4) nach außen abnimmt. Die Konzentration der Erosionserscheinungen bei den mittleren Messpunktwerten deutet auf die Entwicklung linearer Erosionsstrukturen hin.

Einen wesentlichen Beitrag für die ursächlich hierfür verantwortliche starke Wassererosion dürften die Schneeakkumulationen an dem oberen Ende des untersuchten Hangabschnitts hinter den dortigen Erosionsschutzstreifen leisten. Deren Abschmelzen führt vor allem im Frühjahr zu einem erhöhten Oberflächenabfluss und einer dadurch generierten Erosionsleistung.

In Zusammenarbeit mit der Staatlichen Universität für Luft- und Raumfahrt in Ufa werden diesbezüglich auch unterschiedliche Satellitenbilder (SPOT-4) genutzt, um Erkenntnisse zur Art und Intensität der Erosionsprozesse zwischen 2006 und 2009 zu gewinnen. Dabei zeigt sich, dass die Ausdehnung der linearen Erosionsstrukturen unter den Bedingungen einer konventionellen Bodenbearbeitung und bearbeitungsintensive Fruchtwechsel (Getreide-Hackfrüchte) zwischen 2006 und 2009 deutlich zunimmt (*FRÜHAUF & LIEBELT 2014*). Das Ergebnis zu den erosionsbedingten Veränderungen der Horizontmächtigkeiten im humosen Oberboden am Standort C4 (Kavkaz) untermauert damit auch die Untersuchungsergebnisse an den Standorten C1-1 und C1-2. Auch hier zeigt sich, dass die Böden an leicht bis mittelstark geneigten Hängen unter konventioneller wendender Pflugbodenbearbeitung und unter bearbeitungsintensiven Fruchtwechseln eine höhere Erosionsentwicklung aufweisen. Ein weiterer Faktor, der sowohl für die Bodenfruchtbarkeit von großer Relevanz ist als auch als Indikator der Bodendegradation genutzt werden kann, ist der Humusgehalt von Böden (*ROSKOMZEM 2004*). Die diesbezüglichen Ergebnisse an den Standorten C1-1, C1-2, C2 (siehe Tabelle 20) zeigen, dass sich die Entwicklung des Humusgehalts in den untersuchten oberen 20 cm des Bodens analog der Erosionsentwicklung, bzw. der Veränderung der Mächtigkeit der mit Humus angereicherten Horizonte Ap+A1+AB-Horizonts zwischen 1975/76/77 und 2010/11 verhalten.

So können an allen konventionell bearbeiteten Standorten C1-1, C1-2 und C1-3 gegenüber den Ergebnissen der 35 Jahre zurückliegenden Befunde, deutliche Humusverluste in den untersuchten oberen 20 cm der Böden festgestellt werden. Die größten Humusverluste gegenüber den Beprobungen werden an den Messpunkten mit schwachem bis mittlerem Erosionsgrad³⁷ registriert (*siehe Tabelle 20*). Am Messpunkt C1-1-P3 (konventionelle Bodenbearbeitung, Getreide-Hackfrüchte-Fruchtwechsel, mäßig erodierter Hangabschnitt) sinkt der Humusgehalt in den oberen 20 cm des Ap-Horizonts von 9,15 % um 2,71 % auf 6,44 %. Das entspricht einem absoluten Humusverlust von 28,5 t/ha über den

³⁷ Wie auch bei den Untersuchungen zu den Horizontmächtigkeiten bezieht sich der Erosionsgrad auf den Zeitpunkt der Profilerstaufnahme der 1970er Jahre

4 Ergebnis

Untersuchungszeitraum von 35 Jahren und somit einer deutlichen Abnahme des Humusvorrats von 179,1 t/ha auf 150,6 t/ha. Dagegen können an den stark erodierten Messpunkten auf den konventionell bearbeiteten Standorten nur weniger deutliche Veränderungen des Humusgehalts registriert werden.

Tabelle 20: Bodenchemische Parameter an den Chronosequenzmesspunkten (0-20cm) (*Eigene Daten*)

Degradationsstufe ³⁸ bei Erstbeprobung	Humus [Masse %]		Humus [t/h]a		N (gesamt) [mg/kg]		P (gesamt) [mg/100g]	
	I	II	I	II	I	II	I	II
C2: Grey Forest (SMR)/Eutric Podzoluvisol (FAO) (Minimalbodenbearbeitung, Fruchtwechsel: Getreide-Brache-Gräser)								
P0 Referenzboden	-	3,43	-	89,2	-	2568	-	160,3
P1 Keine Erosion	2,90	3,02	59,2	61,6	1868	2148	163,0	131,7
P2.1 Schwache Erosion	2,51	2,89	57,2	65,9	1753	1860	121,8	114,0
P2.2 Schwache Erosion (Zalezh) ³⁹	2,51	3,32	57,2	86,3	1753	2004	121,8	127,8
P3 Mäßige Erosion	2,77	2,88	72,0	74,9	1765	1110	118,1	106,7
P4 Starke Erosion	1,55	1,75	40,9	44,0	1198	882	117,0	125,4
C3: Dark Grey Forest (SMR)/Haplic Greyzem (FAO) (Kombinierte Bodenbearbeitung, Fruchtwechsel: Getreide-Brache-Gräser)								
P0 Referenzboden	-	10,04	-	188,4	-	2634	-	413,8
P1 Keine Erosion	6,40	6,89	147,2	151,6	3497	3720	132,1	163,0
P2 Schwache Erosion	4,31	5,15	107,8	108,2	2499	2520	124,4	150,5
P3 Mäßige Erosion	4,11	3,98	92,1	89,2	1986	1614	102,8	90,5
C1-1: Podzolic Chernozems (SMR)/Luvic Phaeozems (FAO) (Konventionelle Bodenbearbeitung, Fruchtwechsel: Getreide-Hackfrucht)								
P0 Referenzboden	-	10,18	-	238,2	-	3708	-	228,5
P1 Keine Erosion	10,75	10,16	219,3	207,3	5053	4335	233,6	203,8
P3 Mäßige Erosion	9,15	6,44	179,1	150,6	5009	2556	235,4	175,5
P4 Starke Erosion	6,05	4,95	112,1	100,4	3077	1582	179,9	94,0
C1-2: Typic Chernozems (SMR)/Haplic Chernozems (FAO) (Konventionelle Bodenbearbeitung, Fruchtwechsel: Getreide-Hackfrucht)								
P0 Referenzboden	-	8,59	-	172,0	-	4176	-	131,5
P1 Keine Erosion	7,89	7,68	151,4	145,9	4287	3930	139,6	96,3
P2 Schwache Erosion	7,50	6,53	150,0	129,3	3868	3870	136,3	108,6
P3 Mäßige Erosion	6,74	4,77	130,8	87,8	4231	3696	129,3	100,4
P4 Starke Erosion	4,39	4,44	87,8	88,0	2844	3282	90,4	93,5
Bestimmungszeitraum: I – 1975-1977, II – 2010-2011								

³⁸ Nach Sobolev S. S. 1961, 1973

³⁹ Zalezh ist die russische Bezeichnung für ackerbaulich aufgegebenes (nicht bearbeitetes) Land

Dies ist damit zu erklären, dass zum einen der Humusgehalt bereits zur Beprobung in den 1970er Jahren an diesen Hanglagen auf einem relativ niedrigen Level liegt und zum anderen sich möglicherweise Humus von höher gelegenen Reliefelementen teilweise dort abgelagert. Dies ist auch eine Erklärung dafür, dass an dem stark erodierten Messpunkt C1-2-P4, welcher unter konventioneller Bodenbearbeitung steht und bei dem Getreide-Hackfrüchte-Fruchtwechsel betrieben wird, der Humusgehalt im Ap-Horizont (0-20 cm) sogar minimal ansteigt.

Andere Tendenzen der Humusentwicklung zeigen sich dagegen an den Standorten unter einer geringeren Bearbeitungsintensität und „Getreide-Brache-Gräser“ Fruchtwechseln (C2 und C3). Wie der Tabelle 20 entnehmbar ist, steigt der Humusgehalt von 1975/76/77 bis 2010/11 unter der Minimalen Bodenbearbeitung im Ap-Horizont deutlich an. Besonders stark ist dies am Messpunkt C2-P2.2, der als Zalezh bezeichnet wird, nachweisbar. Hier steigt der Humusgehalt in einer Bodentiefe von 0-20cm im Untersuchungszeitraum von 2,51 % auf 3,32 %. Folglich erhöht sich der Humusvorrat in dem Horizont von 57,2 t/ha um 29,1 t/ha auf 86,3 t/ha.

An dem unter Bodenbearbeitung stehenden Messpunkt C2-P2.1 auf demselben Hang und mit dem gleichen Erosionsgrad kann demgegenüber lediglich ein Anstieg des Humusgehalts um 8,7 t/ha nachgewiesen werden.

Dies ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass die Entwicklung des Humusgehalts nicht nur maßgeblich von der Nutzungsintensität, im Sinne unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren, sondern auch von der Nutzungsqualität, im Sinne der Art der Nutzung bzw. „Nichtnutzung“, abhängig ist und gesteuert werden kann.

Auch die Stickstoff- (Gesamtstickstoff) und Phosphorgehalte (Gesamtphosphor), welche für den Pflanzenbau von großer Bedeutung sind, verändern sich in Abhängigkeit des Erosionsgrades und der landwirtschaftlichen Nutzungsgeschichte über die 35 Jahre des Untersuchungszeitraums. Hierbei zeigen sich bezüglich der Entwicklung des Gesamtstickstoffgehalts deutliche Parallelen zu der Entwicklung des Humusgehalts.

So werden an den Messpunkten C2-P1, C2-P2.1, C2-P2.2 und C3-P1 unter minimaler und kombinierter Bodenbearbeitung eine Zunahme des Stickstoffgehalts von bis zu 15 % (C2-P1, C2-P2.2) festgestellt. Dagegen sinkt der Stickstoffgehalt an allen Messpunkten auf dem konventionell bearbeiteten Standort C1-1, an Messpunkt C1-1-P3 sogar um 49 %.

Eine Ausnahme stellt der Messpunkt C1-2-P4 dar. An dem stark erodierten und konventionell bearbeiteten Untersuchungspunkt stieg der Stickstoffgehalt, entgegengesetzt zur allgemeinen Tendenz auf den konventionell bearbeiteten Standorten um etwa 15 %. Die gegenläufige Entwicklung an diesem Messpunkt kann auch bezüglich des Humusgehalts festgestellt werden und ist vermutlich ebenfalls auf die Umverteilung von höher gelegenen Teilen des Reliefs zurückzuführen.

Anders verhalten sich die Ergebnisse zu den Phosphorgehalten. Diese sinken auch am Standort C2 unter minimaler Bodenbearbeitung mit Getreide-Brache-Gräser-Fruchtwechselln, wie beispielsweise am Messpunkt C2-P1 um etwa 19 %. Es scheint offensichtlich, dass die Entwicklung des Phosphorgehalts nicht nur von den Erosionsprozessen, sondern auch von den in der post-sowjetischen Landnutzungsphase stark verringerten Düngemittelapplikationen bestimmt wird (Tabelle 20).

Die Ergebnisse der Untersuchungen zu den bodenphysikalischen Parametern unter konventioneller Bodenbearbeitung am Standort C1-2 zeigen, dass sich die Lagerungsdichte und die Porosität über den gesamten betrachteten Untersuchungszeitraum kaum verändert haben und nach 35 Jahren weiterhin in einem für die ackerbauliche Nutzung günstigen Bereich liegen.

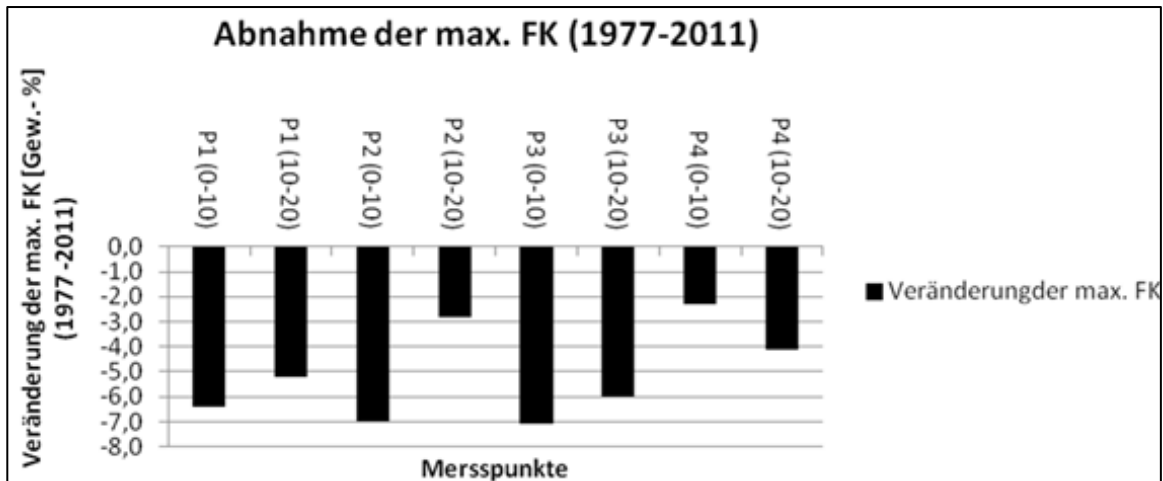


Diagramm 41: Prozentuale Veränderung der maximalen Feldkapazität (Standort C1-2) (Eigene Daten)

Die Messungen der Bodenwasserhaushaltsparametern: maximale Feldkapazität, Kapillarwassergehalt und maximaler Wassergehalt unter Sättigung deuten auf eine Abnahme der Wasserspeicherkapazität am Standort C1-2 hin.

So verringerte sich die maximale Feldkapazität um etwa 5% an den Messpunkten unterschiedlicher Erosionsstufen im Untersuchungsgebiet.

Dies führt zu Konsequenzen für die Wasserversorgung der Kulturen und somit auch die Ertragslage.

5 Diskussion

Die Untersuchungen ergeben, dass es aufgrund der politischen sowie den damit einhergehenden wirtschaftlichen Veränderungen nach dem Zusammenbruch der ehemaligen Sowjetunion zu einem bedeutsamen Wandel der agrarischen Landnutzung in der voruralischen Waldsteppenzone Baschkortostans sowie auch in den angrenzenden Landschaftsräumen der Republik kommt, der mit der Veränderung bzw. Differenzierung der Art und Intensität der Landnutzung verbunden ist.

Eine markante Erscheinungsform dieses Landnutzungswandels ist die Nutzungskonvertierung degradierter Ackerflächen zu Brachflächen und Grünlandnutzungen. So zeigen sich hierbei eine deutliche Abnahme von Ackerflächen sowie die Zunahme von Grünlandnutzungen insbesondere im Zeitraum von 1995 bis 2005. Hier nahm die Ackerfläche um etwa ein Viertel (24 %), von 4.835.000 Mio. ha auf 3.686.200 Mio. ha ab. Seitdem haben sich die Ackerflächen auf diesem Niveau stabilisiert.

Die zur Grünlandnutzung zugehörigen Heuwiesen und Weiden verzeichnen dagegen in diesem Zeitraum einen deutlichen Flächenanstieg, von 2.493.500 Mio. ha im Jahr 1995 auf 3.609.600 Mio. ha im Jahr 2005 (Anstieg um 45 %). Damit wird der Verlust an Ackerflächen in Baschkortostan durch diese Form des Landnutzungswandels weitestgehend, wenn man allein die Flächenstatistik zu Grunde legt, kompensiert, da hiernach die Ausdehnung der landwirtschaftlichen Nutzfläche 1995 7.375.200 Mio. ha und im Jahr 2005 bei nahezu der gleichen Fläche, 7.339.800 Mio. ha, liegt (*GOSKOMSTAT 2007*).

Die Analyse dieser Prozesse zeigt für Baschkortostan, dass diese post-sowjetischen Veränderungen in der agrarischen Landnutzungsstruktur/-intensität auf verschiedene Steuergrößen zurückzuführen sind.

Dabei lässt sich auch feststellen, dass in diesem Kontext agrarökologische Bedingungen und insbesondere Probleme wie die Bodendegradation in dem neuen politischen sowie ökonomischen Umfeld einen Bedeutungsgewinn bei Landnutzungsentscheidungen erfahren. Eine wesentliche Triebkraft für diese genannten Veränderungen der Landnutzungsstruktur/-intensität ist jedoch den veränderten politischen Rahmenbedingungen nach dem Zusammenbruch der ehemaligen Sowjetunion zuzuschreiben. Wie Literaturrecherchen zeigen (*vgl. BATYRSHIN 2002, MIRKIN 1998*), wird nach 1990 erkennbar, dass unter den neu entstandenen Marktmechanismen eine ackerbauliche Nutzung unter ungünstigeren naturräumlichen Bedingungen oder auf degradierten Böden für die aus den reorganisierten Kolchosen und Sowchosen hervorgehenden privatrechtlich organisierten Betriebe eine wichtige Rolle für Flächenumwidmungen oder -aufgaben darstellt. So führt der Rentabilitätsdruck und die schlechte Kapitalausstattung vieler Betriebe dazu, dass die Betriebe notwendige Meliorationsmaßnahmen auf degradierten Ackerflächen nicht mehr

durchführen können und somit eine weitere ackerbauliche Nutzung degradiertter Flächen unmöglich wird und diese Flächen daher eher aufgegeben werden (*ZHUCHENKO 2005, CHERNJAKHOVSKY UND TISHKOV 2002, MIRKIN 1998*).

Während diese Aussagen bzw. Feststellungen für Entscheidungen zur Landnutzung bzw. Nutzungsaufgabe sicherlich in Russland von generellem Charakter sind, gibt es diesbezüglich in Baschkortostan eine auf das Föderationssubjekt bezogene spezifische Besonderheit.

Vor dem Hintergrund der durch das Staatliche Komitee für Landressourcen der Republik Baschkortostan sowie das Ministerium für Landwirtschaft der Republik Baschkortostan im Rahmen einer durchgeführten Inventarisierung der Ackerflächen festgestellten weitverbreiteten Bodendegradationsprobleme in der Republik Baschkortostan werden durch politische Programme⁴⁰ Landnutzungskonvertierungen und -aufgaben forciert, um somit die agrarökologischen Probleme zu entschärfen oder sogar eine Rehabilitierung geschädigter Böden zu unterstützen.

Von 1996 bis 2007 wurden somit über 1 Mio. ha degradiertter Ackerflächen in andere intensivere Nutzungsformen überführt. Die Abnahme der ackerbaulich genutzten Flächen entspricht somit etwa 25 % bezogen auf die Ackerflächenausdehnung von 1996 (*CHANYSHEV 2009, AFZALOV R.SH. & CHANYSHEV I. 2002*).

Auf den gegenüber den sowjetischen Verhältnissen nunmehr reduzierten Ackerflächen lässt sich als weitere typische Erscheinungsform des post-sowjetischen agrarischen Landnutzungswandels eine zunehmende Differenzierung der Intensität des Ackerbaus beobachten. Die eigenen Recherchen und durchgeführten Interviews dokumentieren hierbei auf Grund neuer Trends bei der Bodenbearbeitung und Fruchtfolge eine zunehmende Heterogenisierung der ackerbaulichen Nutzungsintensität. So gewinnen ackerbauliche Verfahren bzw. Methoden, die auf eine Minimierung der Bodenbearbeitungsintensität ausgelegt sind – minimale-/konservierende Bodenbearbeitung – eine immer größere (flächenhafte) Bedeutung. Diesbezüglich ist zu berücksichtigen (*BIKBULATOV 2004*), dass die Ausgabenverteilung für Landtechnik noch sehr einseitig ist – etwa 80 % der finanziellen Mittel werden für Erntemaschinen und Traktoren ausgegeben und nur 20 % für Bodenbearbeitungsaggregate und weitere Technik. Aufgrund des zunehmenden Bewusstseins um die ökonomischen und ökologischen Vorteile der konservierenden Bodenbearbeitung ist daher auch gegenwärtig noch von Potenzialen für eine Steigerung der Investitionen für neue konservierende Bodenbearbeitungsaggregate auszugehen.

Insgesamt zeigt sich hierbei aber auch, dass die Anwendung traditioneller, intensiver ackerbaulicher Verfahren – konventionelle Bodenbearbeitung – in der voruralschen

⁴⁰ Konkrete Bezeichnung und weitergehende Informationen zu den staatlichen Programme unter 4.1

Waldsteppenzone in den letzten Jahren deutlich abgenommen hat und diese in steigendem Maße extensiveren ackerbaulichen Verfahren – konservierende Bodenbearbeitung – gegenübersteht.

Als maßgebliches Entscheidungskriterium für oder gegen den Einsatz dieser bodenschonenden und letztlich kostengünstigeren Bearbeitungsverfahren müssen neben den agrarökologischen Voraussetzungen, die finanziellen Möglichkeiten für Investitionen sowie das vorhandene Know-how der landwirtschaftlichen Betriebe angesehen werden.

Die agrarökologischen Bedingungen sprechen in der Waldsteppenzone und Steppenzone nach Ansicht der befragten Betriebe dabei weitestgehend für die Etablierung minimaler Bodenbearbeitungssysteme. Dies trifft insbesondere für die Steppenzone mit zunehmender Aridität zu. Lediglich in der im Norden der Republik liegenden Waldzone sprechen die Interviewpartner von Problemen bei der konservierenden Bodenbearbeitung. Die wichtigsten Gründe hierfür sind die im Vergleich zu den südlichen Naturräumen höheren Niederschläge und die oftmals schwere Bearbeitbarkeit der Böden insbesondere bei feuchten Bodenverhältnissen.

Innerhalb der voruralischen Waldsteppen- und Steppenzone hängt diese Umstellung der Bodenbearbeitungsstrategie damit hauptsächlich von der Kapitalkraft der Betriebe ab, da diese darüber entscheidet, ob die Betriebe in der Lage sind, große Investitionsausgaben für den Kauf neuer Technologien zu leisten, um neue ackerbauliche Verfahren einzuführen.

Die kartographische und geostatistische Auswertung der vom Landwirtschaftsministerium der Republik Baschkortostan bereitgestellten rajonbezogenen Daten zeigt diesbezüglich, dass sich die Rajone mit der höchsten Rentabilität im Pflanzenbau sowie mit dem höchsten Ertrag bei Getreidekulturen vor allem entlang der wichtigen Verkehrsstrassen zum Oberzentrum Ufa befinden. Hier ist auch der Flächenanteil an verschiedenen Formen der Minimalbodenbearbeitung relativ hoch. Dies spricht dafür, dass die infrastrukturelle Anbindung an das Oberzentrum Ufa und die Mittelzentren, welche entlang der bedeutenden Verkehrsstrassen liegen, eine entscheidende Bedeutung für die Wirtschaftskraft der landwirtschaftlichen Betriebe und damit auch einer veränderten Nutzungsintensität hat.

Eine weitere räumliche Abhängigkeit des agrarökonomischen Potenzials (Rentabilität des Pflanzenbaus und landwirtschaftlicher Ertrag) besteht in diesem Sachzusammenhang zur Bodenqualität und Reliefenergie, da die wichtigen Verkehrsstrassen vor allem durch die Rajone mit hochwertigen Böden und geringer Reliefenergie verlaufen.

In diesen landschaftlich begünstigten Gebieten besteht aufgrund der überdurchschnittlich positiven agrarökonomischen Parameter somit gegenwärtig und auch zukünftig ein weitergehendes großes Potenzial für Investitionen in neue Technologien zur Etablierung neuer ackerbaulicher Verfahren wie der Minimalbodenbearbeitung.

Nach Aussagen von *SIRAEV* (2009) beträgt der Anteil konservierender Bodenbearbeitungsverfahren in der südlichen voruralischen Waldsteppenzone (Agrarbodenzone), in welcher die wirtschaftlich starken Rajone überwiegend liegen, etwa 20-50 % vereinzelt sogar noch mehr.

In den peripheren südlichen Steppengebieten⁴¹ soll danach der Anteil der Fläche mit konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren sogar über 50 % erreichen: Dabei ist zu berücksichtigen, dass hier aufgrund der oftmals schlechten wirtschaftlichen Situation und der geringer Finanzkraft in den Agrarbetrieben die konservierende Bodenbearbeitung meist mit veralteter oftmals modifizierter Technik sowie ohne das notwendige Know-how praktiziert wird.

Aus durchgeführten Interviews geht darüber hinaus auch hervor, dass die landwirtschaftlichen Betriebe mit einer hohen Rentabilität diese durch den andauernden Ausbau des Anteils effektiver bodenkonservierender ackerbaulicher Verfahren noch weiter steigern können und sich deswegen auch auf diesen ökonomisch schon heute gut exponierten Betrieben ebenfalls noch Erweiterungspotenziale zeigen.

Um Erkenntnisse zu den bodenseitigen Effekten unterschiedlicher ackerbaulicher Nutzungsintensitäten/-verfahren zu erlangen, werden im Rahmen der Arbeit unter der Nutzung unterschiedlicher intensitäts- und raumbezogener Ansätze an verschiedenen Untersuchungsobjekten analysiert.

Der Standort Wasserbilanzstation (WBS) wird dabei ausgewählt, um durch zeitlich hochaufgelöste kleinräumige (2*0,15 ha) Messungen Informationen zu den Abflussereignissen auf in der Waldsteppenzone weit verbreiteten leicht geneigten Hängen zur Schneeschmelze im Frühjahr unter verschiedenen Nutzungsintensitäten zu generieren.

Dabei werden zum Oberflächenabfluss und der Erosionsfracht deutliche Unterschiede zwischen den untersuchten Testplots in Abhängigkeit der Landnutzungsintensität und den meteorologischen Bedingungen/Witterungsbedingungen ermittelt. Sie dokumentieren deutlich die divergierenden Einflüsse aus der Nutzungsintensität sowie den Boden- und Klimagegebenheiten auf den Wirkungskomplex Oberflächenabfluss-Infiltration-Erosionsgeschehen.

So weichen die Werte zum Oberflächenabfluss in verschiedenen Messperioden (3 h/24 h/gesamtes Abflussereignis) ebenso stark voneinander ab, wie die Abflussdauer und der Abflussgang. Damit wird deutlich, dass die untersuchten landwirtschaftlichen Nutzungssysteme einen überaus umfassenden, komplexen Einfluss auf alle relevanten Parameter des Oberflächenabflusses, aber auch des Abflussgeschehens in den Vorflutern

⁴¹ Agrarbodenzone (*JAPAROV 2005*) und Naturzone

selbst haben. Den unterschiedlichen Einfluss der Landnutzung auf Prozesse wie den Oberflächenabfluss oder die Bodenerosion bestätigen auch *BUREL ET AL.* (1993), *FU ET AL.* (1994) UND *EDWARDS* (1982). *MARTINEZ-FERNANDEZ* (1995) betont dabei die Bedeutung der Vegetationsbedeckung sowie der Bodenbearbeitung, die zu einer drastischen Erhöhung der Vulnerabilität insbesondere in semiariden Ökosystemen führen können.

Auf der extensiv genutzten Testvariante – Grünlandnutzung (mehrjährige Gräser) – wird hierbei in allen Untersuchungsjahren ein höheres Gesamtdurchflussvolumen ermittelt als auf der intensiv genutzten Testvariante – konventioneller Ackerbau durch wendende Pflugbodenbearbeitung. Die Differenzen sind dabei unterschiedlich und reichen von etwa 8 % im Frühjahr 2012 bis etwa 40 % im Frühjahr 2010. Im Frühjahr 2011 setzt auf der unter konventionellem Ackerbau stehenden Variante im Gegensatz zur extensiven Nutzungsvariante überhaupt kein Oberflächenabfluss ein.

Bedeutsam ist hierbei, dass neben dem Gesamtdurchflussvolumen auch die höchsten Abflussintensitäten unter der extensiven Landnutzungsform erreicht werden. Dies verdeutlicht klar erkennbare On- und Off-site Effekte der geoökologischen Ursache-Wirkungszusammenhänge.

Aufgrund der höheren Abflussflussintensität unter der extensiven Landnutzung und der daraus resultierenden größeren kinetischen Energie des Wassers könnte man ein größeres Erosionsrisiko auf der Versuchsvariante erwarten. Eigene Messungen zeigen allerdings das Gegenteil an.

Wenn es auf der Testvariante unter Pflugbodenbearbeitung zum Oberflächenabfluss kommt, wie es 2010 und 2012 der Fall ist, werden dort auch bei geringeren Abflussintensitäten deutlich höhere Erosionsfrachten über die Schneeschmelzperioden ermittelt als auf der Testvariante mit mehrjährigen Gräsern. Die Unterschiede zwischen der Grünlandnutzung und Ackernutzung bezüglich des Bodenabtrags werden auch von anderen Feldstudien bestätigt. *LINDSTROM* (1998) ermittelt in Feldversuchen zu den Effekten der des Oberflächenabflusses auf die Bodenerosion deutlich höhere höhere Erosionswirksamkeit von Niederschlägen unter Pflugbearbeitung als unter einer Grünlandnutzung.

Im Frühjahr 2010 wie auch 2012 ist die ermittelte Erosionsfracht auf den Versuchsplots der Wasserbilanzstation unter der konventionellen ackerbaulichen Nutzung um etwa das 4-fache größer als unter der extensiven Nutzungsform – mehrjährige Gräser.

Betrachtet man die zeitliche Dynamik der Sedimentausträge, so zeigt sich, dass vor allem am Ende der Schneeschmelzperiode die höchsten Sedimentausträge auf der Pflugvariante auftreten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass zu diesem Zeitpunkt die Bodenaggregate im aufgetauten Zustand besonders an Stabilität verlieren und aufgrund der fehlenden Vegetation (bzw. Stoppelbedeckung) erosionsanfälliger sind.

Dies verdeutlicht insgesamt eine deutlich höhere Erosionsgefahr auf Böden, die im Vergleich zu unbearbeiteten Böden mit Vegetationsbestand (Stoppeln) unter einer konventionellen Bodenbearbeitung stehen. Der hier nachgewiesene geringere Oberflächenabfluss bezeugt, dass die Erosionsgefahr in diesem Fall stärker von dem Landnutzungssystem abhängig ist als von der Intensität des Oberflächenabflusses.

Die Analysen der Sedimentfracht zeigen dabei, dass die abgetragenen Bodenpartikel überwiegend der Ton- und Schlufffraktion zugeordnet werden können und einen hohen Humusgehalt zwischen 6,5 und 8,7 % aufweisen. Somit ist die Gefahr des Verlustes an Bodenfruchtbarkeit unter der Pflugvariante sehr viel stärker als unter der Grünlandnutzung. Der Vergleich zweier Hang-Cateneu dokumentiert diesbezüglich auch, dass bei der Pflugvariante die Profilmächtigkeiten und auch der Humusgehalt des Ah-Horizonts geringer als auf der extensiv bewirtschafteten Variante sind.

Der Oberflächenabfluss selbst wird maßgeblich durch die Intensität der Schneeschmelze und die Möglichkeit der Bodeninfiltration beeinflusst.

Die Intensität der Schneeschmelze hängt wiederum stark von der Schneeauflage sowie der Geschwindigkeit des Abschmelzens dieser ab. Letztere wird insbesondere durch den Anstieg der Lufttemperatur vom negativen in den positiven Bereich in der Zeitspanne zwischen März und April bestimmt. So führt der starke Temperaturanstieg zwischen März und April 2012 zu einem überaus schnellen Abschmelzen der Schneeauflage und somit zu einer Freisetzung von großen Wassermengen innerhalb sehr kurzer Zeit.

Dieses freigesetzte Schmelzwasser kann dann auch abflusswirksam werden, die Bildung des Oberflächenabflusses unterstützen und ist somit eine wesentliche Ursache für die hohen Abflussraten während der Frühjahrsschmelze 2012.

Die unterschiedlichen Intensitäten der Schneeschmelzen zwischen den betrachteten Untersuchungsjahren sind aber zu gering, um die Differenzen zwischen den Abflussmengen zu erklären. Hierfür bildet die Frage, wie viel Schmelzwasser vom Boden aufgenommen werden kann oder in den Oberflächenabfluss übergeht, eine weitergehende Erklärung. Die eigenen Befunde weisen hierbei darauf hin, dass das Bodengefüge, die Vorgeuchte im Boden und die Durchfrierung des Bodens, diese (potenzielle) Infiltration auf den Böden und somit auch die Bildung des Oberflächenabflusses entscheidend beeinflussen.

So führt die relativ geringe Schneeauflage in der Winterperiode 2010/11 zu einer nur schwachen Durchfrierung des Bodens. In Kombination mit der geringen Vorgeuchte im Boden, welche aus den geringen Niederschlägen vor der Winterperiode resultiert, haben diese Faktoren dazu beigetragen, dass trotz der großen Schneeauflage im Winter 2010/11 nur ein geringer Oberflächenabfluss auf der extensiv bewirtschafteten Variante auftritt.

Demgegenüber wird in der Schneeschmelzperiode 2012 eine große Vorfeuchte im Boden und eine tiefe Durchfrierung des Bodens festgestellt, die eine sehr hohe Abflussrate entstehen lässt. Ähnliche Effekte können *BARABANOV ET AL.* (2012) in den südlichen Nichtschwarzerdegebieten sowie der Wolgaregion beobachten.

Die vorwiegend meteorologisch bedingten Steuergrößen Bodendurchfrierung und Bodenwassergehalt (Vorfeuchte) können allerdings nicht allein die Unterschiede des Oberflächenabflusses zwischen den unterschiedlichen Nutzungsintensitäten erklären.

Eine weitere Ursache liegt in Unterschieden im Bodengefüge auf den unterschiedlichen Versuchsvarianten. Penetrometermessungen und Messungen zur Lagerungsdichte zeigen, dass der Boden unter konventioneller Pflugbearbeitung deutlich weniger kompakt und lockerer gelagert ist, als auf der extensiven Nutzungsvariante.

Dieser zusätzliche Porenraum, der vor allem durch den größeren Grobporenanteil entsteht, ermöglicht eine höhere Infiltrationsrate auf der Ackerfläche. Dadurch ist hier der Anteil an Schmelzwasser, der in den Oberflächenabfluss übergeht geringer als unter der extensiven Landnutzung (vgl. *ZIMMERLING 2004, WOHLRAB ET AL. 1992, EHLERS 1996*).

Wie an der Wasserbilanz-Station, so werden auch in dem Agrarunternehmen Artemida Untersuchungen zu den Effekten unterschiedlicher Nutzungsarten und -intensität auf den Boden sowie den Boden- bzw. Landschaftswasserhaushalt, hier allerdings auf größeren Versuchspartzen (jeweils etwa 2 ha) durchgeführt. Diese Versuchspartzen existieren seit 2009 und weisen daher aufgrund der zu geringen Versuchslaufzeit keine landnutzungsinduzierten bodenchemischen, jedoch bodenphysikalisch belegbare Veränderungen auf, die Rückwirkungen auf das Bodenfeuchteregime sowie den Oberflächenabfluss aber auch ökonomischen Kenngröße deutlich werden lassen.

Im Fokus der Untersuchungen stehen die während der Vegetationsperioden 2011 und 2012 stationären und mobilen Messungen zum Bodenwassergehalt auf unterschiedlich intensiv bearbeiteten Testplots.

Die Ergebnisse lassen vor allem für die Vegetationsperiode 2012, in der sehr trockene Witterungsverhältnisse vorherrschen [in der baschkirischen Landwirtschaft wird dies auch als „Dürrejahr“ bezeichnet (vgl. *Diagramm 32*)], deutliche Unterschiede erkennen.

Vor allem unter den trockenen Witterungsbedingungen, die während dieser Vegetationsperiode herrschen, besteht ein wesentliches Ziel der ackerbaulichen Praxis darin, die (geringe) Bodenfeuchte zu konservieren und demzufolge den Verlust über die Verdunstung so minimal wie möglich zu halten.

Dass dies auch gelingt, belegen die Untersuchungsergebnisse auf den Flächen mit konservierender Bodenbearbeitung eindrucksvoll. So zeigt die Analyse der

Bodenwassergehalte über die Vegetationsperiode 2012 eine deutliche Zunahme dieser bei abnehmender Bodenbearbeitungsintensität an.

Insbesondere der Anstieg bei den unteren Lageparametern, wie die untere Wertespannweite und das 25%-Perzentil, ist von übergeordneter Bedeutung, da sich insbesondere in den unteren Wertebereichen zeigt, ob die Pflanzen noch genügend Wasser zur Verfügung haben oder das Pflanzenwachstum aufgrund des Wassermangels bereits beeinträchtigt wird.

Die positiven Effekte der konservierenden Bodenbearbeitung auf den Bodenwassergehalt spiegeln sich darüber hinaus natürlich auch und vor allem in dem Ertrag wider. Dieser steigt 2012 bei abnehmender Bodenbearbeitungsintensität deutlich von 13,2 dt auf 21,8 dt (Sommergerste) an (*vgl. Tabelle 17*).

Hieraus ist zu resümieren, dass in den Waldsteppengebieten Baschkortostans vor allem in trockenen Vegetationsperioden Wasser der größte ertragslimitierende Faktor in der Landwirtschaft ist (*vgl. CHANYSHEV 2009, Interviews*).

Die geringeren Bodenwassergehalte unter der intensiven Pflugbodenbearbeitung führen dabei zu einer Reduzierung des Ertrags um etwa ein Drittel im Vergleich zum minimalsten Bodenbearbeitungsverfahren im Versuchsschema geführt. Die hieraus sichtbar werdende agrarökonomische Relevanz zeigt deutlich, welche Bedeutung die Form der Landnutzung – insbesondere die Intensität der Bodenbearbeitungsstrategien – für den Bodenwassergehalt und damit für die Ertragsbildung hat.

Der Bodenwassergehalt hat somit eine fundamentale Bedeutung für die Vegetationsentwicklung und damit der Ertragsbildung insbesondere in Gebieten mit klimatisch bedingten begrenzten Wasserangebot wie in der voruralischen Waldsteppenzone Baschkortostans und ist demzufolge ein grundlegender Faktor für die Landwirtschaft in dem Untersuchungsgebiet (*vgl. GAO ET AL. 2014, SCHWEN ET AL. 2011*). *ALCAMO ET AL. 2007* unterstreicht dabei die besondere Bedeutung des Klimas v. a. in kontinentalen Gebieten als Steuergröße für die Bodenwasserbilanz während der Vegetations- und Anbauperiode.

In der feuchteren Vegetationsperiode 2011 (*vgl. Diagramm 31*) wird demgegenüber ein anderer Effekt deutlich: Hier werden in der Vegetationsperiode die positiven Effekte der Minimalbodenbearbeitung auf die Speicherung von Bodenwasser kaum sichtbar. Demgegenüber zeigen sich dann eher die positiven Effekte der Pflugbodenbearbeitung auf die Mineralisierung sowie der Schaffung eines optimalen Bodengefüges/Saatbettes für die Aussaat und somit das Wachstum der Pflanzen. Dadurch ist der Ertrag bei der Pflugvariante im Jahr 2011 um etwa 30 % höher als auf der Testvariante mit der geringsten Bodenbearbeitungsintensität.

Dies signalisiert, dass insbesondere in den Gebieten mit einer höheren Trockenheit bzw. einem größeren Dürreerisiko die Minimierung der Bodenbearbeitung ein wichtiger Beitrag zur Sicherung und Stabilisierung der Erträge und letztlich auch zum Bodenschutz ist.

In Untersuchungen von *STRUDLEY ET AL.* (2008) zeigt sich, dass die Bodenbearbeitung Auswirkungen auf die hydraulischen Eigenschaften mit Konsequenzen für die Wasserspeicherung und Wasserbewegung im Boden und daraus resultierend für das Pflanzenwachstum haben.

Laut *ZHOU ET AL.* (2008) ist das Wasserspeichervermögen sowie die Wasserleitfähigkeit des Bodens vor allem deshalb von dem Landnutzungsmanagement abhängig, weil dieses die Bodenparameter: Textur, Dichte, Bodensstruktur und Kohlenstoff beeinflusst, die wiederum einen unmittelbaren Einfluss auf die Wasserhaushaltsgrößen haben. Auch *LEIJ ET AL.* (2002) und *MUBARAK ET AL.* (2009) bestätigen den Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Bodenstruktur, der zur zeitlichen Veränderung dieser führen kann, was wiederum zu Veränderungen im Bodenwasserhaushalt führen kann.

Die eigenen durchgeführten Untersuchungen zeigen darüber hinaus, dass die Pflugbodenbearbeitung eine höhere Infiltrationsrate vor allem während der Schneeschmelze im Frühjahr und damit über die verbesserte Infiltration und auch die höhere Bodenwassergehalt begünstigt.

Die erhöhte Infiltrationskapazität auf Plot A4 ist vermutlich auf die Zunahme des Grobporenanteils im Oberboden aufgrund der stark bodenlockernden Pflugbodenbearbeitung zurückzuführen. Die Bodenbearbeitung kann auf der einen Seite zu einer Zunahme des Grobporenanteils führen, es besteht aber auf der anderen Seite auch das Risiko der Zerstörung des Porennetzwerkes und somit zu einer Abnahme der gesättigten Leitfähigkeit führen kann (*BUCZKO ET AL. 2006, BOUMA 1991*).

Mit zunehmendem Verlauf der Vegetationsperiode verliert der Boden auf dem konventionell bearbeiteten Plot allerdings mehr Bodenwasser durch Evapotranspirationsverluste, als die Böden der konservierenden Bearbeitung. Hierbei spielen vermutlich geringere Verdunstungsverluste infolge existierender organischer Auflage auf den konservierend bearbeiteten Böden eine wichtige Rolle (*KÖLLER & LINKE 2001, EHLERS 1996*).

Die Ergebnisse zu den Kurzzeiteffekten unterschiedlicher Landnutzungsintensitäten auf die Böden, ihre Bodenfeuchtedynamik und den Oberflächenabfluss (Erosionsgeschehen) werden durch Literaturrecherchen von Chronosequenzen zu den Langzeiteffekten, die bis in die 1970er Jahre zurückreichen, erweitert. Diese Befunde ermöglichen auch Aussagen zu Langzeitwirkungen verschiedener Bearbeitungsintensitäten auf die Entwicklung der Bodendegradationsindizes Horizontmächtigkeit des Oberbodens sowie Humusgehalt.

So deuten die Analysen darauf hin, dass es auf den konventionell bearbeiteten Standorten unter Getreide-Hackfrüchte-Fruchtwechselln zu einer deutlichen Intensitätszunahme der Bodenerosionsschäden in den letzten 30 bis 40 Jahren gekommen ist. Demgegenüber zeigt sich auf den Standorten mit einer geringeren Landnutzungsintensität – kombinierte Bodenbearbeitung und konservierende Bodenbearbeitung – bei Getreide-Brache-Gräser-Fruchtwechselln eine Stabilisierung des Bodenerosionsgrades bzw. teilweise sogar eine Regenerierung der Böden.

Unter konventioneller Bodenbearbeitung ist vor allem eine Abnahme an Oberbodenmächtigkeiten, die insbesondere an stark erodierten Hangabschnitten bis zum kompletten Verlust des Oberbodens führt, feststellbar.

Dagegen bleibt die Mächtigkeit des Oberbodens auf den konservierend bearbeiteten Standorten nahezu gleich und steigt an einigen Standorten sogar leicht an. Ebenso wie die Veränderungen der Mächtigkeit des humosen Oberbodens beeinflusst die unterschiedliche Intensität der Landnutzungssysteme auch den Humusgehalt. So kann unter der konventionellen Bodenbearbeitung eine Abnahme der Humusvorräte im Zeitraum letzten 30-40 Jahren um bis zu 28,5 t/ha festgestellt werden.

Auffällig ist, dass an den in den 1970er Jahren bereits mäßig bis stark erodierten Standorten keine weitere deutliche Humusabnahme ermittelt werden kann, was hier auch für eine Stabilisierung des Humusgehalts ab einem gewissen Erosionsgrad spricht. Inwieweit dies durch Maßnahmen bewusst unterstützt wurde, bleibt offen.

Unter der konservierenden Bodenbearbeitung können bei allen Standorten ein leichter Anstieg der Humusvorräte nachgewiesen werden. Dies deckt sich mit den diesbezüglichen Untersuchungen anderer Autoren (*RASSUSSEN & COLLINS 2008, BAKER ET AL. 2007, KHAZIEV 2007, WEST AND POST 2002, TEBRÜGGE 2003, GROß 1996*).

TEBRÜGGE (2003) weist in diesem Kontext darauf hin, dass es durch eine nichtwendende Bodenbearbeitung (konservierende Bodenbearbeitung) zur Akkumulation von Biomasse in der oberen Bodenschicht kommt, da mit dem Verzicht auf eine wendende Bodenbearbeitung auch die Mineralisierung der organischen Substanz minimiert wird. Gleichzeitig verringert sich dadurch die Gefahr der Abtragung durch Bodenerosion.

Wie wichtig die Langfristigkeit der Beobachtungen und in diesem Sinne die Integration von Chronosequenzen in diese Betrachtungen ist, zeigen Studien von *CAPRIEL (2003)*, wonach 60-80% der organischen Substanz im Boden besonderes lange Verweilzeiten aufweist und die Umsetzung dementsprechend langsam abläuft.

Somit werden Unterschiede hinsichtlich des Humusgehalts laut *LEITHOLD (2004)* erst nach zwei bis drei Jahrzehnten deutlich. Die entstehende Differenz des Humusgehalts beträgt nach dieser Zeitspanne 10 bis 30 %. Auch Untersuchungen zum Gesamtstickstoffgehalt

sowie zum Gesamtphosphorgehalt bestätigen eine Langzeitdynamik dieser wichtigen boden- und letztlich auch ertragsbestimmenden Parameter. Hierbei entwickelt sich die Stickstoffgehalt weitestgehend analog zu den Humusgehalten. Dagegen ist diese Analogie beim Phosphorgehalt nicht gegeben, was vermutlich auf Düngemittelapplikationen zurückzuführen ist.

Insgesamt verdeutlichen die im Rahmen der Arbeit durchgeführten Untersuchungen somit eindrucksvoll, dass der post-sowjetische agrarische Landnutzungswandel und seine Erscheinungsformen, nicht nur eine Veränderung und Diversifizierung der Landnutzungsintensität sichtbar werden lassen.

Gleichzeitig werden damit Auswirkungen auf die Bodenphysik, den Bodenwasserhaushalt, den Oberflächenabfluss und somit das Bodenerosionsrisiko sichtbar.

Dabei zeigen sich Einflüsse aus dem klimatisch-meteorologischen Geschehen mit Effekten zum Problemfeld Klimawandel (vgl. LAL ET AL. 2012, LAL 2004).

Die an der Wasserbilanzstation und den Testplots des Agrarunternehmens Artemidia gemachten Befunde dokumentieren dabei auch eindrucksvoll die unterschiedliche Reaktion von Bodenparametern bei Wechsel der Nutzungsart/-intensität und ihrer Konsequenzen für Bodenwasserdynamik und Ertrag bei unterschiedlichen klimatisch-meteorologischen Jahresverläufen. Langfristige Angaben zu den Auswirkungen komplexer standortökologischer Folgen sind nur durch Chronosequenzen möglich. Diese müssen allerdings auch durch Erkenntnisse zu den Erscheinungsformen und Folgen des regionalen Klimawandels ergänzt werden.

6 Fazit und Ausblick

Die temperierten Grasländer haben aufgrund ihrer vielfältigen Ökosystemservice-Funktionen, die z. B. die Biodiversität oder auch der Funktion als Kohlenstoffsенke betreffen, aber auch als „Globale Brotkörbe“ eine immense Bedeutung für das Leben auf unseren Planeten, seine Ökosysteme, aber auch die zukünftige Entwicklung von Umwelt und Menschheit generell. Diese Ökosystemfunktionalität wird durch – bewusste oder unbewusste – Nutzungseingriffe des Menschen, zu denen an vorderer Stelle die Ökosystemkonversion und ihre Folgen stehen, beeinträchtigt (*WBGU 1994, WERGER & VAN STAALDUINEN 2012*). Gerade hierbei zeigen sich viele Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zu den Haupttrends bzw. Syndromen des Globalen Wandels, die nicht nur regionale ökologische bzw. sozioökonomische Effekte in den hiervon betroffenen Graslandökosystemen erkennen lassen.

In diesem Kontext stehen Fragen, wie diese Biome nachhaltig genutzt werden können ebenso auf der Agenda von Wissenschaft und Politik, wie Handlungsoptionen für die Landwirte in diesen Regionen. Da hierbei in zunehmendem Maße auch den Folgen des Klimawandels Rechnung getragen werden muss, aber auch die Rolle wissenschaftlich begründeter Nutzungs- und Renaturierungsoptionen thematisiert werden müssen, ergibt sich hieraus eine große Herausforderung für die Wissenschaft aber auch alle anderen hierin integrierten Stakeholder bzw. Akteure.

Dabei spielen interdisziplinäre Analysen, Felduntersuchungen und Tests verschiedener Nutzungsformen unter Berücksichtigung der konkreten landschaftlichen Gegebenheiten sowie der Steuerfaktoren und Erscheinungsformen der Landnutzung eine wesentliche Rolle, aus der dann Empfehlungen für eine klimaoptimierte Landnutzung abzuleiten sind (*LAL 2004, LAL 2002*).

Für Russland bzw. die Nachfolgestaaten der Sowjetunion ergeben sich in diesem Sachzusammenhang aufgrund der durch die Art und Intensität der sowjetzeitlichen Landnutzung bedingten Ökosystemserschädigungen (u. a. Bodendegradation), den nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion veränderten Steuerfaktoren der Landnutzung mit ihren vielgestaltigen ökologischen und sozioökonomischen Effekten, aber auch unter dem Blickwinkel der Herausforderungen des Klimawandels sowie der (regionalen und globalen) Erfordernisse der Nahrungsmittelproduktion (und -sicherheit) nicht nur aufgrund der Größe des Landes vielgestaltige Motivationen und neuartige Herausforderungen, sich diesen Fragestellungen durch interdisziplinäre Forschungen zu widmen. In Russland konzentriert sich die agrarische Landnutzung sehr stark auf die Steppen und Waldsteppengebiete im Süden des Landes.

In der Arbeit wird auf der regionalen Ebene am Beispiel der voruralischen Waldsteppen- und Steppenzonen in der Republik Baschkortostan untersucht, welche Erscheinungsformen und

ökologischen sowie ökonomischen Folgen der post-sowjetische agrarische Landnutzungswandel, unter der Berücksichtigung der klimatischen Bedingungen/Veränderungen auf die Böden – die Bodendegradation und den Bodenwasserhaushalt – und ihr Nutzungspotenzial hat und welche Strategien aus den Erkenntnissen für eine nachhaltige agrarische Landnutzung erwachsen können.

Aus der Kenntnis dieser funktionalen Zusammenhänge zwischen der Intensität und Art der Landnutzung und den bodenseitigen Folgewirkungen erwachsen, wie eigene Befunde zeigen, große Potenziale zur Entwicklung von Strategien für eine nachhaltigere Landnutzung unter besonderer Berücksichtigung der klimatischen Besonderheiten sowie des Klimawandels. Hierbei konnten sowohl positive ökologische als auch ökonomische Effekte schon nach kurzer Zeit der Veränderung der Nutzungsart und Intensität beobachtet werden. Dies zeigten besonders in trockenen Jahren auch über den Ertrag sichtbar werdende Positivwirkungen im Vergleich zu traditionellen Bearbeitungsformen (*FRÜHAUF & LIEBELT 2014*).

Von besonderer Bedeutung für die ackerbauliche Nutzung im Untersuchungsgebiet sind dabei die Erkenntnisse zur erosionsmindernden Wirkung extensiverer Landnutzungsstrategien sowie zu den positiven Effekten konservierender Bodenbearbeitungsstrategien auf den Bodenwasserhaushalt, die zuerst insbesondere in niederschlagsarmen Jahren sichtbar werden.

Die in diesem Landschaftsraum sichtbar werdenden Erscheinungsformen des Klimawandels erhöhen diesbezüglich sogar den Anpassungsdruck der ackerbaulichen Verfahren an die agrarökologischen Gegebenheiten. Dadurch werden die Risiken der Wassererosion im Frühjahr verschärft – aufgrund des ansteigenden Trends der Winterniederschläge und einer zunehmend kürzer werdenden Schneeschmelzperiode steigt die Intensität der Schneeschmelze – und andererseits auch das Risiko des Defizits an pflanzenverfügbarem Bodenwasser durch zunehmende Aridität in den südlichen Teilen der Waldsteppe und der Steppe erhöht.

Extensive ackerbauliche Landnutzungsstrategien, welche eine Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität implizieren, könnten somit eine wichtige Maßnahme zur klimaoptimierten Landnutzung darstellen (*LAL 2004*).

Des Weiteren sprechen auch ökonomische Argumente für extensivere ackerbauliche Konzepte. Hierbei kommt nicht nur den Fragen höherer/stabilerer Erträge, sondern auch der mit diesen Verfahren verbundenen Kostenreduktion eine große Bedeutung zu. So ermöglicht die konservierende Bodenbearbeitung eine deutliche Reduzierung des Verbrauchs an Saatgut und Treibstoff, aber auch an Arbeitszeit, was sich positiv auf die Effizienz des Ackerbauverfahrens auswirkt (*VOßHENRICH 2003*).

Obwohl die agrarökologischen sowie auch ökonomischen Fakten in der Waldsteppen- und Steppenzone grundsätzlich für konservierende Bodenbearbeitungsverfahren sprechen, verläuft die Umstellung auf diese im Untersuchungsgebiet derzeit nur zögerlich, wofür es verschiedene Ursachen gibt.

Generell bringt jede Verfahrensumstellung vor allem am Anfang einen hohen finanziellen Aufwand mit sich und birgt hohe Risiken für die Landwirte.

Vor allem kleinere Farmbetriebe können sich aufgrund fehlender Sicherheiten und hoher Kreditauflagen sowie hoher Kreditzinsen dabei oftmals keine Investitionen in innovative Landtechnik leisten. Diese sind allerdings zur erfolgreichen Umstellung der verfolgten Ackerbaukonzeption notwendig.

Da gerade die kleineren Farmbetriebe aufgrund ihrer Organisationsstruktur flexibler sind und schneller auf neue Trends bezüglich ackerbaulicher Verfahren reagieren könnten als die landwirtschaftlichen Großbetriebe, ist es wichtig, die Finanzierungshemmnisse insbesondere für diese Organisationsform zu mindern. Somit könnten diese Betriebe den Reformierungsprozess weiter vorantreiben.

Neben den finanziellen Hemmnissen bremst hierbei auch fehlendes Know-how die Einführung konservierender Bodenbearbeitungsverfahren. Mangelhafte Erfahrung führt dabei oft zu verfahrenstechnischen Problemen. Beispielsweise verlangt die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, welche unter konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren notwendig sind, ein besonderes Know-how und etabliert sich daher nur langsam. Auch stellt das Strohmanagement bei der Minimierung der Bodenbearbeitungsintensität eine große Herausforderung dar.

Fehlendes Wissen sowie fehlende Erfahrungen können somit insbesondere zu Beginn des Umstellungsverfahrens zu größeren Problemen und Missernten führen und die verantwortlichen Landwirte wieder zur konventionellen Bodenbearbeitung zurückkehren lassen (*Interview 1-12*). Mögliche Lösungsansätze für diese Probleme könnten und sollten diesbezüglich in verstärktem Umfang auch von staatlicher Seite geboten werden. Hierfür liefern u. a. die Erfahrungen aus den „Dust-Bowl-Ereignissen“ im mittleren Westen der USA bzw. den südlichen Prärieprovinzen Kanadas aus den 1930er bis 1950er Jahren wertvolle Anregungen. So wurden die Farmer der hiervon betroffenen Gebieten mit etwa 1 Mrd. \$ aus dem föderalen Budget für Dürrehilfe unterstützt (*WARRICK 1980*).

Des Weiteren werden von staatlicher Seite Programme zum Bodenschutz und zur Restaurierung der ökologischen Stabilität initiiert. Auch die Gründung des Drought-Relief-Service (DRS) (1935), der Hilfsmaßnahmen als Reaktion auf den Dust-Bowl koordiniert, muss hierbei genannt werden (*LAMBERT 1971*).

Eine ebenso wichtige aus der Dust-Bowl-Katastrophe resultierende Maßnahme mit möglichem Vorbildcharakter für Russland sind Weiterbildungen für die Farmer im Bereich bodenkonservierender Maßnahmen, erosionsvorbeugender Technologien, einschließlich Fruchtwechselfolgen, No-till und anderer Maßnahmen zur Bodenkonservierung. Um den Farmern einen zusätzlichen Anreiz zum Testen der neuen ackerbaulichen Methoden zu geben, unterstützt die US-Regierung diese zu dieser Zeit finanziell für die Versuche.

Somit bekommen die US-Farmer eine gewisse finanzielle Kompensation für zusätzliche Kosten, die aus der Verfahrensumstellung resultieren und können zu Beginn auf kleineren Testflächen notwendige Erfahrungen in der Anwendung konservierender Bodenbearbeitungsverfahren sammeln (*NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE, letzter Zugriff: 15.10.2014*).

Auch in Russland gibt es natürlich sehr gute Erfahrungen und Kompetenzen einheimischer Wissenschaftler zur Erfassung und Bekämpfung von Bodendegradation sowie der Etablierung standortangepasster Bodenschutz- und Landnutzungsmaßnahmen. Diese reichen zurück bis auf Dokuchaev, der in seinem Werk zur russischen Schwarzerde (*DOKUCHAEV 1936*) über die Bedeutung dieser schrieb.

In diesem Kontext muss auch erwähnt werden, dass in der Baschkirischen ASSR bereits etwa 10 Jahre nach der Zelina-Etappe aufgrund zunehmender ökologischer Problem ein zunehmendes Bewusstsein über die Notwendigkeit bodenschützender Maßnahmen, die man über eine Extensivierung der Landnutzungsstruktur erreichen möchte, entsteht. Vor allem das Landnutzungssystem nach Mal'cev und die Theorien von Will'jams zur „Feldgraswirtschaft“ sind zu dieser Zeit aktuell (*BIKBULATOV 2004*).

Die Bestrebungen einer extensiveren, ökologisch nachhaltigeren Landnutzung setzten sich allerdings zu dieser Zeit, trotz guter Ansätze, nicht durch.

Der post-sowjetische agrarische Landnutzungswandel bietet aktuell neue Chancen für eine nachhaltige agrarische Landnutzung im Untersuchungsgebiet.

Neben der staatlichen Förderung dieses Prozesses durch die vom Ministerium für Landwirtschaft und dem Staatlichen Komitee Baschkortostans für Landressourcen aufgelegten Programme zur Landnutzungsextensivierung durch die Konvertierung von Ackerflächen zu Grünland, erwachsen auch aus den neuen wirtschaftlichen Veränderungen wichtige Rahmenbedingungen, die diesen Prozess reaktivieren und weiterentwickeln könnten.

Während der Prozess der Landnutzungsextensivierung durch Ackerflächenkonvertierungen ab Mitte der 1990er Jahre staatlich unterstützt wird, ist dies bei der Extensivierung des Ackerbaus durch die Einführung konservierender Bodenbearbeitungsverfahren gegenwärtig leider nicht der Fall. In der staatlichen Unterstützung neuer Trends bodenkonservierender Bearbeitungstechnologien besteht aber eine große Chance, den Ackerbau in Baschkortostan ökologisch wie auch wirtschaftlich nachhaltiger zu gestalten. Somit ließe sich eine Win-win-Situation erreichen.

Wichtige Stellschrauben wären eine Erleichterung der Kreditvergabe sowie Subventionen für den Kauf bodenschonender Technologien, die Schaffung von Möglichkeiten für die Durchführung von Weiterbildungen für die Landwirte sowie die finanzielle Unterstützung von durch die Betriebe möglicherweise in Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Einrichtungen durchgeführten Feldversuchen zu den neuen ackerbaulichen Methoden.

Hierfür könnte, so zeigen dies Vorschläge des bedeutenden Institutes für Steppenforschung in Orenburg (Institut Stepi Uralskogo Otdelenija Rossijskoj Akademii Nauk) auch Fonds aus der prosperierenden Erdgas/-öl-Industrie generiert und den Landwirten (Farmern) zur Verfügung gestellt werden (*LEVYKIN, CHIBILEV & KAZACHKOV 2012*).

Aus den regionalen Untersuchungen in der voruralischen Waldsteppenzone Baschkortostans werden somit große Potenziale zur besseren Anpassung der agrarischen Landnutzung an die regionalen agrarökologischen wie auch ökonomischen Bedingungen deutlich, zu dessen Realisierung die vorgeschlagenen Maßnahmen einen Beitrag leisten könnten. Diese Erkenntnisse haben modellhaften Charakter und können auch für andere temperierten Graslandbereiche Russlands Entscheidungshilfen für die weitere Etablierung ressourcenschonender, nachhaltiger und somit auch an den Klimawandel besser angepasster Landnutzungssysteme Anwendung finden. Hierbei gilt es zu berücksichtigen, dass Fragen und Perspektiven einer nachhaltigen, klimaoptimierten Landnutzung stets als Querschnittsaufgabe und Kenntnis der jeweiligen politischen, wirtschaftlichen und naturräumlichen Bedingungen im Verbund mit möglichst vielen Stakeholdern aus Wissenschaft, (Land-)Wirtschaft und Politik erfolgreich und langfristig gelöst werden können. Aufgrund der Komplexität der Probleme und der regionalen Besonderheiten im Untersuchungsgebiet, erweisen sich hierbei inter- bzw. transdisziplinäre wissenschaftliche Forschungsprojekte als eine wichtige von der Politik auch immer wieder geforderte Informations- und Entscheidungsgrundlage für die Erarbeitung und dauerhafte Etablierung von Lösungsstrategien zur nachhaltigen Landnutzung.

Die innovativen und hochwertigen Ergebnisse dieser Arbeit sprechen dabei für eine Fortsetzung dieser interdisziplinären Forschungstätigkeiten und ihrer Verknüpfung mit den regionalen Stakeholdern. Damit könnten, aufbauend auf den bereits vorhandenen sehr guten Kooperationen in Forschung und Lehre, zwischen den einzelnen Forschungseinrichtungen, Universitäten und Stakeholdern weiterführende Erkenntnisse, insbesondere zur Langzeitwirkung unterschiedlicher ackerbaulicher Landnutzungsintensitäten und -formen, generiert werden sowie weitergehende Empfehlungen für den Ökosystemschutz (bzw. -regenerierung) aber auch Maßnahmen zur nachhaltigen Regionalentwicklung dieser Gebiete unter Berücksichtigung ihrer großen und vielgestaltigen ökologischen Funktionalität sowie ihrer Möglichkeiten als „Weltbrotkörbe“ geleistet werden. Die Waldsteppenzone Baschkortostans besitzt hierfür in vielerlei Hinsicht noch große Potenziale.

7 Literatur- und Quellenverzeichnis

- AFZALOV R. S. & CHANY SHEV I. O. (2002): Analiz kachestvennogo sostojanija zemel'nogo fonda i ekologicheskie aspekty zemel'nogo fonda i ekologicheskie aspekty zemlepol'zovanija v RB. – In: Problemy i perspektivy razvitija agropromyshlennogo kompleksa regionov Rossii. Bashkirskij Gosudarstvennyj Agrarnyj Universitet Ufa. Ufa.
- AKMANOV I. G., KASIMOV S. F., KUL'SHARIPOV M. M. et al. (2006): Istorija Bashkortostana s drevnejshikh vremen do nashikh dnejj. Tom II. Ufa.
- ALCAMO J, FLORKE M., MARKER M. (2007): Future long term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes. *Hydrological Sciences* 52 (2). S 247-275.
- ARINUSCHKINA E. V. (1961): Handbuch der chemischen Bodenanalyse. Moskau.
- ASKAROV A. A. (2006): Ocenka i prognoz razvitija agrarnoj ekonomiki regiona: na materialakh Respubliki Bashkortostan. Ufa.
- ATTESLANDER P. (2003): Methoden der empirischen Sozialforschung. 10. Aufl.. Berlin.
- BAHRENBURG G. & GIESE E. (1999): Statistische Methoden in der Geographie: Band 1 Univariate und bivariate Statistik. Stuttgart.
- BAKER J. M., TYSON E. O., RODNEY T. V., TIMOTHY J. G. (2007): Tillage and soil carbon sequestration – What do we really know? – In: *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 118, Issues 1-4, P. 1-5.
- BARABANOV A. T., BALYCHEV R. D., SMIRNOV R. E. (2012): Regulation of snowmelt runoff via snow retention control and regulation of soil freezing. – In: *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniverzitetetskogo kompleksa: Nauka I vysshee professionalnoe obrazovanie*. No. 1, 10-13.
- BASHKIRSKIJ FILIAL AKADEMII NAUK SSSR (1979) Zemelnyj fond Bashkirskoi ASSR i ego ispolzovanie. Ufa.
- BATYRSHIN N. V. (2002): Vlijanie degradaciii proizvodstvennogo potenciala APK na kon'junkturu rynka prodovol'stvia. – In: *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prkticheskoi konferencii. Problemy i perspektivy razvitija agropromyshlennogo kompleksa regionov Rossii*. Chast' 3. Ufa.
- BERHE A. A., HARDEN J. W., HARTE J., TORN M. S. (2005): Soil Degradation and Global Change: The role of soil erosion and deposition in carbon sequestration. University of California International and Area Studies. Breslauer Symposium. <http://www.escholarship.org/uc/item/8xv4b77b>.
- BIKBULATOV Z. G. (2004): Primenenie energoresursosberegajushejj tehniki v pochvozashitnom zemledelii Respubliki Bashkortostan. Ufa.
- BOGOMOLOV D. V. (1954): Pochvy Bashkirskoj ASSR. Moskva.

- BOUMA J. (1991): Influence of soil macroporosity on environmental quality. *Advances in Agronomy management*. 46, 1–37. *Geoderma* 92, 185–197.
- BRUISCH K. (2007): Entwicklungstendenzen landwirtschaftlicher Familienbetriebe in Russland seit 1990. Leibnitz Institute of Agricultural Development in Central and Eastern Europe.
- BUCZKO U., BENS O., HÜTTL R. F. (2006): Tillage effects on hydraulic properties and macroporosity in silty and sandy soils. *Soil Science Society of America Journal* 70, 1998–2007.
- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (Hrsg.) (2005): *Bodenkundliche Kartieranleitung – KA5*. Hannover.
- BUREL F., BAUDRY J., LEFEUVRE J. C. (1993): Landscape structure and the control of water runoff. – In: *Landscape Ecology and Agroecosystems*, pp. 41–47, Lewis, Boca Raton, FL.
- BURINGH P. AND DUDAL R. (1987): Agricultural Land Use in Space and Time- In: *Land Transformation in Agriculture*. M.G. Wolman and F.G.A. Fournier (eds.). S. 9-45. New York.
- CAPRIEL P. (2003): *Humusversorgung der Böden*. Freising.
- CHANY SHEV I. O. (2009): Pochvenno-ekologicheskie osnovy optimizacii zemlepol'zovanija v Respublike Bashkortostan. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora sel'skokhozjajstvennykh nauk. Barnaul.
- CHANY SHEV I. O., MUKATANOV A. K., KIRAEV R. S. (2008) Optimizacija sel'skokhozjajstvennogo zemlepol'zovanija v Respublike Baschkortostan. Ufa.
- CHANY SHEV I. O. & ARZALOV R.S. (2002): Analiz kachestvennogo sostojanija zemel'nogo fonda i ekologicheskie aspekty zemlepol'zovanija v Respublike Bashkortostan. – In: *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prkticheskoy konferencii. Problemy i perspektivy razvitija agropromyshlennogo kompleksa regionov Rossii*. Chast' 3. Ufa.
- CHEN J., CHEN J-Z., TAN M., GONG Z. (2002): Soil degradation: a global problem endangering sustainable development. – In: *Journal of Geographical Sciences* 12, 2 (2002), S. 243-252.
- CHERNJAKHOSKY D. A. & TISHKOV A. A. (2002): Desertification and ecological problems of pasture stockbreeding in the steppe regions of Southern Russia. Moscow.
- CHIBILEV A. A., LEVYKIN S. V., CHIBILEV A. A. (junior), KAZACHKOV G. V. (2012): Problema nevostrebovannosti zemel' v stepnoj zone: Klassifikacija i tipologija, ocenka perspektiv razvitija. – In: *Bjulleten' Orenburgskogo nauchnogo centra Uro RAN*. No. 4.
- DOKUCHAEV V. V. (1936): *Russkij chernozem*. Moskva.
- EDWARDS W. M. (1982): Predicting tillage effects on infiltration. – In: *predicting tillage effects on soil physical properties and processes*. ASA Special Publication No. 44.

- EHLERS, W. (1996): Wasser in Boden und Pflanze. Dynamik des Wasserhaushalts als Grundlage von Pflanzenwachstum und Ertrag. Stuttgart.
- ESWARAN H., VAN DEN BERG E., REICH P. AND KIMBLE (1995): Global Soil Carbon Resources. – In: Advances in Soil Science. Soils and Global Change. CRC Press, Boca Raton, FL.
- EULE W. (1962): Das Problem der Neulandgewinnung in der Sowjetunion. Diss. Universität Bonn.
- FAO (Hrsg.)(1997): Soil Map of the World. Technical Paper 20. Wageningen
- FOLEY J. A., DEFRIES R., ASNER G. P. et al. (2005): Global consequences of land use. – In: Science, 309 (5734), 570–574.
- FRÜHAUF M. & LIEBELT P. (2014): Consequences of land use and climate change for landscape water budgets, soil degradation and rehabilitation in the forest steppe zone of Bashkortostan. - In: Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften. Bd. 33. P-ISSN: 2193-1313, E-ISSN: 2196-3622
(Online: <http://public.bibliothek.unihalle.de/index.php/hjgb/issue/current>).
- FRÜHAUF M. & MEINEL T. (2003): Die Neulandgewinnung in der südsibirischen Kulundasteppe und ihre geoökologischen sowie agronomischen Folgen. – In: Geo-Öko. 1/2003, S. 86-107. Darmstadt.
- FU B., GULINCK H., MASUM M. Z. (1994): Loess erosion in relation to land-use changes in the Ganspoel catchment, central Belgium. – In: Land Degradation and Rehabilitation. 5 (4), pp. 261–270.
- GABBASOVA I. M. (2004): Degradacija i rekultivacija pochv Bashkortostana. Ufa.
- GAO X., WU P., ZHAO X., WANG J., SHI Y. (2014): Effects of land use on soil moisture variations in a semi-arid catchment: implications for land and agricultural water management. – In: Land Degradation and Development, 25, 163–172.
- GATTERMANN B. (2005): Architektur des modernen Pflanzenbaus. Hasbergen-Gaste.
- GIESKE M. (2003): Auswirkungen langjähriger Intensiv-Landwirtschaft auf das Gefüge von Lössböden – unter besonderer Berücksichtigung der Aggregatstabilität. – In: Horizonte. Herrenhäuser Forschungsbeiträge zur Bodenkunde. Bd. 13.
- GOSKOMSTAT RSFSR – BASHKIRSKOE UPRAVLENIE STATISTIKI (Hrsg.)(1990): Zemelnij fond Bashkirkoi ASSR i ego ispolzovanie. Ufa.
- GOSKOMSTAT – TERRITORIAL'NYJ ORGAN FEDERAL'NOJ SLUZHBY GOSUDARSTVENNOJ STATISTIKI PO RESPUBLIKE BASHKORTOSTAN (Hrsg.) (2007): Bashkortostan na rubezhe vekov. Istorija i sovremennost'. Statisticheskij Sbornik. Ufa.
- GOSKOMZEM – GOSUDARSTVENNYJ KOMITET RESPUBLIKI BASHKORTOSTAN PO ZEMEL'NYM RESURSAM (o. J.): Otchet o nalitchii zemel i razpredelenii ich po kategorijam, ugodjam i zemlepolzowateljam na 1.1.85 po BASSR. Ufa.

- GOSKOMZEM/ROSKOMZEM (1997/2001/2007): Gosudarstvennyj (nacional'nyj) doklad o sostojanii i izpol'zovanija zemel Respubliki Bashkortostan. Ufa.
- HARTKE K. H., HORN R. (2009): Die physikalische Untersuchung von Boden. 4. Aufl. Stuttgart.
- HÖLTING B. (1996): Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. Stuttgart.
- JOHNSON D. L. & LEWIS L. A. (1995): Land Degradation: Creation and Destruction. Oxford.
- KADILNIKOV I. P. & TAJCHINOV S. N. (1973): Uslovija pochvoobrasovanija territorii Bashkirii i ego provincialnye cherty. – In: Pochvy Bashkirii. Tom 1. S. 15-62. Ufa.
- KELLER, T. (2010): Development of Land Use and Soil Degradation and their Consequences for the Forest Steppe Zone of Bashkortostan. Final Report 2010. unpublished.
- KHABIROV I. K. (2000): Rekomendacii po sokhraneniju i povysheniju plodorodija pochv Respubliki Bashkortostan na 2001-2004 gody na osnove adaptivno-landshaftnogo zemledelija. Ufa.
- KHABIROV I. K. (1995): Pochvy Bashkortostana. Tom 1. Ufa.
- KHAMIDULLIN M. M. (2009): Izuchenie effektivnosti razlichnykh sistem osnovnoj obrabotki v sevooborotakh. – In: Sistemy obrabotki pochvy v sevooborotakh stepnykh i lesostepnykh agrolandshaftov Bashkortostana. Rezul'taty opytov i predlozhenija proizvodstvu. Ufa.
- KHAZIEV, F. K. (2007): Pochvy respubliky Bashkortostan i regulirovanie ikh plodorodija. Ufa.
- KIRAEV R. S., MIRSAJAPOV R. R., ASYLBAEV I. G. (2009): Obrabotka chernozemnykh pochv v sisteme zemledelja lesostepi Bashkortostana. – In: Sistemy obrabotki pochvy v sevooborotakh stepnykh i lesostepnykh agrolandshaftov Bashkortostana. Rezul'taty opytov i predlozhenija proizvodstvu. Ufa.
- KIRAEV R. S. & SIRAEV M. G. (2009): Itogi sovershenstvovanija system obrabotki pochvy v Bashkortostane. – In: Dostizhenija nauki i tekhniki APK. N. 11, S. 39-42, Ufa.
- KÖLLER K. (1985): Bodenbearbeitung mit und ohne Pflug. Darmstadt.
- KÖLLER K. & LINKE C. (2001): Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug. 2. Aufl. Frankfurt am Main.
- KRUKER V. M., RAUH J. (2005): Arbeitsmethoden der Humangeographie. Darmstadt.
- LAL R., LORENZ K., HÜTTL R. F., SCHNEIDER B. U. et al. (2012): Terrestrial Biosphere as a Source and Sink of Atmospheric Carbon Dioxide. – In: Recarbonization of the Biosphere. Ecosystems and the Global Carbon Cycle. S. 1-16. London.
- LAL R., FOLLETT R. F., STEWART AND KIMBLE J. M. (2007): Soil Carbon Sequestration to mitigate climate change and advance food security. – In: Soil Science, Vol. 172, No. 12., S. 143-956.

- LAL R. (2004): Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. – In: *Science*. Vol. 304, S.1623 – 1627.
- LAL R. (2002): Soils and the Greenhouse Effect. – In: *Soil Carbon Sequestration and the Greenhouse Effect*. Soil Science Society of America. Madison, WI, USA.
- LAMBERT C. R. (1971): The Drought Cattle Purchase, 1934-1935: Problems and Complaints. – In: *Agricultural History* Vol. 45, No. 2, pp. 85-93.
- LEIJ F. J., GHEZZEHEI T. A., Or D. (2002): Modeling the dynamics of the pore-size distribution. – In: *Soil Tillage Res.* 64, 61–78.
- LEVITIN I. E. (2007): *Nacional'nyj Atlas Rossii. Tom 2. Proroda. Ekologija*. Moskva.
- LIEBELT P. (2010): *Bodenbearbeitung in Baškortostan (Russland): Untersuchung angewandter Bodenbearbeitungsverfahren hinsichtlich ihrer Motive und der ökologischen Auswirkungen*. Diplomarbeit. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- LINDNER P. (2008): *Der Kolchoz-Archipel im Privatisierungsprozess. Wege und Umwege der russischen Landwirtschaft in die globale Marktgesellschaft*. Bielefeld.
- LINDSTROM M. J., SCHUMACHER T. E., COGO N. P. et al. (1998): Tillage effects on water runoff and soil erosion after sod. – In: *Water Conservation* First Quarter 1998 vol. 53 no. 1 59-63.
- LJURI D. I., GORJACHKIN S. V., KARAVAEVA N. A. et al. (2010): Dynamics of agricultural land in Russia and postagrogenic restoration of plants and soils. Moscow, GEOS 2010, 416 p.
- MARTINEZ-FERNANDEZ JO., LOPEZ-BERMUDEZ F., MARTINEZ-FERNANDEZ JU., ROMERO-DIAZ A. (1995): Land use and soil-vegetation relationships in Mediterranean ecosystem. - In: *Catena* 25, 153-167. Murcia.
- MAX-EYTH-GESELLSCHAFT AGRARTECHNIK IM VDI [VEREIN DEUTSCHER INGENEURE] (Hrsg.) (2007): *Maschineneinsatz unter Berücksichtigung der Befahrbarkeit landwirtschaftlich genutzter Böden*. Düsseldorf.
- MC DONNELL M. J. & PICKET S. T. (1993): *Humans as components of ecosystems: The ecology of subtle human effects and populated areas*. Berlin.
- MEINEL T. & FRÜHAUF M. (2004): *Die Bedeutung nachhaltiger Landnutzungssysteme in temperierten Grasländern. Steppe landscapes*. Orenburg.
- MEINEL T. (2003): *Die geoökologischen Folgewirkungen der Steppenumbrüche in den 50er Jahren in Westsibirien. Ein Beitrag für zukünftige Nutzungskonzepte unter besonderer Berücksichtigung der Winderosion*. Diss. Universität Halle-Wittenberg. Halle.
- MINISTERSTVO SEL'SKOGO KHOZJAJSCTVA BASSR (Hrsg) (1975): *Otchet o nalitchii zemel i razpredelenii ich po kategorijam, ugodjam i zemlepolzowateljam na 1.1.75 po BASSR*. Ufa.

- MINISTERSTVO SEL'SKOGO KHOZJAJSTVA BASSR (Hrsg.) (1985): Otchet o nalitchii zemel i razpredelenii ich po kategorijam, ugodjam i zemlepolzowateljam na 1.1.85 po BASSR. Ufa.
- MIRKIN B. M. et al. (1998): STEPI BASHKIRII: strategii nerazrushitel'nogo ispol'zovanija. Ufa.
- MOLTACHANOV E. & KARMANOV I. (2002): Degradation and desertification of lands in Russia. Proceedings of 17th world congress of soil science: Abstracts volume IV. Moscow.
- MUBARAK I., MAILHOL J. C., ANGULO-JARAMILLO R. et al. (2009): Temporal variability in soil hydraulic properties under drip irrigation. – In: Geoderma 150, 158–165.
- OLDEMAN L. R. (1992): Global Extent of Soil Degradation. –In: ISRIC Report. Wageningen, S. 19-36.
- OLDEMAN L. R. and HAKKELING R. T. A. and SOMBROCK W. G. (1991): World Map of the Status of Human-Induced Soil Degradation. Global Assessment of Soil Degradation GLASOD. ISRIC. Wageningen.
- OZTAS F. (2003): Effect of freezing and thawing processes on soil aggregate stability. – In: Catena 52 (2003) 1-8.
- PENKAITIS N. (1995): Entwicklungstendenzen der Agrarstruktur in Russland. Berlin.
- PETRIKOV A. V. (2000): Agrarnaja reforma v Rossii: Konceptii, opyt, perspektivy. Moskva.
- PORST R. (2000): Studienskripte zur Soziologie. Praxis der Umfrageforschung. 2. Aufl., Stuttgart.
- PRISHCHEPOV A. V., RADELOFF V. C., BAUMANN M. et al. (2012): Effects of institutional changes on land use: agricultural land abandonment during the transition from state-command to market-driven economies in post-Soviet Eastern Europe. – In: Environmental Research Letters Vol. 7 N. 2.
- RASMUSSEN P. E., COLLINS H. P. (2008): Long-Term Impacts Of Tillage, Fertilizer, And Crop Residue On Soil Organic Matter In Temperate Semiarid Regions. – In: Advances in Agronomy Volume 45, 1991, Pages 93–134.
- ROSKOMZEM – KOMITET ROSSIJSKOJ FEDERACII PO ZEMEL'NYM RESURSAM I ZEMLEUSTROJSTVU (1994): Pis'mo ot 29.ijulja 1994. No. 3-14-2/1139. Metodika opredelenijarazmerov ucherba ot degradacii pochv I zemel'. Ufa.
- REMMERT H. (1997): Spezielle Ökologie. Terrestrische Systeme. Berlin.
- ROSNEDEVIZHIMOST' (2008): Gosudarstvennyj (nacional'nyj) doklad o sostojanii i izpol'zovanija zemel Respubliki Bashkortostan. Ufa.
- ROSTANKOVSKI P. (1996): Agrarraum und Getreideanbau in der Sowjetunion 1948-1985. Berlin.

- ROMANENKO G. A., POZDNJAKOV V. G. (1999): The Agroindustrial Complex of Russia. It's Status and Place in the Agroindustrial Complex of the World. Moscow.
- SALISHEV L. I. & BAKHTIZIN N. R. (1993): Minimal'naja obrabotka i proizvodstvo tipichnogo chernozema. Ufa.
- SAFIN KH. M. & KIRAEV R. S. (2009): Resursosberegajushie tekhnologii – osnova povyshenija effektivnosti selkhozproizvodstva. – In: Sistemy obrabotki pochvy v sevooborotakh stepnykh i lesostepnykh agrolandshaftov Bashkortostana. Rezul'taty opytov i predlozhenija proizvodstvu. Ufa.
- SCHAETZL R. J. & ANDERSON S. (2005): Soils. Genesis and Geomorphology. Cambridge.
- SCHEFFER F. & SCHACHTSCHABEL P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. 15. Aufl., Heidelberg.
- SCHERR S. J. (1999): Soil Degradation. A Threat to Developing-Country Food Security by 2020? Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper 27. Washington, D. C..
- SCHERZER J., SCHAAF W., HÜTTL R. F. J. (1996): Eignung von FDR- und TDR- Sonden zur Erfassung der Bodenfeuchte in Kippsubstraten mit erhöhter elektrischer Leitfähigkeit. - *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 80, p. 279-282.
- SCHILLER OTTO (1960): Das Agrarsystem der Sowjetunion : Entwicklung seiner Struktur und Produktionsleistung. Köln.
- SCHLESINGER W. H. (1996): An Overview of the Carbon Cycle. – In: Soils and Global Change. S. 9-26. London.
- SCHLICHTING E., BLUME H.-P., STAHR K. (1995): Bodenkundliches Praktikum. Eine Einführung in pedologisches Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land- und Forstwirte und für Geowissenschaftler. 2. Aufl., Wien.
- SCHRÖTER D. et al. (2005): Ecosystem Service Supply and Vulnerability to Global Change in Europe. *Science*, 310(5752), 1333-1337.
- SCHWEN A., GERNOT B., LOISKANDLA W. (2011): Time-variable soil hydraulic properties in near-surface soil water simulations for different tillage methods. – In: *Agricultural Water Management* 99 (2011), 42-50.
- SELJANINOV, T. G. (1928): On the agricultural estimation of climate. - *Proc. Agricultural Meteorology*, vol. 20, pp 165–177.
- SIRAEV, M.G. (2007): *Nauka i praktika zemlepushchev*. Ufa.
- SMELANSKY I. E. and TISHKOV A. A. (2012): The Steppe Biome in Russia: Ecosystem Services, Conservation Status, and actual Challenges. –In: *Plant and Vegetation. Eurasian Steppes. Ecological Problems and Livelihoods in a Changing World*. S45-102. Vol. 6.
- SNAKIN V. V. et al. (1996): The system of assessment of soil degradation. – In: *Soil Technology*. Vil 8, Issue 4, S. 331-343).

- STAFICHUK I. D., AKTUGANOVA K. G. (2002): Ekologicheskie aspekty zemel'nykh preobrazovanij v Respublike Bashkortostan. – In: Problemy i perspektivy razvitija agropromyshlennogo kompleksa regionov Rossii. Ufa.
- SOBOLEV S. S. (1973): Erozija pochv v SSSR i bor'ba s nej. Moskva.
- SOBOLEV S. S. (1961): Zashita pochv ot erozii. Verlag: Sel'khozizdat. Moskva.
- STAFICHUK I. D. & AKTUGANOVA K. G. (2002): Ekologicheskie aspekty zemel'nykh preobrazovanij v Respublike Bashkortostan. – In: Problemy i perspektivy razvitija agropromyshlennogo kompleksa regionov Rossii. Ufa 2002.
- STRAUSS A. & CORBIN J. (1996): Grounded theory: Grundlagen qualitativer Sozialforschung. Weinheim.
- STOLBOVOJ V. (2000): Soils of Russia: Correlated with the Revised Legend of the FAO Soil Map of the World and World Reference Base for Soil Resources. Research Report conducted at IIASA. Vienna.
- STOLBOVOJ V. (1998): Soils of Russia: Correlated with the Revised Legend of the FAO Soil Map of the World. Interim Report conducted at IIASA. Vienna.
- STOLBOVOI V. & FISCHER G. (1998): A new digital georeferenced database of soil degradation in Russia. *Advances in GeoEcology* 31, ISBN 3-923381-42-5.
- STRAUSS A. & CORBIN J. (1996): Grounded theory: Grundlagen qualitativer Sozialforschung. Weinheim.
- STRUDLEY M. W., GREEN T. R., ASCOUGH J. C. (2008): Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. *Soil Tillage Res.* 99, 4-48.
- SULTANOV M. K., GUSMANOV I. U. (2000): Ekonomicheskie i social'nye problemy rasvitija APK na rubezhe XXI veka (II chast'). Ufa
- TAJCHINOV S. N. (1973): Prirodnye zony i agropochvennye pajony Bashkirii. – In: Pochvy Bashkirii. Tom 1. S. 72-89. Ufa.
- TEBRÜGGE F. (2003): Konservierende Bodenbearbeitung gestern, heute, morgen – von wendender über nichtwendende Bodenbearbeitung zur Direktsaat. – In: Landbauforschung Völkenrode FAL Agricultural Research. Nachhaltige Bodennutzung – aus technischer, pflanzenbaulicher, ökologischer und ökonomischer Sicht. Sonderheft 256. S. 49 – 59.
- URAZBAKHTIN N. K. (1979): Zemel'nyj fond Bashkirskoj ASSR. – In: Zemel'nyj fond Bashkirskoj ASSR I ego ispol'zovanie. Bashkirskij Filial Akademii Nauk SSSR, Otdel Ekonomicheskikh Issledovanij Bashkirskij Filial Instituta Volgogiprozem [Hrsg.] Ufa.
- VADJUNINA A. F. & KORCHAGINA Z. A. (1973): Metody issledovanija fizicheskich svojstv pochv i gruntov. 2-e izd., Moskva.

- VADJUNINA, A. F. & KORCHAGINA, Z. A. (1986): Metody issledovanija fizicheskich svojstv pochv i gruntov. 3-e izd., Moskva.
- VALENTIN C. (1996): Soil erosion under global change. – In: Globale Change and Terrestrial Ecosystems. 317-340. Cambridge.
- VAN VUUREN D. (2009): Growing within Limits. A Report to the Global Assembly 2009 of the Club of Rome. Bilthoven.
- VANJUKOV Y. I., TAKUMBETOV, M. I. & SULTANOV, M. K. (1979): Zemel'nyj fond Bashkirskoj ASSR I ego ispol'zovanie. Ufa.
- VOßHENRICH H.-H. (2003): Ortsspezifische Bodenbearbeitung und Einsparpotenzial – Die wichtigsten Schritte zum Erfolg. – In: Nachhaltige Bodennutzung – aus technischer, pflanzenbaulicher, ökologischer und ökonomischer Sicht. Sonderheft 256. Braunschweig.
- WALKER B. H. and STEFFEN W. L. (1996): GCTE science: objectives, structure and implementation. – In: Global Change and Terrestrial Ecosystems. International Geosphere-Biosphere Programme Book Series. Cambridge.
- WALTER H. & BRECKLE S.-W. (1994): Ökologie der Erde Band 3. Spezielle Ökologie der Gemäßigten und Arktischen Zonen Euro-Nordasiens. 2. Aufl. Jena.
- WANDEL J. (2001): Landwirtschaft und Industrie in Russland der Transformationsprozess in der Ernährungsindustrie. Eine Analyse im Lichte des Structure-Conduct-Performances-Ansatzes. – In: Studies of Agricultural and Food Sector in Central and Eastern Europe. IAMO. Vol. 10. Kiel.
- WEIN N. (1983): Die Sowjetunion. Schöningh.
- WERGER M. J. A. & VAN STALDUINEN M. A. (Editor) (2012): Eurasian Steppes. Ecological Problems and Livelihoods in a Changing World. Heidelberg.
- WOHLRAB B., ERNSBERGER H., MEUSER A. et al. (1992): Landschaftswasserhaushalt. Wasserkreislauf und Gewässer im ländlichen Raum. Veränderungen durch Bodennutzung, Wasserbau und Kulturtechnik. Berlin
- JAPAROV I. M. (2005): Atlas Respubliki Bashkortostan. Ufa.
- ZHDANOV N. KH (1976): Sistema vedenija sel'skogo khozjajstva po zonam Bashkirskoj ASSR. Ufa.
- ZHUCHENKO A. A. (2005). Promoting Sustainable Agriculture and Rural Development in Russia: Strengthening the Role of Farmers. – In: Regional Sustainable Development Review: Russia in the Encyclopedia of Life Support Systems. from <http://www.eolss.net>.
- ZHUCHENKO A. A. (1995): Strategy of adaptive intensification of agriculture: (a concept) Pushchino.
- ZIMMERLING B. (2004): Berechnungsversuche zum Infiltrationsverhalten von Ackerböden nach Umstellung der Konventionellen Bodenbearbeitung auf Konservierend

Bodenbearbeitung. – In: Herrenhäuser Forschungsbeiträge zur Bodenkunde Band 15. 2004.

ZIMMERMANN-JANSCHITZ S. (2014): Statistik in der Geographie. Eine Exkursion durch die deskriptive Statistik. Heidelberg.

ZHOU X., LIN H. S., WHITE E. A. (2008): Surface soil hydraulic properties in four soil series under different land uses and their temporal changes. – In: Catena 73, 180-188.

WEST T. O. & POST W. M. (2002): Soil Organic Carbon Sequestration Rates by Tillage and Crop Rotation. – In: Soil Science Society of America Journal. Vol. 66, No. 6, p.1930-1946

Online-Quellen

BMBF (2008) – <http://www.bmbf.de/foerderungen/13138.php>, letzter Zugriff: 24.10.2014.

ECOTECH UMWELT-MESSGERÄTE GmbH – <http://www.ecotech-bonn.de/de/produkte/bodenkunde/>, letzter Zugriff: 23.10.2014.

FAO – <http://www.fao.org/docrep/017/aq191e/aq191e.pdf>, letzter Zugriff: 14.10.2014.

FAO, Soil Map of the World – www.iiasa.ac.at/Research/LUC/External-World-soil-database/HTML/index.html?sb=1, letzter Zugriff: 23.01.2012.

GOSKOMSTAT - ROSSIJSKIJ KOMITET GOSUDARSTVENNOJ STATISTIKI RESPUBLIKI BASHKORTOSTAN: Urozhaj. Statisticheskij bjulleten'. Ufa (Online-Ressource: Daten: www.bashstat.ru, 2014)

<http://www.worldclim.org/current>, letzter Zugriff: 20.05.2013

ISRIC – http://www.isric.org/isric/webdocs/docs/major_soils_of_the_world/set8/ch/chnoze.pdf, Zugriff am 15.06.2013.

LOGTAG RECORDERS: <http://www.logtagrecorders.com/products/trix-8.html>, letzter Zugriff 04.12.2014).

NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE – <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/technical/nra/nri/?cid=stelprdb1041887>, 15.10.2014).

NOAA: <http://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/>, letzter Zugriff: 06.04.2014.

Official'nyj Internet Portal Pravovoj Informacii Respubliki Bashkortostan – <http://npa.bashkortostan.ru/?show=4&seed=5402>, letzter Zugriff: 03.08.2014.

PRAVITEL'STVO RESPUBLIKI BASHKORTOSTAN – http://www.pravitelstvorb.ru/regulatory/programs/mid_term_comprehensive_development_program_of_the_north_east_of_bashkortostan_in_2011_2015.php, 14.03.2014.

ROSREESTR (a) – <http://npa.bashkortostan.ru/?show=4&seed=5402>, letzter Zugriff: 03.08.2014.

ROSREESTR (b) –

http://www.to02.rosreestr.ru/upload/to02/files/%D0%BD%D0%B0%D1%86_%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4_2012.pdf, Zugriff: 03.08.2014.

SPECTRUM TECHNOLOGIES – <http://www.specmeters.com>, letzter Zugriff: 04.07.2011

Upravlenie Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj registracii, kadastra i kartografii po Respublike Bashkortostan –

http://www.to02.rosreestr.ru/upload/to02/files/%D0%BD%D0%B0%D1%86_%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4_2012.pdf, Zugriff: 03.08.2014).

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG (WBGU) (2011) –

http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/jg2011/wbgu_jg2011.pdf, letzter Zugriff: 24.03.2013.

WORLDBANK 2014 (a) – <http://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>, letzter Zugriff: 22.10.2014.

WORLDBANK 2014 (b) – <http://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.ARBL.ZS>, letzter Zugriff: 22.10.2014.

Mündliche Quellen

Interview 1-12, Anhang 1

8 Anhang

Anhang 1: Interview

Die mit den Entscheidungsträgern in baschkirischen Landwirtschaft durchgeführten Interviews (1-12) befinden sich in verschriftlicher Form und als Audiodatei auf der beiliegenden CD

Anhang 2Tabelle 21: Eigenschaften zur Bodenphysik sowie den Bodenwasserhaushalt am Standort Artemida (2012) (*Eigene Daten*)

Profil	Proben- nahme, cm	Trocken- rohdichte g/cm ³	Wasserspeicherkapazität [Masse-%]		
			KW ⁴²	Max. BW ⁴³	Max. FK ⁴⁴
Plot A5 (Referenz- Plot)	0-10	0,93	56,6	64,1	39,2
	10-20	1,10	56,0	60,4	38,7
	20-30	1,12	46,3	51,8	38,3
	30-40	1,24	43,2	48,5	36,8
	40-50	1,10	42,6	47,8	35,9
	50-60	1,07	43,1	46,9	35,7
	60-70	1,19	40,4	44,1	33,4
	70-80	1,20	36,9	39,6	29,5
	80-90	1,30	31,7	34,0	28,4
	90-100	1,41	29,6	31,4	27,5
Plot A4	0-10	1,01	56,8	62,2	38,2
	10-20	1,03	55,5	59,3	38,6
	20-30	1,06	43,4	52,3	37,5
	30-40	1,22	38,4	41,3	36,4
	40-50	1,33	32,4	39,9	28,1
	50-60	1,43	30,0	37,5	26,3
	60-70	1,45	29,3	36,1	25,3
	70-80	1,42	29,2	33,7	24,8
	80-90	1,43	28,7	30,1	25,9
	90-100	1,43	29,3	30,2	25,7
Plot A3	0-10	0,95	56,2	64,8	39,1
	10-20	1,16	53,1	62,4	38,3
	20-30	1,25	40,2	51,8	36,1
	30-40	1,24	38,0	49,2	34,1
	40-50	1,25	36,9	39,2	32,5
	50-60	1,32	34,8	38,3	30,1
	60-70	1,36	34,3	37,5	28,5
	70-80	1,43	31,2	31,9	26,9
	80-90	1,43	29,0	30,7	24,6
	90-100	1,35	29,0	30,8	25,4
Plot A2	0-10	1,17	55,4	62,5	37,7
	10-20	1,18	50,5	62,3	36,9
	20-30	1,13	49,4	59,5	39,5
	30-40	1,14	40,1	53,3	35,1
	40-50	1,21	39,5	50,4	32,1
	50-60	1,29	36,1	41,2	30,2
	60-70	1,26	34,3	39,4	28,8
	70-80	1,34	31,0	34,8	26,3
	80-90	1,43	29,2	32,0	25,8
	90-100	1,35	29,0	30,7	25,0

⁴² KW - Kapillarwasserkapazität⁴³ Max. BW – Maximaler Bodenwassergehalt⁴⁴ Max. Feldkapazität

Anhang 3

Tabelle 22: Korngrößenzusammensetzung Artemida (2012) (Eigene Daten)

Horizont- tiefe [cm]	Korngrößenfraktionen [%]						Partikelsumme		Dispersionsfaktor (K)	Struktur- faktor (P)
	1- 0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	< 0,001	<0,01	>0,01		
	Fraktionsgrößen [mm]									
Plot A4										
Ap 0-27	1,81	7,16	28,80	11,10	17,69	33,44	62,23	37,77	14,56	128,1
	4,50	43,97	39,76	3,25	3,65	4,87				
A1 27-50	3,46	12,08	23,64	8,97	20,39	31,46	60,82	39,18	15,67	159,0
	8,34	53,04	25,88	2,47	5,34	4,93				
AB 50-77	3,38	8,77	23,52	6,83	20,23	37,27	64,33	35,67	21,68	189,5
	6,34	45,76	24,48	3,63	11,71	8,08				
B 77-108	3,84	14,15	24,52	8,04	12,46	36,99	57,49	42,51	15,52	151,8
	6,35	35,45	33,61	5,33	13,52	5,74				
Plot A3										
Ap 0-15	2,18	12,10	26,51	13,87	24,06	21,28	59,21	40,79	15,37	112,3
	2,38	51,77	34,80	5,73	2,05	3,27				
A1 15-55	3,14	8,32	28,51	15,28	23,55	21,20	60,03	39,97	14,86	102,2
	5,37	62,95	23,04	2,47	3,02	3,15				
AB 55-71	4,78	12,68	25,55	10,30	19,78	26,91	56,99	43,01	16,61	130,2
	9,02	48,30	24,39	6,91	6,91	4,47				
B 71-105	3,33	8,46	30,46	7,82	14,41	35,52	57,75	42,25	21,85	130,4
	5,19	38,86	31,44	5,72	11,03	7,76				
Plot A2										
A1 0-28	3,49	9,43	24,62	16,41	19,69	26,36	62,46	37,54	12,44	112,2
	4,97	44,26	34,80	5,73	6,96	3,28				
A1 28-88	2,37	11,53	27,15	10,70	22,63	25,62	58,95	41,05	14,36	127,5
	4,46	56,28	28,22	3,68	3,68	3,68				
AB 88-106	3,28	12,35	21,18	10,50	17,92	34,69	63,11	36,89	16,43	166,1
	5,91	44,82	27,69	7,33	8,55	5,70				
B 106-116	2,86	9,29	26,13	8,57	19,59	33,56	61,72	38,28	19,40	153,2
	4,45	40,66	30,09	5,69	12,60	6,51				
Zähler – mechanische Zusammensetzung, Nenner – Mikroaggregatzusammensetzung. Dispersionsfaktor K nach N.A. Kachinsky. Strukturfaktor P nach A.F. Vadjunina ⁴⁵										

⁴⁵ Nähere Erläuterung in Methodik

Anhang 4

Tabelle 23: Struktur-/Aggregatgefüge, Strukturkoeffizient und Aggregatstabilität⁴⁶ am Standort Artemida (2012) (Eigene Daten)

Horizont	Aggregatzusammensetzung [%], Größe in mm								Strukturkoeffizient	Aggr.-stabilität.
	>10	10-7	7-5	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25		
Plot A5										
A1 0-30	<u>12,13</u> 0,00	<u>13,26</u> 1,70	<u>16,18</u> 6,07	<u>25,73</u> 12,96	<u>17,08</u> 26,78	<u>9,78</u> 24,23	<u>3,26</u> 22,22	<u>2,58</u> 6,04	5,79	96,45
A1 30-90	32,81 0,00	11,26 0,17	8,74 1,69	15,32 4,07	12,03 34,21	9,52 31,90	4,59 16,90	5,71 10,07	1,60	94,34
AB 90-102	34,48 0,00	13,40 0,00	11,53 1,39	14,95 6,92	11,63 36,60	8,20 29,68	3,12 16,82	2,70 7,61	1,69	93,93
B 102-130	59,09 0,00	13,96 0,00	7,90 0,00	8,55 5,55	4,87 37,00	3,14 40,08	1,19 11,10	1,30 6,29	0,66	94,96
Plot A4										
A1 0-15	<u>25,45</u> 0,00	<u>7,80</u> 0,30	<u>6,19</u> 0,44	<u>10,43</u> 4,44	<u>13,74</u> 10,36	<u>18,07</u> 22,20	<u>10,52</u> 35,52	<u>7,80</u> 26,64	2,01	79,46
A1 15-30	<u>31,13</u> 0,00	<u>9,72</u> 1,39	<u>8,30</u> 1,46	<u>12,83</u> 3,99	<u>12,17</u> 15,96	<u>13,30</u> 29,26	<u>6,89</u> 33,25	<u>5,66</u> 14,66	1,72	90,43
A1 30-45	<u>24,35</u> 0,00	<u>16,13</u> 0,00	<u>12,93</u> 1,66	<u>17,54</u> 6,64	<u>12,53</u> 30,21	<u>8,92</u> 30,98	<u>4,01</u> 18,28	<u>3,61</u> 12,33	2,58	91,04
AB 45-55	<u>24,84</u> 0,00	<u>18,84</u> 1,30	<u>15,32</u> 1,02	<u>18,63</u> 12,85	<u>11,18</u> 39,21	<u>6,42</u> 18,84	<u>2,48</u> 14,62	<u>2,28</u> 12,02	2,69	89,90
B 55-100	<u>45,06</u> 0,00	<u>13,90</u> 1,28	<u>10,75</u> 2,56	<u>12,70</u> 11,52	<u>8,25</u> 32,12	<u>5,54</u> 25,61	<u>2,06</u> 15,81	<u>1,74</u> 11,25	1,14	90,47
Plot A3										
An 0-15	<u>21,05</u> 0,00	<u>7,33</u> 3,92	<u>6,57</u> 2,63	<u>9,33</u> 6,24	<u>10,38</u> 15,72	<u>18,00</u> 33,75	<u>13,90</u> 14,24	<u>13,43</u> 23,54	1,90	88,38
A1 15-52	<u>16,44</u> 0,00	<u>11,29</u> 0,00	<u>8,83</u> 1,42	<u>17,18</u> 10,21	<u>16,56</u> 26,14	<u>15,09</u> 29,98	<u>7,36</u> 16,82	<u>7,24</u> 15,25	3,32	91,18
AB 52-65	<u>34,19</u> 0,00	<u>13,64</u> 2,41	<u>10,23</u> 5,92	<u>12,91</u> 16,85	<u>11,05</u> 28,81	<u>9,40</u> 21,67	<u>4,44</u> 12,25	<u>4,13</u> 12,07	1,61	91,71
B > 65	<u>48,79</u> 0,00	<u>12,13</u> 0,00	<u>8,54</u> 2,62	<u>11,14</u> 13,14	<u>7,82</u> 29,63	<u>5,66</u> 24,41	<u>2,61</u> 16,95	<u>3,32</u> 13,22	0,92	89,72
Plot A2										
An 0-8	<u>41,49</u> 0,00	<u>10,21</u> 3,42	<u>7,33</u> 5,74	<u>10,21</u> 7,98	<u>7,72</u> 17,12	<u>9,42</u> 23,25	<u>5,89</u> 28,24	<u>7,72</u> 14,21	1,03	92,93
A1 8-51	<u>29,08</u> 0,00	<u>10,31</u> 0,00	<u>8,71</u> 2,44	<u>14,60</u> 5,25	<u>12,52</u> 31,02	<u>11,78</u> 27,78	<u>6,01</u> 15,52	<u>6,99</u> 18,02	1,77	88,17
AB 51-75	<u>41,89</u> 0,00	<u>12,25</u> 2,49	<u>9,22</u> 2,52	<u>12,37</u> 16,12	<u>8,63</u> 27,36	<u>7,35</u> 26,03	<u>3,73</u> 13,42	<u>4,55</u> 11,81	1,15	92,14
B 75-100	<u>32,70</u> 0,00	<u>11,92</u> 0,00	<u>9,33</u> 0,00	<u>13,93</u> 14,05	<u>10,63</u> 25,02	<u>9,09</u> 30,13	<u>5,31</u> 17,07	<u>7,08</u> 13,06	1,51	92,85

Anmerkung: im Zähler steht das Ergebnis der Trockensiebung und im Nenner der Nasssiebung

⁴⁶ Nach Korchagina (siehe Methodik)

Anhang 5Tabelle 24: Bodenchemie am Standort Artemida (2012) (*Eigene Daten*)

Horizont- tiefe [cm]	Humus [%]	pH		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Phosphor		Stickstoff (alkalisch)
		H ₂ O	KCl	mg-eq/100 g Boden			mobil	gesamt	mg/kg Boden
							mg/100 g Boden		
Plot A4									
Ap 0-27	7,67	5,9	5,1	40	6	46	3,33	156,74	231
A1 27-50	6,56	6,9	5,1	38	4	42	1,67	141,07	168
AB 50-77	4,31	7,0	5,8	35	5	40	1,38	109,72	70
B 77-108	2,56	7,4	6,2	22	5	27	4,52	125,39	28
Plot A3									
Ap 0-15	7,89	6,4	6,0	40	5	45	4,52	188,09	217
A1 15-55	7,86	6,2	5,2	36	5	41	1,55	203,76	238
AB 55-71	5,12	6,8	5,4	33	6	39	0,67	125,39	112
B 71-105	2,93	7,4	6,2	22	4	26	2,00	97,18	56
Plot A5									
A1 0-28	8,01	6,2	5,4	41	4	48	5,38	191,22	210
A1 28-88	7,29	6,5	5,3	41	4	48	2,38	188,09	175
AB 88-106	3,13	6,8	5,8	38	4	42	3,10	156,74	70
B 106-130	1,52	7,5	6,2	27	5	32	4,88	115,99	56

Anhang 6

Tabelle 25: Hang-Catena (WBS) (Eigene Daten)

	Horizont Tiefe [cm]	Humus [%]	pH		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Phosphor [mg/kg]		Stickstoff alkalisch [mg/kg]
			H ₂ O	KCl	mg-Äquiv./100 g Boden		Gesamt	Mobil	
Referenzplot									
1	A1 5-50	6,19	5,65	4,75	47	24	139,37	1,93	126
2	AB 50-65	3,44	5,37	4,17	45	25	69,68	1,78	56
3	B > 65	2,08	7,10	6,55	49	24	65,58	0,697	21
Plot A I									
4	Ap 0-18	5,37	6,52	5,25	43	21	176,26	6,72	91
5	A1 18-25	3,58	6,69	5,00	51	24	55,32	0,99	35
6	B 25-65	1,87	6,52	4,70	27	17	114,77	1,12	28
Plot A II									
7	Ap 0-20	6,75	6,24	5,42	48	20	202,9	10,7	133
8	A1 20-31	5,42	6,26	5,49	50	16	237,74	13,67	77
9	AB 31-45	4,23	6,49	5,33	46	22	90,18	2,52	70
10	B 45-60	3,06	6,39	5,07	43	22	77,88	1,82	42
Plot A III									
11	Ap 0-19	7,14	6,23	5,31	55	27	168,06	7,71	196
12	A1 19-45	6,59	5,78	4,91	47	28	129,12	2,27	154
13	AB 45-55	4,16	5,77	4,82	49	20	84,03	2,20	56
14	B 55-105	1,75	7,92	6,81	54	17	86,08	1,30	42
Plot A IV									
15	Ap 0-20	7,22	6,43	5,56	55	23	184,45	8,03	161
16	A1 20-43	6,50	6,42	5,60	54	22	145,51	4,97	140
17	AB 40-60	4,33	6,57	5,66	48	20	86,08	2,59	49
18	B 60-105	2,03	7,72	7,19	49	21	84,03	0,83	28
Plot B I									
19	A1 0-15	6,41	6,61	5,83	43	22	206,99	13,19	105
20	A1 15-30	4,88	6,61	5,83	45	19	206,98	11,38	84
21	B >30	2,20	5,86	4,27	38	24	106,57	1,78	42
Plot B II									
22	A1 0-10	7,05	6,61	5,84	44	23	250,04	11,85	154
23	A2 10-35	6,29	6,68	5,81	45	23	229,54	13,11	140
24	AB 35-45	2,87	6,31	5,12	44	23	94,28	2,25	63
25	B 45-60	2,89	6,11	5,19	38	23	176,26	6,47	112
Plot B III									
26	A1 0-22	8,31	6,14	5,26	57	21	182,40	6,00	210
27	A2 22-43	7,44	6,01	5,21	53	22	190,60	3,73	217
28	AB 43-56	4,91	6,02	4,79	44	19	112,72	1,84	98
29	BC 56-100	1,75	7,32	6,65	45	20	86,08	2,77	56
Plot B IV									
30	A1 0-25	7,41	6,75	5,85	51	18	231,59	11,94	147
31	A2 25-65	5,31	6,81	5,83	50	22	139,37	3,69	126
32	AB 65-95	3,03	7,48	6,57	47	16	96,33	4,97	49
33	B 95-105	1,82	7,82	6,96	43	20	102,47	1,37	28

Anhang 7

Bodenprofil zur Hang-Catena: Referenzstandort (natürlicher Standort)

Bodentyp: Leached Chernozem ⁴⁷(SMR)/Luvic Chernozem (SMW)

(A: 0-50cm, AB: 50-65cm, B>65cm)

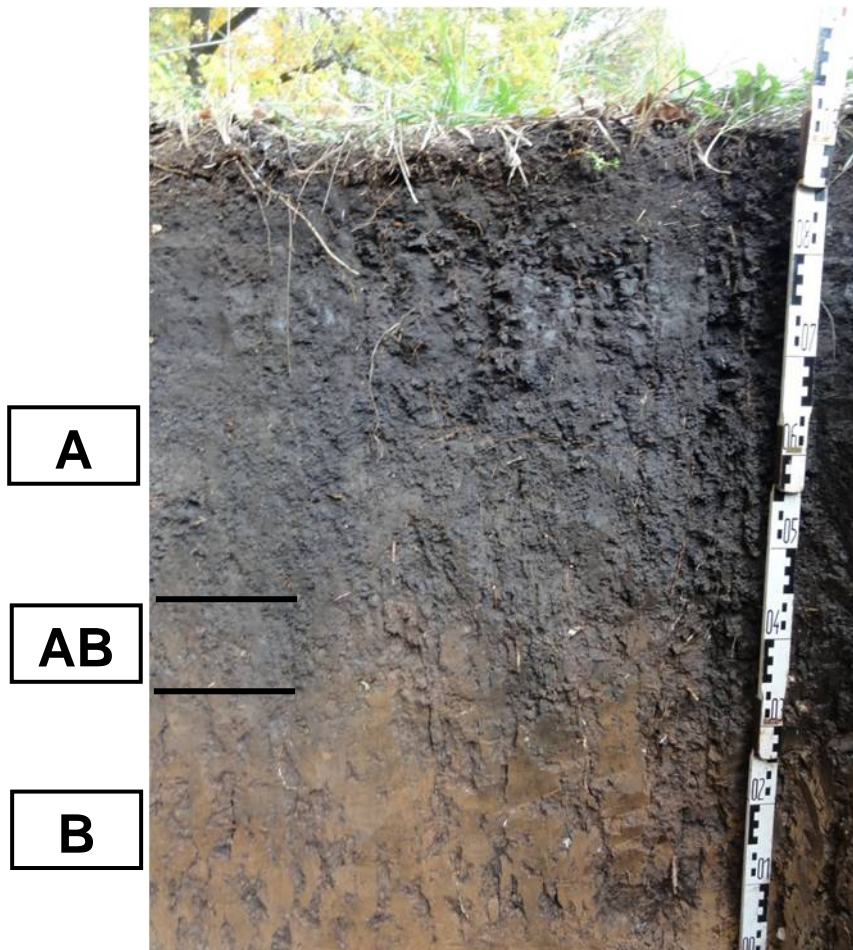


Abb. 15: Bodenprofil - Referenzplot (WBS) (*Eigenes Foto 2012*)

⁴⁷ Agrarchemische und morphologische Daten in Tabelle 25

Anhang 8

Bodenprofil am Standort Artemida (Plot A2)

Bodentyp: Leached Chernozem⁴⁸ (SMR)/Luvic Chernozem (SMW)

(Ap: 0-6cm, A1: 6-58cm, AB: 59-75, B: >75cm)

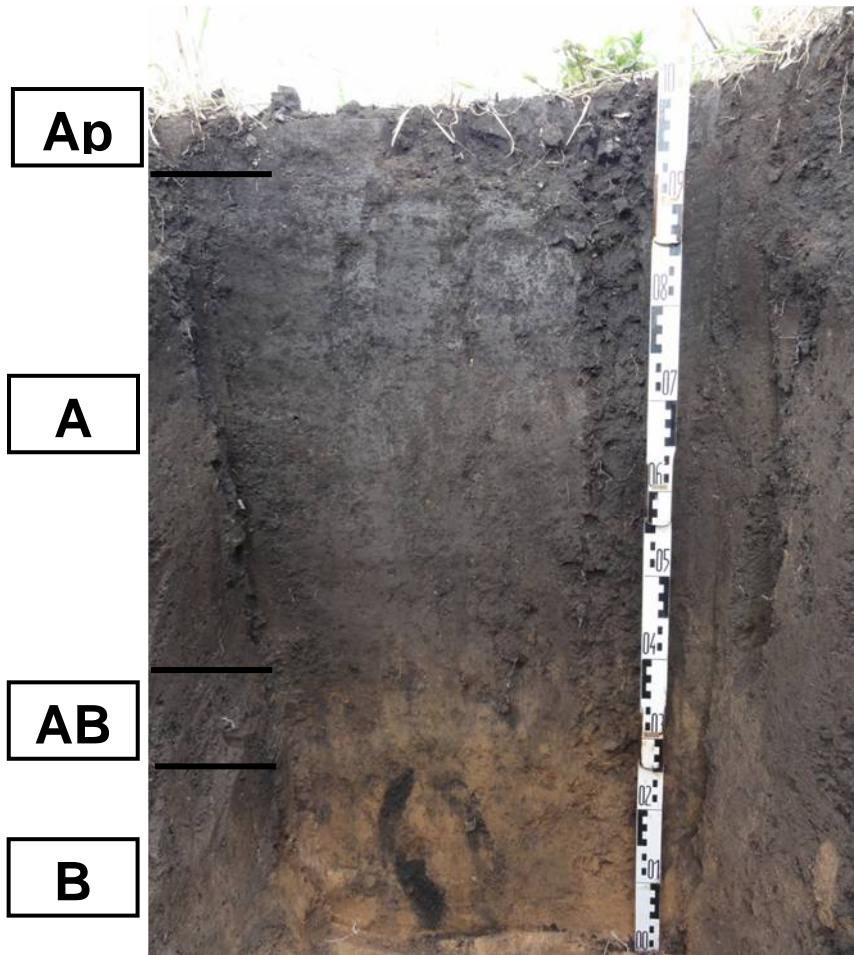


Abb. 16: Bodenprofil – Plot A2 (Artemida) (Eigenes Foto 2012)

⁴⁸ Bodeneigenschaften können den Tabellen 21, 22 und 23 entnommen werden

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Datum

Unterschrift des Antragstellers

Lebenslauf

Adresse: *Liebelt, Peter*
 Scharrenstraße 04
 06108 Halle (Germany)
Telefon: *Deutschland: +49-176-23180652*
E-mail: *peter.liebelt@geo.uni-halle.de*

<i>Persönliche Daten</i>	Geburtsdatum	16.12.1982
	Geburtsort	Magdeburg
	Nationalität	deutsch

Ausbildung und Qualifikation

- Verteidigung der Diplomarbeit – Titel: “Bodenbearbeitung in Baschkortostan – Untersuchungen von Bodenbearbeitungsmethoden bezüglich der Auswahlmotive sowie ihrer ökologischen und ökonomischen Effekte“, 02/2010
- Realisierung der Diplomarbeit, unterstützt durch ein Stipendium des Deutschen Akademischen Austauschdienstes, April-Juli 2009
- Studium an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg/Institut für Geowissenschaften und Geographie, 10/2003-02/2010
- Studium an der Staatlichen Baschkirischen Universität, Ufa (Russland)/ Institut für Geographie, 02/2007- 02/2008

Arbeits- und Berufserfahrung

- Bearbeiter des Projekts “Consequences of (post-socialist) land use and climate change for landscape water budgets, soil degradation and rehabilitation in the forest steppe zone of Bashkortostan”, gefördert von der Volkswagen Stiftung, 10/2010-04/2014
- Wissenschaftliche Hilfskraft am Lehrstuhl für Geoökologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg 07/2013-12/2013
- Wissenschaftlicher Projektmitarbeiter am Lehrstuhl für Geoökologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg 10/2010-06/2013
- Wissenschaftliche Hilfskraft im Projekt “Development of land use, soil degradation and their consequences for the forest steppe zone of Bashkortostan”, gefördert von der Volkswagen Stiftung, Russland, 09/2007-02/2009
- Berufspraktikum in der Firma “Amazonen-Werke H. Dreyer GmbH & Co KG”, 08/2008-09/2008 und 04/2009-09/2009 – Beratung landwirtschaftlicher Firmen und Organisation von Feldversuchen in Russland und Kasachstan
- Berufspraktikum im Staatlichen Jugendbildungszentrum von Ufa (Russland), 09/2007-01/2008

Publikationen

- LIEBELT, P. (2011): Geoekologičeskie posledstvija obrabotki pochv raznymi sposobami na primere Respubliki Bashkortostan. – In: Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo universiteta. Vol. 2 (18), Ufa.
- M.A. KOMISSAROV, M.R. DAVLETSCHINA, P. LIEBELT, R.R. SULEYMANOV (2011): Development of erosion processes on leached chernozems on Southern Urals. – In: Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj Akademii Nauk. Tom 13, Vol. 5 (2). ISSN: 1990-5378. Samara.
- SOULTANOV A. K., BAGMANOV V.KH, MESHKOV I.K., LIEBELT P. (2011): Informacionnaja tekhnologija analiza dinamiki zemlepol'zovanija

lesostepnoj zony RB na osnove kosmicheskikh dannyx. In: Problemy tekhniki i tehnologij telekommunikacij. PTITT-2011. Mezhdunarodnaja nauchno-tekhničeskaja konferencija. Kazan.

- FRÜHAUF M., LIEBELT P., BERGMANN A. [Edit. board] (2012): Consequences of (post-socialist) land use and climate change for landscape water budgets, soil degradation and rehabilitation in the forest steppe zone of Bashkortostan. First results of an interdisciplinary joint project (sponsored by the Volkswagen-Foundation) between German and Russian scientists. ISBN: 978-3940744-44-9. Halle.
- GABBASOVA, I.M.; SULEYMANOV, R.R.; KHABIROV, I.K.; LIEBELT, P.; KOMISSAROV, M.A.; GIMALETDINOVA, G.A.; KHAMATSHIN, A.M. (2013): Effect of tillage on the properties of eroded chernozem leached. – In: Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2013, T. 15, No. 3 (5).
- FRÜHAUF M. & LIEBELT P. (2014): Consequences of land use and climate change for landscape water budgets, soil degradation and rehabilitation in the forest steppe zone of Bashkortostan. - In: Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften. Bd. 33. P-ISSN: 2193-1313, E-ISSN: 2196-3622
(Online: <http://public.bibliothek.unihalle.de/index.php/hjgb/issue/current>).
- GABBASOVA I., FRUEHAUF M., KHABIROV I., SULEYMANOV R., LIEBELT P. (2014): Changes in the Properties of Eroded Soils in a Long Time Period. – In: Challenges: Sustainable Land Management – Climate Change. Advances in GeoEcology 43.

*Internationale
Erfahrungen*

- DAAD Sommerschule in Smolensk/ Russland, 24.07 – 06.08.2006
- Berufspraktikum in Russland und Kasachstan (siehe oben)
- Projektarbeiten in Russland (Republik Baschkortostan) (siehe oben)
- Studium an der Staatlichen Universität, Ufa (Russland), 02/2007-02/2008

Halle, Dezember 2014

Peter Liebelt