Gefördert durch:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

IAMO
Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien

GFA CONSULTING GROUP
Generalbeauftragter BMEL
Büro Berlin

KLIMASCHUTZ UND KLIMAANPASSUNG IN KASACHSTAN

Dr. Florian Schierhorn und Dr. Daniel Müller

Gefördert durch:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien

GFA CONSULTING GROUP
Generalbeauftragter BMEL
Büro Berlin

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Diese Studie wurde für die GFA Consulting Group im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) durchgeführt.

Die Gesamtstudie, die für neun BMEL- Schwerpunktländer durchgeführt wurde, finden Sie hier.

Februar 2020

Autoren

Dr. Florian Schierhorn[1]

Dr. Daniel Müller[1,2,3]

[1] Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien (IAMO), Theodor-Lieser-Str. 2, 06120 Halle (Saale)

[2] Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin, Unter den Linden 6, 10099 Berlin

[3] Integrative Research Institute on Transformations of Human-Environment Systems (IRI THESys), Humboldt- Universität zu Berlin, Unter den Linden 6, 10099 Berlin

Korrespondenzadresse:

E-Mail: schierhorn@iamo.de

Telefon: +49 345 2928-325

Inhaltsverzeichnis

1.1 Einleitung 4
1.2 Klimaschutz: Forschungsstand 5
1.3 Klimaschutz: Zusammenfassung, Fazit und Empfehlungen für zukünftige Projekte 9
1.4 Klimaanpassung: Forschungsstand 10
1.5 Klimaanpassung: Zusammenfassung, Fazit und Empfehlungen für zukünftige Projekte 11
1.6 Literatur 12

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.THG-Emissionen aus der kasachischen Landwirtschaft (in CO2-Äquivalenten) ohne Landnutzungsänderung; Quelle: Eigene Darstellung mit Daten der FAO (2019). 5

Abbildung 2. THG-Emissionen pro Kilogramm Fleisch, Milch oder Getreide (in kg CO2-Äquivalenten pro kg Produkt) im Jahr 2016; die Daten beinhalten nur die Emissionen, die innerhalb eines landwirtschaftlichen Betriebes entstehen, aber keine Emissionen, die in Importgütern gebunden sind oder entlang der Wertschöpfungskette entstehen. Quelle: eigene Darstellung mit Daten der FAO (2019). 6

Glossar

CA	Konservierende Bodenbearbeitung (conservation agriculture)
CO_2	Kohlendioxid
COP	Vertragsstaatenkonferenz (Conference of Parties)
Mt	Megatonne
N	Stickstoff
RUE	Regenwassernutzungseffizienz (rain use efficiency)
SOC	Bodenkohlenstoff (soil organic carbon)
SPI	Standardized precipitaton index
t/ha	Tonnen pro Hektar
THG	Treibhausgase

1.1 Einleitung

Kasachstan ist ein weltweit bedeutender Agrarproduzent und war seit 2000 in jedem Jahr unter den zehn größten Exportnationen. Das Land hat insbesondere eine große Bedeutung für die Nahrungsmittelsicherheit der anderen Länder Zentralasiens, die 70% ihrer Weizenimporte aus Kasachstan beziehen. Der kasachische Weizen ist aufgrund seiner hohen Gluten- und Proteinwerte äußerst wettbewerbsfähig auf den internationalen Getreidemärkten. Dem gegenüber kommt der Viehsektor, nach einer schweren Krise infolge des Zusammenbruchs der Sowjetunion, nur langsam wieder zu einer größerer Bedeutung. Die Produktivität bei der Fleisch- und Milchproduktion ist extrem gering (Mueller, 2014).

Landwirtschaftlich kann Kasachstan in zwei Hauptregionen unterteilt werden. In Nordkasachstan mit seinen fruchtbaren Schwarzerdeböden werden mehr als 90% der gesamt Weizenmenge produziert. Häufig wächst der Weizen als Monokultur und wird lediglich durch die traditionell eingesetzte Sommerbrache unterbrochen. Komplexere Fruchtfolgen sind bis heute die Ausnahme (Hamidov *et al.*, 2016). Das Klima ist kontinental mit extrem kalten Wintern und heißen, trockenen Sommern. Die Wachstumsperiode für Getreide ist kurz, aber die an diese Bedingungen angepassten Anbaumethoden, wie spezielles Schneemanagement im Winter, pflugloses Bestellen der Felder oder die Sommerbrache, erlauben Ackerbau ohne künstliche Bewässerung. Allerdings sind die Getreideerträge mit durchschnittlich 1 bis 1,5 Tonnen pro Hektar sehr gering und unterliegen starken jährlichen Schwankungen aufgrund des häufig ausbleibenden Niederschlags. Das hohe Ertragsrisiko führt dazu, dass die Landwirte keinen oder nur geringe Mengen Mineraldünger auf ihre Felder ausbringen, was teilweise die geringen Ertragsniveaus erklärt. Weiterhin ist Bodenerosion ein großes Problem in Nordkasachstan (Hamidov *et al.*, 2016).

Aufgrund der noch geringeren Niederschläge als in Nordkasachstan werden große Ackerflächen im Süden und Südosten künstlich bewässert. Die Landwirtschaft benötigt etwa 70% des gesamten Wasserbedarfs Kasachstans, obgleich das Land von der höchsten Wasserknappheit auf dem eurasischen Kontinent betroffen ist (Karatayev *et al.*, 2017). Fast 75% des für die Bewässerung eingesetzten Wassers stammt aus den Flüssen Syrdarja, Irtysch und Illi (Karatayev *et al.*, 2017). Somit kommt etwa die Hälfte der erneuerbaren Wasserressourcen aus den Gebirgen der benachbarten Länder in Zentralasien sowie aus China und Russland. Die Wassernutzung ist bereits eine zentrale Ursache für geopolitische Konflikte in Zentralasien (Bernauer & Siegfried, 2012). Der Wasserbedarf wird vermutlich zunehmen und die zur Verfügung stehenden Wassermengen aus den Flusssystemen werden aufgrund des Klimawandels eher sinken, was die Nutzungskonflikte weiter anheizen könnte. Große Wassermengen werden zudem dafür benötigt, Salz aus den Ackerböden zu lösen, da bereits ein Drittel der bewässerten Ackerflächen von Versalzung betroffen sind. Vor dem Hintergrund steigender Nachfrage und knapperer Wasserressourcen wächst die Herausforderung, die hochgradig ineffizienten Bewässerungssysteme zu optimieren.

Gemessen an der globalen Bedeutung der kasachischen Landwirtschaft gibt es zu den Themen Klimaschutz und Klimaanpassung nur wenig Literatur in internationalen Fachzeitschriften. Große, langjährige internationale Forschungsprojekte, wie sie etwa im Nachbarland Usbekistan durchgeführt wurden (z.B. durch das Zentrum für Entwicklungsforschung, ZEF, in Bonn) und zu zahlreichen wichtigen Publikationen geführt haben (eine Literaturübersicht geben Hamidov *et al.*, 2016), fehlen in Kasachstan. Zahlreiche Forschungsergebnisse, vor allem von kasachischen Kolleginnen und Kollegen, wurden als graue Literatur und oftmals nur in Russisch veröffentlicht.

1.2 Klimaschutz: Forschungsstand

THG-Emissionen aus der kasachischen Landwirtschaft

Im Jahr 2016 hatte die kasachische Landwirtschaft nur einen Anteil von 0.4% an den weltweiten Gesamtemissionen der Landwirtschaft (FAO, 2019), obwohl das Land der neuntgrößte Staat der Erde ist. Seit dem Zusammenbruch der Sowjetunion (1991) sind die Emissionen aus der Landwirtschaft fast um die Hälfte zurückgegangen (Abbildung 1).

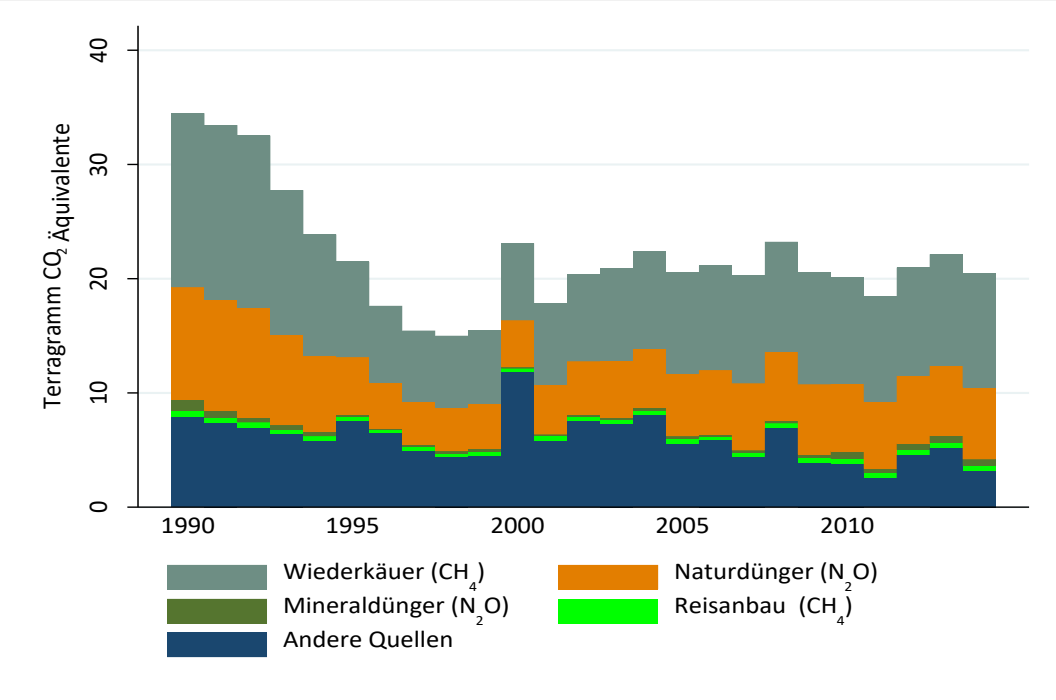

Abbildung 1.THG-Emissionen aus der kasachischen Landwirtschaft (in CO_2-Äquivalenten) ohne Landnutzungsänderung; Quelle: Eigene Darstellung mit Daten der FAO (2019).

Im Vergleich aller hier untersuchten Länder verursachte Kasachstan im Jahr 2016 die geringsten Emissionen pro Kilogramm Fleisch oder Liter Milch (Abbildung 2). THG-Emissionen infolge des Einsatzes von Mineraldünger spielen in Kasachstan keine Rolle, da die meisten Betriebe keinen oder nur kleine Mengen Mineraldünger einsetzen. Dennoch sind die Emissionen pro Kilogramm

Getreide nicht viel geringer als in Ländern, die höhere Mengen Mineraldünger einsetzen (z.B. Argentinien), was auf die sehr geringen Erträge (im Schnitt zwischen 1 bis 2 t/ha) in Kasachstan zurückzuführen ist.

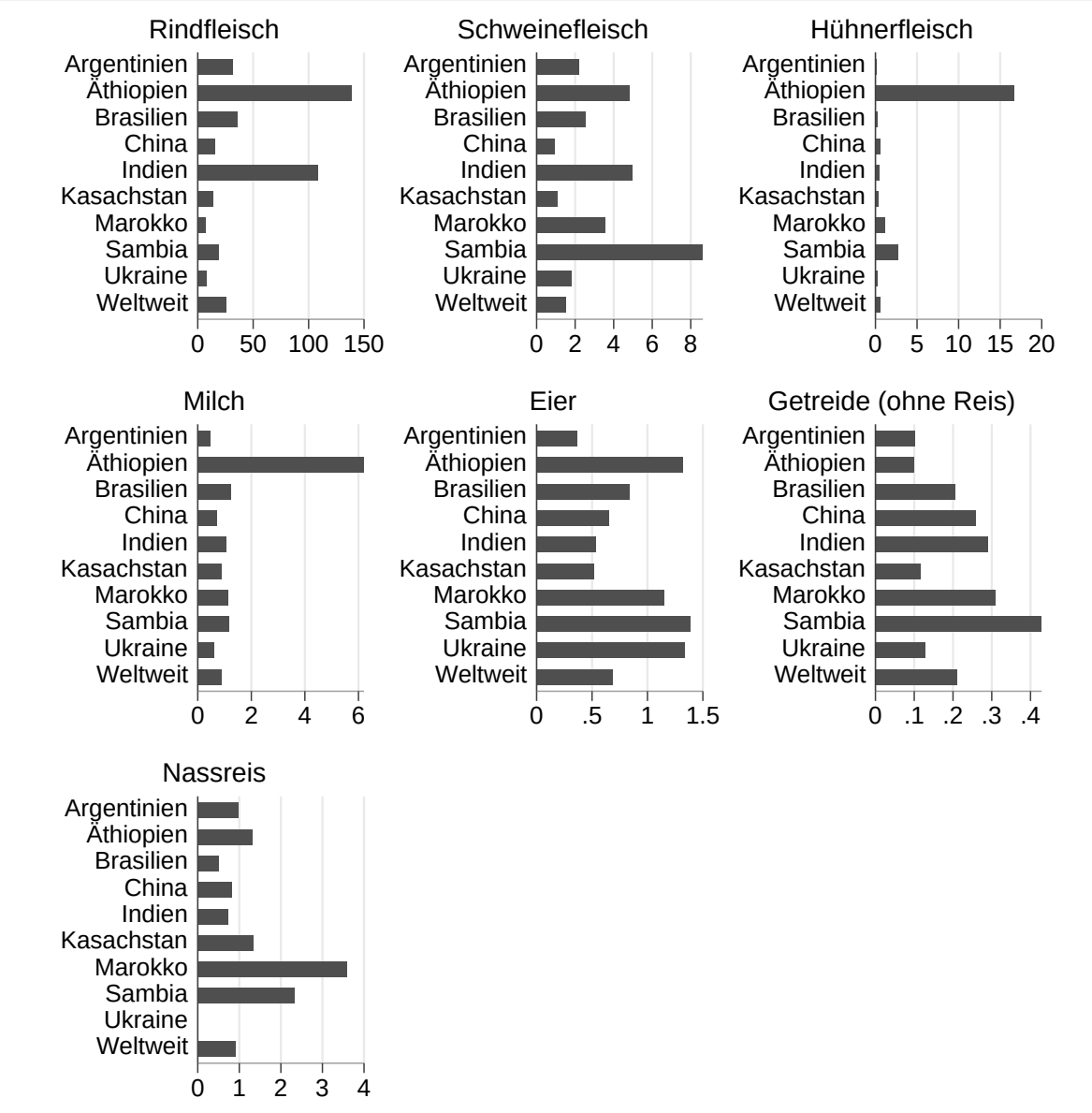

Abbildung 2. THG-Emissionen pro Kilogramm Fleisch, Milch oder Getreide (in kg CO_2-Äquivalenten pro kg Produkt) im Jahr 2016; die Daten beinhalten nur die Emissionen, die innerhalb eines landwirtschaftlichen Betriebes entstehen, aber keine Emissionen, die in Importgütern gebunden sind oder entlang der Wertschöpfungskette entstehen. Quelle: eigene Darstellung mit Daten der FAO (2019).

Klimaschutz durch Brachland

Die Landwirtschaft in Kasachstan hat einen tiefgreifenden Strukturwandel nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion durchlaufen. Zu Sowjetzeiten wurden auch ungeeignete Flächen ackerbaulich genutzt, um Weizen und Futtermittel für die großen Tierbestände der Sowjetunion zu produzieren. Nach 1991 brachen die Agrarsubventionen ein und viele ehemalige sozialistische Großbetriebe wurden geschlossen, was zu dem starken Rückgang der Tierbestände und damit auch zum Rückgang des Futtermittelanbaus führte. Am Ende der Sowjetunion wurden 25 Millionen Hektar bestellt, aber bis 1998 sank die Anbaufläche auf 11.4 Millionen Hektar. Die Aufgabe der Ackerflächen hatte einen starken Klimaschutzeffekt, da Gräser, Sträucher und Unkräuter die Brachflächen besiedelten und zu einer Speicherung von Kohlenstoff im Boden und in der Vegetation führten (Schierhorn *et al.*, 2019). Zwar wurden seit etwa 2000 größere Brachflächen wieder rekultiviert und die Tierzahlen steigen seitdem, allerdings liegen die heutigen Emissionen aus der Landwirtschaft weit unterhalb des Niveaus am Ende der Sowjetunion.

Die Brachflächen in Nordkasachstan speichern teilweise große Mengen Kohlenstoff, der zumindest teilweise als CO_2 wieder freigesetzt wird, wenn die Flächen erneut ackerbaulich genutzt werden. Mit Blick auf den Klimaschutz ist daher die Frage, ob die Flächen erneut genutzt werden sollten, von zentraler Bedeutung. Zur Beantwortung dieser Frage sollte der zu erzielende Ertrag (z.B. Weizenertrag) mit der Menge CO_2, die durch die Rekultivierung in die Atmosphäre gelangt, in ein Verhältnis gesetzt werden. Darüber hinaus sollten weitere wichtige Faktoren, die durch die Rekultivierung betroffen sind, in die Abwägung einbezogen werden. Vermutlich steht die zusätzliche durchschnittliche Produktionsmenge, die durch die Rekultivierung der Brachflächen in Nordkasachstan erzielt werden kann, in einem ungünstigen Verhältnis zu den damit verbundenen CO_2-Emissionen und dem Verlust an Biodiversität. Zudem liegen viele der derzeit brachliegenden Flächen in entlegenen und schlecht erreichbaren Gebieten (Meyfroidt *et al.*, 2016). Vor allem die geringen und stark schwankenden Getreideerträge verursachen dieses ungünstige Verhältnis. Allerdings basiert diese Studie auf räumlich gering auflösenden Daten und mögliche Konsequenzen einer bodenkonservierenden Bewirtschaftung wurden nicht betrachtet. Zudem stehen den geringen Getreideerträgen auch geringe Emissionen infolge der Bewirtschaftung gegenüber, vor allem weil sehr geringe Mengen Stickstoffdünger mit hoher Klimawirksamkeit ausgebracht werden. Wir empfehlen daher, dass regionale Studien durchgeführt werden, die zwischen landwirtschaftlichen Erträgen, den Umweltfolgen und den sozialökonomischen Konsequenzen der Wiedernutzung der Brachflächen detailliert und differenziert abwägen.

Klimaschutz durch Conservation Agriculture

Eine Studie, die unter anderem Nordkasachstan betrachtete, untersuchte den Einfluss von Klima und Anbaubedingungen auf die organische Bodensubstanz (Saljnikov *et al.*, 2014). Der Schwerpunkt lag auf dem labilen Anteil der organischen Bodensubstanz, da hier der Kohlenstoffumsatz am größten ist. Bezüglich des Einflusses des Klimas wurde herausgestellt, dass feuchte Bedingungen grundsätzlich zu einem höherem Bodenkohlenstoffgehalt führten. Das ist vor allem auf eine höhere Biomasseproduktion infolge der höheren Wasserverfügbarkeit sowie der geringeren Umsetzungsrate des Bodenkohlenstoffs während des kalten Winters zurückzuführen. Die Studie zeigt, dass das Auslassen der Sommerbrache, was traditionell eine weit verbreitete Anbaustrategie in Kasachstan ist, zu einem erhöhten Bodenkohlenstoff führte. Der Verlust des Kohlenstoffs ist vor allem auf die hohe Mineralisierung infolge der häufigen Bodenbearbeitung während der Sommerbrache zurückzuführen. Außerdem haben Veränderungen in den Anbaubedingungen in trockenen Gebieten einen größeren Einfluss auf den Bodenkohlenstoff als in feuchten und kälteren Gebieten.

Die drei zentralen Elemente von *Conservation Agriculture (CA)* sind die Direktsaat (ohne Bodenbearbeitung) oder eine minimale Bodenbearbeitung (etwa beim Pflügen), das Mulchen sowie Fruchtfolgen (Nurbekov *et al.*, 2016; Reicosky, 2007). Die kasachische Regierung hat die Einführung und Verbreitung von CA gefördert. In Nordkasachstan stieg die Fläche, auf der CA praktiziert wird, zwischen 2001 und 2016 von nahe null auf 2.5 Millionen Hektar. Einige Studien in Zentralasien, die überwiegend in Usbekistan durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass CA zu einem Anstieg des Bodenkohlenstoffs (Boden-C) führen kann (Kienzler *et al.*, 2012).

In einer der wenigen englischsprachigen und begutachteten Studien, die in Nordkasachstan durchgeführt wurde, wurde gezeigt, dass das Direktsaatverfahren zu einer leichten Steigerung des Boden-C führen kann (Saljnikov *et al.*, 2014). Die Feldversuche wurden am kasachischen Forschungszentrum für Getreideanbau in Shortandy in den Jahren 2012 und 2013 durchgeführt. Ein weiteres Ergebnis dieser Untersuchung ist, dass die Anbauintensität (z.B. Düngung) keinen Einfluss auf den Boden-C hat und dass infolge des reduzieren Pflügens erhebliche THG-Emissionen eingespart werden (Saljnikov *et al.*, 2014). Das Direktsaatverfahren scheint daher eine effektive Methode zur Einsparung von THG-Emissionen in Nordkasachstan zu sein. Nurbekov et al. (2016) demonstrieren, dass sich die Menge an Boden-C erhöht, wenn das Direktsaatverfahren mit einer Mulchauflage (aus Ernteresten oder durch Zwischenfrüchte) kombiniert wird.

Der Anstieg des Boden-C ist jedoch im Hinblick auf das häufig sehr geringe Ausgangsniveau des Boden-C in dieser Region einzuordnen (Kienzler *et al.*, 2012). Zudem hat der Anstieg des Boden-C-Werts weniger mit der Anbaumethode zu tun, sondern vielmehr mit der Menge von zugeführter Biomasse (durch Mulch oder über Erntereste). Der Anstieg des Boden-C steht daher in einem Konflikt mit anderen relevanten Nutzungsoptionen der Biomasse, vor allem mit der Nutzung der Reststoffe für die Tierfütterung. Allerdings wurden die meisten Studien in Kasachstan

auf Versuchsflächen in Forschungsstationen durchgeführt, deren Bedingungen (Boden, Inputs) oftmals nicht mit der Realität vergleichbar sind (Kienzler *et al.*, 2012).

Ein weiterer positiver Effekt des Direktsaatverfahrens wurde durch Feldversuche in den Jahren 2014 und 2015 in Nordkasachstan nahe der Grenze zu Russland demonstriert (Kühling *et al.*, 2017). Hier hat das Direktsaatverfahren im Vergleich zum konventionellen Verfahren zu einem deutlichen Anstieg des Bodenwassers im Vergleich zur konventionellen Bodenbearbeitung geführt. Dieser Effekt nimmt wahrscheinlich mit sinkendem Niederschlag zu, sodass das Direktsaatverfahren vermutlich auch in Kasachstan hilft, den Ackerbau an die steigende Wasserknappheit im Zuge des Klimawandels anzupassen (siehe unten).

1.3 Klimaschutz: Zusammenfassung, Fazit und Empfehlungen für zukünftige Projekte

Kasachstan verfügt über große Brachflächen, die seit der Einstellung aller landwirtschaftlichen Aktivitäten große Mengen Kohlenstoff gespeichert und damit aktiv zum Klimaschutz beigetragen haben. Zukünftig sollten standort-spezifische ökologische und ökonomische Abwägungen bei der Nutzung dieser Flächen gemacht werden. Dabei sollten auch die positiven Effekte des Direktsaatverfahrens berücksichtig werden. Mit einer Fläche von über 2,5 Millionen Hektar ist Nordkasachstan ein weltweiter Hotspot für die Anwendung des Direktsaatverfahrens. Es gibt wissenschaftliche Hinweise, dass das Direktsaatverfahren eine effektive Methode zur Speicherung von Kohlenstoff im Boden und zur Einsparung von THG-Emissionen in Nordkasachstan ist, insbesondere wenn das Direktsaatverfahren mit dem Mulchen kombiniert wird. *Conservation Agriculture* in Kasachstan dient dem Klimaschutz, erzielt positive Effekte bei der Klimaanpassung und schützt die Böden vor Erosion. Daher sollte weiter in Forschung und Entwicklung sowie gegebenenfalls die Verbreitung des CA-Ansatzes investiert werden. Da Erntereste in Kasachstan häufig als Tierfutter verwendet werden und damit nicht für den Aufbau der organischem Bodensubstanz zur Verfügung stehen, sollten zukünftige Projekte darauf abzielen, diesen Nutzungskonflikt zu lösen.

Obwohl die THG-Emissionen bezogen auf Fleisch und Milch bereits relativ gering sind (*Abbildung 2*), stecken in der kasachischen Tierproduktion Potenziale zur Einsparung von THG-Emissionen. Wahrscheinlich reduziert eine Verbesserung der Tierfutterqualität (häufig fressen die Tiere schlecht verdauliche Erntereste und Gras) die GHG-Emissionen pro Kilogramm Fleisch oder Liter Milch; allerdings sind dazu bislang keine Studien erschienen. Wir empfehlen, in die Forschung in die kasachische Tierproduktion zu investieren, denn die Entwicklung der Tierproduktion in diesem Land hat nicht nur Auswirkungen auf Treibhausgasemissionen, sondern auch auf die Biodiversität der riesigen Steppen und die ökonomische Entwicklung Kasachstans.

1.4 Klimaanpassung: Forschungsstand

Klimaanpassung durch Bewässerung

Eine zentrale Klimaanpassungsoption für die Landwirte in Südkasachstan ist die Bewässerung. Zwar werden aufgrund der trockenen und heißen Klimabedingungen im Südosten und Süden Kasachstans große Teile der Ackerflächen künstlich bewässert. Allerdings sank nach 1991 die künstlich bewässerte Fläche von 2,1 auf etwa 1,5 Millionen Hektar und viele Bewässerungsanlagen befinden sich heute in einem schlechten Zustand, in dessen Folge hohe Wasserverluste auftreten. In der Region des Aralsees gehen ungefähr zwei Drittel des für die Landwirtschaft verwendeten Wassers während des Transportes verloren, vor allem da das Wasser in den Gräben verdunstet oder aufgrund undichter Leitungen versickert (Karatayev *et al.*, 2017). Zudem werden bis heute überwiegend Gräben zur Bewässerung verwendet; wassersparende Techniken wie die Tröpfchenbewässerung werden bislang kaum genutzt.

Vor dem Hintergrund der fortschreitenden Erwärmung und der steigenden Nachfrage der Landwirtschaft nach Wasser, ist eine effizientere Wassernutzung eine zentrale Herausforderung. Zu diesem Themenkomplex sind zahlreiche Veröffentlichungen erschienen. In Jamby, in Südkasachstan, wurde in einem Feldversuch untersucht, wie sich die Tröpfchenbewässerung in Kombination mit dem Plastikmulchverfahren auf die Erträge sowie die Wasserproduktivität der Zuckerrübe auswirkt (Massatbayev *et al.*, 2016). In dem Untersuchungszeitraum (2011-2012) wurden im Vergleich zum konventionellen System bis zu 40% Wasser eingespart. Hier kam erstens der Vorteil der Tröpfchenbewässerung zum Tragen, dass Bewässerung nur erfolgt, wenn die Pflanze Wasserbedarf hat. Zweitens verringert die Kunststoffauflage die Verdunstung. In der Studie wurde zudem eine Wassermenge berechnet, bei der eine optimale Wasserproduktivität erzielt wird. Wichtig im Hinblick auf die Akzeptanz dieses Systems ist, dass allein das Plastikmulchen zu einer Ertragssteigerung von 50% geführt hat (Massatbayev *et al.*, 2016). Ein gewichtiger Nachteil des Plastikmulchens ist sicherlich der hohe Bedarf von Kunststoffen. Der kurze Untersuchungszeitraum ist ein Schwachpunkt dieser Studie.

Ebenfalls in einem Feldversuch wurde im Südosten Kasachstans die Sprinklerbewässerung mit der traditionellen Grabenbewässerung verglichen (Seidazimova *et al.*, 2016). Erstens sank durch den Einsatz der Sprinklerbewässerung die Anzahl von Unkräutern um knapp 40%; zweitens wurde der Boden weniger stark verdichtet als im traditionellen Bewässerungssystem; und drittens konnten bei 18% geringerem Wasserverbrauch bis zu 16% höhere Erträge bei Karotten erzielt werden. Ähnliche positive Effekte der Sprinklerbewässerung wurden beim Kartoffelanbau im Südosten Kasachstans nachgewiesen (Sharipova *et al.*, 2016).

Allerdings sind die Investitionskosten in verbesserte Wasserkanäle und optimierte Bewässerungssysteme hoch. Daher sind ökonomische Untersuchungen veränderter Bewässerungssysteme von großer Bedeutung. Bekchanov et al. (2016) haben ein hydrologisch-ökonomisches Modell angewendet, um die ökonomischen Effekte infolge der Verbesserung der

Bewässerungskanäle in der Aralseeregion (einschließlich Kasachstan) zu untersuchen. Zuvorderst würde eine Verbesserung des Durchflusses in den Bewässerungskanälen die ökonomischen Erträge stark erhöhen. Besonders effizient ist die Tröpfchenbewässerung, wenn diese in mit Laser vermessenen Beeten eingesetzt werden. Darüber hinaus wären Tröpfchenbewässerungssysteme ökonomisch im Vorteil, insbesondere wenn rentable Kulturen wie Baumwolle angebaut werden. Diese Studie zeigt auch, dass Investitionen in Bewässerungssysteme deutlich rentabler werden, wenn die Wasserverfügbarkeit abnimmt.

Klimaanpassung durch Conservation Agriculture

In Südkasachstan wurden die Effekte, die durch *Conservation Agriculture* (CA) erwirkt werden, untersucht (Nurbekov *et al.*, 2013). Die Untersuchungen wurden maßgeblich durch das ICARDA und die FAO vorangetrieben. Das Projekt hat dazu geführt, dass heute auf über 2000 ha CA in Südkasachstan betrieben wird. In den Feldversuchen wurde gezeigt, dass die Einbeetung große Wassereinsparungseffekte beim Weizen erzielt. Positive Effekte einer Einbeetung wurden auch in anderen Regionen in CA aufgezeigt (Nurbekov et al. 2016). Zudem hat das Direktsaatverfahren zu höheren Erträgen bei Mais gegenüber der konventionellen Bodenbearbeitung geführt. Außerdem wurde demonstriert, dass eine Getreide-Hülsenfrucht-Fruchtfolge zu einer erhöhten Bodenfruchtbarkeit sowie zu steigenden Erträgen führt.

1.5 Klimaanpassung: Zusammenfassung, Fazit und Empfehlungen für zukünftige Projekte

In Nordkasachstan ist die Bewässerung, aufgrund der geringen Wasserreserven, keine realistische Option zur Anpassung an den Klimawandel. Hier sollten trockenresistentere Getreidesorten gezüchtet und zur Marktreife gebracht werden. Zudem sollten die Landwirte durch Subventionen und Beratung unterstützt werden, Anbaumethoden, die zur Wasserspeicherung im Boden beitragen, verstärkt einzusetzen. Die Südwestlichen Teile in Nordkasachstan erwärmen sich besonders schnell und es ist davon auszugehen, dass der Getreideanbau in diesen Regionen in einigen Jahrzehnten nicht mehr profitabel sein wird. Daher sollten Regierung und Bauern rechtzeitig Alternativen zum Ackerbau planen und entwickeln. Es ist möglich, dass extensive Landnutzungsformen wie die Weidewirtschaft (z.B. Pferde) positive ökologische und ökonomische Effekte erzielen, aber in diese Richtung sollte verstärkt geforscht werden.

In Südkasachstan werden große Teile der Äcker bereits bewässert, allerdings ist die Wasserverschwendung aufgrund der veralteten Technik sehr hoch. Die extreme Schrumpfung des Aralsees ist ein eindrückliches Symptom der massiven Wasserverschwendung in Zentralasien. Die Tröpfchenbewässerung wird bislang selten eingesetzt, könnte jedoch zu einer Verringerung der Wasserverschwendung führen. Dass diese Technik jedoch nicht notwendiger Weise zur Wassereinsparung führen muss, zeigen unsere Länderanalysen für Indien und Marokko im Detail. Wenn etwa die Tröpfchenbewässerung dazu führt, dass der Bewässerungsfeldbau profitabler

wird, kann es zu einer Ausweitung der Bewässerung kommen, wodurch insgesamt mehr Wasser aus dem Grundwasser und den Flusssystemen entnommen wird.

1.6 Literatur

Bekchanov, M., Ringler, C., Bhaduri, A., & Jeuland, M. (2016). Optimizing irrigation efficiency improvements in the Aral Sea Basin. *Water Resources and Economics, 13*, 30-45.

Bernauer, T., & Siegfried, T. (2012). Climate change and international water conflict in Central Asia. *49*(1), 227-239.

FAO. (2019). FAOSTAT data. Retrieved from http://faostat.fao.org on 10 June 2019

Hamidov, A., Helming, K., & Balla, D. (2016). Impact of agricultural land use in Central Asia: a review. *Agronomy for Sustainable Development, 36*(1).

Karatayev, M., Rivotti, P., Mourão, Z. S., Konadu, D. D., Shah, N., & Clarke, M. J. E. P. (2017). The water-energy-food nexus in Kazakhstan: challenges and opportunities. *125*, 63-70.

Kienzler, K. M., Lamers, J., McDonald, A., Mirzabaev, A., Ibragimov, N., Egamberdiev, O., . . . Akramkhanov, A. J. F. C. R. (2012). Conservation agriculture in Central Asia—What do we know and where do we go from here? *, 132*, 95-105.

Kühling, I., Redozubov, D., Broll, G., & Trautz, D. (2017). Impact of tillage, seeding rate and seeding depth on soil moisture and dryland spring wheat yield in Western Siberia. *Soil and Tillage Research, 170*, 43-52.

Massatbayev, K., Izbassov, N., Nurabaev, D., Musabekov, K., Shomantayev, A., & Massatbayev, M. (2016). Technology and Regime of Sugar Beet Drip Irrigation with Plastic Mulching Under the Conditions of the Jambyl Region. *Irrigation and Drainage, 65*(5), 620-630.

Meyfroidt, P., Schierhorn, F., Prishchepov, A. V., Müller, D., & Kuemmerle, T. (2016). Drivers, constraints and trade-offs associated with recultivating abandoned cropland in Russia, Ukraine and Kazakhstan. *Global Environmental Change, 37*, 1-15.

Mueller, L. (2014). *Novel Measurement and Assessment Tool for Monitoring and management of land and Water Resources in Agricultural Landscapes of Central Asia*: Springer International Publishing Switzerland.

Nurbekov, A., Akramkhanov, A., Kassam, A., Sydyk, D., Ziyadaullaev, Z., & Lamers, J. P. A. (2016). Conservation Agriculture for combating land degradation in Central Asia: a synthesis. *AIMS Agriculture and Food, 1*(2), 144-156.

Nurbekov, A., Akramkhanov, A., Lamers, J., Kassam, A., Friedrich, T., Gupta, R., . . . Challenges, W. C. (2013). conservation agriculture in central Asia. 223-247.

Reicosky, D. (2007). *Conservation agriculture: Environmental benefits of reduced tillage and soil carbon management in water-limited areas of Central Asia*. New York: Taylor & Francis.

Saljnikov, E., Saljnikov, A., Rahimgalieva, S., Cakmak, D., Kresovic, M., Mrvic, V., & Dzhalankuzov, T. (2014). Impact of energy saving cultivations on soil parameters in northern Kazakhstan. *Energy, 77*, 35-41.

Schierhorn, F., Kastner, T., Kuemmerle, T., Meyfroidt, P., Kurganova, I., Prishchepov, A. V., . . . Müller, D. (2019). Large greenhouse gas savings due to changes in the post-Soviet food systems. *Environmental Research Letters, 14*(6), 065009.

Seidazimova, D., Aitbayev, T., Hufnagel, L., Kampitova, G., & Rakhymzhanov, B. (2016). Prospects for using Sprinkler Irrigation for Carrots (Daucus carota L.) in the Foothills of South-east Kazakhstan. *Biosciences, Biotechnology Research Asia, 13*(2), 653-659.

Sharipova, D. S., Aitbayev, T. E., Tazhibayev, T. S., & Nacheva, E. K. (2016). The Impact of New and Improved Elements of Agricultural Technologies on Potato Productivity in the South-east of Kazakhstan. *Biosciences, Biotechnology Research Asia, 13*(2), 1031-1036.